



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM AMINOÁCIDOS  
SOBRE A DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE  
NITROGÊNIO E ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA  
DE EQUINOS EM TRABALHO LEVE**

**VANESSA DE QUEIROZ VARGAS**

**CAMPO GRANDE-MS**

**2025**

|              |                                                                                                                                                                               |             |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| VARGAS, V.Q. | <b>EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO<br/>COM AMINOÁCIDOS SOBRE A<br/>DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE<br/>NITROGÊNIO E ÁCIDOS GRAXOS<br/>DE CADEIA CURTA DE EQUINOS<br/>EM TRABALHO LEVE</b> | <b>2025</b> |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação

**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM AMINOÁCIDOS SOBRE A  
DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E ÁCIDOS  
GRAXOS DE CADEIA CURTA DE EQUINOS EM TRABALHO  
LEVE**

**Vanessa de Queiroz Vargas**

**Orientador: Prof. Dr. Gumercindo Loriani Franco**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Mato  
grosso do Sul, como parte dos  
requisitos à obtenção do título  
de Mestre em Ciência Animal.  
Área de concentração:  
Produção Animal.

**CAMPO GRANDE-MS**

**2025**



**Certificado de aprovação**

VANESSA DE QUEIROZ VARGAS

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM AMINOÁCIDOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA DE EQUINOS EM TRABALHO LEVE**  
**EFFECT OF AMINO ACID SUPPLEMENTATION ON DIGESTIBILITY, NITROGEN BALANCE AND SHORT-CHAIN FATTY ACIDS IN LIGHT WORKING HORSES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestra em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 19-12-2025

BANCA EXAMINADORA:

---

Dr. Gumercindo Lorianco Franco  
(UFMS) – Presidente

---

Dra. Tatiana da Costa Moreno Gama  
(UEMS)

---

Dra. Viviane Maria Oliveira dos Santos  
(UFMS)

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

\*\*\*\*\*  
**UFMS**  
**É 10!!!**  
\*\*\*\*\*



Documento assinado eletronicamente por **Viviane Maria Oliveira dos Santos Nieto, Professora do Magistério Superior**, em 20/01/2026, às 14:49, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

UFMS  
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Tatiana da Costa Moreno Gama Lopes, Usuário Externo**, em 28/01/2026, às 10:43, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

UFMS  
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Gumercindo Lorian Franco, Professor do Magisterio Superior**, em 29/01/2026, às 14:33, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufms.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **6173883** e o código CRC **106EAE7**.

### COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por não desistir de mim mesmo quando tudo parecia escuro e eu já havia desistido, a Nossa Senhora pelas incontáveis vezes que eu chamei e em todas elas vieste em meu socorro.

Aos meus pais, José Paulo Nunes Vargas e Adriana Pereira de Queiroz, por sempre me apoiarem e incentivarem nos estudos mesmo sem entender do que se tratava, mesmo sem condições financeiras sempre deram um “jeitinho”.

A minha irmã Aline de Queiroz Vargas que desde o início me apoiou nessa jornada e demonstrou tamanha empolgação pela oportunidade que eu recebi, ao meu irmão Kaio de Queiroz Vargas por me trazer descontração nos momentos de tensão e ao meu namorado Eduardo por fazer de tudo para me ajudar e proporcionar conforto e estabilidade. Minha amada família, se eu venço vocês vencem comigo!!

Ao meu orientador Prof. Dr. Gumerindo Lorian Franco por todos os ensinamentos ao longo desse período, pela orientação e pela paciência minha mais sincera gratidão!! Ao professor Fábio e a todos os membros do Geneq que colaboraram de alguma forma com esse trabalho.

Ao colega de pós-graduação Uriel Curcio que contribuiu imensamente com o desenvolvimento do experimento. A Évelyn Silva de Melo por toda a paciência, disposição e auxílio durante as análises laboratoriais.

A todos os professores da pós-graduação que contribuíram significativamente para a minha formação, sou muito grata por tudo que pude aprender e vivenciar nesse período. A Ana, que me auxiliou muito nessa reta final como acadêmica apoiadora, agradeço muito por toda a ajuda e sensibilidade comigo e por me fazer enxergar que meu diagnóstico de TEA não é motivo de vergonha ou culpa.

Aos meus animais que muitas vezes foram meus confidentes e meu suporte, em especial ao Serafim que me vê com os olhos do coração, o gatinho que São Francisco colocou em meu caminho e se tornou meu maior companheiro.

A empresa Liquida equinos pelo produto desse experimento e a CAPES pela concessão da bolsa que me deu melhores condições de estudo.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram com esse trabalho.

Muito obrigada!!!

*“Nunca houve noite que pudesse impedir*

*O nascer do sol e a esperança”*

Pe. Marcelo Rossi – Sou um milagre

## RESUMO

VARGAS, V.Q. **Efeito da suplementação com aminoácidos sobre a digestibilidade, balanço de nitrogênio e ácidos graxos de cadeia curta de equinos em trabalho leve.** 2025. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2025.

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação com aminoácidos a partir de um produto líquido à base de melaço, (Líquida Equinos®) sobre a digestibilidade, balanço de nitrogênio e ácidos graxos de cadeia curta de equinos em trabalho leve, recebendo uma dieta padrão composta por concentrado comercial e feno de capim-tifton 85. Foram utilizados seis cavalos machos da raça Pantaneiro, com idade de  $10 \pm 4$  anos, e peso corporal de  $395 \pm 41$  kg, dispostos em delineamento crossover, recebendo dois tratamentos: controle (melaço simples) e suplemento. As dietas foram formuladas com base nas exigências nutricionais de cavalos adultos em trabalho leve. A digestibilidade aparente foi calculada com base no controle da ingestão e na excreção fecal de: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente neutro (FDN). Também foram avaliados o balanço de nitrogênio (BN) e as concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC; acetato, propionato e butirato), e pH no líquido fecal. Não foram observadas diferenças ( $P > 0,05$ ) na ingestão, excreção ou digestibilidade dos nutrientes. Entretanto, a suplementação aumentou ( $P < 0,05$ ) as concentrações fecais de propionato (C3) ( $P = 0,01$ ), butirato (C4) ( $P = 0,005$ ) e o total de AGCC ( $P = 0,04$ ), além de reduzir o pH fecal ( $P = 0,03$ ). As proporções relativas dos AGCC permaneceram sem alterações. Foi observado efeito da suplementação na interação tratamento X tempo nas proporções relativas de butirato (NC<sub>4</sub>%) ( $P = 0,03$ ) para o grupo suplementado no período de 0 a 3 h (F1) após o fornecimento do concentrado. Para excreção e balanço de nitrogênio não foram observadas diferenças significativas. Houve tendência de aumento para excreção fecal de N e redução significativa na excreção de N urinária ( $P = 0,04$ ) para o grupo



suplementado. A suplementação com aminoácidos teve efeitos positivos sobre a produção de AGCC, demonstrando atividade fermentativa intensificada sem comprometer a estabilidade digestiva, além de reduzir a excreção urinária de N sem afetar o BN, indicando otimização no metabolismo nitrogenado.

**Palavras-chave:** Fermentação, metabolismo proteico, nutrição, cavalos

## ABSTRACT

VARGAS, V.Q. **Effect of amino acid supplementation on digestibility, nitrogen balance and short-chain fatty acids in horses in light work.** 2025. Master's Dissertation - Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2025.

This study aimed to evaluate the effects of amino acid supplementation from a liquid molasses-based product (Líquida Equinos®) on the digestibility, nitrogen balance and short-chain fatty acids of horses in light work, receiving a standard diet composed of commercial concentrate and Tifton 85 hay. Six male Pantaneiro horses, aged  $10 \pm 4$  years and weighing  $395 \pm 41$  kg, were used in a crossover design, receiving two treatments: control (simple molasses) and supplement. The diets were formulated based on the nutritional requirements of adult horses in light work. Apparent digestibility was calculated based on monitoring intake and fecal excretion of: dry matter (DM), crude protein (CP), mineral matter (MM), ether extract (EE), and neutral detergent fiber (NDF). Nitrogen balance (NB) and concentrations of short-chain fatty acids (SCFAs; acetate, propionate, and butyrate), and pH in fecal fluid were also evaluated. No differences ( $P > 0.05$ ) were observed in nutrient intake, excretion, or digestibility. However, supplementation increased ( $P < 0.05$ ) fecal concentrations of propionate (C3) ( $P = 0,01$ ), butyrate (C4) ( $P = 0,005$ ), and total SCFAs ( $P = 0,04$ ), in addition to reducing fecal pH ( $P = 0,03$ ). The relative proportions of SCFAs remained unchanged. An effect of supplementation was observed in the treatment x time interaction on the relative proportions of butyrate (NC4%) ( $P = 0,03$ ) for the supplemented group in the period from 0 to 3 h (F1) after concentrate feeding. No significant differences were observed for excretion and nitrogen balance. There was a trend toward increased fecal N excretion and a significant reduction in urinary N excretion ( $P = 0,04$ ) in the supplemented group. Amino acid supplementation had positive effects on SCFA production, demonstrating enhanced fermentative activity without compromising digestive stability, in addition to reducing urinary N excretion without affecting BN, indicating optimization in nitrogen metabolism.

**Keywords:** Fermentation, protein metabolism, nutrition, horses

## SUMARIO

|            |                                                                                                                                                                        |                                      |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                                                                | <b>11</b>                            |
| <b>2</b>   | <b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                                                                                                                     | <b>13</b>                            |
| <b>2.1</b> | <b>Função digestiva dos equinos .....</b>                                                                                                                              | <b>13</b>                            |
| <b>2.2</b> | <b>Proteínas e Aminoácidos .....</b>                                                                                                                                   | <b>14</b>                            |
| <b>2.3</b> | <b>Minerais na nutrição equina .....</b>                                                                                                                               | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>2.4</b> | <b>Produção de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC) .....</b>                                                                                                          | <b>16</b>                            |
| <b>2.5</b> | <b>Balanço de nitrogênio (BN) .....</b>                                                                                                                                | <b>19</b>                            |
|            | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                                                                               | <b>22</b>                            |
|            | <b>EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM AMINOÁCIDOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE,<br/>BALANÇO DE NITROGÊNIO E ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA DE EQUINOS<br/>EM TRABALHO LEVE.....</b> | <b>24</b>                            |
|            | <b>ABSTRACT: .....</b>                                                                                                                                                 | <b>24</b>                            |
|            | <b>Introdução .....</b>                                                                                                                                                | <b>25</b>                            |
|            | <b>Material e Métodos.....</b>                                                                                                                                         | <b>27</b>                            |
|            | <b>Resultados.....</b>                                                                                                                                                 | <b>32</b>                            |
|            | <b>Discussão .....</b>                                                                                                                                                 | <b>35</b>                            |
|            | <b>Conclusão .....</b>                                                                                                                                                 | <b>43</b>                            |
|            | <b>Referências .....</b>                                                                                                                                               | <b>43</b>                            |

## 1 INTRODUÇÃO

Os equinos possuem um sistema digestivo adaptado para o aproveitamento de alimentos ricos em fibra. A digestão enzimática do hospedeiro é limitada ao intestino delgado e no intestino grosso ocorre ampla atuação da microbiota promovendo a fermentação. Por meio da microbiota residente, ocorre a degradação de carboidratos estruturais e não estruturais que resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), estes representam a principal fonte energética (70%) para os equinos (Poelaert et al., 2019). Para a plena eficiência desse processo é necessário o equilíbrio entre as populações microbianas e a estabilidade fermentativa, sendo que a dieta exerce grande influência pois deve garantir o fornecimento adequado de nutrientes (Brandi et al., 2009).

A composição da dieta desempenha um papel essencial na manutenção da microbiota e na modulação da fermentação ceco cólica. Dietas desbalanceadas, com excesso de amido ou carboidratos solúveis podem diminuir o pH e alterar o perfil da microbiota, podendo resultar em distúrbios digestivos (Sadet-Bourgeteau et al., 2017). Em contrapartida, dietas equilibradas em fibra e proteína propiciam a produção estável de AGCC e mantem a saúde e integridade da mucosa intestinal. Dentre os produtos provenientes da fermentação, o acetato ( $C_2$ ) é a principal fonte de energia oxidativa, o propionato ( $C_3$ ) atua como precursor gliconeogênico e o butirato ( $C_4$ ) é a principal fonte de energia para os colonócitos do intestino grosso, além de garantir a integridade da mucosa (Von Engelhardt et al., 1998).

A digestão e o metabolismo de nitrogênio (N) são processos de grande relevância na nutrição de equinos, principalmente pela capacidade de reciclagem de ureia e da utilização de compostos nitrogenados pela microbiota do intestino grosso (Obitsu et al., 2015). A qualidade da proteína dietética está diretamente relacionada a eficiência no uso de N, podendo influenciar no desempenho metabólico e na excreção de compostos nitrogenados no meio ambiente (Trottier et al., 2016). Portanto, a utilização de estratégias nutricionais que favoreçam o equilíbrio fermentativo e a utilização do N são fundamentais para melhorar a digestibilidade bem como a sustentabilidade na criação de equinos.

Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar o impacto da suplementação com aminoácidos (Líquida Equinos®), sobre a digestibilidade de

- 34 nutrientes, balanço de nitrogênio e produção de ácidos graxos de cadeia curta de  
35 equinos em trabalho leve.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Função digestiva dos equinos

Os equinos são animais herbívoros, fermentadores de intestino posterior, que possuem um comportamento alimentar caracterizado por longos períodos de pastejo além da constante locomoção que favorece o trânsito da digesta ao longo do trato gastrointestinal.

#### 2.1.1 Anatomia do trato gastrointestinal

O cavalo possui um estômago com capacidade de cerca de 8 a 16 litros e suas principais funções são o armazenamento, a mistura e o início da digestão dos alimentos (Dabareiner et al., 1995). A digesta permanece no estômago por cerca de 2 a 6 horas e conforme se aproxima do piloro tem seu pH reduzido a partir da secreção de ácido clorídrico, o que ativa a pepsina e inibe a fermentação. Portanto, devido ao tamanho reduzido e ao curto tempo de trânsito, a digestão de proteínas e a fermentação microbiana são pouco significativas no estômago (Santos et al., 2010).

O intestino delgado é dividido em duodeno, jejuno e íleo, é na porção proximal do duodeno que a bile e as enzimas pancreáticas são incorporadas a digesta (Dabareiner et al., 1995). Apesar de uma taxa de passagem relativamente rápida ocorre uma ampla atuação de enzimas na digestão nessa porção do trato gastrointestinal (Santos et al., 2010). A digestão no intestino delgado irá envolver enzimas pancreáticas como a amilase (atua sobre os polissacarídeos), a lipase (hidrólise de lipídios) além das proteases que são responsáveis por degradar proteínas em peptídeos (tripsina e quimiotripsina); as enzimas da borda em escova dos enterócitos (maltase, lactase e sacarase) completam a digestão dos carboidratos e promovem uma absorção eficaz de monossacarídeos, aminoácidos, vitaminas e ácidos graxos (Cunningham, 2014).

O intestino grosso dos equinos é dividido em ceco, colón ventral (direito e esquerdo), colón dorsal (direito e esquerdo) e colón menor. Essa região possui funções absorptivas e fermentativas que são interdependentes, além da alta capacidade de retenção seletiva de partículas longas que possibilita um maior

tempo para a ação dos microrganismos (Cunningham, 2014). O ceco possui cerca de 1,5 a 2 metros de comprimento com uma capacidade aproximada de 30 L, podendo ser considerado um grande tanque de fermentação já que nessa porção do trato a ingesta se mistura aos microrganismos responsáveis pela digestão da celulose (Dabareiner et al., 1995). O intestino grosso dos equinos é rico em microrganismos como bactérias anaeróbicas e fungos que em condições ideais tem a capacidade de degradar pectinas e hemicelulose; sintetizar aminoácidos e vitaminas B e K; fermentar carboidratos complexos como a celulose e o amido residual (Dicks et al., 2014). Segundo Julliand e Grimm (2017), a ação de microrganismos fermentadores no intestino grosso é fundamental pois estes utilizam de compostos não digeríveis pelas enzimas do hospedeiro (como os polissacarídeos da parede celular das plantas) como substrato e a partir da fermentação o hospedeiro obtém como fonte de energia os ácidos graxos de cadeia curta. Por fim, o cólon menor tem um importante papel na absorção de água e eletrólitos garantido o equilíbrio hídrico e eletrolítico, é nessa porção final do intestino que são formadas as fezes (Reece; Erickson, 2020).

## **2.2 Proteínas e Aminoácidos**

As proteínas são macromoléculas essenciais e complexas indispensáveis para a vida e presentes em todos os seres vivos, sendo essencial sua compreensão para a nutrição animal (Andriguetto, 1981). A atuação das proteínas no organismo é ampla: crescimento, reparação e manutenção dos tecidos; função estrutural, hormonal, imunológica e enzimática. E ainda participam de diversos processos bioquímicos necessários para o funcionamento do organismo. Andriguetto (1981) fez uma analogia didática definindo os aminoácidos como o “alfabeto das proteínas” já que assim como combinações de letras formam palavras, as variadas combinações de aminoácidos resultam em proteínas.

O conhecimento acerca das necessidades de proteína dos cavalos é escasso devido ao sistema digestivo complexo e a dieta variada desses animais, além da composição das rações ser rica em ingredientes diversos (Mok et al., 2020). No trato gastrointestinal dos equinos grande parte da digestão proteica ocorre no intestino delgado (51%; NRC, 2007) a partir da ação de enzimas que degradam as proteínas em peptídeos e aminoácidos, que então são absorvidos pela mucosa intestinal (Cunningham, 2014). Os aminoácidos e peptídeos



resultantes da digestão das proteínas, após absorvidos são utilizados pelo organismo para sintetizar novas proteínas conforme a necessidade do organismo. Na nutrição de equinos é importante levar em consideração não apenas a quantidade de proteína, mas principalmente a qualidade e a digestibilidade dos aminoácidos provenientes dessa proteína (Gibbs et al., 2002).

O conhecimento da digestibilidade pré-cecal é de grande importância para compreensão da disponibilidade de aminoácidos bem como para oferta adequada da alimentação objetivando um melhor aproveitamento do N proveniente da dieta. Coenen et al. (2011) evidenciou o papel do intestino anterior no pool sistêmico de aminoácidos como principal local de absorção e citou a contribuição do intestino posterior como insignificante.

#### 2.2.1 Suplementação com Aminoácidos em Equinos

Aminoácidos essenciais não são sintetizados pelo próprio animal e necessitam ser fornecidos via dieta. Para equinos são arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina; para a síntese proteica ser eficiente, todos os aminoácidos essenciais devem estar presentes (NRC, 2007). Segundo Gibbs et al. (2002) equinos não necessariamente exigem proteína bruta (PB) na dieta, mas sim aminoácidos essenciais, já que muitas vezes mesmo quando a dieta atende a exigência de PB o animal pode se encontrar deficiente em aminoácidos essenciais.

Aminoácidos limitantes recebem essa denominação pois sua disponibilidade está abaixo da necessidade do animal para adequado funcionamento do organismo, limitando a síntese proteica. A lisina e a treonina são consideradas os aminoácidos limitantes mais importantes em equinos, sendo a lisina amplamente conhecida como o primeiro aminoácido limitante para equinos (Mok et al., 2020; NRC, 2007).

O conhecimento acerca das exigências específicas de cada aminoácido é limitado e o NRC (2007) possui requisitos específicos apenas para lisina sendo que para os demais aminoácidos, as exigências levam em consideração a composição dos tecidos, além de estimar suas proporções com base na lisina e a atividade do animal. A treonina é considerada o segundo aminoácido limitante e a metionina pode se tornar limitante a depender da dieta em situações que demandam maior aporte de proteínas, como exercício intenso ou crescimento (Mok et al., 2020). A

suplementação com aminoácidos é uma maneira eficiente de melhorar a síntese proteica e o metabolismo nitrogenado, reduzindo a excreção de N pelas fezes e pela urina (NRC, 2007).

### **2.3 Produção de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC)**

Ácidos graxos de cadeia curta são os principais produtos da fermentação microbiana de carboidratos estruturais e não estruturais que alcançam o intestino grosso após escaparem da digestão enzimática no intestino delgado (Poelaerte et al., 2019). Embora possa ocorrer fermentação na porção aglandular do estômago, a produção de ácidos graxos voláteis ocorre majoritariamente no intestino grosso devido a uma maior presença de bactérias celulolíticas nessa região e principalmente no ceco, o que indica que é nessa porção do trato que ocorre de forma expressiva a digestão de fibras (Brandi et al., 2009).

Os AGCC atuam como fonte energética para as células epiteliais do intestino grosso além de proteger a integridade da mucosa dessa região e contribuir substancialmente para o metabolismo basal dos equinos (Santos et al., 2010). Para animais que contam com um grande volume de fermentação no intestino grosso, os AGCC podem fornecer cerca de 80% de energia de manutenção (Von-Engelhardt et al. 1998).

É importante destacar a função da microbiota nesse processo, que é composta por diversas espécies, como *Ruminococcus* spp., *Butyrivibrio* spp., *Clostridium* spp. e *Eubacterium* spp. Esses microrganismos têm a capacidade de degradação de polissacarídeos provenientes da dieta (Poelaert et al., 2019) convertendo a matéria orgânica em acetato ( $C_2$ ), propionato ( $C_3$ ), butirato ( $C_4$ ), valerato e isobutirato, sendo estes produtos fermentativos vitais para o metabolismo energético de equinos (Hoffman, 2009). Quando os microrganismos fermentam os substratos, o lúmen do intestino grosso fica com altas concentrações de AGCC que são metabolizados no cólon pelos colonócitos e utilizados como fonte de energia (Poelaert et al. 2019).

A dieta ofertada aos equinos pode influenciar diretamente o perfil da microbiota intestinal e consequentemente afetar a fermentação. Dietas com excesso de carboidratos não estruturais e amido podem alterar a microbiota além de causar distúrbios, sendo preferíveis dietas ricas em fibras solúveis pois sua

fermentação é mais rápida o que por outro lado pode levar a distúrbios metabólicos, sendo necessário equilíbrio na alimentação desses animais (Brandi et al., 2009). Nesse contexto, a adequação nas proporções entre volumoso e concentrado é fundamental para garantir equilíbrio e preservar a atividade fermentativa da microbiota no intestino posterior.

Sorensen et al. (2021) observaram que cavalos alimentados com feno de alfafa apresentaram maiores concentrações de AGCC no ceco quando comparados aos cavalos alimentados com feno de gramíneas de estação fria, demonstrando que a alfafa é fermentada mais rápido e próxima ao intestino grosso. Os autores também relatam que apesar redução do pH fecal e alterações na composição da microbiota diante as mudanças de substrato, houve uma maior taxa de produção e absorção de AGCC e consequentemente um maior aporte energético no grupo alimentado com alfafa. Essas observações demonstram na prática que a eficiência da fermentação varia conforme o substrato, mesmo em dietas semelhantes.

A oferta de concentrado em grande quantidade por refeição pode oferecer riscos para o ecossistema microbiano do intestino grosso e até mesmo levar a distúrbios (Sadet-Bourgeteau et al., 2017). Os autores observaram que a inclusão de concentrado a dieta reduziu o pH cecal, do colón ventral direito e das fezes, bem como aumento nas concentrações de AGCC, o que sugere intensificação da fermentação. Entretanto, a oferta simultânea de volumoso e concentrado suavizou essas alterações, indicando que o manejo alimentar adequado mantém a estabilidade fermentativa. Portanto, a correta associação balanceada entre fontes de fibra e carboidratos solúveis favorece a geração de energia sem comprometer a saúde intestinal e o equilíbrio microbiano.

Com relação ao metabolismo energético os AGCC têm diferentes funções: o acetato é utilizado majoritariamente como substrato para síntese lipídica em tecidos periféricos e é o mais abundante dentre os AGCC (Poelaert et al. 2019). Zak-Bochenek et al. (2022), citaram a contribuição do acetato como fonte energética utilizada nos processos de regeneração e reparo tecidual, os autores também destacam a atuação do propionato na manutenção da homeostase glicêmica a partir da atuação como um precursor da via gliconeogênica hepática. O butirato tem função imunomoduladora, epigenética e fornece energia local para o epitélio intestinal local (Poelaert et al. 2019), sendo a principal fonte de energia para os

colonócitos além de participar de processos de proliferação, diferenciação e reparo da mucosa intestinal (Von Engelhardt et al., 1998).

A proporção entre os AGCC é um ponto muito importante a ser considerado e reflete diretamente na eficiência fermentativa. Em condições fisiológicas normais os AGCC são produzidos no intestino grosso em proporções relativamente estáveis, sendo cerca de 60 a 70% de acetato (C<sub>2</sub>), 15 a 25% de propionato (C<sub>3</sub>) e 10 a 15% de butirato (C<sub>4</sub>) (Von Engelhardt et al., 1998; Poelaert et al., 2019). A estabilidade nessas proporções reflete a eficiência e o equilíbrio fermentativo entre carboidratos estruturais e não estruturais.

Alterações nesses padrões podem indicar adaptações da microbiota as condições dietéticas, porém em sistemas fermentativos estáveis essas proporções se mantem mesmo com variações nas concentrações de AGCC. Sadet-Bourgeteau et al. (2017) observaram que ao fornecer concentrado e volumoso em diferentes sequências as proporções de acetato, propionato e butirato não foram alteradas, demonstrando que a microbiota intestinal equina tem grande capacidade adaptativa e de manutenção do equilíbrio fermentativo.

A constância dessas proporções indica a eficiência do intestino posterior na estabilidade metabólica por meio da microbiota que tem a capacidade de regular e se adaptar ao ambiente fermentativo além de contribuir com a saúde digestiva de seu hospedeiro. Essa relação entre as proporções de AGCC reflete o tipo de atividade microbiana predominante: quando a atividade fibrolítica é favorecida ocorre aumento na produção de acetato (C<sub>2</sub>), em menor grau de butirato (C<sub>4</sub>); dietas que estimulam atividade amilolítica tendem a elevar a proporção de propionato (C<sub>3</sub>) (Jullian e Grimm, 2017).

Manter o equilíbrio fermentativo no intestino posterior é fundamental para a saúde digestiva e metabólica dos equinos, já que alterações na oferta de substratos pode, afetar a microbiota e modificar a produção e o perfil de AGCC. A manutenção desse equilíbrio é dependente tanto da adequada relação entre carboidratos estruturais e não estruturais quanto da disponibilidade de nutrientes para o metabolismo microbiano. O aporte equilibrado de macro e microminerais, por exemplo o cobalto que é utilizado pelos microrganismos do intestino grosso para a síntese de vitamina B<sub>12</sub> (Coenen et al. 2011), oferta de fibra de boa qualidade e a disponibilidade de compostos nitrogenados favorecem a estabilidade das condições adequadas para fermentação no intestino grosso. Esse equilíbrio

garante que a produção e o aproveitamento dos AGCC sejam adequados pois, os mesmos são indispensáveis para a integridade da mucosa e para o suprimento energético dos animais.

### **2.3 Balanço de nitrogênio (BN)**

O balanço de N é o resultado da diferença entre a quantidade de N ingerido via dieta e o N excretado, principalmente via fezes e urina (Trottier et al., 2016). O BN pode ser utilizado como ferramenta para mensurar as necessidades proteicas com base na digestibilidade real em diferentes fases de crescimento ou atividades (NRC, 2007). Um BN positivo indica retenção do nitrogênio no organismo, o que é observado durante o crescimento, gestação ou treinamento; valores negativos são associados a ingestão proteica insuficiente e perda de massa corporal (Trottier et al., 2016). Portanto, para maior retenção de nitrogênio assim como melhor aproveitamento proteico, é de suma importância a utilização de proteínas altamente digestíveis e um perfil balanceado de aminoácidos o que também irá reduzir a excreção de compostos nitrogenados que está associada a impactos ambientais.

Glade (1984) demonstrou que a digestão e absorção de N em equinos se dá por todo o trato gastrointestinal, sendo que maiores absorções são observadas no jejuno, íleo, ceco e cólon menor. O autor descreveu que a fração nitrogenada solúvel da digesta representava cerca de 20% do total no estômago, 80% no jejuno e reduzia no ceco para 30%, demonstrando assim a dinâmica intensa que ocorre entre a síntese microbiana e a absorção dos compostos nitrogenados ao longo do intestino dos equinos. Por meio dessa redistribuição é apontado o papel do intestino posterior que não se resume a fermentação, mas engloba também a reciclagem e o aproveitamento dos compostos nitrogenados.

Adicionalmente, Trottier et al. (2016) evidenciaram que o intestino grosso tem exigências particulares de N e pode utilizar tanto aminoácidos como formas não proteicas, garantindo o equilíbrio entre a microbiota e o metabolismo do hospedeiro. Portanto, é fundamental compreender a dinâmica do N ao longo do trato gastrointestinal para garantir a eficiência proteica e reduzir perdas via excreção fecal/urinária.

Segundo Saastamoinen et al. (2021) as recomendações alimentares para equinos devem considerar, além da categoria e o nível de atividade dos cavalos, também a fonte proteica utilizada. Ao ofertar proteína de boa qualidade, as

ingestões de N podem ser reduzidas para diminuir a excreção de N via fezes e urina, obtendo assim uma maior eficiência de utilização do N e consequentemente reduzindo o impacto ambiental.

Segundo Trottier et al. (2016), a evolução dos equinos é marcada pela adaptação do sistema digestivo a dietas com maior teor de fibra e menor teor proteico, o que explica a eficiência na utilização de N disponível. Os autores citam que atender somente as exigências mínimas de N é uma maneira eficaz de reduzir perdas ambientais, mas é necessário conhecer a real qualidade e digestibilidade da proteína utilizada.

Outro ponto destacado pelos autores é o papel da microbiota do intestino grosso no aproveitamento de compostos nitrogenados, podendo utilizar fontes de N e até mesmo absorver aminoácidos. Portanto, evidencia-se a importância de dietas equilibradas utilizando proteínas de alta digestibilidade, garantindo estabilidade fisiológica e a sustentabilidade na criação de equinos.

Nos equinos, a digestão das proteínas se inicia no estômago com a secreção da pepsina; entretanto, a maior parte desse processo ocorre no intestino delgado, onde as enzimas pancreáticas tripsina e quimiotripsina atuam. Essas enzimas degradam as proteínas em peptídeos e aminoácidos, que são então absorvidos e utilizados pelo organismo. (Cunningham, 2014). Parte da proteína da dieta “escapa” da digestão no intestino delgado e chega ao intestino grosso na forma de frações não digeridas, proteínas microbianas e compostos nitrogenados não proteicos. Esse material é fermentado pela microbiota intestinal, resultando na produção adicional de compostos nitrogenados, como amônia e peptídeos microbianos. (Trottier et al., 2016).

Nesse sentido, Obitsu et al. (2015) observaram que em situações de baixa ingestão proteica, os equinos contam com mecanismos de reciclagem de ureia para reaproveitamento do N endógeno, suprimindo assim a microbiota intestinal. Esse processo auxilia na síntese microbiana e no metabolismo nitrogenado proporcionando estabilidade digestiva e fermentativa em situações de dietas com teor proteico reduzido.

Diante do exposto, o BN é uma ferramenta eficiente para ajustar a formulação de dietas com níveis de proteínas mais precisos, promovendo maior eficiência metabólica e reduzindo a excreção de N pelas fezes e pela urina e garantindo sustentabilidade na criação equina.

## **Considerações Gerais**

A compreensão aprofundada da fisiologia digestiva dos equinos é peça chave para desvendar pontos que convergem em dúvidas, como o detalhamento do metabolismo proteico e dos processos fermentativos que ocorrem no intestino posterior. A partir da elucidação desses questionamentos é possível formular dietas adequadas as reais necessidades dos equinos. A literatura destaca a digestão enzimática no intestino delgado como um fator crucial na disponibilidade de aminoácidos já que no intestino grosso sua absorção é reduzida, sendo de maior destaque nessa porção o papel da fermentação que tem como produto os AGCC bem como o aproveitamento de compostos nitrogenados por parte da microbiota residente. A oferta de proteína deve ser voltada para sua qualidade e digestibilidade, além de ser fundamental considerar o perfil dos aminoácidos resultantes da degradação dessa proteína. Outro ponto de atenção é atender as exigências dos aminoácidos essenciais já que eles possuem influência direta sobre a síntese proteica e o metabolismo nitrogenado. Diante disso, o balanço de nitrogênio pode ser utilizado como ferramenta para prever a real utilização de N, fornecendo assim dados para o desenvolvimento de dietas que reduzam as perdas pela excreção e propiciem uma melhor retenção. Portanto, traçar um paralelo entre digestão enzimática, fermentação microbiana, metabolismo proteico e disponibilidade de aminoácidos é uma forma de trazer a luz métodos de otimizar as necessidades nutricionais dos equinos visando otimizar o desempenho metabólico e manter a saúde digestiva.

## REFERÊNCIAS

- 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, 1 jul. 2009.
- COENEN, M. et al. Recent German Developments in the Formulation of Energy and Nutrient Requirements in Horses and the Resulting Feeding Recommendations. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 31, n. 5-6, p. 219–229, maio 2011.
- CUNNINGHAM, J. G.; KLEIN, B. G.; AL, E. **Tratado de fisiologia veterinária**. 5. ed. [s.l.] Rio De Janeiro Elsevier, 2014.
- DABAREINER, R. M.; WHITE, N. A. Large colon impaction in horses: 147 cases (1985-1991). **Javma-journal of The American Veterinary Medical Association**, v. 206, n. 5, p. 679–685, 1 mar. 1995.
- DICKS, L. M. T. et al. The equine gastro-intestinal tract: An overview of the microbiota, disease and treatment. **Livestock Science**, v. 160, p. 69–81, fev. 2014.
- GIBBS, P. G.; POTTER, G. D. Concepts in Protein Digestion and Amino Acid Requirements of Young Horses. **The Professional Animal Scientist**, v. 18, n. 4, p. 295–301, dez. 2002.
- GLADE, M. J. The Influence of Dietary Fiber Digestibility on the Nitrogen Requirements of Mature Horses. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 3, p. 638–646, 1 mar. 1984.
- HOFFMAN, R. M. Carbohydrate metabolism and metabolic disorders in horses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. spe, p. 270–276, jul. 2009.
- JOSÉ MILTON ANDRIGUETTO. **Nutrição animal: Os alimentos**. [s.l.] NBL Editora, 1990.
- JULLIAND, V.; GRIMM, P. The Impact of Diet on the Hindgut Microbiome. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 52, p. 23–28, maio 2017.
- MOK, C. H.; URSCHER, K. L. Amino acid requirements in horses. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 33, n. 5, p. 679–695, 1 maio 2020.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL COMMITTEE ON NUTRIENT REQUIREMENTS OF HORSES. **Nutrient requirements of horses**. 6. ed. [s.l.] Washington, Dc National Academies Press, 2007.
- OBITSU, T.; HATA, H.; TANIGUCHI, K. Nitrogen digestion and urea recycling in Hokkaido native horses fed hay-based diets. **Animal Science Journal**, v. 86, n. 2, p. 159–165, 12 jul. 2014.



- 378 POELAERT C. K. et al. Beyond Gut Instinct: Metabolic Short-Chain Fatty Acids  
379 Moderate the Pathogenesis of Alpha herpesviruses. **Frontiers in Microbiology**, v.  
380 10, n. v. 10, p. 723, 2019, 5 abr. 2019.
- 381
- 382 REECE, W. O.; ERICKSON, H. H. **Dukes - Fisiologia dos Animais Domésticos**.  
383 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2020.
- 384
- 385 SAASTAMOINEN, M.; SÄRKIJÄRVI, S.; SUOMALA, H. Protein Source and Intake  
386 Effects on Diet Digestibility and N Excretion in Horses—A Risk of Environmental N  
387 Load of Horses. **Animals**, v. 11, n. 12, p. 3568, 15 dez. 2021.
- 388
- 389 SADET-BOURGETEAU, S.; PHILIPPEAU, C.; JULLIAND, V. Effect of concentrate  
390 feeding sequence on equine hindgut fermentation parameters. **animal**, v. 11, n. 7,  
391 p. 1146–1152, 8 dez. 2016.
- 392
- 393 SANTOS, A. S. et al. Understanding the equine cecum-colon ecosystem: current  
394 knowledge and future perspectives. **animal**, v. 5, n. 1, p. 48–56, 23 ago. 2010.
- 395
- 396 SORENSEN, R. J. et al. Effect of hay type on cecal and fecal microbiome and  
397 fermentation parameters in horses. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 1, 29  
398 dez. 2020.
- 399
- 400 TROTTIER, N. L. et al. Gastrointestinal Nitrogen Metabolism of Equids and Impact  
401 on Protein Requirement. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 45, p. 78–86,  
402 out. 2016.
- 403
- 404 VON ENGELHARDT, W. et al. Role of short-chain fatty acids in the hind gut.  
405 **Veterinary Quarterly**, v. 20, n. sup3, p. 52–59, jun. 1998.
- 406
- 407 ŽAK-BOCHENEK, A. et al. Homeostasis of the Intestinal Mucosa in Healthy  
408 Horses—Correlation between the Fecal Microbiome, Secretory Immunoglobulin A  
409 and Fecal Egg Count. **Animals**, v. 12, n. 22, p. 3094, 10 nov. 2022.

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM AMINOÁCIDOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE,  
BALANÇO DE NITROGÊNIO E ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA DE EQUINOS EM  
TRABALHO LEVE**

Este artigo segue as normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

Vanessa de Queiroz Vargas<sup>1\*</sup>; Uriel de Almeida Curcio<sup>1</sup>; Gumerindo Lorian  
Franco<sup>1</sup>, et al.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS. E-mail:  
[vanessaqvargas@gmail.com](mailto:vanessaqvargas@gmail.com)

\*Autores para correspondência.  
[vanessaqvargas@gmail.com](mailto:vanessaqvargas@gmail.com); [gumerindo.franco@ufms.br](mailto:gumerindo.franco@ufms.br)

**ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the effects of amino acid supplementation from a liquid molasses-based product (Líquida Equinos®) on the digestibility, nitrogen balance and short-chain fatty acids of horses in light work, receiving a standard diet composed of commercial concentrate and Tifton 85 hay. Six male Pantaneiro horses, aged  $10 \pm 4$  years and weighing  $395 \pm 41$  kg, were used in a crossover design, receiving two treatments: control (simple molasses) and supplement. The diets were formulated based on the nutritional requirements of adult horses in light work. Apparent digestibility was calculated based on monitoring intake and fecal excretion of: dry matter (DM), crude protein (CP), mineral matter (MM), ether extract (EE), and neutral detergent fiber (NDF). Nitrogen balance (NB) and concentrations of short-chain fatty acids (SCFAs; acetate, propionate, and butyrate), and pH in fecal fluid were also evaluated. No differences ( $P > 0.05$ ) were observed in nutrient intake, excretion, or digestibility. However, supplementation increased ( $P < 0.05$ ) fecal concentrations of propionate (C3) ( $P = 0.01$ ), butyrate (C4) ( $P = 0.005$ ), and total SCFAs ( $P = 0.04$ ), in addition to reducing fecal pH ( $P = 0.03$ ). The relative proportions of SCFAs remained unchanged. An effect of supplementation was observed in the treatment x time interaction on the relative proportions of butyrate (NC4%) ( $P = 0.03$ ) for the

supplemented group in the period from 0 to 3 h (F1) after concentrate feeding. No significant differences were observed for excretion and nitrogen balance. There was a trend toward increased fecal N excretion and a significant reduction in urinary N excretion ( $P = 0,04$ ) in the supplemented group. Amino acid supplementation had positive effects on SCFA production, demonstrating enhanced fermentative activity without compromising digestive stability, in addition to reducing urinary N excretion without affecting BN, indicating optimization in nitrogen metabolism.

**Keywords:** Fermentation, protein metabolism, nutrition, horses

## Introdução

A proteína é um dos principais componentes da dieta dos equinos devido a sua ampla participação no organismo e nos processos metabólicos e fisiológicos, porém a eficiência na utilização dessa proteína proveniente da dieta é influenciada não somente pela quantidade ingerida com também pelo perfil dos aminoácidos resultantes da degradação dessa proteína. Segundo Gibbs et al. (2002), equinos não possuem uma exigência específica para proteína bruta propriamente dita, mas sim por aminoácidos essenciais, uma vez que o animal pode permanecer deficiente em aminoácidos essenciais mesmo com uma dieta que atenda ao teor de PB recomendado.

A eficiência da digestão proteica dos equinos é fortemente ligada a fisiologia digestiva, sendo caracterizada por uma digestão enzimática pré-cecal limitada, que acaba por reduzir a absorção de aminoácidos no intestino delgado. Consequentemente, parte da proteína da dieta segue para o intestino grosso e é submetida a fermentação microbiana, resultando na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) — uma

das principais fontes energéticas para o animal (Poelaert et al., 2019) — além de compostos nitrogenados, porém estes nem sempre são aproveitados pelo hospedeiro de maneira eficiente.

O perfil e a estabilidade da microbiota são fortemente modulados pela dieta ofertada, e principalmente pelo equilíbrio entre os componentes fibrosos (volumoso) e carboidratos não fibrosos (CNF) como concentrado (Sadet-Bourgeteau et al., 2017).

Além do metabolismo energético proveniente da fermentação, a eficiência da utilização do nitrogênio (N) é de extrema importância para a compreensão do metabolismo proteico. O balanço de nitrogênio (que compreende o N ingerido, utilizado pela microbiota e o N excretado) reflete a adequação do aporte de aminoácidos bem como capacidade do animal em utilizá-los, e é um indicador da eficiência digestiva e o potencial impacto ambiental resultante da liberação de compostos nitrogenados (Trottier et al. 2016). Portanto, otimizar a oferta de aminoácidos é uma estratégia nutricional que visa reduzir as perdas de N além de reduzir o impacto ambiental.

Diante do exposto, a utilização de suplementos contendo aminoácidos surge como uma proposta alternativa para aprimorar o aproveitamento proteico ao passo que modula a microbiota de forma positiva, sem comprometer a estabilidade digestiva. Com base nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de um suplemento comercial líquido à base de melaço contendo aminoácidos sobre a digestibilidade de nutrientes, a fermentação intestinal e o balanço de nitrogênio de cavalos em trabalho leve.

496

497 **Material e Métodos**

498 O experimento foi conduzido no Laboratório de Metabolismo Animal da  
499 Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso  
500 do Sul (FAMEZ/UFMS), localizada em Campo Grande, MS, Brasil no período de agosto a  
501 dezembro de 2023. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de  
502 Nutrição Animal e no Laboratório de Patologia Clínica Veterinária, todos pertencentes à  
503 FAMEZ/UFMS.

504 Foram utilizados seis cavalos machos castrados, da raça Pantaneiro com idade  
505 média de  $10 \pm 4$  anos e peso corporal (PC) médio de  $395 \pm 41$  kg. Os animais foram  
506 mantidos em baias individuais com dimensões de 2,5 m x 4,0 M, piso de concreto e  
507 dotadas de bebedouro automático e dois cochos, um de alvenaria para feno e um de  
508 plástico que era colocado dentro do de feno para a oferta do concentrado.

509 Os cavalos foram alimentados com 1,2 kg MS/100 kg PC de feno de capim-tifton  
510 85 (*Cynodon spp.*), dividido em duas porções diárias (7h e 17h) e 0,5 kg MS/100 kg PC de  
511 concentrado comercial (Servsal Ração Equinos®), fornecido diariamente às 7h. As dietas  
512 experimentais consistiram na inclusão de 30 mL/100 kg PC de suplemento líquido  
513 contendo aminoácidos que tinha como veículo o melaço (Líquida Equinos®) ou de  
514 melaço de cana líquido [*Saccharum officinarum* (L.)] na mesma quantidade (controle)  
515 um. O suplemento contendo aminoácidos tinha como níveis de garantia por kg de  
516 produto: L-lisina 30 g, L-valina 14 g, leucina 2 g, metionina 12 g, treonina 18 g e triptofano  
517 7 g, cálcio entre 20 g, fósforo 10,4 g, magnésio 2 g, potássio 7 g sódio 4,2 g, zinco 2,5 g,  
518 manganês 150 mg, cobre 910 mg, cobalto 10 mg, cromo 4,5 mg e selênio 4 mg. O  
519 suplemento também continha vitaminas A e E, com teores de 14.500 UI/kg e 5.000 UI/kg,  
520 respectivamente.

As dietas foram formuladas para atender às exigências nutricionais de cavalos adultos em atividade física leve (NRC 2007; Tabela 1).

Foi adotado um delineamento experimental do tipo crossover, envolvendo dois tratamentos, seis animais e dois períodos experimentais de 20 dias, sendo 14 dias de adaptação seguidos por 6 dias de coleta de dados. Ao fim de cada período foi estabelecido um intervalo de 7 dias em que os animais receberam apenas feno para promover a limpeza e renovação do conteúdo do trato gastrointestinal e diminuir possíveis efeitos residuais dos tratamentos.

Durante o período de adaptação os animais eram soltos em uma área de piquete com 63 x 63 m de capim decumbens cortado rente ao solo, para expressarem seus comportamentos naturais. Na fase de coleta de dados a rotina de atividade física consistiu na condução dos animais ao tranco duas vezes ao dia, das 10h às 10:30h e das 16h às 16:30h totalizando 60 minutos diários.

Tabela 1. Composição química (g/kg MS<sup>1</sup>) do feno, ração e melaço das dietas experimentais fornecidas aos equinos da raça Pantaneiro

| Itens (g kg/ MS)  | Feno   | Ração               | Melaço de Cana Líquido |
|-------------------|--------|---------------------|------------------------|
| MS (fração 0 - 1) | 0,87   | 0,88                | 0,79                   |
| MM                | 93,82  | 103,69 <sup>1</sup> | 67,0                   |
| PB                | 80,30  | 142,63              | -                      |
| EE                | 11,24  | 41,59               | 5,6                    |
| FDN               | 836,93 | 229,90              | -                      |
| FDA               | 469,50 | 43,00               | -                      |
| Amido (%)         | -      | 412,24              | 1,7                    |
| ED (Mcal/kg)      | 1,79   | 3,83                | -                      |

<sup>1</sup>Níveis de garantia em g ou mg/kg:

MS – matéria seca; MM- matéria mineral; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; Energia Digestível (ED)

542 A digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes foi avaliada a partir do controle  
543 da ingestão e da excreção fecal total de cada animal. A ingestão foi determinada com base  
544 na diferença entre a quantidade ofertada no cocho e as sobras. Quando houve sobra de  
545 feno elas foram pesadas no período da manhã antes do trato. Além das amostras das  
546 sobras, também foi coletado em cada período, uma amostra do feno fornecido e de  
547 concentrado.

548 Esses dados foram coletados entre o 16º e o 20º dia de cada período experimental.  
549 A excreção fecal foi avaliada a partir da coleta total, com recolhimento imediato após a  
550 defecação. As fezes foram pesadas, e uma alíquota de 10% de cada amostra foi congelada  
551 a -20 °C para posterior análise laboratorial. As amostras de alimentos e fezes foram  
552 submetidas à análise química conforme os métodos oficiais descritos pela AOAC (2000):  
553 matéria seca (MS, método 930.15), proteína bruta (PB, 976.05), matéria mineral (MM,  
554 942.05) e extrato etéreo (EE, 920.39). As frações de fibra em detergente neutro (FDN) e  
555 fibra em detergente ácido (FDA) foram analisadas segundo a metodologia de Van Soest  
556 (1991). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com o NRC  
557 (2001) e o amido conforme (IAF, 2008).

558 Adicionalmente, também foi mensurado o consumo diário de água por meio de  
559 reservatórios individuais conectados aos bebedouros, sendo o volume ingerido estimado  
560 pela diferença entre o volume fornecido e o volume residual no dia seguinte, sendo  
561 realizado o reabastecimento diário.

562 No 19º dia de cada período, realizou-se a determinação dos valores de pH do  
563 líquido fecal durante 12 horas. Depois de excretadas as fezes foram pesadas e amostradas  
564 para quantificar a produção fecal, na sequência uma alíquota de 150 gramas de fezes  
565 frescas foi espremida em espremedor de frutas confeccionado em aço inoxidável e no

líquido extraído foi determinado o pH fecal utilizando peagâmetro digital (marca: Tecnal; modelo: Tec-5) calibrado com solução tampão pH 4 e pH 7 (Hydock et al., 2014).

Das amostras de líquido fecal extraídas para determinação dos valores de pH, 5 mL foi transferido para um tubo Falcon contendo 1 mL de ácido metafosfórico (diluído a 25%; Kabe et al., 2016) e congelados para posterior determinação das concentrações de AGCC. Outros 50 mL de líquido fecal foram armazenados congelados após acidificação com 1 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para posterior determinação de N-NH<sub>3</sub> (Detmann et al., 2021). Posteriormente os resultados de pH, N-NH<sub>3</sub> e AGCC foram agrupados por faixas de horários tendo como referência o horário de fornecimento do concentrado (F1 - 0 a 3 horas; F2- 3 a 6 horas e F3 - 6 a 10 horas pós alimentação). As amostras foram centrifugadas a 3.500 rpm por 10 minutos e congeladas a -20 °C. A análise dos AGCC foi realizada por cromatografia gasosa, conforme Erwin et al. (1961), utilizando cromatógrafo a gás (Thermo Finnigan, modelo Trace) com detector de ionização de chama (FID), equipado com coluna capilar de sílica fundida (100 m × 0,25 mm × 0,2 µm) e hélio como gás de arraste (1,2 mL/min).

No 20º dia do período experimental foram feitas as coletas de urina durante 24h. A urina foi coletada por meio de um aparato (coletor) colocado na região do prepúcio e acoplado uma mangueira que levada a urina ao balde de coleta. No balde foi adicionado 100 mL de HCl a 25%. A urina foi quantificada a cada 12 horas e uma amostra de 50 mL foi acondicionada a um tubo Falcon e congelada a -20 °C para posterior análise.

A determinação do nitrogênio total nas amostras urina foi realizada por meio do método de Kjeldahl, conforme descrito pela AOAC (2000). 10 mL de cada amostra foram transferidos para tubos de centrifuga onde foi adicionado 1mL de ácido tricloroacético, 2 mL do sobrenadante obtido após a centrifugação foi utilizado no destilador juntamente



com 10 mL de solução de hidróxido de potássio. A amônia liberada foi captada em solução de ácido bórico e posteriormente titulada com solução de ácido clorídrico (0,005 N) até o indicador virar de verde para rosa claro. A concentração final de N foi calculada considerando o volume titulado e os fatores de correção e de diluição. Por fim, a concentração de N calculada foi corrigida segundo Souza et al. 2013.

O balanço de nitrogênio (BNC) foi calculado com base na equação proposta por Graham-Thiers & Bowen (2011).

As variáveis pH fecal e concentração de isobutirato (NC<sub>4</sub>) foram transformadas em logaritmo decimal ( $\log_{10}$ ), uma vez que os valores iniciais não apresentaram distribuição normal.

Todos os dados foram analisados utilizando o procedimento GLIMMIX do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA, versão SAS University - 2016) selecionando os testes de hipóteses tipo 1 e 3. O modelo estatístico para consumo e digestibilidade, continha como efeito fixo o tratamento e, como variável aleatória, cavalo e período. Os modelos estatísticos para AGCC, pH e N-NH<sub>3</sub>, continham como efeito fixo tratamento, hora e a interação resultante e, como variável aleatória, cavalo e período. Estes últimos foram analisados como medidas repetidas no tempo, usando hora como termo específico e cavalo\*período como sujeito. Foi escolhida a estrutura de covariância que melhor se ajustou aos dados de cada variável pelo menor critério de informação de Akaike. A função PDIFF foi utilizada quando detectada significância no teste-F e todos os resultados foram reportados como LSMEANS seguidos por erro padrão da média (EPM). A significância foi definida quando  $P \leq 0,05$  no teste T e valores entre  $0,05 < P \leq 0,10$  foram considerados como tendência.

## Resultados

Para os valores médios de ingestão diária de MS e dos nutrientes pelos equinos submetidos a suplementação com aminoácidos comparado ao grupo controle (melaço simples) não foram observadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para nenhuma das variáveis analisadas. A ingestão MS, MM, PB, EE e FDN foi semelhante entre os tratamentos (Tabela 2).

A suplementação de cavalos com aminoácidos não alterou a excreção da MS e dos nutrientes (MM, PB, EE, FDN;  $P=0,25$ ) (Tabela 3).

Tabela 2. Ingestão média de MS e dos nutrientes (kg/dia) de equinos em trabalho leve recebendo suplemento com aminoácidos

| Variáveis | Tratamento |          | EPM  | Valor de P |
|-----------|------------|----------|------|------------|
|           | Suplemento | Controle |      |            |
|           | 6,14       | 6,37     | 0,27 | 0,29       |
| MM        | 0,80       | 0,78     | 0,03 | 0,40       |
| PB        | 0,80       | 0,78     | 0,03 | 0,38       |
| EE        | 0,15       | 0,15     | 0,01 | 0,25       |
| FDN       | 5,86       | 5,67     | 0,24 | 0,29       |

EPM - Erro Padrão da Média. MS= matéria seca; MM= matéria mineral; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; FDN= fibra em detergente neutro  
Valores tem diferença significativa quando  $P < 0,05$ .

Tabela 3. Excreção média de MS e dos nutrientes nas fezes (kg/dia) por equinos em trabalho leve recebendo suplemento com aminoácidos

| Variáveis | Tratamento |          | EPM  | Valor de P |
|-----------|------------|----------|------|------------|
|           | Suplemento | Controle |      |            |
| MS        | 2,92       | 2,82     | 0,12 | 0,47       |
| MM        | 0,33       | 0,32     | 0,02 | 0,80       |
| PB        | 0,25       | 0,23     | 0,02 | 0,54       |
| EE        | 0,06       | 0,05     | 0,01 | 0,65       |
| FDN       | 2,04       | 1,98     | 0,09 | 0,58       |

EPM - Erro Padrão da Média. MS= matéria seca; MM= matéria mineral; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; FDN= fibra em detergente neutro.  
Valores tem diferença significativa quando  $P < 0,05$ .

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (Tabela 4) não apresentaram diferenças ( $P = 0,76$ ) entre os cavalos que receberam o suplemento com aminoácidos e o controle.

Tabela 4. Digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes (fração de 0-1) por equinos em trabalho leve recebendo suplemento com aminoácidos

| Variáveis | Tratamento |          | EPM  | Valor de P |
|-----------|------------|----------|------|------------|
|           | Líquida    | Controle |      |            |
| MS        | 0,54       | 0,54     | 0,01 | 0,86       |
| MM        | 0,59       | 0,59     | 0,02 | 0,84       |
| PB        | 0,69       | 0,70     | 0,01 | 0,88       |
| EE        | 0,63       | 0,64     | 0,03 | 0,79       |
| FDN       | 0,65       | 0,65     | 0,01 | 0,76       |

EPM - Erro Padrão da Média. MS= matéria seca; MM= matéria mineral; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; FDN= fibra em detergente neutro.; Valores tem diferença significativa quando  $P < 0,05$ .

Para os resultados referentes as concentrações de AGCC no conteúdo fecal dos animais (Tabela 5), observou-se um efeito significativo da suplementação com aminoácidos ( $P < 0,05$ ) nas concentrações de propionato (C3) ( $P = 0,01$ ) e butirato (C4) ( $P = 0,005$ ), além de uma tendência de aumento para o acetato (C2) ( $P = 0,10$ ). O efeito da suplementação também refletiu na concentração total de AGCC, demonstrando um aumento significativo ( $P = 0,04$ ) em relação ao controle. Embora as concentrações absolutas de AGCC tenham demonstrado um aumento significativo para os animais suplementados, não houve diferença significativa entre os tratamentos para as proporções relativas de cada ácido (%) ( $P > 0,05$ ) o que indica que o suplemento aumentou a produção total de AGCC mas não alterou o perfil fermentativo da microbiota intestinal.

Em relação a interação Tratamento X Tempo, houve efeito da suplementação sobre a variável NC4% ( $P = 0,03$ ) no período de 0 a 3 h (F1) após o fornecimento do concentrado o que demonstra uma variação sobre as proporções relativas de butirato em relação as faixas de horário . Quanto ao pH fecal, este demonstrou-se

significativamente menor no grupo suplementado ( $P = 0,03$ ) ao passo que a concentração de  $\text{NH}_3$  não demonstrou diferença entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ).

Tabela 5. Concentração média de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC; mmol/L), pH e amônia ( $\text{NH}_3$ ) no conteúdo fecal de equinos em trabalho leve recebendo suplementação com aminoácidos

| Variáveis     | Tratamento |          |       | Valor de P |       |            |
|---------------|------------|----------|-------|------------|-------|------------|
|               | Líquida    | Controle | EPM   | Trat       | Tem   | Trat X Tem |
| C2            | 37,921     | 30,710   | 3,844 | 0,103      | 0,898 | 0,758      |
| C3            | 11,430     | 8,183    | 1,120 | 0,017      | 0,735 | 0,999      |
| NC4           | 3,694      | 2,320    | 1,083 | 0,005      | 0,860 | 0,689      |
| Total         | 53,182     | 41,491   | 5,150 | 0,043      | 0,852 | 0,872      |
| C2%           | 71,351     | 74,313   | 1,205 | 0,054      | 0,599 | 0,151      |
| C3%           | 21,802     | 19,872   | 0,954 | 0,138      | 0,862 | 0,335      |
| NC4%          | 6,674      | 5,782    | 1,060 | 0,061      | 0,223 | 0,033      |
| pH            | 5,783      | 6,020    | 1,021 | 0,031      | 0,866 | 0,536      |
| $\text{NH}_3$ | 9,754      | 11,271   | 1,221 | 0,275      | 0,661 | 0,823      |

EPM = erro padrão da média; Trat = efeito do tratamento; Tem = efeito do tempo; Trat × Tem = interação entre tratamento e tempo.

Valores de  $P \leq 0,05$  foram considerados significativos e tendência quando  $P > 0,05$  e  $< 0,1$

Observou-se um efeito significativo da suplementação com aminoácidos ( $P < 0,05$ ) nas concentrações de propionato (C3) ( $P = 0,01$ ) e butirato (C4) ( $P = 0,005$ ), além de uma tendência de aumento para o acetato (C2) ( $P = 0,10$ ). O efeito da suplementação também refletiu na concentração total de AGCC, demonstrando um aumento significativo ( $P = 0,04$ ) em relação ao controle. Embora as concentrações absolutas de AGCC tenham demonstrado um aumento significativo para os animais suplementados, não houve diferença significativa entre os tratamentos para as proporções relativas de cada ácido (%) ( $P > 0,05$ ) o que indica que o suplemento aumentou a produção total de AGCC mas não alterou o perfil fermentativo da microbiota intestinal.

Em relação a interação Tratamento X Tempo, houve efeito da suplementação sobre a variável NC4% ( $P = 0,03$ ), o que demonstra uma variação sobre as proporções relativas de butirato em relação as faixas de horário. Quanto ao pH fecal, este

demonstrou-se significativamente menor no grupo suplementado ( $P = 0,03$ ) ao passo que a concentração de  $\text{NH}_3$  não demonstrou diferença entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ).

Para os resultados referentes as variáveis de excreção e balanço de nitrogênio (Tabela 6), não foram observadas diferenças significativas para o nitrogênio ingerido ( $P = 0,21$ ). Os dados de balanço de nitrogênio também não demonstraram diferenças entre o tratamento e o controle ( $P = 0,62$ ). Foi observada uma tendência para os dados de excreção fecal ( $P = 0,08$ ) e uma redução significativa na excreção urinária de nitrogênio ( $P = 0,04$ ) para o grupo suplementado, o que indica que a suplementação pode ter influenciado a via de excreção de nitrogênio aumentando a excreção fecal e reduzindo a urinária.

Tabela 6. Balanço e excreção de nitrogênio por equinos em trabalho leve recebendo suplemento com aminoácidos

| Variáveis | Tratamento |          | EPM  | Valor de P |
|-----------|------------|----------|------|------------|
|           | Líquida    | Controle |      |            |
| N Ing     | 132,03     | 126,42   | 3,56 | 0,21       |
| N Fec     | 41,64      | 37,34    | 1,73 | 0,08       |
| N Uri     | 3,00       | 6,12     | 0,93 | 0,04       |
| BN        | 85,78      | 82,95    | 5,09 | 0,62       |

EPM - Erro Padrão da Média. N Ing= nitrogênio ingerido; N Fec= nitrogênio fecal; N Uri= nitrogênio urinário; BN= balanço de nitrogênio;

Valores tem diferença significativa quando  $P < 0,05$  e tendência quando  $P > 0,05$  e  $< 0,1$ .

## Discussão

Observou-se que a digestibilidade da MS, MM, PB, EE e FDN foi semelhante entre os grupos, o que indica que a suplementação não promoveu alterações relevantes na capacidade de aproveitamento dos nutrientes pelos animais. Esses resultados sugerem que a inclusão do suplemento, nas condições experimentais adotadas, não influenciou de forma expressiva os processos digestivos.

Oliveira et al. (2015) observaram resultados semelhantes em um estudo conduzido com 24 cavalos de esporte alimentados com dietas contendo diferentes níveis

de proteína bruta (7,5% a 13%), não verificando alterações na ingestão de nutrientes (MS, MO, EE e FDN), independentemente do teor proteico ofertado. Esses autores destacaram a estabilidade no comportamento de consumo quando as dietas atendem plenamente às exigências nutricionais dos cavalos, mesmo com variações na concentração de nutrientes.

A oferta tanto de volumoso como de concentrado eram fixas e os valores médios de ingestão observados neste estudo estão de acordo com as recomendações do *NRC* (2007) para equinos adultos em trabalho leve, o que demonstra que as dietas atenderam adequadamente às exigências nutricionais da categoria e reforça a ausência de diferenças significativas suplemento com aminoácidos para a ingestão.

Os dados de excreção fecal e digestibilidade da MS e dos nutrientes também não apresentaram diferenças significativas entre o grupo suplementado com aminoácidos e o controle, o que indica estabilidade fisiológica dos processos de digestão e absorção intestinal. Os achados demonstram que o metabolismo digestivo não foi sobrecarregado pela inclusão do suplemento com aminoácidos, o que está em conformidade com os resultados observados por Hoffmann et al. (1987). Esses autores concluíram que variações moderadas na relação entre fibra e energia das dietas de equinos não alteram significativamente a digestibilidade dos nutrientes, evidenciando a eficiência do trato gastrointestinal e a capacidade de adaptação da espécie. Ressaltaram ainda que a manutenção da estabilidade digestiva decorre da constância do fluxo intestinal e da eficiência da absorção no intestino grosso, mesmo diante de modificações dietéticas, como alterações na relação volumoso:concentrado ou aumento no teor de fibra.

A digestibilidade dos nutrientes presentes na dieta também está intimamente ligada ao comportamento e ao manejo alimentar, já que estes influenciam diretamente na taxa de passagem e no tempo de retenção do alimento no trato gastrointestinal (Harris

et al., 2017). Diante de dietas equilibradas os equinos tendem a ajustar a motilidade intestinal naturalmente, otimizando assim o aproveitamento dos nutrientes, o que pode ter contribuído para a uniformidade observada entre os tratamentos.

Assim, os resultados do presente trabalho demonstram que o metabolismo digestivo dos cavalos permaneceu dentro da faixa fisiológica normal, indicando que a suplementação com aminoácidos não interferiu no padrão de excreção nem na digestibilidade dos nutrientes, corroborando as observações de Oliveira et al. (2015) e Hoffmann et al. (1987).

A suplementação influenciou significativamente a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), houve aumento nas concentrações de propionato (C3) e butirato (C4), além de tendência de elevação do acetato (C2). Os achados do presente estudo sugerem uma maior atividade fermentativa pela microbiota intestinal, decorrente do fornecimento dos aminoácidos facilmente fermentáveis presentes no suplemento. Em contrapartida, Jordan et al. (2019) ao investigarem suplementação com caseína não observaram alterações significativas na produção de AGCC demonstrando que as diferentes fontes proteicas podem modular a fermentação intestinal de formas distintas. O suplemento fornece aminoácidos de disponibilidade rápida e maior oferta de substrato para os microrganismos ao passo que a caseína tem uma degradação mais lenta além de formar micelas que retardam a fermentação. Esse contraste entre os resultados evidencia o papel da composição da dieta e da forma química da fonte proteica sobre a modulação da microbiota intestinal, que reflete diretamente na produção de AGCC.

Sorensen et al. (2021) evidenciam que discretas variações na fermentação intestinal não são necessariamente efeitos negativos sobre a digestibilidade e demonstram adaptações fisiológicas, o que corrobora com as observações do presente estudo. O aumento para AGCC totais reforça a maior fermentação de carboidratos

estruturais e não estruturais promovida pelo suplemento, intensificando assim, a produção de metabólitos energéticos essenciais para a fisiologia e metabolismo dos equinos, além disso Segundo Poelaert et al. (2019) os AGCC são amplamente associados a efeitos positivos na saúde de mamíferos, sendo reconhecidos pela proteção de células do epitélio intestinal bem como pela influência positiva sobre a fisiologia geral, função cardiovascular, e na inflamação.

O butirato (nC4) possui grande importância fisiológica, pois é o AGCC utilizado como principal fonte de energia pelos colonócitos. Além de nutrir a mucosa intestinal, desempenha funções relacionadas ao reparo tecidual, proliferação celular e manutenção da integridade da barreira epitelial. No presente estudo, observou-se uma modulação positiva na atividade fermentativa do intestino posterior, uma vez que o efeito da suplementação foi significativo ( $P = 0,005$ ) sobre as concentrações de butirato. Esse aumento no grupo suplementado indica que a maior disponibilidade de nitrogênio (proveniente de aminoácidos) pode ter estimulado o crescimento de microrganismos produtores de butirato, resultando em maior produção desse metabólito. Tal resposta sugere uma fermentação mais eficiente e equilibrada, favorecendo tanto a saúde intestinal quanto o aproveitamento energético no intestino grosso. Zeyner et al. (2004) destacaram a ligação intrínseca entre a absorção de AGCC no ceco e cólon e a absorção de água, já que essa é uma função crítica para a manutenção da hidratação e da consistência das fezes em equinos.

O aumento nas concentrações de propionato (C3) observado no grupo suplementado no presente estudo indica aumento na atividade de microrganismos fermentadores de carboidratos solúveis, principalmente, bactérias utilizadoras de lactato. O propionato provem principalmente da fermentação de carboidratos não estruturais, seu aumento indica elevação da eficiência fermentativa e melhor



783 aproveitamento energético dos substratos. Esse resultado reforça a hipótese de que o  
784 fornecimento de aminoácidos pode melhorar o metabolismo microbiano por meio do  
785 estímulo de vias fermentativas mais eficientes, culminando em uma maior produção de  
786 AGCC e melhor utilização dos carboidratos fermentáveis, colaborando assim com o  
787 balanço energético e com a estabilidade cecocólica (Von Engelhardt et al., 1998). Por  
788 tanto, o aumento do propionato observado reflete um maior aproveitamento sem  
789 provocar desequilíbrio fermentativo.

790 Embora tenha sido observado um aumento nas concentrações absolutas, as  
791 proporções relativas dos AGCC (%) não tiveram diferenças significativas entre os  
792 tratamentos, demonstrando que o suplemento não alterou o perfil fermentativo da  
793 microbiota, mas intensificou a atividade global de fermentação. Esse padrão reflete  
794 aumento na eficiência metabólica associado a estabilidade microbiana, o que é desejável  
795 já que segundo Santos et al. (2010) a microbiota do intestino grosso equino atua sob  
796 limitação de nitrogênio pois grande parte dos açúcares solúveis e proteínas são digeridas  
797 e absorvidas no intestino delgado e a disponibilidade adequada de nitrogênio cecocólica  
798 otimiza a relação entre energia e proteína microbiana, direcionando assim uma maior  
799 porção de substrato fermentável para a produção de AGCC sem resultar em desequilíbrio  
800 fermentativo.

801 Portanto, o fornecimento de aminoácidos por meio da suplementação pode ter  
802 corrigido a limitação de nitrogênio parcialmente, o que resultou em uma fermentação  
803 mais eficiente e controlada, já que favoreceu o crescimento da microbiota responsável  
804 pela produção de AGCC e consequentemente intensificou a produção de metabolitos  
805 energéticos benéficos ao hospedeiro.

806 A interação entre tratamento e tempo observada para nC4% indica que a  
807 suplementação a variação ao longo do tempo nas proporções de butirato, o que sugere

uma modulação dinâmica da fermentação que pode ser em decorrência de alterações dinâmicas na disponibilidade de substratos fermentáveis ao decorrer dos diferentes momentos de alimentação. Essa observação é comum em estudos que envolvem amostragens fecais seriadas onde ocorre essa variação para AGCC conforme o padrão de fermentação e a taxa de passagem.

Sadet-Bourgeteau et al. (2017) observaram que a sequência da alimentação (concentrado com feno ou antes do feno) modificou os padrões pós-prandiais de AGCC e de pH no intestino grosso de equinos, aumento de AGCC entre 4h e 8h após a refeição, o que demonstra que a fermentação é dependente do tempo após a alimentação. Assim como citado pelos autores, no presente estudo foi observada uma redução significativa do pH fecal diante do uso do suplemento, o que reforça as evidências de maior fermentação pois o aumento na produção de AGCC leva a acidificação do conteúdo intestinal. Essa redução, desde que dentro de parâmetros fisiológicos, pode reforçar a ideia de uma fermentação mais eficiente.

A oferta de dietas com variações controladas na composição pode modular não somente a microbiota, mas todo o ambiente fermentativo do intestino grosso. Brandi et al. 2024, observaram ligeiras diferenças na composição microbiana e no pH fecal ao compararem dietas associando feno com amido e açúcar ou com fibra e óleos, sendo ausentes efeitos negativos nos parâmetros digestivos e sobre a fermentação e demonstrando a capacidade adaptativa da microbiota frente a oscilações dietéticas. Resultados parecidos foram descritos por Moore e Dehority (1993), os autores concluíram que mudanças controladas no teor de concentrado da dieta não influenciaram na digestão da fibra e nem nas concentrações bacterianas celulolíticas ou totais mesmo com a remoção de protozoários do intestino grosso, reforçando assim a

832 resiliência dos microrganismos presentes no intestino grosso dos equinos em manter a  
833 estabilidade fermentativa.

834       No presente estudo a suplementação com aminoácidos proporcionou nitrogênio  
835 rapidamente fermentável para o ecossistema cecocólico o que pode explicar a  
836 acentuação dos efeitos fermentativos pós-prandiais observados como o aumento de  
837 AGCC, a interação tratamento X tempo nas proporções de nC4% e a ligeira redução do pH  
838 fecal. Portanto, a interação observada indica uma resposta adaptativa da microbiota  
839 frente a variação nutricional oferecida pelo suplemento, que pode ser interpretada como  
840 uma modulação fermentativa fisiológica diante a rápida disponibilidade dos  
841 aminoácidos presentes no suplemento que representa a inclusão de substrato  
842 fermentável no lúmen intestinal.

843       As concentrações fecais de amônia ( $\text{NH}_3$ ) não diferiram significativamente entre  
844 os tratamentos, sugerindo que a suplementação não interferiu na deaminação de  
845 compostos nitrogenados e que o nitrogênio dietético foi utilizado de forma eficiente  
846 pelos microrganismos do trato intestinal, evitando assim o acúmulo e a excreção  
847 excessiva de amônia. Apesar de os dados de ingestão e balanço de nitrogênio não  
848 diferirem significativamente, foi observada uma tendencia para excreção fecal no grupo  
849 suplementado acompanhada de uma redução significativa na excreção urinaria de N para  
850 os animais suplementados, sugerindo uma redistribuição de N pelos sistemas  
851 excretórios, mas sem prejudicar a retenção de N.

852       O BN é obtido por meio da diferença entre N ingerido e N excretado via fezes e  
853 urina (Trottier et al., 2016), esse parâmetro demonstra a eficiência na utilização da  
854 proteína além de auxiliar na adequação nutricional conforme a categoria fisiológica.  
855 Apesar do BN semelhante entre os grupos os dados de excreção indicam maior eficiência  
856 metabólica por parte do grupo suplementado, considerando que a eliminação de N via

urina apresenta maior demanda energética e está frequentemente associada a impactos no meio ambiente (Graham-Thiers & Bowen, 2011). Desse modo, a redução de N urinário observada demonstra maior eficiência no aproveitamento no N dietético.

O ligeiro aumento observado no N fecal para o grupo suplementado pode ser relacionado a intensificação da fermentação que indica maior atuação microbiana, essas afirmações são evidenciadas pelo aumento dos AGCC. Em contrapartida, Saastamoinen et al. (2021) relataram que a oferta de proteína de qualidade pode reduzir a ingestão total de nitrogênio sem resultar em aumento na excreção via fezes e urina, destacando que a oferta proteica de qualidade em equilíbrio com a disponibilidade energética é fundamental para um melhor aproveitamento do nitrogênio e redução das perdas ambientais. Porém, Segundo Trottier et al. (2016), o intestino grosso possui demandas próprias de N podendo utilizar tanto aminoácidos quanto formas não proteicas, favorecendo a microbiota residente. Portanto, parte do N fecal pode ter sido utilizada na síntese microbiana no intestino grosso o que elevou a excreção fecal de N total para o grupo suplementado. A estabilidade nas concentrações de N-NH<sub>3</sub> indica que o nitrogênio adicional proporcionado ao intestino grosso foi incorporado a proteína microbiana ou absorvido pela própria mucosa intestinal, evitando o acúmulo de N residual livre e possibilitando a atribuição do aumento do N fecal principalmente a uma maior excreção de biomassa microbiana.

A menor excreção urinária observada no grupo suplementado está de acordo com mecanismos de reciclagem de ureia, que direcionam o N endógeno para o intestino grosso em casos de alta demanda microbiana (Obitsu et al., 2015), o que diminui a eliminação renal.

De acordo com Saastamoinen et al., (2021) a eficiência na utilização de N está fortemente relacionada a digestibilidade e ao perfil dos aminoácidos provenientes da

proteína, sendo a quantidade ingerida de menor importância. A oferta de dietas contendo proteínas de melhor qualidade reduz as perdas por excreção fecal e urinária. No presente estudo, mesmo não apresentando diferenças para ingestão, é possível afirmar que a suplementação modulou a distribuição de N e reduziu a excreção urinária sem afetar o BN. A suplementação também promoveu rotas de utilização e excreção de N mais eficientes mantendo a retenção total. Esses resultados demonstram a importância de dietas que atendam as necessidades proteicas bem como de aminoácidos resultando na otimização do metabolismo nitrogenado e na redução de perdas ambientais.

## **Conclusão**

A suplementação líquida à base de melaço com aminoácidos demonstrou efeitos positivos sobre a produção de AGCC indicando intensificação da atividade fermentativa sem prejuízo à estabilidade digestiva, além de reduzir a excreção de N via urina sem afetar o BN, indicando otimização no metabolismo nitrogenado.

## **Considerações Gerais**

Ao longo do estudo é destacada a importância da compreensão da relação entre a digestão enzimática, a fermentação ceco-cólica e o metabolismo proteico na formulação de dietas eficientes para equinos. A suplementação com aminoácidos disponibilizou nitrogênio rapidamente fermentável e favoreceu a microbiota que intensificou a fermentação no intestino grosso. A maior produção de AGCC, principalmente de propionato e butirato demonstra essa resposta por parte da microbiota. A estabilidade das proporções relativas dos AGCC indica que a microbiota respondeu de forma e equilibrada, mantendo a homeostase fermentativa. A redução da excreção urinária de nitrogênio indica melhor eficiência metabólica, mantendo um BN positivo e demonstra

uma melhor eficiência metabólica, demonstrando o papel da suplementação com aminoácidos como forma de otimizar a utilização do nitrogênio e reduzir perdas ambientais. Portanto, a suplementação alvo do presente estudo, demonstrou efeitos positivos sobre metabolismo digestivo e nitrogenado, sem comprometer a estabilidade fermentativa do intestino posterior.

## Referências

AOAC . **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical**

**Chemists (AOAC)**. 17. ed. [s.l.] Gaithersburg: AOAC International, 2000.

BRANDI, L. A. et al. Dietary Energy Sources Affect Cecal and Fecal Microbiota of Healthy Horses. **Animals**, v. 14, n. 23, p. 3494–3494, 3 dez. 2024.

DETMANN, E. et al. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 2. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2021. p. 350

ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile Fatty Acid Analyses of Blood and Rumen Fluid by Gas Chromatography. **Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 9, p. 1768–1771, set. 1961.

GIBBS, P. G.; POTTER, G. D. Concepts in Protein Digestion and Amino Acid Requirements of Young Horses. **The Professional Animal Scientist**, v. 18, n. 4, p. 295–301, dez. 2002.

- 931 GRAHAM-THIERS, P. M.; BOWEN, L. K. Effect of protein source on nitrogen balance  
932 and plasma amino acids in exercising horses. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 3,  
933 p. 729–735, 1 mar. 2011.
- 934
- 935 HARRIS, P. A. et al. Review: Feeding conserved forage to horses: recent advances and  
936 recommendations. **animal**, v. 11, n. 6, p. 958–967, 24 nov. 2016.
- 937 HOFFMAN, R. M. Carbohydrate metabolism and metabolic disorders in horses.  
938 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. spe, p. 270–276, jul. 2009.
- 939
- 940 HYDOCK, K. L.; NISSLEY, S. G.; STANIAR, W. B. A standard protocol for fecal pH  
941 measurement in the horse. **The Professional Animal Scientist**, v. 30, n. 6, p. 643–  
942 648, dez. 2014.
- 943
- 944 INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos**  
945 **químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008. p. 125–  
946 130
- 947
- 948 JORDAN, K. V. et al. Effects of sodium caseinate on hindgut fermentation and fiber  
949 digestion in horses. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 2, p. 813–819, 13 dez. 2018.
- 950
- 951 KABE, A. M. G. et al. Soybean Hulls in Equine Feed Concentrates: Apparent Nutrient  
952 Digestibility, Physicochemical and Microbial Characteristics of Equine Feces. **Journal**  
953 **of Equine Veterinary Science**, v. 36, p. 77–82, 1 jan. 2016.
- 954

- 955 MOORE, B. E.; DEHORITY, B. A. Effects of diet and hindgut defaunation on diet  
956 digestibility and microbial concentrations in the cecum and colon of the horse.  
957 **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 12, p. 3350–3358, 1 dez. 1993.  
958
- 959 NATIONAL RESEARCH COUNCIL COMMITTEE ON NUTRIENT REQUIREMENTS OF  
960 HORSES. **Nutrient requirements of horses**. 6. ed. [s.l.] Washington, Dc National  
961 Academies Press, 2007.  
962
- 963 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. SUBCOMMITTEE ON DAIRY CATTLE NUTRITION  
964 (WASHINGTON, D.C.) (WASHINGTON, D.C. **Nutrient requirements of dairy cattle**.  
965 [s.l.] Washington: National Academy, 2001.  
966
- 967 OBITSU, T.; HATA, H.; TANIGUCHI, K. Nitrogen digestion and urea recycling in  
968 Hokkaido native horses fed hay-based diets. **Animal Science Journal**, v. 86, n. 2, p.  
969 159–165, 12 jul. 2014.  
970
- 971 OLIVEIRA, C. A. A. et al. The impact of dietary protein levels on nutrient digestibility  
972 and water and nitrogen balances in eventing horses<sup>1</sup>. **Journal of Animal Science**, v.  
973 93, n. 1, p. 229–237, 1 jan. 2015.  
974
- 975 POELAERT C. K. et al. Beyond Gut Instinct: Metabolic Short-Chain Fatty Acids  
976 Moderate the Pathogenesis of Alpha herpesviruses. **Frontiers in Microbiology**, v. 10,  
977 n. v. 10, p. 723, 2019, 5 abr. 2019.  
978



- 979 SAASTAMOINEN, M.; SÄRKIJÄRVI, S.; SUOMALA, H. Protein Source and Intake Effects  
980 on Diet Digestibility and N Excretion in Horses—A Risk of Environmental N Load of  
981 Horses. **Animals**, v. 11, n. 12, p. 3568, 15 dez. 2021.
- 982
- 983 SADET-BOURGETEAU, S.; PHILIPPEAU, C.; JULLIAND, V. Effect of concentrate feeding  
984 sequence on equine hindgut fermentation parameters. **animal**, v. 11, n. 7, p. 1146–  
985 1152, 8 dez. 2016.
- 986
- 987 SANTOS, A. S. et al. Understanding the equine cecum-colon ecosystem: current  
988 knowledge and future perspectives. **animal**, v. 5, n. 1, p. 48–56, 23 ago. 2010.
- 989
- 990 SORENSEN, R. J. et al. Effect of hay type on cecal and fecal microbiome and  
991 fermentation parameters in horses. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 1, 29 dez.  
992 2020.
- 993
- 994 SOUZA, N. K. P. et al. Accuracy of the estimates of ammonia concentration in rumen  
995 fluid using different analytical methods. **Arquivo Brasileiro de Medicina**  
996 **Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 6, p. 1752–1758, 1 dez. 2013.
- 997
- 998 TROTTIER, N. L. et al. Gastrointestinal Nitrogen Metabolism of Equids and Impact on  
999 Protein Requirement. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 45, n. 10, p. 78–86,  
1000 out. 2016.
- 1001

- 1002 VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for Dietary Fiber, Neutral  
1003 Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition.  
1004 **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583–3597, out. 1991.  
1005  
1006 VON ENGELHARDT, W. et al. Role of short-chain fatty acids in the hind gut.  
1007 **Veterinary Quarterly**, v. 20, n. sup3, p. 52–59, jun. 1998.  
1008  
1009 ZEYNER, A.; GEISLER, C.; DITTRICH, A. Effects of hay intake and feeding sequence on  
1010 variables in faeces and faecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia,  
1011 buffering capacity) of horses. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**,  
1012 v. 88, n. 1-2, p. 7–19, 28 jan. 2004.