

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AGRESTE DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**CLAIRTON BRUNO RODRIGUES DE MORAIS**

DIGESTIBILIDADE E CINÉTICA DE PRODUÇÃO DE GASES DO FENO DE  
TIFTON 85 EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURIDADE POR EQUÍDEOS

**GARANHUNS- PE**

**2023**

**CLAIRTON BRUNO RODRIGUES DE MORAIS**

**DIGESTIBILIDADE E CINÉTICA DE PRODUÇÃO DE GASES DO FENO DE  
TIFTON 85 EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURIDADE POR EQUÍDEOS**

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS, do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco.

Área de Concentração: Produção Animal.

**Orientador:** Prof. DSc. Juliano Martins Santiago

**Co-orientador:** Prof. DSc. Jorge Eduardo  
Cavalcante Lucena

**Co-orientador** – Prof. DSc. Fernanda Melo Pereira  
Taran

**GARANHUNS – PE**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M828d      Morais, Clairton Bruno Rodrigues de  
                Digestibilidade e cinética de produção de gases do feno de Tifton 85 em diferentes estádios de maturidade por equídeos / Clairton Bruno Rodrigues de Morais. - 2023.  
                61 f.  
  
                Orientador: Juliano Martins Santiago.  
                Coorientador: Jorge Eduardo Cavalcante Lucena.  
                Inclui referências e anexo(s).  
  
                Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, , Garanhuns, 2024.  
  
                1. Asininos. 2. Coleta total de fezes. 3. Equinos. 4. In vitro. I. Santiago, Juliano Martins, orient. II. Lucena, Jorge Eduardo Cavalcante, coorient. III. Título

CDD

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AGRESTE DE PERNAMBUCO

Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens

---

Folha de Aprovação

---

Assinaturas dos membros da banca examinadora que avaliaram e aprovaram a Defesa de Mestrado do candidato Clairton Bruno Rodrigues de Moraes realizada em 18/12/2023

DIGESTIBILIDADE E CINÉTICA DE PRODUÇÃO DE GASES DO FENO DE TIFTON 85 EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURIDADE POR EQUÍDEOS

Titulação: Mestre em Ciência Animal e Pastagens

Data da defesa: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Banca Examinadora:

---

Chiara Albano de Araujo Oliveira - UFBA

(Examinador 1)

---

Maria Lindomárcia Leonardo da Costa – UFPB

(Examinador 2)

---

Prof. DSc Juliano Martins Santiago – UAST/UFRPE

(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

Na caminhada durante esses dois anos de mestrado, agradeço primeiramente a DEUS por me abençoar com saúde, sabedoria, força, coragem, paciência e muita determinação.

Ao meu filho Luís Miguel pelo afeto e carinho de sempre.

Ao meu irmão Júnior, por todo apoio e pela ajuda nos momentos de dificuldade.

Aos meus familiares pelo apoio e incentivo.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Juliano Martins Santiago e Prof. Dr. Jorge Eduardo Cavalcante Lucena. Obrigado pela paciência, dedicação, compreensão e por toda dedicação e empenho na realização desse trabalho.

À profa. Dra. Fernanda Melo Pereira Taran por aceitar fazer parte desse trabalho e pelas contribuições.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens (PPGCAP), pela oportunidade de realizar o sonho de ser mestre.

Aos professores do PPGCAP pelos conhecimentos transmitidos.

Ao amigo Filipe Guilherme pelo incentivo e apoio na realização da inscrição.

Aos amigos que me acompanharam durante toda fase de experimento Igor, Daniel Bezerra e Weslla, que sempre me apoiaram nas atividades durante todo o trabalho.

Aos meus colegas do PPGCAP Madalena, Maria Luana e Flavia pela amizade.

Ao PNPd Daniel pela amizade, apoio e disposição nas atividades.

Aos alunos do grupo de estudos Gequam: Laura, Ademilson, Igor, Barbara, Debora, Isabely, Marcos e Adriano pelo apoio nas coletas.

Aos alunos do grupo de estudos em equinos da UAST Marcicleide, Aloisio, Donato, Thais, Simaria e Lais pela amizade e apoio nas coletas e nas atividades do experimento.

À aluna do PIBIC Rayla pelo apoio nas atividades laboratoriais.

À PAV Suany pelo empenho e dedicação nas atividades do trabalho e principalmente pela amizade construída.

Aos alunos do PAV Gabriel e Karoline pela contribuição nas atividades laboratoriais.

À laboratorista Suzana pela amizade e por sempre estar disponível a nos ajudar.

À Rayanne pela força na organização dos dados da produção de gases.

Aos funcionários Zé Luiz, Eraldo, Paulo, Ivanildo, Rodrigo, Marcos, Zé, Esmeraldo e Sebastião da fazenda experimental da UFRPE/Garanhuns pela disposição, contribuição, dedicação, incentivo e amizade.

Aos vigilantes da fazenda experimental Renato, Jucélio, Edson e Tiago pela segurança, apoio e amizade durante todo período experimental.

MORAIS, Clairton Bruno Rodrigues. DIGESTIBILIDADE E CINÉTICA DE PRODUÇÃO DE GASES DO FENO DE TIFTON 85 EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURIDADE POR EQUÍDEOS. (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Universidade Federal do Agreste Pernambuco. 61 p. 2023.

## **Resumo**

Objetivou-se verificar se os asininos do ecótipo Nordestino são mais eficientes que os equinos na digestibilidade aparente e cinética de produção de gases do feno de Tifton 85, em diferentes estádios de maturidade. Foram utilizados quatro asininos do ecótipo Nordestino e quatro equinos, em delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2 x 2, sendo duas espécies equídeas e fenos de Tifton 85 em dois estádios de maturidade (Feno 1 com maior qualidade e Feno 2 com menor qualidade). O experimento foi dividido em dois períodos de 29 dias, totalizando 58 dias. Os primeiros três dias foram de *wash-out*, 21 dias de consumo das dietas e do 25º ao 29º dia foi realizado o ensaio de digestibilidade pelo método de coleta total de fezes. Ao final de cada período, as fezes foram coletadas na ampola retal para realização da técnica *in vitro*. Houve diferença entre as espécies nos coeficientes de digestibilidade aparente da PB e PIDN (Proteína insolúvel em detergente neutro) do Feno 2, com maiores valores para os equinos. Para ambos os fenos, observou-se menor período de latência para a degradação dos carboidratos pelos asininos. Ambas as espécies apresentaram maior volume total de gases (Vt1) para o Feno 1. O volume de gases produzido pela degradação da fração correspondente aos carboidratos não-fibrosos A+B1 (Vf1) foi maior para o Feno 1, indicando maior fermentação dos CNF. Quanto ao volume de gases produzido pela degradação da fração fibra digerível B2 (Vf2), observou-se maior volume de gases produzido para o Feno 2, indicando maior fermentação dos CF. Além disso, os equinos apresentaram maior valor para Vf1 e maior produção de gases até 96 horas de incubação do Feno 1. Já no Feno 2, a produção de gases pelos asininos foi maior. Concluiu-se que consumindo 2,0% do peso

vivo em matéria seca por dia de feno de Tifton 85, asininos do ecótipo Nordestino e equinos apresentam digestibilidade semelhante dos nutrientes, independente do estágio de maturidade da forragem.

**Palavras-chave:** Asininos, Coleta total de fezes, Equinos, *In vitro*.

### **Abstract**

The aim was to verify whether donkeys of the Nordestino ecotype are more efficient than horses in apparent digestibility and gas production kinetics of Tifton 85 hay, at different stages of maturity. Four donkeys of the Nordestino ecotype and four horses were used, in a completely randomized design in a 2 x 2 factorial scheme, two equid species and hay from Tifton 85 at two stages of maturity (Hay 1 with higher quality and Hay 2 with lower quality). The experiment was divided into two periods of 29 days, totalizing 58 days. The first three days were wash-out, 21 days of diet consumption and from the 25th to the 29th day the digestibility test was carried out using the total feces collection method. At the end of each period, feces were collected in the rectal ampoule to perform the *in vitro* technique. There was a difference between species in the apparent digestibility coefficients of CP and PIDN (neutral detergent insoluble protein) of Hay 2, with higher values for horses. For both hays, a shorter latency period was observed for the degradation of carbohydrates by the donkeys. Both species presented a higher total volume of gases (Vt1) for Hay 1. The volume of gases produced by the degradation of the fraction corresponding to non-fibrous carbohydrates A+B1 (Vf1) was greater for Hay 1, indicating greater fermentation of CNF. Regarding the volume of gases produced by the degradation of the digestible fiber fraction B2 (Vf2), a greater volume of gases produced for Hay 2 was observed, indicating greater fermentation of CF. Furthermore, horses presented a higher value for Vf1 and greater gas production up to 96 hours of incubation in Hay 1. In Hay 2, gas production by donkeys was greater. It was concluded that consuming 2.0% of

live weight in dry matter per day of Tifton 85 hay, donkeys of the Nordestino ecotype and horses have similar digestibility of nutrients, regardless of the maturity stage of the forage.

**Keywords:** Donkeys, Total feces collection, Equines, *In vitro*.

## Lista de Figuras

- Figura 1:** Representação, em dias, das fases experimentais realizadas com ambas as espécies ao longo de 104 dias..... 8
- Figura 2:** Curvas de produção de gás em função do tempo de incubação, através do método de fermentação in vitro, do feno Tifton 85 em dois estádios de maturidade (Feno 1 e Feno 2) por equinos e asininos do ecótipo Nordestino..... 17

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Composição Bromatológica dos fenos de Tifton 85 ( <i>Cynodon spp.</i> ) em dois estádios de maturidade.....	10
<b>Tabela 2:</b> Coeficiente de digestibilidade aparente, determinado pelo método de coleta total de fezes, do feno de Tifton 85 em dois estádios de maturidade (Feno 1 e Feno 2) por equinos e asininos do ecótipo Nordestino, com os respectivos valores de significância (Valor P) e coeficiente de variação (CV). .....	15
<b>Tabela 3:</b> Período de latência, volume final de gases ( $V_{t1}$ e $V_{t2}$ ), volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 ( $V_{f1}$ ), taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1 ( $K_{d1}$ ), volume de gases produzido pela degradação da fração B2 ( $V_{f2}$ ) e taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 ( $K_{d2}$ ), determinados pela fermentação <i>in vitro</i> , do feno de Tifton 85 em dois estádios de maturidade (Feno 1 e Feno 2) por equinos e asininos do ecótipo Nordestino, com os respectivos valores de significância (Valor P) e coeficiente de variação (CV).....	16

## Sumário

CAPÍTULO I .....	1
Introdução .....	1
Revisão bibliográfica .....	3
1.1 Jumento do ecótipo Nordestino e o Semiárido Brasileiro .....	3
1.2 Consumo e digestibilidade em equídeos.....	4
1.3 Digestibilidade aparente em asininos e equinos .....	6
1.4 Métodos utilizados em ensaios de digestibilidade.....	8
1.5 Métodos diretos.....	8
1.6 Métodos indiretos .....	9
1.7 Digestibilidade in situ .....	11
1.8 Digestibilidade in vitro .....	11
Objetivos.....	13
1.9 Geral.....	13
1.10 Específicos .....	13
Referências .....	14
CAPÍTULO II.....	1
INTRODUÇÃO.....	5
MATERIAL E MÉTODOS .....	6
1.11 Local.....	6
1.12 Animais .....	6
1.13 Manejo nutricional .....	7
1.14 Delineamento experimental.....	7
1.15 Período experimental.....	7
1.16 Coletas.....	8
1.17 Processamento das amostras .....	9
1.18 Estimativa de digestibilidade .....	11
1.19 Fermentação in vitro.....	11
1.20 Análises Estatísticas .....	13
RESULTADOS .....	14
1.21 Digestibilidade aparente dos fenos de Tifton 85.....	14

1.22	Fermentação in vitro.....	14
	DISCUSSÃO .....	17
	CONCLUSÃO .....	23
	REFERÊNCIAS .....	23
	Anexo I .....	29

## CAPÍTULO I

### Introdução

Os asininos (*Equus asinus*) foram domesticados no nordeste da África entre seis e sete mil anos, exercendo papel fundamental no desenvolvimento das civilizações, principalmente nas atividades comerciais do Velho Mundo (CAMILLO et al., 2017). Inicialmente, a exploração dessa espécie se deu para produção de leite e carne e, posteriormente, também foram utilizados para transporte de cargas (WILLEKES, 2016). Ao longo dos séculos, os asininos se espalharam pela Ásia, Índia, sul da Europa e nas Américas (MCLEAN & GONZALEZ, 2018). Atualmente, a espécie é mais usada nas funções de tração e transporte, contribuindo para a subsistência de milhões de pessoas nos países em desenvolvimento (CAMILLO et al., 2017).

No território brasileiro, a espécie asinina foi introduzida no período colonial, por volta do ano de 1534. Nesse período, asininos foram levados para a região nordeste do país e desempenharam importantes funções nas atividades econômicas da época, com destaque para a produção de alimento, tração, transporte de pessoas e cargas (LIMA et al., 2006; COSTA & PACHECO, 2017). Assim, no nordeste brasileiro, os asininos possuem importância histórica, social e econômica, pois antes das rodovias, grande parte do transporte de carga era realizado pela espécie, fato importante para o desenvolvimento da região Semiárida (CARNEIRO et al., 2018).

Recentemente, asininos tem despertado o interesse da indústria farmacêutica, de carne e leite (LIU, et. al. 2020). Esse é um mercado novo que pode se tornar uma alternativa rentável para a população rural do Nordeste brasileiro (CARNEIRO et al., 2018). Porém, a falta de conhecimento específico sobre a espécie torna à atividade extrativista e insustentável (TATEMOTO, et. al. 2021). Para atender a demanda racional por produtos oriundos dos asininos, existe a necessidade de ampliar os conhecimentos científicos sobre a nutrição da espécie em diferentes estados fisiológicos (GATTA et al., 2009).

Embora equinos (*Equus caballus*) e asininos (*Equus asinus*) pertençam a família Equidae e sejam muitas vezes usadas nas mesmas funções, essas espécies apresentam diferenças fisiológicas, comportamentais e morfológicas (BRITO, 2016). Quando

comparados com equinos, os asininos aproveitamento melhor alimentos fibrosos (PEARSON, et. al. 2006). Essa característica está relacionada ao maior tempo de retenção do alimento fibroso no trato gastrointestinal, períodos mais longos de mastigação, maior diversidade de microrganismos no intestino posterior, além da eficiência na reciclagem do nitrogênio endógeno (MARTIN-ROSSET, 2018). Ainda assim, as particularidades expressas pelos asininos, quando comparadas às dos equinos e outros animais de produção, não foram completamente elucidadas, sendo necessários estudos mais aprofundados sobre sua alimentação, para entender como a digestão e o metabolismo de nutrientes são limitantes na espécie (Liu, et. al. 2020).

Nesse sentido, algumas técnicas para se estimar a digestibilidade dos nutrientes, que podem ser empregados em equídeos. Normalmente se utiliza a diferença entre as características físico-químicas ingeridas e excretadas por esses animais, sendo os principais parâmetros avaliados: matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido (BRITO, 2016). Dentre os métodos diretos e indiretos existentes, a mais confiável é a técnica *in vivo*, pois é realizada no próprio animal. Porém, esse método exige fases experimentais longas, acarretando maiores custos e estresse aos animais (BERCHIELLI et al., 2006). Assim, o método *in vitro* surgiu como alternativa para determinação da digestibilidade dos nutrientes pelos animais em tempo reduzido, conferindo maior bem-estar, com potencial para ser utilizado em asininos (TASSONE et al., 2020).

## **Revisão bibliográfica**

### *1.1 Jumento do ecótipo Nordestino e o Semiárido Brasileiro*

Grande parte do nordeste brasileiro é constituído pelo bioma Caatinga. Nessa região predomina o clima Semiárido, que apresenta características intrínsecas: temperaturas elevadas e constantes; baixos níveis de umidade; escassez de chuvas anuais; irregularidade de precipitações; prolongados períodos de estiagem; solos rasos e parcialmente salinos e rios intermitentes. A vegetação característica é de hábito herbáceo, arbustivo e arbóreo-arbustivo, com folhas miúdas e hastes espinhentas, adaptadas para conter os efeitos de uma evapotranspiração muito intensa. A região Semiárida apresenta duas estações bem marcadas: uma muito seca, outra moderadamente chuvosa (AB'SABER, 1999; SOUZA et al., 2010; RAMALHO, 2013; REBOITA et al., 2016; SANTOS et al., 2019).

Trata-se de uma região marcada por uma distribuição irregular de chuvas, altas taxas de insolação e evapotranspiração, além de reduzida e variável precipitação ao longo do ano (SANTANA & SOUTO, 2011). Com as variações climáticas, uma característica marcante expressa pela vegetação é a caducifólia. Essa característica é marcada pela senescência de parte dos tecidos da planta. Nesse processo, ocorre a deposição da serrapilheira que é utilizada como alimento pelos animais (MACIEL et al., 2012). Na região Semiárida a disponibilidade de fitomassa produzida é variável ao longo ano, em termos de volume e qualidade. A digestibilidade da forragem é afetada com a senescência dos vegetais, pois os nutrientes presentes ligam-se aos componentes da parede celular, tornando-se indisponível aos animais (SANTOS, 2007).

No Brasil existem duas raças de asininos, e um ecótipo. O jumento do ecótipo Nordestino, o jumento Nacional e o jumento Pêga, que são descendentes das raças introduzidas no período colonial (CARNEIRO et al., 2018). Essas raças derivaram de raças com origem euroasiáticas, oriundas do tronco Somaliensis (ALMEIDA, 2009; XIA et al., 2019).

O jumento do ecótipo Nordestino, ao contrário das raças Pêga e Nacional, sofreu um processo de seleção natural, desenvolvendo características de adaptabilidade aos fatores edafoclimáticos do Semiárido nordestino. Esses animais desenvolveram características específicas, por meio de acasalamento aleatório, surgindo o jumento do

ecótipo Nordestino (CARNEIRO et al., 2018). Esses são animais de pequeno porte, com altura variando de 1,00 a 1,20 m, independentemente do sexo. O corpo é alongado, com dorso reto e garupa oblíqua (PIMENTEL et al., 2014).

Ao se avaliar a morfometria, os asininos do ecótipo Nordestino apresentam altura de cernelha média de 1,17 m, comprimento corporal médio de 1,16 m, perímetro de canela médio de 0,15 m, perímetros torácicos médios para machos de 1,29 m e para fêmeas de 1,24 m e peso corporal de 173,3 kg (PIMENTEL et al., 2014). Souza et al. (2020) registraram em jumentos Nordestinos médias para altura de cernelha de 1,09 m, altura de garupa de 1,12 m, comprimento da escápula de 38,72 cm, comprimento da garupa 36,94 cm, comprimento corpóreo de 1,10 m, comprimento do pescoço de 43,40 cm, comprimento dorso-lombo de 59,96 cm, distância cômulo-solo de 63,27 cm, perímetro do antebraço de 31,94 cm, perímetro da canela de 14,34 cm, perímetro do joelho de 20,32 cm, perímetro torácico de 1,17 m e peso vivo de 150,94 kg.

A falta de conhecimento sobre o potencial produtivo da espécie asinina e a crescente demanda Asiática por produtos derivados desses animais, seja para fins alimentícios ou farmacológicos como o “ejiao”, uma espécie de gelatina oriunda da pele do jumento, utilizada na medicina chinesa, podem reduzir ainda mais a população de jumentos na região Nordeste brasileira. Frente ao exposto, a comunidade científica tem renovado interesse pela espécie, desenvolvendo práticas voltadas para recuperação da biodiversidade, o resgate de algumas raças quase extintas e a redescoberta de outras atividades (MARTINI et al., 2018; MESSIAS et al., 2022).

### *1.2 Consumo e digestibilidade em equídeos*

A matéria seca da forragem pode ser dividida em duas frações com base na disponibilidade nutricional: A primeira fração corresponde ao conteúdo celular e é composta por lipídios, carboidratos solúveis, proteínas e demais matérias solúveis em água; A segunda fração corresponde à parede celular vegetal, cuja disponibilidade é controlada por características estruturais que unem a celulose, a hemicelulose e a lignina (VAN SOEST, 1967).

O consumo de matéria seca para equinos em manutenção é estimado em 2% do peso vivo, havendo variações quanto à idade, fisiologia e intensidade de trabalho (NRC, 2007). O consumo pode variar de 1,5 a 3,5% do peso vivo desses animais (BRITO, 2016).

No entanto, o consumo de matéria seca estimado para asininos é de 1,6 % do peso vivo (RASPA et al. 2019). Brito, (2016) constatou um consumo de matéria seca de 1,3% do peso vivo para asininos e 1,86 % para equinos.

Os asininos apresentam menor consumo voluntário de matéria seca, maior digestibilidade dos nutrientes e da energia bruta em relação aos equinos, demonstrando menores exigências de manutenção (BRITO, 2016). Pearson et al. (2001) alimentando asininos e equinos com dietas a base de volumoso, com qualidade moderada ou baixa, constataram que o consumo voluntário de matéria seca diário foi menor nos asininos. Como resultado, eles têm taxa de passagem mais lenta da digesta pelo trato gastrointestinal e, conseqüentemente, digestibilidade aparente mais alta da matéria orgânica e das frações da fibra em comparação aos equinos.

Tassone et al. (2020), alimentando asininos com fenos produzidos com plantas em estágios vegetativos distintos, constataram que a qualidade do feno influenciou o consumo de matéria seca dos asininos. Os resultados da digestibilidade foram maiores com o feno de melhor qualidade, que teve o consumo de matéria seca correspondente a 2,6% do PV, do que com o feno de menor qualidade que teve consumo de 2,3% do PV. Concluíram que as diferenças observadas no consumo de matéria seca estão relacionadas às características dos fenos que influenciaram o consumo médio dos jumentos. Os autores enfatizaram que, independente do tipo de dieta, o consumo de matéria seca dos asininos foi superior a 2% do peso corporal. As diferenças no consumo são comuns em asininos e estão relacionadas ao peso corporal, composição da dieta e condições fisiológicas e ambientais.

Izraely et al. (1989) utilizaram dietas à base de palha de trigo (menor qualidade) e feno de alfafa na alimentação de asininos, e observaram aumento de 10% do consumo pelos animais quando a fonte foi a palha de trigo.

Araújo et al. (2000), com o objetivo de determinar o coeficiente de digestibilidade aparente expresso em equinos consumindo feno de *Coast-cross*, encontraram resultados para as variáveis matéria seca de 43,47%, proteína bruta de 40,41%, energia bruta de 42,87%, fibra em detergente neutro de 45,69%, fibra em detergente ácido de 34,72% e hemicelulose de 55,57%. Em outro estudo os resultados encontrados ao se avaliar o coeficiente de digestibilidade para as mesmas variáveis foram: matéria seca de 46,41%,

matéria orgânica de 48,16%, proteína bruta de 46,90%, fibra em detergente neutro de 47,92% e energia bruta de 45,51% (OLIVEIRA et al., 2014).

A digestibilidade da fração fibrosa do alimento é potencializada à medida que a quantidade de volumoso aumenta na dieta dos equinos. Esse fato decorre das condições favoráveis para a ação da flora celulolítica no ambiente do ceco e cólon (BRAGA, 2006). Zeyner et al. (2004) concluíram que a ingestão e a sequência de fornecimento de feno influenciam a atividade microbiana no intestino grosso.

Animais herbívoros apresentam relação simbiótica com microrganismos no trato digestivo. Essa relação decorre do fato desses hospedeiros não disporem de enzimas capazes de digerir carboidratos estruturais da parede celular dos vegetais. Os microrganismos degradam os componentes da dieta e os principais produtos da fermentação microbiana são os ácidos graxos de cadeia curta. Brandi & Furtado (2009) mencionaram que os principais ácidos graxos de cadeia curta obtidos com a degradação da forragem são o acetato e o butirato. A obtenção de propionato e ácido lático ocorre principalmente ao se degradar amido não digerido no intestino delgado. Os ácidos graxos de cadeia curta atingem a corrente sanguínea através da parede intestinal, sendo utilizados na síntese de energia (BRITO, 2016).

### **1.3** *Digestibilidade aparente em asininos e equinos*

O equino é um herbívoro não ruminante capaz de suprir grande parte ou a totalidade da sua demanda nutricional pela ingestão de gramíneas (BRANDI & FURTADO, 2009). Porém, ao se comparar com a espécie asinina, apresenta menor digestibilidade dos nutrientes. As médias relacionadas ao coeficiente de digestibilidade aparente para as variáveis de matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e proteína bruta são superiores para a espécie asinina (BRITO, 2016). Os asininos, por serem animais de regiões áridas, adaptaram-se a situações adversas, expressando a capacidade de se manter com alimentação fibrosa e escassa, situação que o equino dificilmente suportaria (LUPPI & BORELLI, 2007).

Segundo Morgado et al. (2009), a forma de processamento do volumoso (inteiro ou moído) não influencia a digestibilidade da matéria seca e dos constituintes da parede celular. Portanto, quando se utiliza feno com mesmo valor nutricional, em um mesmo

nível de consumo, a redução no tamanho da partícula não tem efeito sobre a digestibilidade dos nutrientes.

Pearson et al. (2001) alimentando equinos e asininos com feno de alfafa e palha de aveia, fornecimento restrito ou *ad libitum*, constataram que a digestibilidade aparente da matéria seca expressa nos jumentos foi superior, quando os animais consumiram dietas de baixa qualidade fornecida *ad libitum*. No sentido oposto, com dieta de alta qualidade a base de alfafa a digestibilidade foi maior com alimentação restrita. Este efeito foi menos perceptível nos equinos. O hábito de selecionar partículas expresso nos asininos melhorou a digestibilidade da palha de aveia quando a dieta foi oferecida *ad libitum*.

Pearson et al. (2006) constataram que a digestibilidade da matéria seca nos asininos recebendo dieta com qualidade inferior foi semelhante aos ruminantes (bovinos e ovinos), quando esses receberam alimento *ad libitum*. Porém, os resultados na espécie equina foram inferiores aos observados nas outras espécies com fornecimento *ad libitum* ou restrito. Equinos apresentaram as maiores digestibilidades de matéria seca e matéria orgânica em dietas com volumosos de alta qualidade. Os asininos mostraram-se mais próximos dos ruminantes na capacidade de digerir dietas fibrosas, independente da forragem ser de baixa qualidade.

A espécie asinina apresenta uma particularidade importante na fisiologia digestiva: conseguem manter a ingesta por mais tempo no intestino grosso. Esse mecanismo é conhecido por tempo médio de retenção, que pode variar conforme a composição do alimento. Assim, com dietas fibrosas o tempo médio de retenção é maior (PEARSON et al., 2001). Brandi e Furtado (2009) afirmaram que esse tempo pode variar de 21 à 40 horas em equinos, diminuindo dentro desta faixa à medida que a ingestão aumenta. Hansen et al. (2019) constataram tempo de retenção do alimento fibroso no trato digestivo de equinos de 32,7 horas. Em contrapartida Cuddeford et al. (1995) observaram tempo de retenção em asininos de 76,7 horas.

Estudos comparativos dos diferentes equídeos mostraram que asininos retêm digesta no trato gastrointestinal por mais tempo, independente do tipo de forragem. Como consequência, digerem fibra com mais eficiência. A taxa de passagem mais rápida da dieta em equinos está associada à redução da digestibilidade dos componentes da parede celular dos vegetais (PEARSON et al., 2006).

Pearson et al. (2001), alimentando equinos e asininos com palha e alfafa restrita, constataram que jumentos retiveram digesta no trato gastrointestinal por mais tempo, conseqüentemente, a fibra foi digerida com mais eficiência pelos asininos. Nesse sentido, quanto menor for a ingestão voluntária, maior será o tempo de retenção, e conseqüentemente a digestibilidades do alimento.

Apesar do crescente interesse em asininos, os estudos sobre a digestibilidade dos alimentos nesta espécie ainda são limitados. De acordo com Tassone et al. (2020), não está disponível uma ferramenta confiável para prever as exigências nutricionais da espécie.

#### *1.4 Métodos utilizados em ensaios de digestibilidade*

Para determinar a digestibilidade dos nutrientes presentes na dieta são realizados os chamados ensaios de digestibilidade. Nos ensaios são empregados alguns métodos, entre esses procedimentos estão os métodos *in vivo*. Dentre os métodos *in vivo* utilizados destaca-se a coleta total de fezes, que é considerado o método mais seguro para determinar a digestibilidade aparente das frações do alimento. Os métodos *in vivo* são os mais usados e confiáveis, pois são empregados no próprio animal (NRC, 2007).

#### *1.5 Métodos diretos*

A coleta total de fezes é a técnica considerada padrão, a metodologia que os pesquisadores em nutrição de equídeos dispõem como parâmetro de controle. Porém, é necessário que as fezes sejam isentas de urina, pelos e resíduos oriundos do ambiente (SILVA, 2010). Moss (2012) classificou o método de coleta total de fezes como um método direto e clássico para se estimar a digestibilidade dos alimentos. Este método consiste no controle total do alimento ingerido e na coleta total da excreta. Na coleta total de fezes, o *pool* coletado no período de 24 horas é pesado, homogeneizado e uma amostra correspondente a 10% é retirada, acondicionada em saco plástico, identificados e armazenados a uma temperatura de -15°C (OLIVEIRA et al., 2014).

Para alcançar a máxima eficiência no ensaio de digestibilidade é necessário que os animais envolvidos no estudo sejam adaptados a nova condição e a dieta. O método é realizado em duas etapas: uma para adaptação e outra para coleta do material (BORGHI, 2015).

A ingestão voluntária da dieta deve ser estabilizada no período de adaptação dos animais à condição do experimento. Silva (2010), trabalhando com oferta de fenos de leguminosas a equinos, constatou que os valores de consumo dos fenos estabilizaram-se a partir do décimo quinto dia do fornecimento a nova dieta. No mesmo trabalho, enfatizou que o período de coleta das fezes deve ter duração mínima de cinco a 10 dias, para garantir uma excreção fecal média constante e minimizar os efeitos das variações individuais (consumo, tempo de permanência, motilidade intestinal etc.).

Borghi (2015) relatou que o tempo para realização do método de coleta total de fezes é de 10 dias, sendo sete dias de adaptação à dieta e três dias ininterruptos de coleta total de fezes. Moss (2012) menciona que a duração da coleta de fezes é de 13 dias, sendo o período de adaptação de 8 dias e o período de coleta de cinco dias. Em um ensaio de digestibilidade com equinos, utilizando a coleta total de fezes, Oliveira et al. (2014) determinou 20 dias para realizar estudo, sendo os primeiros 15 dias designados à adaptação dos animais às instalações, dietas e condições de manejo, e os últimos cinco dias para coleta do material.

### **1.6** *Métodos indiretos*

Na determinação da digestibilidade em equinos também são utilizados métodos indiretos. Essa prática é marcada pelo uso de indicadores internos ou externos. Os indicadores internos são ligados a parede celular dos vegetais, entre eles destacam-se a celulose e lignina indigestível, cinzas insolúveis em detergente ácido, cinza insolúvel em HCl, fibra em detergente neutro indigestível e fibra em detergente ácido indigestível. Os resultados obtidos com os métodos indiretos podem ser subestimados ou superestimados quando comparados com o método tradicional, coleta total de fezes, principalmente no que se refere à lignina indigestível (ARAÚJO et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2014).

Os indicadores cinzas insolúveis em ácido clorídrico, fibra em detergente neutro indigestível e fibra em detergente ácido indigestível subestimaram os valores de digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos criados à pasto, não sendo recomendados para estas condições experimentais (PEREIRA, 2010).

Em estudo realizado por Oliveira et al. (2003) constatou-se que a fibra em detergente neutro indigestível e fibra em detergente ácido indigestível superestimaram os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, quando comparados ao método da coleta

total de fezes. A celulose indigestível é o indicador interno com resultados que se aproxima na estimativa da digestibilidade aparente aos obtidos pela coleta total de fezes, em ensaios para equinos.

Os indicadores externos são materiais inertes adicionados à dieta, entre eles estão o óxido crômico, lignina Klason e LIPE (lignina purificada do eucalipto). O óxido crômico apresentou baixa recuperação fecal, subestimando os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, sendo inadequada sua utilização para estimativa da digestibilidade (OLIVERIA et al., 2003). Os equinos apresentam limitações na ingestão do indicador óxido crômico, esse fato reflete diretamente na baixa recuperação fecal do indicador inviabilizando, dessa forma, a utilização do indicador na estimativa da digestibilidade dos nutrientes em equinos, pois subestima a produção fecal, em razão da baixa taxa de recuperação nas fezes, e superestima os dados de digestibilidade dos nutrientes (LANZETTA et al., 2009).

Em equinos criados em sistema de pastagem, a lignina Klason é indicada para determinação do coeficiente de digestibilidade aparente do material mineral, matéria orgânica, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e energia bruta. Porém, apresenta limitações na determinação do coeficiente de digestibilidade para as variáveis matéria seca e proteína bruta (PEREIRA, 2010).

O LIPE é o indicador externo considerado pelos pesquisadores apropriado na determinação da digestibilidade dos nutrientes. Esse indicador apresenta resultados mais próximo aos obtidos na coleta total de fezes. Na utilização do LIPE o indicador é fornecido 48 horas antes do início da coleta, não sendo necessária adaptação do animal ao indicador (OLIVEIRA et al., 2021). Lanzetta et al. (2009) relataram que os resultados apresentados com a utilização do LIPE tanto para produção fecal, quanto para recuperação fecal, são semelhantes aos obtidos com a coleta total de fezes. Os autores não encontraram diferença ( $P < 0,05$ ) na taxa média de recuperação fecal do LIPE (95,94%), comparado à da coleta total de fezes (100%). Assim como os outros indicadores externo, a LIPE apresenta resultados superestimados para a digestibilidade da fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e carboidratos não estruturais (OLIVEIRA et al., 2021).

### 1.7 Digestibilidade *in situ*

O método de digestibilidade *in situ* também é utilizado para determinar a digestibilidade em equinos. Esse método consiste no desaparecimento de partículas do alimento acondicionado em sacos de náilon, incubados em compartimentos do trato digestório. O método *in situ* consiste na recuperação do material inserido no trato digestivo do animal que é excretado junto às fezes, porém depende da coleta total de fezes (SILVA et al., 2009). Oliveira et al. (2014) enfatizaram que o método *in situ* contraria os conceitos de bem estar animal, pois é considerado um método invasivo, que compromete a integridade física dos animais. Um aspecto primordial para o sucesso do método é a recuperação dos sacos através das fezes, sendo que o tempo para recuperação dos sacos não deve exceder 96 horas após a ingestão. Além disso, a recuperação deve estar acima de 80% dos sacos introduzidos (ARAÚJO et al., 2000).

Alguns fatores contribuem para o insucesso do método *in situ*. Araújo et al. (2000) relataram que o método *in situ* apresenta variações no coeficiente de digestibilidade das amostras. Esse fato está atrelado às perdas endógenas de partículas e no processo de lavagem dos sacos. Resultados superestimados podem ser observados na técnica de sacos moveis.

### 1.8 Digestibilidade *in vitro*

Na tentativa de determinar a digestibilidade, reduzindo o tempo e o processo utilizado nos ensaios de digestibilidade com os métodos diretos e indiretos, surgiu o método de digestibilidade *in vitro*, que deve ser capaz de simular o processo digestivo expresso no trato gastrointestinal do animal (BERCHIELLI et al., 2006).

Tilley e Terry (1963) descreveram uma metodologia para ensaios de digestibilidade *in vitro* realizada em duas etapas. Primeiramente a incubação de amostras em tubos contendo inóculo ruminal e solução tampão. Após 48 horas o material restante é submetido à digestão ácida. A metodologia proposta por Tilley e Terry (1963) é considerada padrão em ensaios de digestibilidade *in vitro* (SILVA et al., 2017).

Considerando a digestão fermentativa pós-gástrica em equídeos, Abdouli e Ben Attia (2007) desenvolveram um método *in vitro* com inóculo fecal, adaptando os princípios descritos na metodologia proposta por Tilley e Terry (1963), na qual as

amostras sofrem digestão química e enzimática antes de serem incubadas com o inóculo. No primeiro estágio, para digestão química se faz necessário a utilização de soluções com pepsina, pancreatina e tampão para controle do pH. Esse processo simula o que ocorre no estômago e duodeno dos equídeos. No segundo estágio, uma amostra do substrato é incubada com o inóculo fecal equino, para simular a fermentação final do trato digestivo, permanecendo por 48 horas em ambiente anaeróbico com temperatura semelhante à do animal.

No mesmo sentido, Theodorou et al. (1994) descreveram um procedimento *in vitro* considerado simples e de baixo custo, usando um transdutor de pressão, no intuito de fornecer informações precisas sobre a cinética de fermentação do rúmen. A técnica baseia-se na produção cumulativa de gás e consiste na utilização de substrato de origem vegetal como fonte de carbono para desenvolvimento microbiano. As partículas alimentares são incubadas com inóculo ruminal, em ambiente anaeróbico, com temperatura controlada. No procedimento, o material é inserido em garrafa estéril, vedada e equipada com medidor para pressão de gás. O procedimento não limita a comparação entre métodos, permitindo o uso de fezes equinas como fonte de inóculo para testes de fermentação *in vitro*, em estudos de produção de gás (FRANZAN et al., 2018).

Os ensaios de digestibilidade na área de nutrição utilizando inóculo fecal equino apresentam resultados semelhantes aos obtidos com a utilização do método direto coleta total de fezes (OLIVEIRA et al., 2012). O método *in vitro*, utilizando fezes de asininos como fonte de inóculo, não apresenta resultados confiáveis comparado com as estimativas *in vivo* para os parâmetros de digestibilidade. Portanto, são necessários mais estudos para avaliar o uso do inóculo de fezes asinina na determinação da digestibilidade *in vitro* das frações presentes no alimento (TASSONE et al., 2020). Segundo Franzan et al. (2018), não há um protocolo padronizado para o uso de fezes equinas como fonte de inóculo em ensaios de produção de gás.

## **Objetivos**

### *1.9 Geral*

Verificar se os asininos do ecótipo Nordestino são mais eficientes que os equinos na digestibilidade aparente e cinética de produção de gases.

### *1.10 Específicos*

- Determinar a digestibilidade aparente do feno de Tifton 85 em dois estádios de maturidade utilizando o método coleta total de fezes;
- Estimar a cinética de produção de gases através do método *in vitro* utilizando inóculo fecal de equinos e asininos.

## Referências

- AB'SABER, A.N. Sertões e sertanejos: uma Geografia humana sofrida. Estudos Avançados: Dossiê Nordeste Seco, 1999.
- ABDOULI, H.; ATTIA, S. BEN. Evaluation of a two-stage *in vitro* technique for estimating digestibility of equine feeds using horse faeces as the source of microbial inoculum. *Animal Feed Science and Technology*, v. 132, n. 1–2, p. 155–162, 2007.
- ALMEIDA, L. D. Diversidade genética de raças asininas criadas no Brasil, baseada na análise de locos microssatélites e DNA mitocondrial. Dissertação de Mestrado em Ciências Animais, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2009, 76 p.
- ARAÚJO, K. V., LIMA, J. A. F., FIALHO, E. T., TEIXEIRA, J. C. Comparação da Técnica do Saco de Náilon Móvel com o Método de Coleta Total para Determinar a Digestibilidade dos Nutrientes de Alimentos Volumosos em Equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v 29. p 752-761, 2000.
- BERCHIELLI, T.T.; RODRIGUEZ, N.M.; OSÓRIO NETO, E. et al. Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.
- BORGHI, R. T. Casca de Soja na Dieta de Equinos Submetidos a Exercício Moderado. Dissertação de Mestrado em Zootecnia. Universidade Federal de Sergipe, 2015. 62 p.
- BRAGA, A. C. Níveis de Fibras na Dieta Total de Equinos. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2006, 46 p.
- BRANDI, R. A.; FURTADO, C. E. Importância nutricional e metabólica da fibra na dieta de equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p. 246-258, 2009.
- BRITO, J. C. Digestibilidade Aparente dos Nutrientes e Características Físico-Químicas das Fezes de Equídeos Alimentados com Feno de Tifton. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, 2016, 41 p.
- BIRD, S.H.; ROWE, J.B.; CHOCT, M.; STACHIW, S.; TYLER, P.; THOMPSON, R.D. In vitro fermentation of grain and enzymatic digestion of cereal starch. *Recent Advances in Animal Nutrition* v.12, p. 53-61, 1999.

- CAMILLO, F.; ROTA, A.; BIAGINI, L.; TESI, M.; FANELLI, D.; PANZANI, D. The Current situation and Trend of Donkey Industry in Europe. *Journal of Equine Veterinary Science*, v.65, p. 44–49, 2018.
- CARNEIRO, G. F.; LUCENA, J. E. C.; BARROS, L. O. “The Current Situation and Trend of the Donkey Industry in South America”. *Journal of Equine Veterinary Science*. v. 65, p. 106-110, 2018.
- COSTA, A. P. B.; PACHECO, P. S. Caracterização, Inserção e Resistência de Muales. *Nucleus Animalium*, v.9, n.1, p. 65-80, 2017.
- CUDDEFORD, D.; PEARSON, R. A.; ARCHIBALD, R. F.; MUIRHEAD, R. H. Digestibility and gastro-intestinal transit time of diets containing different proportions of alfalfa and oat straw given to Thoroughbreds, Shetland ponies, Highland ponies and donkeys. *Animal Science*. v. 61, p. 407 – 417, 1995.
- CARVALHO, W., T., V. Valor Nutricional do Feno de Tifton 85 em Diferentes Idades de Corte. Tese de Doutorado, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012, 182 p.
- DESROUSSEAUX, G.; SANTOS, A.S.; PELLIKAAN, W.F.; VAN DER POEL, A.F.B.; CONE, J.W.; GUEDES, C.M.V.; FERREIRA, L.M.M.; RODRIGUES, M.A.M. Effect of collection time on the fermentative activity of microbes in equine faeces. *Animal Feed Science and Technology*, v. 178, p. 183– 189, 2012.
- DAVIDSON, N.; HARRIS, P. Nutrition and Welfare. In: WARAN, N. *The Welfare of Horses*, Springer Netherlands, p. 45–76, 2007.
- EGITO, A. A., MARIANTE, A. S., ALBUQUERQUE, M. S. M. Programa Brasileiro de Conservação de Recursos Genéticos Animais. *Archivos de Zootecnia*, v. 51, p. 39-52, 2002.
- FAICHNEY, G. J. The use of markers to partition digestion within the gastro-intestinal tract of ruminants. In: McDONALD, I.W., WARNER, A. I. C. (Ed.) *Digestion and metabolism in ruminant*. The University of New England Publishing Unit: Armidale NSW, p.277-291, 1975.
- GREEN, A. R.; GATES, R. S.; LAWRENCE, L. M. Measurement of horse core body temperature. *Journal of Thermal Biology*, v. 30, n. 5, p. 370-377, 2005.
- GATTA, D.; CASINI, L.; MAGNI, L.; LIPONI, G. B. Apparent digestibility of three diets in the Amiata breed donkey during lactation. *Italian Journal of Animal Science*. v. 8, p. 706-708, 2009.

- HANSEN, T. L.; CHIZEK, E. L.; ZUGAY, O. K.; MILLER, J. M.; BOBEL, J. M. CHOUINARD, J. W. ADKIN, SKURUPEY, L. A.; WARREN, L. K. Digestibility and Retention Time of Coastal Bermudagrass (*Cynodon dactylon*) Hay by Horses. *Animals*, v. 9, p. 1148, 2019.
- 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*, v. 47, p. 1806-9290, 2018.
- IZRAELY, H.; CHOSHNIK, I.; STEVENS, C. E.; DEMMENT, M. W.; SHKOLNIK, A. Factors Determining the Digestive Efficiency of the Domesticated Donkey (*Equus a sinu a sinu*). *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, v. 74, p. 1-6, 1989.
- KLEIN, B. G. Cunningham tratado de fisiologia veterinária. 5 ed. Elsevier, 2014.
- LANZETTA, V. A. S.; REZENDE, A. S. C.; SALIBA, E. O. S.; LANA, A. M. Q.; RODRIGUEZ, N. M.; MOSS, P. C. B. Validação do Lipe® como Método para Determinar a Digestibilidade dos Nutrientes em Equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.1, p.69-74, 2009.
- LIMA, R. A. S.; SHIROTA, R.; BARROS, G. S'A. C. Estudo do Complexo do Agronegócio Cavalo, CEPEA/ESALQ/USP, Relatório Final. 2006, 251 p.
- LUPPI, M. M. C. P.; BORELLI, V. Aspectos Morfológicos dos Componentes do Funículo Espermático em Jumentos Nordestinos. *Revista do Instituto de Ciência da Saúde*, v. 25, p. 379 - 84. 2007.
- LIMA, J. L. S. Plantas Forrageiras das Caatingas - Usos e Potencialidades. EMBRAPA-CPATSA/PNE/RBG-KEW. 1996, 38 p.
- LATTIMER, J. M. COOPER, S. R. FREEMAN, D. W. LALMAN, D. L. Effect of yeast culture on *in vitro* fermentation of a high-concentrate or high-fiber diet using equine fecal inoculum in a Daisy II incubator. *Journal of Animal Science*, v. 85, n. 10, p. 2484–2491, 2007.
- LIU, L., ZHOU, X., YANG, H. Effect of Dietary Forage: Concentrate Ratio on Pre-Caecal and Total Digestive Tract Digestibility of Diverse Feedstuffs in Donkeys as Measured by the Mobile Nylon Bag Technique. *Animals*. v. 10, p. 1070, 2020.

- MACIEL, M. G.; ELEOTERIO, S. S.; BATISTA, F. A.; SOUZA, J. S.; ELIAS, O. F. A. S.; OLIVEIRA, E. S.; CUNHA, M. V.; LEITE, M. L. M. V. Produção Total e das Frações de Serapilheira em Área de Caatinga no Semiárido de Pernambuco. *Revista Científica de Produção Animal*, v.14, n.1, p.43-45, 2012.
- MARTINI, M.; ALTOMONTE, I.; LICITRA, R.; SALARI, F. Nutritional and Nutraceutical Quality of Donkey Milk. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 65, p. 33–37, 2018.
- MCLEAN, A.K.; GONZALEZ, F.J. Can scientists influence donkey welfare? Historical perspective and a contemporary view. *Journal of Equine Veterinary Science*. v. 65, p. 25-32, 2018.
- MESSIAS, T. B. O. N.; ARAÚJO, E. O. M.; SANT'ANA, A. M. S.; LUCENA, J. E. C.; PACHECO, M. T. B.; QUEIROGA, R. C. R. E. Challenges and Perspectives for Exploiting Donkey Milk in the Brazilian Northeast. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.52, n. 3, 2022.
- MORGADO, E. S.; ALMEIDA, F. Q.; SILVA, V. P.; GOMES, A. V. C.; GALZERANO, L.; VENTURA, L. H. T.; RODRIGUES, M. Digestão dos carboidratos de alimentos volumosos em equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.1, p.75-81, 2009.
- MOSS, P. C. B., Digestibilidade Aparente da Dieta em Equinos, Estimada Através de Coleta Total de Fezes e do uso de Indicadores. Dissertação de Mestrado, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais. 2012, 58 p.
- 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.
- MENEZES, M. L. Digestibilidade aparente dos nutrientes e metabolismo energético de equídeos submetidos a dietas com diferentes fontes energéticas. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. 2017.
- MIRANDA, E. Agropecuária no Brasil uma Síntese. Metalivros, São Paulo. 49 p. 2017.
- MORETINI, C. A., LIMA, J. A. F., FIALHO, E. T., MERCER, J. R., BRANDI, R. A. Avaliação Nutricional de Alguns Alimentos para Equinos por Meio de Ensaios Metabólicos. *Ciência e Agrotecnologia*., Lavras, v. 28, n. 3, p. 621-626, 2004.
- MONTI, G., BERTINO, E., MURATORE, M. C, COSCIA, A., CRESI, F., SILVESTRO, L., FABRIS, C., FORTUNATO, D., GIUFFRIDA, M.G., CONTI, A. Efficacy of donkey's milk in treating highly problematic cow's milk allergic children: An in vivo and in vitro study. *Journal Compilation*, v 18, p. 258–264, 2007.

- NOGUEIRA, F. R. B.; SIMÕES, S. V. D. Uma Abordagem Sistêmica para a Agropecuária e a Dinâmica Evolutiva dos Sistemas de Produção no Nordeste Semiárido. *Revista Caatinga*, v.22, n.2, p.01-06, 2009.
- NRC – National Research Council. Nutrients requirements of horses. National Academy Press, Whashington, D.C., 5ed., 100p, 2007.
- OLIVEIRA, C. A. A.; ALMEIDA, F. Q.; VALADARES FILHO, S. C.; VIEIRA, A. A.; ALMEIDA, M. I. V.; CORASSA, A.; LOPES, B. A.; MACEDO, R. Estimativa da Digestibilidade Aparente de Nutrientes em Dietas para Equinos, com o Uso de Óxido Crômico e Indicadores Internos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.32, n. 6, p. 1681-1689, 2003.
- OLIVEIRA, C. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, G. M.; SILVA, R. M.; RODRIGUES, P. G.; BRITO, C. O.; SANTOS, T. S.; SOUZA, D. M.; SILVA, C. M. Tempo de Coleta para Determinação dos Coeficientes de Digestibilidade de Nutrientes em Equinos. *Research, Society and Development*, v.10, n.2, p. 2525-3409, 2021.
- OLIVEIRA, K.; COSTA, C.; BITTAR, C. M. M.; SANTOS, V. P.; SÁ, J. C.; MEIRELLES, P. R. Uso de Indicadores Indigestíveis Obtidos *in situ* e *in vivo* para Determinar a Digestibilidade de Nutrientes em Equinos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. v.66, n.3, p. 911-918, 2014.
- OLIVEIRA, K.; BITTAR, C. M. M.; COSTA, C.; OLIVEIRA, V. A. B.; SÁ, J. C. Fezes equina como fonte de inóculo na obtenção de indicadores indigestíveis para estimar a digestibilidade em equinos. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, Salvador, v.13, n.2, p.410-423, 2012.
- PEARSON, R. A.; ARCHIBALD, R. F.; MUIRHEAD, R. H. A comparison of the effect of forage type and level of feeding on the digestibility and gastrointestinal mean retention time of dry forages given to cattle, sheep, ponies and donkeys. *British Journal of Nutrition*, v. 95, p. 88–98, 2006.
- PEARSON, R. A.; ARCHIBALD, R. F.; MUIRHEAD, R. H. The effect of forage quality and level of feeding on digestibility and gastrointestinal transit time of oat straw and alfalfa given to ponies and donkeys. *British Journal of Nutrition*, v. 85, p. 599-606, 2001.
- PEREIRA, R. V. G. Digestibilidade e Consumo de Equinos em Treinamento e Criados a Pasto. Dissertação de Mestrado. Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. 2010. 60 p.

- PIMENTEL, M. M. L.; PINHEIRO, M.; MAIA FILHO, H.; SAKAMOTO, S. M.; NOBRE, F. V.; DIAS, R. V. C. Parâmetros Biométricos de Asininos (equus asinus) Utilizados em Provas de Corrida no Estado do Rio Grande do Norte. *Acta Veterinária Brasilica*, v.8, n.2, p.136-143, 2014.
- RAMALHO, M. F. J. L. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. *Sociedade e Território*, v.25, n.2, p.104-115, 2013.
- REBOITA, M.S.; RODRIGUES, M.; ARMANDO, R. P.; FREITAS, C.; MARTINS, D.; MILLER, G. Causas da semiaridez do sertão nordestino. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.19, p.254-277, 2016.
- RASPA, F.; CAVALLARIN, L. MC LEAN, A. K.; BERGERO, D.; VALLE, E. A Review of the Appropriate Nutrition Welfare Criteria of Dairy Donkeys: Nutritional Requirements, Farm Management Requirements and Animal-Based Indicators. *Animals*. v. 9, p. 315, 2019.
- RICHARDS, N.; CHOCT, M.; HINCH, G. N.; ROWE, J. B. Equine  $\alpha$ -amylase: does it limit starch digestion in the small intestine of the horse?. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, v. 14, p. 191-196, 2003.
- SILVA, V. P.; ALMEIDA, F. Q.; MORGADO, E. S.; FRANÇA, A. B.; VENTURA, H. T.; RODRIGUES, L. M. 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.
- SALIBA, E. O. S.; FARIA, E. P.; RODRIGUEZ, N. M.; MOREIRA, G. R.; SAMPAIO, I. B. M.; SALIBA, J. S.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. Use of infrared spectroscopy to estimate fecal output with marker Lipe®. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v. 4, p. 1-10, 2015.
- 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.
- STRAUCH, S.; WICHERT, B.; GREEF, J. M.; HILLEGEIST, D.; ZEYNER, A.; LIESEGANG, A. Evaluation of an in vitro system to simulate equine foregut digestion and the influence of acidity on protein and fructan degradation in the horse's stomach. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, v. 101, p. 51-58, 2017.

- SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Produção de Serapilheira na Caatinga da Região Semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. *Idesia*, V. 29, n 2. p. 87-94, 2011.
- SANTOS, G. R. A. Caracterização da Vegetação e da Dieta de Ovinos em Área de Caatinga no Sertão de Pernambuco. Tese de Doutorado em Zootecnia. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2007, 135 p.
- SANTOS, S. R. Q.; CUNHA, A. P. M. A.; RIBEIRO-NETO, G. G. Avaliação de dados de precipitação para o monitoramento do padrão espaço-temporal da seca no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.25, p.80-100, 2019.
- SILVA, T. E.; DETMANN, E.; CAMACHO, L. F.; SALIBA, E. O. S.; PALMA, M. N. N.; VALADARES FILHO, S. C. Comparação de métodos in vitro para a quantificação da digestibilidade da matéria seca e da fibra em detergente neutro de forragens e concentrados. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.69, n.6, p.1635-1644, 2017.
- SILVA, V. P. Avaliação Nutricional de Fenos de Estilosantes e de Alfafa em Equinos. Tese de Doutorado. Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais. 2010, 103 p.
- SOUZA, J. A.; BEZERRA, F. E. F.; RAMOS, L. C. E.; MOURA, M. F. N.; FELIX, N. A.; OLIVEIRA, K. J. M.; DANTAS, W. S.; KNUPP, S. N. R. Biometria e Estimativa de Peso Vivo de Asininos Adultos da Raça Nordestina. *Revista de Agroecologia no Semiárido*, v. 4, n. 2, p. 33- 37, 2020.
- SOUZA, R. V. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JUNIOR, V. S.; CORRÊA, M. M.; ALMEIDA, M. C.; CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO FILHO, M. R.; SCHULZE, S. M. B. B. Caracterização de solos em uma topoclimossequência no maciço de Triunfo - sertão de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. v.34, p.1259- 1270, 2010.
- TASSONE, S.; FORTINA, R.; VALLE, E.; CAVALLARIN, L.; RASPA, F.; BOGGERO, S.; BERGERO, D.; GIAMMARINO, M.; RENNA, M. Comparison of In Vivo and In Vitro Digestibility in Donkeys. *Animals*. v. 10, p. 1-12, 2020.
- 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. Atwo-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal Grass and Forage Science*, v.18, p.104-111, 1963.

TATEMOTO, P., LIMA, Y. F., SANTURTUN, E.; REEVES, E; RAW, Z. Donkey skin trade: is it sustainable to slaughter donkeys for their skin? *Brazil Journal Veterinary Research and Animal Science*. v. 58, p. 174-252, 2021.

TARAN, F.M.P. SILVA, V.P. ABRUNHOSA, L. ROSA, C.A.R. VENÂNCIO A. ALMEIDA F.Q. Evaluation of *Saccharomyces cerevisiae* as an anti-fumonisin B 1 additive in a horse digestion model. *World Mycotoxin Journal*, v. 10, n. 2, p. 121–130, 2017.

TSUZUKIBASHI, D. Qualidade dos fenos de capim-tifton 85 e alfafa sobre a biometria corporal e o desempenho esportivo de cavalos atletas na modalidade de três tambores. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu. 2015, 78 p.

VAN SOEST, P. J. Development of a Comprehensive System of Feed Analyses and its Application to Forages. *Journal of Animal Science*, Vol 26, Pag 119–128, 1967.

WILLEKES, C. Donkey. In: BAGNALL, R. S. et al. *The Encyclopedia of Ancient History*. Vol: 1. Oxford : Wiley-Blackwell, 2016.

XIA, X., YU, J., ZHAO, X., YAO, Y., ZENG, L., AHMED, Z., SHEN, S., DANG, R., LEI, C. Genetic diversity and maternal origin of Northeast African and South American donkey populations. *Animal Genetics*, v 50, p 266-270, 2019.

ZEYNER, A.; GEIBLER, C.; DITTRICH, A. Effects of hay intake and feeding sequence on variables in faeces and fecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, buffering capacity) of horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 88, p. 7-19, 2004.

## **CAPÍTULO II**

(Artigo formatado de acordo com as normas da revista Livestock Science, exceto posição das tabelas e figuras)

### **DIGESTIBILIDADE E CINÉTICA DE PRODUÇÃO DE GASES DO FENO DE TIFTON 85 EM DOIS ESTÁDIOS DE MATURIDADE POR EQUÍDEOS**

Clairton Bruno Rodrigues de Moraes (corresponding author), Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Av. Bom Pastor, s/n - Boa Vista, Garanhuns – PE/ Brasil. clairtonbrunorm@gmail.com

Juliano Martins Santiago, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco / Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n - Serra Talhada, PE/ Brasil. juliano.santiago@ufrpe.br

Jorge Eduardo Cavalcante Lucena, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Av. Bom Pastor, s/n - Boa Vista, Garanhuns – PE/ Brasil. jorgelucena245@hotmail.com

## RESUMO

Objetivou-se verificar se os asininos do ecótipo Nordestino são mais eficientes que os equinos na digestibilidade aparente e cinética de produção de gases do feno de Tifton 85, em diferentes estádios de maturidade. Foram utilizados quatro asininos do ecótipo Nordestino e quatro equinos, em delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2 x 2, sendo duas espécies equídeas e fenos de Tifton 85 em dois estádios de maturidade (Feno 1 com maior qualidade e Feno 2 com menor qualidade). O experimento foi dividido em dois períodos de 29 dias, totalizando 58 dias. Os primeiros três dias foram de *wash-out*, 21 dias de consumo das dietas e do 25º ao 29º foi realizado o ensaio de digestibilidade pelo método de coleta total de fezes. Ao final de cada período, as fezes foram coletadas na ampola retal para realização da técnica *in vitro*. Houve diferença entre as espécies nos coeficientes de digestibilidade aparente da PB e PIDN (Proteína insolúvel em detergente neutro) do Feno 2, com maiores valores para os equinos. Para ambos os fenos, observou-se menor período de latência para a degradação dos carboidratos pelos asininos. Ambas as espécies apresentaram maior volume total de gases (Vt1) do Feno 1. O volume de gases produzido pela degradação da fração correspondente aos carboidratos não-fibrosos A+B1 (Vf1) foi maior no Feno 1, indicando maior fermentação dos CNF. Quanto ao volume de gases produzido pela degradação da fração fibra digestível B2 (Vf2), observou-se maior volume de gases produzido no Feno 2, indicando maior fermentação dos CF. Além disso, os equinos apresentaram maior valor para Vf1 e maior produção de gases até 96 horas de incubação do Feno 1. Já no Feno 2, a produção de gases pelos asininos foi maior. Concluiu-se que consumindo 2,0% do peso vivo em matéria seca por dia de feno de Tifton 85, asininos do ecótipo Nordestino e equinos apresentam digestibilidade semelhante dos nutrientes, independente do estádio de maturidade da forragem.

**Palavras-chave:** Asininos, Coleta total de fezes, Equinos, *In vitro*.

## **ABSTRACT**

The aim was to verify whether donkeys of the Nordestino ecotype are more efficient than horses in apparent digestibility and gas production kinetics of Tifton 85 hay, at different stages of maturity. Four donkeys of the Nordestino ecotype and four horses were used, in a completely randomized design in a 2 x 2 factorial scheme, two equid species and hay from Tifton 85 at two stages of maturity (Hay 1 with higher quality and Hay 2 with lower quality). The experiment was divided into two periods of 29 days, totalizing 58 days. The first three days were wash-out, 21 days of diet consumption and from the 25th to the 29th day the digestibility test was carried out using the total feces collection method. At the end of each period, feces were collected in the rectal ampoule to perform the *in vitro* technique. There was a difference between species in the apparent digestibility coefficients of CP and PIDN (neutral detergent insoluble protein) of Hay 2, with higher values for horses. For both hays, a shorter latency period was observed for the degradation of carbohydrates by the donkeys. Both species presented a higher total volume of gases (Vt1) for Hay 1. The volume of gases produced by the degradation of the fraction corresponding to non-fibrous carbohydrates A+B1 (Vf1) was greater for Hay 1, indicating greater fermentation of CNF. Regarding the volume of gases produced by the degradation of the digestible fiber fraction B2 (Vf2), a greater volume of gases produced for Hay 2 was observed, indicating greater fermentation of CF. Furthermore, horses presented a higher value for Vf1 and greater gas production up to 96 hours of incubation in Hay 1. In Hay 2, gas production by donkeys was greater. It was concluded that consuming 2.0% of

live weight in dry matter per day of Tifton 85 hay, donkeys of the Nordestino ecotype and horses have similar digestibility of nutrients, regardless of the maturity stage of the forage.

**Keywords:** Donkeys, Total feces collection, Equines, *In vitro*.

## INTRODUÇÃO

Embora equinos e asininos pertençam à família Equidae e sejam muitas vezes usados nas mesmas funções, essas espécies apresentam diferenças fisiológicas e comportamentais (Brito, 2016). Asininos apresentam maior tolerância a temperaturas elevadas, a desidratação e ao consumo de alimentos de baixo valor nutricional (Pearson et al., 2006; Mclean & Gonzalez, 2018). Além disso, segundo Edwards et al. (2020), eles apresentam maior diversidade de microrganismos no intestino grosso, quando comparado aos equinos, característica que lhes proporciona maior digestibilidade dos alimentos fibrosos. De acordo com Pearson et al. (2001), quando comparado aos equinos, os asininos apresentam menor ingestão voluntária de alimentos, maior tempo de retenção do alimento no trato digestivo e digestibilidade relativamente maior da dieta.

Em contrapartida, equinos são mais sensíveis à fibra de baixa qualidade (Pearson et al., 2006). Grev et al. (2021) afirmaram que a digestibilidade da forragem em equinos pode ser afetada pela idade de corte da planta, pois forragens de corte tardio apresentam concentração maior de componentes da parede celular vegetal, afetando negativamente a digestibilidade da matéria seca. Hansen et al. (2019) constataram menor digestibilidade do capim bermuda (*Cynodon dactylon*) em equinos com o aumento da idade da planta e, conseqüentemente, aumento nos componentes da parede celular vegetal.

Embora os estudos tenham se concentrado na espécie equina, recentemente estão sendo realizadas pesquisas visando definir as exigências nutricionais dos asininos (Martin-Rosset, 2018). É necessário conhecer as características fisiológicas e comportamentais dos jumentos do ecótipo Nordestino, especialmente suas particularidades digestivas, para traçar um plano nutricional eficiente e assim alcançar máximo desempenho, especialmente nos segmentos em que a exploração da espécie vem

se expandindo: produção de leite e seus derivados, carne e pele (Tassone et al., 2020; Liu et al., 2020; Tatemoto et al., 2021).

Nesse sentido, objetivou-se verificar se os asininos do ecótipo Nordeste são mais eficientes que os equinos na digestibilidade aparente e cinética de produção de gases do feno de Tifton 85, em diferentes estádios de maturidade.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *1.11 Local*

O experimento foi realizado nas instalações da Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no Município de Garanhuns - PE, latitude 8°58'31.28"S, longitude 36°27'15.00"O.

### *1.12 Animais*

Foram utilizados quatro asininos adultos, fêmeas, com peso corporal médio de 155 Kg, do ecótipo Nordeste e quatro equinos adultos, fêmeas, com peso corporal médio de 375 Kg, sem raça definida. Antes da fase experimental, todos os animais foram desverminados com vermífugo de amplo espectro a base de Ivermectina e Praziquantel e banhados contra ectoparasitas com produto a base de Deltametrina. Os equinos foram alojados individualmente em baias de alvenaria, com dimensão de 16 m<sup>2</sup> e os asininos em baias com 8 m<sup>2</sup>, com piso emborrachado e acesso a água e mistura mineral para equinos (Coequi Plus® - cálcio 175 a 200 g/kg, fósforo (min) 60 g/kg, enxofre (min) 12 g/kg, magnésio (min) 13,6 g/kg, potássio (min) 20 g /kg, sódio (min) 120 g/kg, cobalto (min) 21 mg/kg, cobre (min) 1.200 mg/kg, ferro (min) 2.000 mg/kg, iodo (min) 125 mg/kg, manganês ( min) 970 mg/kg, selênio (min) 10 mg/kg, zinco (min) 2.200 mg/kg e flúor (máx.) 600 mg/kg) *ad libitum*. As baias foram higienizadas diariamente pela manhã e

tarde. Todos os dias os animais foram exercitados ao passo por cerca de 20 minutos em redondel com piso de areia.

### *1.13 Manejo nutricional*

Durante todo o período experimental, a dieta dos equídeos foi exclusiva de feno de Tifton 85 (*Cynodon spp.*) adquiridos de forma comercial. Os animais receberam o equivalente a 2,0% do peso vivo em MS/dia, segundo recomendação do NRC (2007) para equinos adultos em manutenção. O alimento volumoso foi fracionado em duas refeições diárias (06:00 e 17:00 horas).

### *1.14 Delineamento experimental*

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2 x 2, sendo duas espécies equídeas (equinos e asininos) e fenos de Tifton 85 em dois estádios de maturidade (Feno 1 com maior qualidade e Feno 2 com menor qualidade). A digestibilidade aparente dos Fenos 1 e 2 foi determinada pelo método de coleta total de fezes, e a cinética de produção de gases dos Fenos 1 e 2 foi realizada através do método *in vitro*, utilizando inóculo fecal dos equinos e asininos.

### *1.15 Período experimental*

O experimento foi dividido em dois períodos de 29 dias cada, totalizando 58 dias. Em cada período, os primeiros 24 dias serviram para adaptação dos equídeos às baias e ao tratamento, permanecendo confinados e recebendo as respectivas dietas experimentais. Nos cinco dias finais de cada período, foi realizado o ensaio de digestibilidade pelo método de coleta total de fezes. Entre a primeira fase experimental e a segunda houve um intervalo de 45 dias, considerados período de *wash-out* para descanso dos animais e neutralização da influência da dieta consumida anteriormente (Figura 1). Durante a fase

de coleta de dados, ao se detectar sobras de alimento no cocho, estas foram retiradas e pesadas diariamente, anterior ao horário de fornecimento de cada refeição, e congeladas para posterior análise e determinação do cálculo de digestibilidade aparente dos nutrientes.

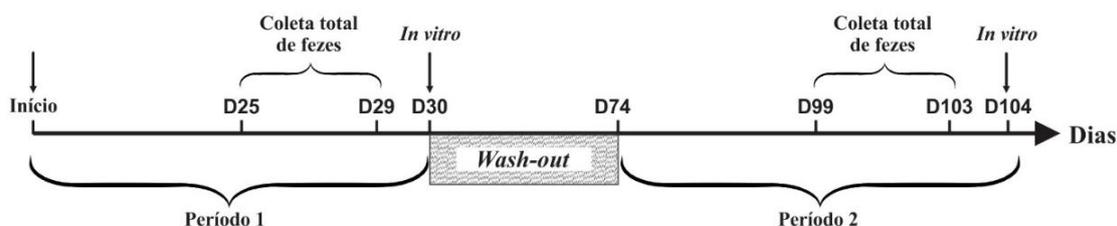


Figura 1: Representação, em dias, das fases experimentais realizadas com ambas as espécies ao longo de 104 dias.

### 1.16 Coletas

Para o método de coleta total de fezes, as coletas foram realizadas do 24º ao 29º dia de cada período experimental. Durante esse período, após a defecação, as fezes foram totalmente recolhidas do piso da baia, pesadas e identificadas. O *pool* de fezes diário recolhido de cada animal foi acondicionado em sacos plásticos, homogêneo e pesado. Ao final das 24 horas uma alíquota referente a 10% do peso total do material produzido foi retirada e congelada em freezer a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Ao final do ensaio, as alíquotas referentes a cada animal foram descongeladas e homogêneas para formar uma amostra composta.

Para realização da técnica *in vitro*, ao final de cada período experimental, as fezes de cada animal foram coletadas duas horas após a refeição da manhã, diretamente na ampola retal, com auxílio de luvas de E.V.A. Imediatamente após a coleta, as luvas contendo as fezes foram identificadas, acondicionadas em *containers* pré-aquecidos a  $38^{\circ}\text{C}$  e transportadas ao laboratório.

### 1.17 *Processamento das amostras*

As amostras de fezes, dieta e sobras foram pesadas e levadas à estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 h, para realização da pré-secagem. Após esse processo, as amostras foram novamente pesadas, moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivo de 1 mm de diâmetro e posteriormente encaminhadas ao laboratório para futuras análises.

As análises para determinação da composição químico-bromatológica de MS (930.15), MO (942.05), MM (942.05), PB (954.01) e EE (Sohxlet) (920.39) foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (1990). Para a análise de EE foi utilizado papel filtro quantitativo (CT – 411250100). As análises de FDN e FDA foram realizadas de acordo com Van Soest et al. (1991), com modificações propostas por Senger et al. (2008), no qual foi utilizado autoclave a uma temperatura de 110 °C por 40 minutos. A FDN corrigida para cinzas e proteína (FDN<sub>cp</sub>) foi determinada de acordo com Mertes (2002) e Lincitra et. al. (1996). Para determinação da lignina, as amostras foram imersas em ácido sulfúrico a 72%, para solubilizar a celulose, e obter a lignina digerida em ácido (LDA), conforme metodologia proposta por Van Soest et al. (1991). As frações correspondentes à hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) foram estimadas através das equações:  $HEM = FDN - FDA$  e  $CEL = FDA - LDA$ .

Os carboidratos totais (CHOT) foram obtidos através da fórmula expressa por Sniffen et al. (1992), em que:  $CHOT = 100 - (PB + EE + MM)$ , e fracionados em A+B1, B2 e C, sendo os carboidratos não-fibrosos (CNF), que correspondem às frações A+B1, obtidos pela equação:  $CNF = CHOT - FDN_{cp}$  (FDN corrigido para cinzas e proteína). A FDN indigestível ou fração fibra indigerível (C) foi estimada pela equação,  $Fração C = FDN \times 0,01 \times LIG \times 2,4$  (Sniffen et al., 1992). A fração fibra digerível (B2) foi obtida pela diferença entre a FDN<sub>cp</sub> e a fração C. Os carboidratos fibrosos (CF) foram estimados

pela diferença entre CHOT e CNF. Os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) foram determinados conforme metodologia descrita por Licitra et al. (1996).

**Tabela 1:** Composição Bromatológica dos fenos de Tifton 85 (*Cynodon* spp.) em dois estádios de maturidade.

Composição (g.Kg <sup>-1</sup> MS)	Tipos de Feno	
	Feno 1	Feno 2
Matéria seca (g.Kg <sup>-1</sup> MN)	805,11	855,20
Matéria mineral	105,79	69,11
Matéria orgânica	894,21	930,89
Proteína bruta	88,43	65,54
Extrato etéreo	29,10	25,58
Fibra em detergente neutro	701,44	769,09
Fibra em detergente ácido	443,05	516,04
Celulose	401,28	453,27
Hemicelulose	258,39	253,05
Lignina em detergente ácido	41,77	62,77
CIDN	40,63	27,09
PIDN	50,23	17,32
FDNcp	637,7	734,9
CHOT	776,68	839,76
CNF	138,98	104,82
CF	637,70	734,94
A+B1 (g.Kg <sup>-1</sup> CHOT)	178,94	124,82
B2 (g.Kg <sup>-1</sup> CHOT)	730,53	737,20

C (g.Kg <sup>-1</sup> CHOT)	70,312	115,86
-----------------------------	--------	--------

Feno 1 (maior qualidade), Feno 2 (menor qualidade), CIDN (cinza insolúvel em detergente neutro), PIDN (proteína insolúvel em detergente neutro), FDNcp (fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína), CHOT (carboidratos totais), CNF (carboidratos não fibrosos), CF (carboidratos fibrosos), A+B1 (fração dos carboidratos não fibrosos), B2 (fração fibra digestível) e C (fibra em detergente neutro indigestível).

### 1.18 Estimativa de digestibilidade

Com base nos resultados obtidos das análises bromatológicas, estimativas de consumo e produção fecal, foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (DAMS), proteína bruta (DAPB), fibra em detergente neutro (DAFDN), hemiceluloses (DAHCEL), fibra em detergente ácido (DAFDA) e matéria orgânica (DAMO), de acordo com a seguinte equação (Schneider e Flatt, 1975):

$$CDA\% = \frac{MS \text{ consumida} \times \% \text{ do nutriente na dieta} - MS \text{ fecal} \times \% \text{ nutriente nas fezes}}{MS \text{ consumida} \times \% \text{ nutriente na dieta}} \times 100 \quad (1)$$

### 1.19 Fermentação *in vitro*

Para a realização da fermentação *in vitro* foi utilizada a técnica semiautomática de produção cumulativa de gases descrita por Maurício (1999) e solução nutritiva de acordo com Theodorou (1994).

Foram utilizadas 40 réplicas por tratamento, sendo 10 repetições por animal. Os substratos de feno de Tifton 85 (Feno 1 e Feno 2) foram moídos em peneiras de crivo de 2 mm de diâmetro e aproximadamente 1 g de amostra foi inserida em cada frasco de fermentação. Em seguida, os substratos foram mantidos em 90 mL de solução nutritiva 12 horas antes do processo de inoculação e início da fermentação *in vitro*, para que ocorresse a hidratação dos materiais avaliados, sendo mantidos em *freezer* a 4°C para evitar fermentação prévia (Franzan et al., 2018). Após 12 horas, os frascos foram

aquecidos em banho-maria a 38°C durante aproximadamente duas horas antes da inoculação para manter a temperatura de 38°C.

Em seguida, foram pesados 40 g de cada uma das amostras de fezes, posteriormente misturadas a 360 mL de água destilada a 38 °C e então processadas em liquidificador por um 1 min, com aspensão constante de CO<sub>2</sub>. Após esse processo, o material foi filtrado em oito camadas de gaze para remoção das partículas e 10 mL do filtrado foi inserido nos frascos de fermentação previamente preparados com meio nutritivo e vedados com rolhas de borracha e lacres de alumínio (Desrousseaux et al., 2012).

Após a inoculação das amostras, ao início da contagem do tempo do processo de fermentação, foi inserida uma agulha em cada frasco para retirada de qualquer pressão existente dentro do frasco sendo determinado o instante zero ou início do processo. Os frascos foram mantidos em estufa ventilada a 38 °C e a produção de gases foi mensurada através de um transdutor de pressão (LOGGER AG100 - Agricer) no intervalo de 2 a 96 horas nos tempos: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42, 48, 72 e 96 h, totalizando 16 observações. O tempo necessário para a determinação das pressões e dos volumes, não foi superior a 10-15 segundos por frasco, com isso, a temperatura de 38 °C manteve-se inalterada durante o período de medição. De cada leitura, foi subtraído o total produzido pelos frascos sem substrato (branco), referentes a cada amostra.

Após cada leitura, o volume dos gases cumulativos foi liberado e os frascos homogeneizados manualmente e mantidos em estufa ventilada a 38 °C. Através dos dados de pressão, em psi (libra por polegada quadrada) e o volume de gás (mL) gerou-se uma equação pelo PROC REG do SAS (2002), específica para as condições de experimentação de produção de gases realizadas no Laboratório.

A produção cumulativa de gases foi ajustada ao modelo de regressão não linear proposto por Schofield et al. (1994), gerando as estimativas dos parâmetros do modelo:

$$V_t = \frac{V_{f1}}{1 + e^{[2-4k1(t-\lambda)]}} + \frac{V_{f2}}{1 + e^{[2-4k2(t-\lambda)]}} + \varepsilon \quad (2)$$

onde,

$V_t$  - volume total de gases produzido;

$V_{f1}$  - volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF), de rápida fermentação;

$V_{f2}$  - volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (CF), de lenta degradação;

$k_1$  - taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1 (CNF);

$k_2$  - taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (CF);

$t$  - tempo de fermentação;

$\lambda$  - fase de latência;

$e$  - exponencial;

$\varepsilon$  - erro experimental associado a cada observação

### *1.20 Análises Estatísticas*

Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2x2 (duas espécies e dois tipos de fenos), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

## RESULTADOS

### *1.21 Digestibilidade aparente dos fenos de Tifton 85*

Houve diferença entre as espécies equídeas ( $P < 0,05$ ) somente nos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (PB) e proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) do Feno 2 (Tabela 2). Os equinos apresentaram maior digestibilidade da PB (93,15%) que os asininos (90,84%), assim como maior digestibilidade para a PIDN (48,09) em relação aos asininos (25,34%).

Com exceção da digestibilidade aparente do EE, em ambas as espécies equídeas houve diferença no coeficiente de digestibilidade de todos os demais nutrientes dos Fenos 1 e 2, tendo os nutrientes do Feno 1 apresentado maiores digestibilidades que os do Feno 2.

Embora os componentes da parede celular do Feno 2 tenham apresentado maiores valores bromatológicos (Tabela 1), a digestibilidade aparente da FDN, FDA, LDA, HEM, CEL, CF, fração B2 e C foi maior no Feno 1 (Tabela 2).

### *1.22 Fermentação in vitro*

Observou-se menor período de latência para a degradação dos carboidratos pelos asininos em ambos os fenos, média de 8,8 h, quando comparado aos equinos, média de 10,0 h (Tabela 3). Em ambas as espécies equídeas, o período de latência foi menor no Feno 2. Além disso, o feno 1 apresentou maior volume final de gases observado (Vt1) que o Feno 2, indicando maior disponibilidade de nutrientes para os microrganismos intestinais. De modo semelhante, o Vt2 (estimado) foi maior no Feno 1, comprovando o ajuste do modelo.

O volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 (Vf1) foi maior no Feno 1 que no Feno 2, indicando maior fermentação dos carboidratos não fibrosos

(CNF) com maior taxa de digestão (Kd1) para o feno 2 (Tabela 3). Quanto ao volume de gases produzido pela degradação da fração B2 (Vf2), observou-se resultado contrário, com maior volume de gases produzido no Feno 2, indicando maior fermentação dos carboidratos fibrosos (CF) e maior taxa de digestão (Kd2) para o Feno 1. Em relação às espécies equídeas, os equinos apresentaram maior valor para Vf1 e menor valor para Kd1 que os asininos. Não houve diferença entre equinos e asininos para Vf2 e Kd2.

**Tabela 2:** Coeficiente de digestibilidade aparente, determinado pelo método de coleta total de fezes, do feno de Tifton 85 em dois estádios de maturidade (Feno 1 e Feno 2) por equinos e asininos do ecótipo Nordestino, com os respectivos valores de significância (Valor P) e coeficiente de variação (CV).

	Equino		Asinino		Valor P	CV (%)
	Feno 1	Feno 2	Feno 1	Feno 2		
MS %	67,49 <sup>a</sup>	53,91 <sup>b</sup>	71,01 <sup>a</sup>	48,37 <sup>b</sup>	0,0001	9.9
MO %	68,95 <sup>a</sup>	55,33 <sup>b</sup>	72,09 <sup>a</sup>	50,15 <sup>b</sup>	<0,0001	9.3
PB %	95,16 <sup>a</sup>	93,15 <sup>bA</sup>	95,71 <sup>a</sup>	90,84 <sup>bB</sup>	0,0490	1.4
FDN %	72,11 <sup>a</sup>	59,40 <sup>b</sup>	74,94 <sup>a</sup>	56,39 <sup>b</sup>	<0,0001	9.6
PIDN %	84,69 <sup>a</sup>	48,09 <sup>bA</sup>	86,99 <sup>a</sup>	25,36 <sup>bB</sup>	0,0427	18.0
CIDN %	59,74 <sup>a</sup>	31,97 <sup>b</sup>	65,25 <sup>a</sup>	35,23 <sup>b</sup>	0,0018	30.2
FDA %	67,24 <sup>a</sup>	55,38 <sup>b</sup>	71,45 <sup>a</sup>	51,75 <sup>b</sup>	0,0002	10.0
LDA %	58,16 <sup>a</sup>	43,73 <sup>b</sup>	62,80 <sup>a</sup>	41,89 <sup>b</sup>	0,0040	19.3
HEM %	80,77 <sup>a</sup>	67,58 <sup>b</sup>	80,92 <sup>a</sup>	65,83 <sup>b</sup>	0,0029	10.3
CEL %	68,19 <sup>a</sup>	57,00 <sup>b</sup>	72,35 <sup>a</sup>	53,12 <sup>b</sup>	0,0003	9.5
EE %	74,07	67,08	76,07	64,21	0,0686	13.4
CHOT %	65,78 <sup>a</sup>	52,02 <sup>b</sup>	69,25 <sup>a</sup>	46,55 <sup>b</sup>	0,0001	10.8
CF %	71,65 <sup>a</sup>	60,79 <sup>b</sup>	74,62 <sup>a</sup>	58,02 <sup>b</sup>	0,0017	10.3
B2 %	75,28 <sup>a</sup>	64,83 <sup>b</sup>	78,01 <sup>a</sup>	61,32 <sup>b</sup>	0,0010	8.9

A + B1 %	46,93 <sup>a</sup>	0,91 <sup>b</sup>	52,41 <sup>a</sup>	-21,36 <sup>b</sup>	0,0001	15.9
CNF %	33,31	-13,31	39,62	-38,02	0,0001	21.0
C %	55,92 <sup>a</sup>	43,18 <sup>b</sup>	60,86 <sup>a</sup>	44,02 <sup>b</sup>	0,0303	23.6

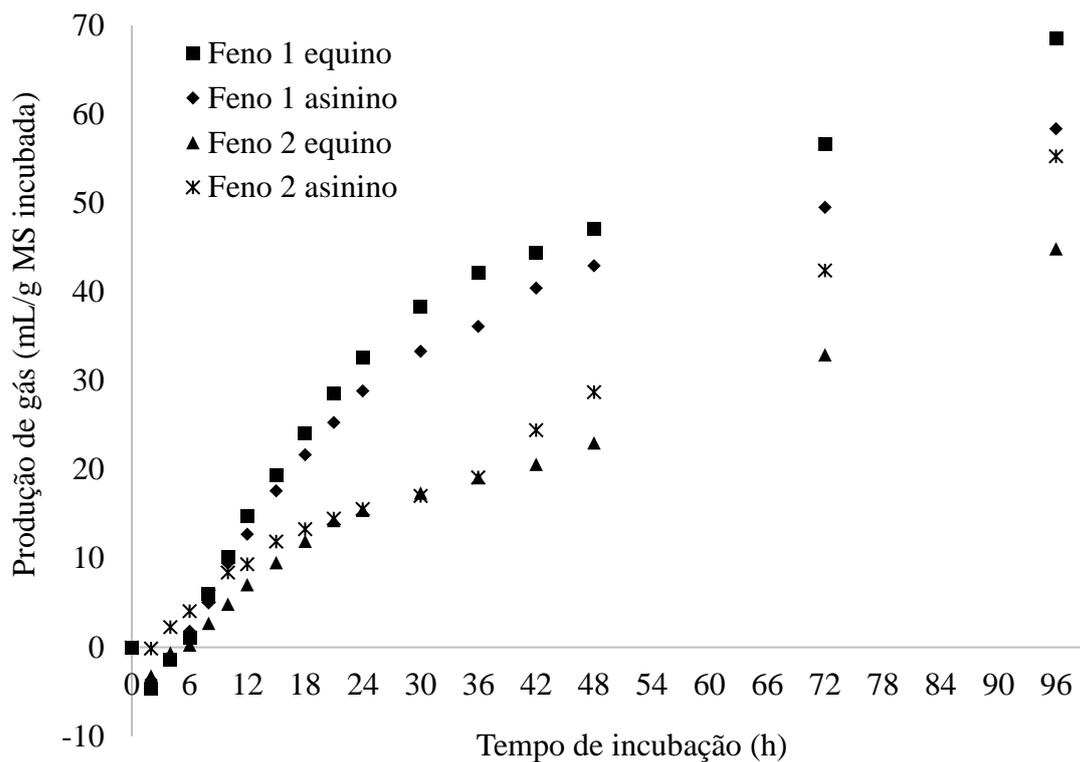
Letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferença entre o Feno 1 e Feno 2 pelo teste de Tukey (P<0,05%). Letras maiúsculas distintas nas linhas indicam diferença entre equinos e asininos

Em relação à produção de gases até 96 horas de incubação, houve interação (P=0,0030) entre os fenos 1 e 2 e as espécies equídeas (Figura 2). Os equinos apresentaram maior produção de gases na fermentação do Feno 1 que os asininos. Já no Feno 2, a produção de gases pelos asininos superou os resultados dos equinos.

**Tabela 3:** Período de latência, volume final de gases (Vt1 e Vt2), volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 (Vf1), taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1 (Kd1), volume de gases produzido pela degradação da fração B2 (Vf2) e taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (Kd2), determinados pela fermentação *in vitro*, do feno de Tifton 85 em dois estádios de maturidade (Feno 1 e Feno 2) por equinos e asininos do ecótipo Nordestino, com os respectivos valores de significância (Valor P) e coeficiente de variação (CV).

	Equino		Asinino		Valor P	CV (%)
	Feno 1	Feno 2	Feno 1	Feno 2		
Latência (h)	10,13 <sup>aA</sup>	9,87 <sup>bA</sup>	9,76 <sup>aB</sup>	7,86 <sup>bB</sup>	<0,0001	16.9
Vt1 (ml/g MS)	69,02 <sup>a</sup>	45,67 <sup>b</sup>	58,37 <sup>a</sup>	55,27 <sup>b</sup>	<0,0001	26.1
Vt2 (ml/g MS)	67,23 <sup>a</sup>	48,32 <sup>b</sup>	57,35 <sup>a</sup>	60,62 <sup>a</sup>	0,0032	28.2
Vf1 (ml)	24,10 <sup>aA</sup>	8,50 <sup>bA</sup>	19,52 <sup>aB</sup>	4,85 <sup>bB</sup>	<0,0001	26.5
Kd1 (%/h)	0,10 <sup>bA</sup>	0,14 <sup>aB</sup>	0,12 <sup>bA</sup>	0,27 <sup>aA</sup>	<0,0001	39.0
Vf2 (ml)	43,12 <sup>aA</sup>	38,83 <sup>aB</sup>	37,83 <sup>bA</sup>	55,78 <sup>aA</sup>	<0,0001	37.6
Kd2 (%/h)	0,015 <sup>aB</sup>	0,013 <sup>aA</sup>	0,019 <sup>aA</sup>	0,011 <sup>bA</sup>	0,0042	45.0

Letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferença entre os fenos pelo teste de Tukey (P<0,05%). Letras maiúsculas distintas nas linhas indicam diferença entre as espécies pelo teste de Tukey (P<0,05%).



**Figura 2:** Curvas de produção de gás em função do tempo de incubação, através do método de fermentação *in vitro*, do feno Tifton 85 em dois estádios de maturidade (Feno 1 e Feno 2) por equinos e asininos do ecótipo Nordestino.

## DISCUSSÃO

A semelhança observada entre as espécies de equídeos no coeficiente de digestibilidade aparente está em desacordo com estudos anteriores que demonstraram maior eficiência dos asininos na digestibilidade de forragens fibrosas em comparação aos equinos (Pearson et al., 2001; Pearson et al., 2006; Brito, 2016).

Pearson et al. (2001) alimentaram equinos e asininos com feno de Alfafa ou palha de aveia e observaram maior digestibilidade da MS, MO, FDN e FDA em asininos alimentados com ambas as forragens. De modo semelhante, Person et al. (2006) alimentaram equídeos com palha de cevada constataram maior digestibilidade da MS, MO, FDN e FDA pelos asininos do que pelos equinos. Assim como Brito (2016), que ao alimentar os animais com feno de Tifton 85 observou médias superiores no coeficiente

de digestibilidade aparente da MS, FDN, FDA e PB para a espécie asinina, quando comparadas à espécie equina.

Segundo Martin-Rosset (2018), o melhor aproveitamento dos alimentos fibrosos pelos asininos está ligado a fatores inerentes à espécie, dentre eles: maior tempo de retenção do alimento fibroso; longos períodos de mastigação; maior diversidade de microrganismos no intestino posterior; além da eficiência na reciclagem do nitrogênio endógeno.

Considerando que o consumo de matéria seca estimado para asininos em manutenção estudados mundialmente seja 1,6% do seu peso corporal (RASPA et al., 2019); e que não há uma literatura que estabeleça especificamente o consumo de matéria seca para o jumento do ecótipo Nordestino, é possível que no presente estudo a dieta adotada (2% do P.V.) tenha excedido a ingestão de matéria seca do jumento Nordestino em manutenção, fazendo com que os asininos diminuíssem o tempo de retenção e, conseqüentemente, expressassem menor digestibilidade, se igualando aos equinos. Segundo Martin-Rosset (2018), o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes diminui quando os asininos são alimentados *ad libitum*, devido à redução do tempo médio de retenção.

As diferenças no coeficiente de digestibilidade dos fenos em diferentes estádios de maturidade pelos equinos e asininos também foram observadas em outros estudos (Braga et al., 2008; Müller, 2012; Hansen et al., 2019; Grev et al., 2021).

Hansen et al. (2019) alimentaram equinos com feno de Capim Bermuda (*Cynodon dactylon*) cortados com quatro semanas (FDN = 67,5% e FDA = 32,7%) e oito semanas de idade (FDN = 73,3% e FDA = 35,1%) e observaram diferença no coeficiente de digestibilidade da MS (47,2% e 36,8%) e MO (46,8% e 37,6%).

Pearson et al. (2001) registraram coeficiente de digestibilidade da MS de feno de alfafa (qualidade superior) de 58% e 66% para equinos e asininos, respectivamente, e de palha de aveia (qualidade inferior) de 40% e 43% para equinos e asininos, respectivamente. Müller (2012) constatou decréscimo gradativo no coeficiente de digestibilidade da matéria seca em forragens cortadas em três estágios vegetativos distintos e, conseqüentemente, com níveis de fibra crescente.

Os componentes da parede celular vegetal apresentaram comportamento distinto nos coeficientes de digestibilidade aparente para equinos e asininos. Provavelmente, as frações C e de lignina em detergente ácido observadas em maior quantidade no Feno 2 influenciaram negativamente a digestibilidade dos equídeos. Esse comportamento foi observado por Grev et al. (2021), que constataram redução na digestibilidade de fenos de alfafa com maior teor de lignina em detergente ácido. Os autores enfatizaram que a diminuição da concentração dessa fração resulta em melhor digestibilidade da matéria seca.

As menores concentrações de FDN e FDA no Feno 1 contribuíram para a maior digestibilidade dos nutrientes, quando comparado ao Feno 2, comportamento também observado por Hansen et al. (2019), que constatou em equinos diferença na digestibilidade do feno de Capim Bermuda (*Cynodon dactylon*) cortados com quatro e oito semanas.

Silva et al. (2021) observaram em equinos coeficiente de digestibilidade aparente do feno de Tifton 85 de 70,31% para FDN e de 67,24% para FDA, sendo esses resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo (FDN = 72,11% e FDA = 67,24%) para a espécie equina. Os autores reforçaram que apesar do feno de Tifton 85 apresentar elevados teores de lignina e fibra indigerível, tem alta digestibilidade da fibra quando comparada com outras gramíneas, sendo recomendado para alimentação de equinos.

Segundo Deschamps e Ramos (2002), as gramíneas tropicais, assim como o Tifton 85, expressam metabolismo C4 e apresentam elevadas taxas de crescimento com maior potencial de produção, em resposta à disponibilidade de energia luminosa proveniente dos trópicos. Porém, este potencial não pode ser adequadamente aproveitado, principalmente pelos efeitos negativos da deposição da lignina, resultantes da maturação fisiológica da planta. O que justifica a redução na digestibilidade do feno de Tifton 85 por equinos e asininos com o avanço da idade da planta.

As diferenças observadas no coeficiente de digestibilidade aparente entre as espécies de equídeos para a PB e o PIDN podem estar associadas à maior eficiência dos asininos na reciclagem do nitrogênio endógeno, pois segundo Martin-Rosset (2018), os jumentos expressam uma particularidade na reciclagem do nitrogênio endógeno, assim o nitrogênio proveniente da alimentação é utilizado com menor eficiência. De acordo com Izraely et al. (1989), altos níveis de nitrogênio podem ser observados nas fezes dessa espécie ao serem alimentados com forragens de baixa qualidade.

A digestibilidade dos nutrientes *in vitro* está diretamente ligada à atividade fermentativa dos microrganismos e ao tempo correspondente a taxa de passagem do alimento no trato digestivo (Franzan et al., 2018). O sucesso da técnica depende de fatores como tipo de inóculo, tempo e temperatura de armazenamento, quantidade de amostra, tempo de digestão, condições físicas e dieta do doador (Tassone et al., 2020). Nos processos fermentativos *in vitro* é fundamental a realização de uma hidratação prévia do substrato. Esse protocolo deve ser considerado no teste de fermentação para alimentos volumosos desidratados, pois aumenta o processo de fermentação e reduz a fase de latência permitindo acesso rápido da microbiota ao substrato (Franzan et al., 2018).

Na produção de gases *in vitro*, a latência ou fase *lag* representa o tempo necessário para a colonização das partículas do alimento pelos microrganismos e início da digestão

(Mello et al., 2006). No presente estudo, os asininos apresentaram menor tempo de colonização e, provavelmente, esse comportamento é decorrente da maior diversidade de microrganismos adaptados para fermentação da fibra no intestino posterior dessa espécie.

Essa observação é comprovada com os valores expressos para o Vf2 no Feno 2 (Tabela 3), que demonstra maior eficiência da microbiota dos asininos em degradar a fibra. Em adição, o menor valor de Kd2 expresso pelos asininos mostra que em dietas com fibra de menor qualidade a espécie tem uma microbiota mais adaptada. Edwards et al. (2020) observaram que os asininos possuem maior população de microrganismos, com destaque para os fungos que foram seis vezes maiores, quando comparados aos equinos. Essa população favorece a digestibilidade de dietas fibrosas, pois os fungos degradam os carboidratos estruturais, além de serem capazes de degradar os tecidos lignificados ligados a celulose (Berchielli et al., 2006; Brandi & Furtado, 2009).

Os processos fermentativos *in vitro* resultam na produção do gás hidrogênio, metano e dióxido de carbono. Porém, a produção de gases depende da disponibilidade de nutrientes para os microrganismos durante a fermentação (Elghandour et al., 2016). Segundo Gandarillas et al. (2021), o volume de gás produzido reflete o potencial fermentativo da fração fibrosa, com maior volume de gás observado em dietas ricas em fibras solúveis ou carboidratos não estruturais. Desrousseaux et al. (2012) observaram maior volume de gás em alimentos com menores teores de carboidratos estruturais incubados com inóculo fecal equino. Nesse sentido, o maior volume final de gases observado para o Feno 1, quando comparado com o Feno 2, demonstra maior disponibilidade de nutrientes para os microrganismos intestinais, visto que o Feno 1 apresentou maior teor de carboidratos solúveis, que pode ser observado nos valores expressos para o Vf1 (Tabela 3).

Por outro lado, os valores constatados para Kd1 (Tabela 3) demonstraram que os asininos expressam colonização e degradação mais eficiente da fração fibrosa, refletindo em menor fase latência. Gandarillas et al. (2021) mediram a cinética de produção de gás utilizando inóculo fecal equino em alimentos concentrados a base de fibras solúveis ou amido e volumosos (feno de alfafa e de gramínea em estágio vegetativo avançado), e observaram que os ingredientes que tiveram maior produção de gás foram os concentrados a base de fibras solúveis, no entanto, os fenos de alfafa e grama e o concentrado a base de amido produziram menos gases ao longo das incubações. Porém, ao comparar os fenos, os autores observaram menor produção de gás no feno de alfafa que apresentou valores de FDN 45,81% e FDA 37,02%, enquanto o feno de grama madura expressou maior volume de gás com valores de FDN 53,66% e FDA 34,50%.

O volume de gás produzido *in vitro* é decorrente do tempo de incubação do alimento, sendo que esse tempo de incubação vem sendo questionado em estudos com equídeos (Earing et al., 2010; Tassone et al., 2020). De acordo com Earing et al. (2010), períodos de incubação mais longos são necessários para estimar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca em dietas com maior teor de fibra. Entretanto, no presente estudo, apesar da fermentação ter iniciado mais cedo no Feno 2, isso não refletiu em um maior volume de gases, quando comparado ao Feno 1 (Figura 1). Franzan et al. (2018) observaram que a fermentação máxima do feno de Coast Cross (*Cynodon dactylon*) com inóculo oriundo de fezes equinas ocorreu entre 7 e 8 horas após a incubação, e atrelaram esse resultado à atuação dos microrganismos celulolíticos presentes no intestino posterior.

O tempo de incubação do substrato deve seguir o tempo de trânsito do alimento no trato gastrointestinal (Coles et al., 2005). Earing et al. (2010) concluíram que períodos de incubação de 72 horas forneceram estimativas de digestibilidade semelhante aos dados *in vivo*, utilizando a incubadora DaisyIIA para estimar a digestibilidade da matéria seca

em equinos. Tassone et al. (2020) constataram que o tempo de incubação de 60 horas não forneceu estimativas precisas da digestibilidade *in vitro* da matéria seca em asininos utilizando a incubadora DaisyIIA.

No presente estudo, a discrepância na produção de gases entre as espécies de equídeos teve início às 42 horas de incubação para o Feno 2, entretanto, os asininos produziram mais gases que os equinos às 72 horas de incubação, indicando maior aproveitamento da fração fibrosa. Essa pode ser uma estratégia expressa pela espécie para digerir alimentos fibrosos eficientemente. Cuddeford et al. (1995) observaram um tempo de retenção em asininos de 76,7 horas. Em contrapartida, Hansen et al. (2019) constataram um tempo de retenção do alimento fibroso no trato digestivo de equinos de 32,7 horas. Esses resultados confirmam o potencial de sobrevivência da espécie asinina em ambientes com escassez de alimentos.

Assim, nas condições em que o experimento foi realizado, é possível que os asininos do ecótipo Nordeste tenham o mesmo aproveitamento dos nutrientes do feno de Tifton 85 que os equinos, por aumentarem a taxa de passagem do alimento no trato digestivo. Em contrapartida, os microrganismos presentes no trato digestivo dos asininos podem ser mais eficientes no aproveitamento da fibra de menor qualidade.

## **CONCLUSÃO**

Consumindo 2,0% do peso vivo em matéria seca por dia de feno de Tifton 85, asininos do ecótipo Nordeste e equinos apresentam digestibilidade semelhante dos nutrientes, independente do estágio de maturidade da forragem.

## **REFERÊNCIAS**

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. Official Methods of Analysis. 15th Ed. AOAC, Arglington, USA, 1990. 745 p.

Berchielli, T.T.; Rodriguez, N.M.; Osório Neto, E. et al. 2006. Nutrição de Ruminantes. Funep, Jaboticabal.

Braga, A. C.; Araújo, K. V.; Leite, G. G.; Mascarenhas, A. G. 2008. Níveis de fibra em detergente neutro em dietas para equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37, 1965-1972.

Brandi, R. A., Furtado, C. E. 2009. Importância nutricional e metabólica da fibra na dieta de equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38, 246-258.

Brito, J. C. Digestibilidade Aparente dos Nutrientes e Características Físico-Químicas das Fezes de Equídeos Alimentados com Feno de Tifton. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, 2016.

Coles, L.T.; Moughan, P. J.; Darragh, A. J. 2005. In vitro digestion and fermentation methods, including gas production techniques, as applied to nutritive evaluation of foods in the hindgut of humans and other simple-stomached animals. *Animal Feed Science and Technology*. 124, 421–444.

Cuddeford, D.; Pearson, R. A.; Archibald, R. F.; Muirhead, R. H. 1995. Digestibility and gastro-intestinal transit time of diets containing different proportions of alfalfa and oat straw given to Thoroughbreds, Shetland ponies, Highland ponies and donkeys. *Animal Science*. 61, 407 – 417.

Deschamps, F. C.; Ramos, L. P. Método para a Determinação de Ácidos Fenólicos na Parede Celular de Forragens. 2002. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31, 1634-1639.

Desrousseaux, G.; Santos, A.S.; Pellikaan, W.F.; Van Der Poel, A.F.B.; Cone, J.W.; Guedes, C.M.V.; Ferreira, L.M.M.; Rodrigues, M.A.M. 2012. Effect of collection time

on the fermentative activity of microbes in equine faeces. *Animal Feed Science and Technology*. 178, 183– 189.

Earing, J.; Cassill, B.; Hayes, S.; Vanzant, E.; Lawrence, L. 2010. Comparison of in vitro digestibility estimates using the Daisy II incubator to in vivo digestibility estimates. *Journal Animal Science*. 88, 3954–3963.

Edwards, J. E.; Schennink, A. Burden, F. Long, S. Van Doorn, D. A. Pellikaan, W. F. Dijkstra, J. 2020. Saccenti, E. Smidt, H. Domesticated equine species and their derived hybrids differ in their fecal microbiota. *Animal Microbiome*. 2, 8.

Elghandour, M. M. Y.; Kholif, A. E.; Lopez, S.; Mendoza, G. D.; Odongo, N. E.; Salem, A. Z. M. 2016. *In vitro* gas, methane and carbon dioxide productions of high fibrous diet incubated with fecal inocula from horses fed live yeasts in response to the supplementation with different yeast additives. *Journal of Equine Veterinary Science*. 38, 64-71.

Franzan, B. C.; Franco, T. W.; Stefani, G.; Pereira, M. M.; Almeida, F. Q. D.; Silva, V. P. 2018. Equine fecal inoculum optimization in in vitro fermentation assays of dehydrated roughage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47, e20180006.

Gandarillas, M.; Keim, J.P.; Gapp, E.M. 2021. Associative Effects between Forages and Concentrates on In Vitro Fermentation of Working Equine Diets. *Animals*. 11, 2212.

Grev, A. M.; Hathaway, M. R.; Sheaffer, C. C.; Wells, M. S.; Reiter, A. S.; Martinson, K. L. 2021. Apparent digestibility, fecal particle size, and mean retention time of reduced lignin alfalfa hay fed to horses. *Journal Animal Science*. 99, skab158.

Hansen, T. L.; Chizek, E. L.; Zugay, O. K.; Miller, J. M.; Bobel, J. M. Chouinard, J. W. Adkin, Skurupey, L. A.; Warren, L. K. 2019. Digestibility and Retention Time of Coastal Bermudagrass (*Cynodon dactylon*) Hay by Horses. *Animals*. 9, 1148.

Hassan, Z. M., Manyelo T. G., Nemukondeni, N., Sebola A. N., Selaledi L., Mabelebele, M. 2022. The Possibility of Including Donkey Meat and Milk in the Food Chain: A Southern African Scenario. *Animals*. 12, 1073.

Izraely H., Chosniak I., Stevens C. E., Demment M. W., Shkolnik A. 1989. Energy digestion and nitrogen economy of the domesticated donkey (*Equus asinus asinus*) in relation to food quality. *Journal of Arid Environments*. 17, 97-101.

Licitra, G., Hernandez, T. M., Van Soest, P. J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 57, 347-358.

Liu, L., Zhou, X., Yang, H. 2020. Effect of Dietary Forage: Concentrate Ratio on Pre-Caecal and Total Digestive Tract Digestibility of Diverse Feedstuffs in Donkeys as Measured by the Mobile Nylon Bag Technique. *Animals*. 10, 1070.

Mertens, D. R. 2002. Gravimetric Determination of Amylase-Treated Neutral Detergent Fibre in Feeds with Refluxing Beakers or Crucibles: Collaborative Study. *Journal of AOAC International*. 85, 1217-1240.

Martin-Rosset W. 2018. Nutrição e alimentação de burros: Requisitos de nutrientes e quantidades recomendadas – Uma revisão. *Jornal de Ciências Veterinárias Equinas*,

Maurício, R. M.; Mould, F.; Dhanoa, M. S.; Owen, E.; Channa, K.S.; Theodorou, M.K. 1999. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology*. 79, 321-330.

McLean, A.K.; Gonzalez, F.J. 2018. Can scientists influence donkey welfare? Historical perspective and a contemporary view. *Journal of Equine Veterinary Science*. 65, 25-32.

Mello, R.; Nörnberg, J. L.; Queiroz, A. C., Miranda, E. N.; Magalhães, A. L. R.; David, D. B., Sarmiento, J. L. R. 2006. Composição química, digestibilidade e cinética de degradação ruminal das silagens de híbridos de girassol em diferentes épocas de semeadura. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35, 1523-1534.

Müller, C. E. 2012. Equine digestion of diets based on haylage harvested at different plant maturities. *Animal Feed Science and Technology*. 177, 65–74.

NRC – National Research Council. 2007. Nutrients requirements of horses. 5ed. National Academy Press, Washington, D.C.

Pearson, R. A., Archibald, R. F., Muirhead, R. H. 2006. A comparison of the effect of forage type and level of feeding on the digestibility and gastrointestinal mean retention time of dry forages given to cattle, sheep, ponies and donkeys. *British Journal of Nutrition*. 95, 88–98.

Pearson, R. A., Archibald, R. F., Muirhead, R. H. 2001. The effect of forage quality and level of feeding on digestibility and gastrointestinal transit time of oat straw and alfalfa given to ponies and donkeys. *British Journal of Nutrition*. 85, 599-606.

Raspa, F.; Cavallarin, L. Mc Lean, A. K.; Bergero, D.; Valle, E. 2019. A Review of the Appropriate Nutrition Welfare Criteria of Dairy Donkeys: Nutritional Requirements, Farm Management Requirements and Animal-Based Indicators. *Animals*. 9, 315.

Schneider, B. H.; Flatt, W. P. 1975. The evaluation of feeds through digestibility experiments. The University of Georgia Press, Athens.

Schofield, P.; Pitt, R. E.; Pell, A. N. 1994. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. *Journal of Animal Science*. 72, 2980-2980.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS, Version 9.0. Institute Inc. Cary, NC. 2002.

Senger, C. C. D.; Kozloski, G. V.; Sanchez, L. M. B.; Mesquita, F. R.; Alves, T. P.; Castagnino, D. S. 2008. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*. 146, 169–174.

Silva, A. H.; Lucena, J. E. C.; Santiago, J. M.; Melo, D. A. S.; Silva, D. P. S. S.; Assis, H. J. X.; Pinto, D. S. A.; Maia, V. N. 2021. Nutrient digestibility in horses of tropical grasses found in semi-arid areas of the Brazilian Northeast region assessed using mobile bags. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 50, e20200206.

Sniffen, C. J. Connor, J. D. O.; Van Soest, P. J.; Fox, D. G.; Russel, J. B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*. 70, 3562–3577.

Tassone, S., Fortina, R., Valle, E., Cavallarin, L., Raspa, F., Boggero, S., Bergero, D., Giammarino, M., Renna, M. 2020. Comparison of *In Vivo* and *In Vitro* Digestibility in Donkeys. *Animals*. 10, 1-12.

Tatemoto, P., Lima, Y. F., Santurtun, E.; Reeves, E; Raw, Z. 2021. Donkey skin trade: is it sustainable to slaughter donkeys for their skin? *Brazil Journal Veterinary Research and Animal Science*. 58, 174-252.

Theodorou, M. K.; Williams, B. A.; Dhanoa, M.S.; Mcallan, A.B.; France, J.A 1994. Simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 48, 185-197.

Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74, 3583-3597.

## Anexo I

**Tabela 1.** Peso vivo inicial e final, consumo de matéria seca (CMS) e produção fecal de equinos e asininos do ecótipo Nordestino consumindo feno de Tifton 85 em dois estágios de maturidade (Feno 1 e Feno 2).

	Equino		Asinino	
	Feno 1	Feno 2	Feno 1	Feno 2
Peso Vivo Inicial (Kg)	385	382,5	161,12	162,9
Peso Vivo Final (Kg)	374,5	370	154,75	147
CMS (%/PV)	1,7	1,91	2,0	1,91
Produção Fecal (Kg)	17,46	21,22	6,64	7,06