UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

MADALENA LIMA MENEZES

**PARÂMETROS PLASMÁTICOS DE EQUINOS ALIMENTADOS COM NÍVEIS
CRESCENTES DE POLPA CÍTRICA**

PIRASSUNUNGA
2014

MADALENA LIMA MENEZES

**PARÂMETROS PLASMÁTICOS DE EQUINOS ALIMENTADOS COM NÍVEIS
CRESCENTES DE POLPA CÍTRICA**

“Versão Corrigida”

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientadora: Prof^a Dr^a Roberta Ariboni Brandi

PIRASSUNUNGA
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo

Menezes, Madalena Lima

M543p

Parâmetros plasmáticos de equinos alimentados com
níveis crescente de polpa cítrica / Madalena Lima
Menezes. -- Pirassununga, 2014.

55 f.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.
Departamento de Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade
animal.

Orientadora: Profa. Dra. Roberta Ariboni Brandi.

1. Cavalo 2. Fibra solúvel 3. Nutrição animal
4. Pectina 5. Plasma. I. Título.

*“O tempo para tomar a decisão mais importante da sua vida não é amanhã
ou em qualquer tempo, mas agora”*

Autor desconhecido

***Dedico este trabalho à
Deus, aos meus pais José
Vivaldo de Menezes e Débora
Lima dos Santos, aos meus avós,
bem como a Mikaele Alexandre
Pereira***

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Deus, por me iluminar e guiar todos os meus passos, diante de todas as dificuldades enfrentadas durante esse período, o Senhor nunca me abandonou e me mostrou que sempre existe uma solução e pessoas que nos ajudam.

À minha mãe por todo amor dedicado a mim por toda a vida. Obrigada mainha por me mostrar o valor das pequenas coisas. Te amo muito!

Ao meu pai por todas as nossas conversas e discussões, por me mostrar o valor da terra e o quão importante é ser sincera acima de tudo comigo! Te amo painho

Aos meus avós maternos, Deodato Lima Santos (in memorian) e Maria de Lourdes Pereira Santos, por me ensinarem o real significado da palavra “AMOR”.

Aos meus avós paternos, Valdomiro e Elizabete por todos os ensinamentos e apoio sempre oferecidos.

À minha pequena Maysa Lima Menezes, irmãzinha mais nova que apesar de tudo, sempre vai me proteger e sempre será protegida!! Obrigada Ysa

À Mika, por sempre está do meu lado me apoiando e segurando na minha mão sempre que tropecei, por me dá o ombro para que eu pudesse chorar sem medo, por me fazer uma pessoa melhor do que eu imaginei ser! Agradeço-te por todos esses anos de companheirismo por dividirmos tantos momentos importantes mesmo durante o tempo que passamos afastadas... Obrigada por ter entrado na minha vida e por permanecer por todo o sempre. Te amo muito....

À minha Orientadora Roberta, pelo ensinamento, orientação, profissionalismo, paciência e compreensão e principalmente pela amizade. Muito obrigada por permitir que eu entrasse para o GPEEAC e fosse tão bem acolhida!

À Maira, pela amizade eterna, pelas brigas, pelas palavras de ensino, pela paciência!! Agradeço tanto Maíra por você ter entrado na minha vida e ter me ajudado à enfrentar aquele problema que nunca pensei que tivesse solução. Te amo Galega...

A Lúcio grande amigo que conquistei em pouco tempo, mas que faz tanta falta principalmente agora! Obrigada por está sempre ao meu lado!

Ao Profº Drº Anselmo Domingos Ferreira Santos, por tantos ensinamentos a mim concedidos e pela tamanha importância em minha vida profissional e pessoal!!! Obrigada por acreditar em meu potencial, por me fazer levantar a cabeça diante das batalhas perdidas e me levar a acreditar que consigo vencer batalhas ainda maiores que estas. Muito obrigada!!

Ao grupo GPPEAC (Grupo de Pesquisa e Extensão em Equídeos e Animais de Companhia), por todos os ensinamentos, confraternizações e dedicação à todos os trabalhos realizados.

Aos funcionários da Equideocultura por não medirem esforços para concretizarmos esse trabalho, obrigada pelos ensinamentos e risadas durante esse tempo.

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado na alegria e na tristeza e que nunca me abandonaram.

As meninas do *Jambalaya*, obrigada por tornarem essa jornada mais leve e por terem me recebido de braços abertos, desejo tudo de melhor a vocês e que tenham muito sucesso nos caminhos que escolherem percorrer.

A Capes pela bolsa concedida na realização do Mestrado.

À FZEA por tornar possível a realização desse trabalho por meio da estrutura e de seus funcionários.

A todos que de alguma maneira contribuiu com a elaboração, execução e finalização desse trabalho, Obrigada a todos!!!

RESUMO

MENEZES, M. L. **Parâmetros sanguíneos de equinos alimentados com níveis crescentes de polpa cítrica. 2014. 55f.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito dos níveis de inclusão de polpa cítrica sobre parâmetros sanguíneos de equinos, vinculados ao metabolismo energético dos cavalos. Foram utilizados cinco animais, com idade média de 3,5 anos e peso vivo de $460,6 \pm 76,86$ kg, sem raça definida, arraçoados duas vezes ao dia, às 7:00 e às 16:00. As dietas foram formuladas para atender a demanda de animais em manutenção, sendo 60% da energia proveniente do volumoso e 40% do concentrado, contendo níveis crescentes de inclusão de polpa cítrica (0, 7, 14, 21 e 28%). A coleta de sangue ocorreu nos tempos: antes da alimentação, uma, três, seis, nove horas após a alimentação. As amostras de sangue foram coletadas através de venopunção da jugular utilizando tubos coletores a vácuo para determinação de albumina, triglicérides, colesterol, glicose, insulina e ácidos graxos de cadeia curta. Foram calculadas a área abaixo da curva e o pico da glicose e insulina, para as quais não foram observados efeitos ($P > 0,05$). Não houve efeito ($P > 0,05$) da dieta sobre as concentrações sanguíneas dos parâmetros. Não houve efeito ($P > 0,05$) do tempo de coleta sobre as variáveis: ácidos graxos de cadeia curta, colesterol, triglicérides e albumina, porém foi observado efeito ($p < 0,05$) para as concentrações de glicose ($y = -0,521x^2 + 4,133x + 84,647$) e insulina ($y = -0,097x^2 + 0,795x + 1,616$). A polpa cítrica é um ingrediente promissor na alimentação de equinos, sem causar alteração nas concentrações sanguíneas de glicose, insulina, colesterol, triglicerídeos e ácidos graxos de cadeia curta. Dietas com alta inclusão de fibra e participação de ingredientes com fibras de fácil fermentação são benéficas a dietas de equinos pois mantêm as curvas glicêmicas e insulinêmicas próximas aos valores basais além de postergar a queda glicêmica pós prandial.

Palavras-chave: cavalo, fibra solúvel, nutrição, pectina, plasma

ABSTRACT

MENEZES, M. L. **Blood parameters in horses fed with increasing levels of citrus pulp**. 2014. 55f . Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

The present study aimed to evaluate the effect of levels of citrus pulp on blood parameters of horses tied to energy metabolism of horses. Five animals were used, with an average age of 3,5 years and body weight of $460,6 \pm 76,86$ kg mongrel, hand fed twice daily at 7:00 and 16:00. Diets were formulated to meet the demand of animals in maintenance, 60% of energy from the forage and 40% concentrate, containing increasing levels of citrus pulp (0, 7, 14, 21 and 28%). Blood collection occurred at times: before eating, one, three, six, nine hours after feeding. Blood samples were collected via jugular venipuncture using vacuum collectors for the determination of albumin, triglycerides, cholesterol, glucose, insulin and short-chain fatty acids tubes. The area under the curve and the peak glucose and insulin, for which no effect ($P>0,05$) were observed, were calculated. There was no effect ($P>0,05$) of diet on blood concentrations of parameters. There was no effect ($P>0,05$) and time of collection on the variables: short-chain fatty, cholesterol, triglycerides and albumin acids, but effect ($p < 0.05$) was observed for glucose concentrations ($y = -0.521x^2 + 4.133x + 84.647$) and insulin ($y = -0.097x^2 + 0.795 + 1.616x$). The citrus pulp is a promising ingredient in feed for horses without causing changes in blood concentrations of glucose, insulin, cholesterol, triglycerides and short-chain fatty acids. Diets with high fiber inclusion and participation of ingredients with easily fermentable fibers are beneficial because the diets of horses keeps the glucose and insulin curves near the baseline plus delay the postprandial glycemic fall.

Keywords: horse, soluble fiber, nutrition, pectin, plasma

Lista de Tabelas

Tabela 1- Composição percentual dos concentrados experimentais (%MS).....	35
Tabela 2 - Composição química dos concentrados e dietas experimentais.....	36
Tabela 3 - Efeito das dietas sobre as variáveis (glicose (mg/dL), insulina (μ U/ml), ácidos graxos de cadeia curta (mmol/L), colesterol (mg/dl), triglicérides (mg/dl) e albumina (g/dl)).....	38
Tabela 4 - Efeito dos tempos de coleta de sangue sobre as variáveis (ácidos graxos de cadeia curta (mmol/L), colesterol (mg/dl), triglicérides (mg/dl) e albumina (g/dl), glicose (mg/dL), insulina (μ U/ml)).....	38
Tabela 5 - Área abaixo da curva glicêmica e insulinêmica com respectivos picos por tratamento.....	39

Lista de Abreviações

AAC - Área Abaixo da Curva

AGCC - Ácidos Graxos de Cadeia Curta

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

g – Grama

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ID - Intestino delgado

IG - Índice glicêmico

L - Litro

mg - Miligrama

ml - Mililitro

Mmol- Milimol

MS – Matéria Seca

NRC – *Nutrient Research Council*

PSI - Puro-Sangue Inglês

SAS – *Statistical Analysis System*

TD - Trato digestório

μU – Microunidade Internacional

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT	ix
Lista de Tabelas	x
Lista de Abreviações	xi
1. Introdução	13
2. Revisão de Literatura	15
2.1 Características anatômicas e fisiológicas do trato digestório dos equinos	15
2.2 Nutrição dos equinos	17
2.3. Polpa Cítrica	19
2.4. Parâmetros sanguíneos dos equinos	21
2.4.1 Glicemia	21
2.4.2 Insulinemia	23
2.4.3 Albumina	25
2.4.4 Colesterolemia	26
2.4.5 Triglicérides	28
2.4.6 Ácidos Graxos de Cadeia Curta	29
3. Artigo Científico	32
Resumo	32
Introdução.....	32
Material e Métodos	35
Resultados.....	37
Discussão	39
Conclusão.....	42
Comitê de ética em pesquisa.....	42
4. Considerações Finais	43
5. Referências	43

1. Introdução

O complexo do agronegócio equino no Brasil movimenta cerca de R\$ 7,3 bilhões por ano e gera em torno de 3,2 milhões de empregos diretos e indiretos (MAPA, 2013) sendo o rebanho brasileiro o quarto maior do mundo composto por aproximadamente oito milhões de equídeos (incluindo muares e asininos) (IBGE, 2013).

Juntamente com a expansão do rebanho, ocorre a preocupação com a qualidade de vida dos animais e a busca de uma boa alimentação torna-se um dos fatores mais importantes para atender as necessidades dos animais (TRIBUCCI, 2011).

Os equinos são animais herbívoros não ruminantes, capazes de suprir grande parte ou a totalidade da sua demanda nutricional pela ingestão de gramíneas (BRANDI e FURTADO, 2009). Esta espécie aproveita a fração fibrosa da dieta por apresentar flora microbiana no ceco e no cólon, capaz de digerir a fibra de maneira semelhante ao que ocorre nos ruminantes (FRAPE, 2008). Para maximizar o crescimento e a produtividade dos equinos, têm sido utilizadas dietas com altas porcentagens de grãos (OLIVEIRA et al. 2003), os quais tem como desvantagem a apresentação de elevadas proporções de amido, hoje não mais recomendadas para dietas de equinos (VERVUERT et al. 2004), o que pode acarretar distúrbios metabólicos como cólicas e laminite (HOFFMAN et al. 2001).

A substituição de cereais do concentrado, ricos em amido, por ingredientes alternativos como a polpa cítrica, a polpa de beterraba e a casca de soja (FURTADO et al. 2011), tornam a dieta mais segura. Pois os grãos vêm sendo substituídos pelos ingredientes que contem “*Super fibras*”, visto que são alimentos energéticos para os equinos (DUREN, 2000).

O metabolismo energético pode ser dividido em duas principais rotas metabólicas, o metabolismo da glicose e o metabolismo dos lipídios (MCARDLE, 2001). A glicemia do equino é mantida por duas rotas metabólicas predominantes, a ingestão de carboidratos e a via gliconeogênica, através predominantemente do propionato (FRAPE, 2008). Dietas com altas concentrações de concentrado ou que apresentem processamento do concentrado, apresentem maiores índices e curvas glicêmicas e insulinêmicas (GOBESSO et al. 2009), enquanto que quando se adiciona fibra à dieta, menores curvas glicêmicas são observadas e não são

observados picos (STANIAR et al. 2007), situação benéfica ao metabolismo do equino.

Os ingredientes ricos em fibras podem diminuir a resistência à insulina e promover respostas glicêmicas mais baixas (BRAGA, 2008). Hodge et al (2004), sugeriram que a fibra oferece benefícios a saúde humana, diminuindo a digestão e absorção dos nutrientes, favorecendo a diminuição dos níveis séricos de colesterol e de triglicérides em jejum e pós-prandiais.

O metabolismo energético do cavalo pode ser avaliado através de algumas variáveis sanguíneas como triglicérides, colesterol e ácidos graxos de cadeia curta (WITTWER, 2000). São escassos os estudos sobre a ação das fibras no metabolismo energético de equinos. As variáveis de triglicérides e colesterol são avaliadas corriqueiramente em experimentos com a utilização de óleo na dieta de equinos (HINEY E POTTER, 1996).

Behall et al. (1997), Kerckhoffs et al. (2003) e Behall et al. (2004), demonstraram que dietas suplementadas com farelo de aveia e cevada (fontes de fibras solúveis) promovem decréscimo significativo do colesterol sérico total em humanos hipercolesterolêmicos, através principalmente das β -glucanas, presentes nestes alimentos, que possuem capacidade de aumentar a síntese de ácidos biliares e reduzir a absorção do colesterol, resultando na diminuição do colesterol sanguíneo (KERCKHOFFS et al., 2003).

Os ácidos graxos de cadeia curta são transportados pela albumina plasmática, sendo degradados para a obtenção de energia (BOFFI, 2006). A concentração plasmática de triglicerídeos pode variar dependendo em grande parte, das dietas consumidas, do armazenamento ou mobilização do tecido adiposo e da síntese hepática (ARGENZIO, 1984).

Vervuert et al. (2004), trabalhando com seis equinos alimentados com diferentes formas de processamento do milho: moído, cozinhado, micronizado, floculado e estalado, avaliaram os efeitos de diferentes técnicas de processamento sobre a glicose e insulina no plasma, porém não foi observado efeito dos tratamentos sob os parâmetros analisados, indicando que a absorção da glicose e insulina é verificada através da Área Abaixo da Curva (AAC) que representa a quantidade total absorvida durante o intervalo de tempo determinado. Quanto mais

alto o valor da área abaixo da curva, mais alto é o índice glicêmico do alimento (PI-SUNYER, 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos níveis de inclusão de polpa cítrica sobre parâmetros sanguíneos de equinos, vinculados ao metabolismo energético dos cavalos.

2. Revisão de Literatura

2.1 Características anatômicas e fisiológicas do trato digestório dos equinos

Os equinos são classificados, segundo a anatomia do seu trato digestório, como sendo herbívoros não ruminantes, com ceco e cólon funcionais, apresentando algumas vantagens sobre os estritamente não ruminantes e os ruminantes, pois a forma anatômica e a motilidade do ceco e do cólon dos equinos favorece o maior tempo de retenção do alimento, em relação aos outros compartimentos do trato gastrointestinal, o que possibilita a ação dos microrganismos na digestão dos constituintes da parede celular das forragens (MEYER, 1995). Tais características anatômicas e fisiológicas permitem que os equinos possam absorver os carboidratos e lipídeos antes da ação da microbiota do intestino grosso (RAMOS, 2003).

O trato digestório (TD) dos equinos é dividido em boca, esôfago, estômago, intestino delgado e intestino grosso. Cada segmento desempenha funções específicas na digestão e absorção dos nutrientes, com destaque para os intestinos delgado e grosso nesse processo (MORGADO E GALZERANO, 2009). A apreensão dos alimentos pelos equinos efetua-se com o auxílio dos lábios, língua e dentes, sendo necessário para a mastigação uma dentição completa e sem anomalias. Devido à grande mobilidade dos lábios, os equinos podem selecionar os alimentos mais palatáveis. A duração da mastigação depende da natureza do alimento, ou seja, demoram cerca de 10 minutos para mastigar 1 kg de aveia ou ração peletizada, enquanto demoram 40 minutos para mastigar 1 kg de feno, produzindo diariamente de 10 a 50 litros de saliva, de acordo com a dieta (MEYER, 1995).

O estômago do cavalo adulto de porte médio é relativamente pequeno, correspondendo a aproximadamente, 8 a 10% do trato digestório, ajustado para uma recepção contínua de pequenas quantidades de alimento (CUNHA, 1991) e a taxa

de passagem no estômago é de 1 a 5 horas dependendo diretamente da frequência da ingestão e do tipo de alimento. (MEYER, 1995). O estômago raramente fica completamente vazio e a ingestão de alimento estimula a passagem do conteúdo gástrico ao duodeno, promovendo o trânsito normal entre esses compartimentos (GUERRING & HUNT, 1986).

Segundo Weynberg et al. (2006), a passagem do alimento pelo estômago e intestino delgado é rápida, ocorrendo em média no período de 5 horas, considerando que o maior tempo de retenção é registrado no ceco e cólon, de 35 horas, em média. No estômago ocorrem processos fermentativos, favorecidos pela presença de extensas áreas da mucosa desprovidas de glândulas gástricas, onde são formados ácidos graxos de cadeia curta, sendo que o ácido acético representa mais de 90% do total, e as concentrações relativas dependem da natureza da dieta e dos microrganismos presentes (MEYER, 1995).

O intestino delgado (ID) do equino adulto, de porte médio, tem cerca de 20 metros de comprimento e é dividido em duodeno, jejuno e íleo, compreendendo aproximadamente 30% do trato digestório (CUNHA, 1991). No intestino delgado, ocorre principalmente digestão enzimática pela ação das enzimas pancreáticas, proteases, amilase e lipases sendo observado também quantidade considerável de microrganismos anaeróbicos que aumenta à medida que se aproxima da sua porção final, sendo o principal local de digestão e absorção de lipídeos, carboidratos solúveis e parte da proteína dos alimentos (MEYER, 1995). Grande parte da absorção de glicose ocorre na região proximal do ID. Os fatores que diminuem o tempo de retenção da dieta neste segmento podem afetar a absorção da glicose, como o tipo e quantidade de forragem da dieta, por afetar a taxa de passagem da dieta neste compartimento (BRANDI E FURTADO, 2009). Os equinos não possuem vesícula biliar, mas a secreção da bile e do suco pancreático é contínua. O tempo de trânsito no intestino delgado é rápido e a maior parte da digesta tem taxa perto de 30 cm/min (WEYNBERG et al., 2006).

O intestino grosso dos equinos é muito desenvolvido, e seu volume representa 60% do volume total do trato digestório, dividindo-se em ceco, cólon e reto, sendo o cólon subdividido em cólon ventral direito e esquerdo, cólon dorsal direito e esquerdo, e cólon distal (MEYER, 1995). No intestino grosso acontece a maior parte da fermentação microbiana (TISSERAND, 1988). Este compartimento é o local

primário de digestão dos carboidratos estruturais, que são digeridos por enzimas produzidas pelos microrganismos ali presentes, e absorvidos na forma de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente acetato, propionato e butirato (HINTZ et al., 1971).

A forma anatômica e a motilidade do ceco e do cólon dos equinos favorece o maior tempo de retenção do alimento, em relação aos outros compartimentos do trato gastrointestinal, o que possibilita a ação dos microrganismos na digestão dos constituintes da parede celular das forragens. Assim, a utilização de nutrientes da parede celular das forragens, pelos microrganismos do ceco e cólon, depende do tempo de permanência da digesta nestes compartimentos. No entanto, o tempo de permanência do alimento nos diversos segmentos do trato digestório do cavalo depende de vários fatores, tais como: a individualidade, o tipo de atividade física e a natureza da dieta (MEYER, 1995). Durante a passagem da digesta pelo trato gastrointestinal, ocorre a mistura das secreções, hidrólise enzimática, absorção de produtos resultantes, fermentação bacteriana e absorção dos produtos da fermentação (WEYENBERG et al., 2006).

Como produto da fermentação microbiana obtém-se ácidos graxos de cadeia curta, principalmente, no caso das forragens, o acetato e o butirato, sendo que a obtenção de propionato e ácido láctico ocorrem principalmente quando crescentes porções de amido não digerido atingem o IG. O acetato e o butirato podem fornecer carbonos para a síntese de lipídios, enquanto o propionato é substrato gliconeogênico e contribui para o metabolismo da glicose. Em pôneis, 7% da glicose derivam do propionato (FRAPE, 2008).

2.2 Nutrição dos equinos

As exigências de nutrientes para manutenção dos equinos incluem aquelas para a manutenção, de regulação da temperatura corporal, circulação sanguínea, batimentos cardíacos, ou mais especificamente, para a manutenção da homeostasia destes animais (LEWIS, 2000). Estas exigências são diretamente dependentes do tamanho (peso vivo) do animal, do ambiente (regiões frias ou quentes) e da eficiência dos processos digestivos e metabólicos de cada indivíduo (NRC, 2007).

A alimentação nacional dos equinos baseia-se na relação pastagens e fenos (volumosos mais usuais) *versus* concentrado, que varia de acordo com as exigências nutricionais de cada categoria (FURTADO et al., 2011). Pela seleção que os equinos sofreram e pela presença das adaptações anatômicas e fisiológicas que apresentam atualmente, os equinos são animais que deveriam sempre ter sua criação e utilização em condições que permitissem sua permanência em pastagens de boa qualidade e oferta de forragem adequada ao número de animais (DOMINGUES, 2009).

A dieta de equinos também deve ser orientada em função do trabalho físico ao qual está submetido, levando em consideração a funcionalidade do animal (NRC, 2007). De acordo com o estado nutricional dos animais e com a qualidade e quantidade das pastagens, deve-se fornecer proporções variáveis de volumosos e de concentrados (SANTOS et al., 1997). Os fenos constituem alimentos tradicionais para equinos em todo o mundo. No Brasil, os fenos mais tradicionalmente utilizados são os de gramíneas, como o de *Coast-Cross (Cynodon dactylon (L.) Pers.)* e de *Tifton (Cynodon nlemfuensis)* (FURTADO et al., 1999).

Os principais ingredientes utilizados na formulação de rações para equinos são o milho, o farelo de soja e o farelo de trigo (FURTADO et al., 2011). Os concentrados tradicionais possuem grãos que apresentam elevado teor de amido e que promovem respostas glicêmicas elevadas. Entretanto, o ingrediente rico em fibras, diminui esta resposta (BRAGA, 2008). A substituição de cereais concentrados ricos em amido por ingredientes alternativos, como a casca de soja, polpa cítrica ou polpa de beterraba, ricos em fibras de fácil fermentação podem diminuir os riscos de problemas relacionados à fermentação do amido no intestino grosso (LINDBERG; KARLSSON, 2001) como laminite e cólicas (HOFFMAN et al., 2001). As fibras provenientes destes ingredientes apresentam características benéficas, como: retardar o esvaziamento gástrico e o trânsito intestinal, aumentar a absorção de água (reduzindo a ocorrência de diarreia), aumentam a tolerância à glicose e diminuem os níveis de colesterol total (SANTOS, 2009).

Em geral, apresentam maior concentração de energia, atribuídas a elevada concentração de fibra de fácil fermentação e baixa lignina, sendo, portanto, mais disponíveis aos microrganismos (DUREN, 2000).

2.3. Polpa Cítrica

No Brasil, a crescente produção de grãos e hortifrutigranjeiros tem aumentado nos últimos anos a disponibilidade não apenas de grãos de cereais, mas também de coprodutos possíveis de utilização na alimentação (CONAB, 2013). Segundo Neves et al., (2010), o país destaca-se na produção e exportação da polpa cítrica peletizada.

O setor agroindustrial brasileiro gera anualmente milhões de toneladas de resíduos, cujo destino é problemático para as agroindústrias, em decorrência do alto impacto ecológico que causariam se lançados ao meio sem tratamento adequado. Tais resíduos podem e devem ser utilizados como substitutos de ingredientes energéticos (como o milho), e/ou proteicos (como a soja), e na formulação de rações balanceadas, podendo também contribuir como frações fibrosas. O uso desses ingredientes disponíveis no país e de baixo custo pode contribuir para a redução do custo da alimentação animal para o produtor e, ao mesmo tempo, incentivar a produção agropecuária (PERALI, 2001).

A polpa cítrica, coproduto da indústria citrícola, é obtida da extração da porção líquida de laranjas, limões, tangerinas, limas e abacaxi, resultando em resíduo de polpa (casca, medula e semente). Após secagem e peletização (FRAPE, 2008), pode ser utilizada em rações constituindo ingrediente de alta densidade energética (BAMPIDIS & ROBINSON, 2006). É um concentrado energético rico em pectina (HALL et al., 1999; MIRON et al., 2001).

Ingredientes que apresentam fibras de fácil fermentação são alternativas de ingredientes energéticos para equinos e são considerados “*Super Fibras*” (DUREN, 2000) por aportarem elevadas concentrações energéticas, apresentam segurança e garantem a saúde do trato digestório. Dentre os ingredientes que contém este tipo de fibras destaca-se a polpa cítrica (coproduto).

Retore (2009) afirmou que a porção de açúcares totais é significativamente alta (entre 11 e 43,1%) e os níveis de amido são baixos com valores entre 0,1 e 0,14% (DEAVILLE, 1994). Possui alta capacidade de retenção de água (aumento da viscosidade) e elevada adsorção de sais biliares quando comparada a outros materiais fibrosos (VAN SOEST, 1994).

De acordo com o NRC (2007), a polpa cítrica peletizada apresenta em sua composição química os seguintes valores para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), cálcio (Ca), fósforo (P) e energia digestível (ED) de: 85,8; 6,9; 4,9; 24,2; 22,2; 1,92; 0,12; 2,85 Mcal/kg, respectivamente.

Para Bampidis & Robinson (2006), a polpa cítrica apresenta valores próximos para as fibras solúvel e solúvel em detergente neutro (29,51 e 30,94%, respectivamente). Pois é um carboidrato estrutural de alta e rápida degradação, estando prontamente disponível (ROCHA FILHO, 1998), a qual fermenta gerando ácidos mais fracos, como o acético (BEM-GHEDALA et al., 1989) e não ácido láctico. Uma vez que o produto final da sua fermentação é primordialmente o acetato, este pode ser utilizado como substrato de reposição do glicogênio muscular em cavalos atletas, já foi observado que este substrato tem importante função neste processo (PRATT et al., 2005).

As pectinas pertencem ao grupo de polissacarídeos não-amiláceos com elevados teores de ácido galacturônico, ramnose, arabinose e galactose, estando presentes caracteristicamente na lamela média e na parede primária da célula vegetal (MORGADO & GALZERANO, 2009). As leguminosas contêm mais substâncias pécticas (de 7 a 14%), que as gramíneas (de 2 a 5%) (EZEQUIEL & GALATI, 2005).

As substâncias pécticas entre os polissacarídeos da parede celular vegetal são os que possuem maior importância no processo de retenção de água (EASTWOOD, 1992), e são as que mais alteram a viscosidade da digesta, mas como sua degradação tende a ser quase completa pela microbiota, ocorre à liberação das substâncias complexadas à parede celular contribuindo para um trânsito mais lento e maior atividade fermentativa na região ceco-cólica de herbívoros não ruminantes (VAN SOEST, 1994).

A pectina possui a vantagem de não produzir ácido láctico durante a sua fermentação, a estrutura natural da pectina, promove potencial tamponamento eficiente por meio de sua capacidade de troca de cátions e ligações com íons metálicos; essas características fisioquímicas provavelmente explicam a fermentação da pectina (VAN SOEST et al., 1991).

2.4. Parâmetros sanguíneos dos equinos

O plasma sanguíneo representa a fração do meio interno na qual é fácil fazer as dosagens dos constituintes bioquímicos, visto que estes podem ser obtidos por simples tomada de sangue em uma veia superficial (MARCENAC et al.,1990). A determinação do perfil metabólico mediante a avaliação de variáveis bioquímicas constitui ferramenta indispensável na avaliação da nutrição. Por meios bioquímicos é possível determinar em amostras de fluidos dos animais a concentração de metabólitos indicadores de energia, proteínas e minerais, comparando seus resultados com valores de referências populacionais (WITTWER, 2000). A mensuração plasmática da glicemia, insulinemia, albumina, colesterol, triglicerídeos e ácidos graxos de cadeia curta permite identificar a contribuição que o substrato alimentar ingerido no metabolismo energético do equino. A literatura sobre o uso de fibras de fácil fermentação para equinos e seu efeito nestes parâmetros sanguíneos mostra-se ainda pouco conclusiva.

2.4.1 Glicemia

A glicose é a maior fonte de energia dos animais, e a glicólise proporciona a melhor reação enzimática para produção de ATP nas células e o transporte de glicose para o interior das células é o primeiro passo para sua utilização (ARAI et al., 1994). A concentração plasmática de glicose após a ingestão de alimento, chamada de resposta glicêmica, pode ser influenciada pelo tamanho da partícula do alimento, grau de processamento térmico, composição lipídica e fibra, estrutura bioquímica do carboidrato, conteúdo e intervalo de tempo com a refeição anterior (GUEZENNEC, 1995). Equinos alimentados com concentrado farelado podem apresentar pico de glicose plasmática 150 minutos após a ingestão (HEALY et al., 1995).

A glicose circulante é usada diretamente para suprir a demanda energética imediata para atividade muscular e atividade do tecido nervoso. O processo de armazenamento é estimulado pelo hormônio insulina, que responde ao aumento da glicose sanguínea e também promove a remoção da gordura por meio da ativação da lipoproteína lipase, presente no tecido adiposo (FRAPE, 2008).

Os equinos sujeitos a dietas baseadas em forrageiras e sem adição de concentrado, desenvolvem capacidade maior de gliconeogênese e podem resistir à depressão de glicose no sangue mais prontamente durante o jejum. Raças com maiores sensibilidade a insulina apresentam maior flutuação de glicose sanguínea do que pôneis recebendo a mesma dieta nos mesmos momentos do dia (FRAPE, 2008).

As fibras tendem à evitar a resistência à insulina e promover respostas glicêmicas mais baixas (Braga, 2008). Hodge et al (2004) sugeriram que a fibra oferece benefícios a saúde humana, diminuindo a glicose plasmática pós-prandial. A velocidade e quantificação do aumento dos níveis de glicose e insulina sanguínea após a refeição dependem da composição do alimento, quantidade consumida, repleção gástrica, concentração e tipo de carboidratos que compõem a dieta, além da capacidade de absorção de glicose e utilização pós-absortiva. (JONES, 2003).

Dietas ricas em fibras possuem baixo índice glicêmico, porque a viscosidade da fibra solúvel reduz a velocidade e a quantidade de glicose absorvida pelo organismo prolongando o período de reincidência da fome reduzindo o consumo calórico nas refeições posteriores (SARTORELLI; CARDOSO, 2006; TEIXEIRA NETO, 2003). As flutuações entre os níveis de pico e de repouso variam de acordo com o tipo de dieta, na qual os alimentos contendo mais grãos e menos forragem causam maiores picos e menores depressões (GUEZENNEC et al., 1995; RALSTON e BAILE, 1982).

O índice glicêmico (IG) é caracterizado pelo perfil de absorção dos carboidratos de um alimento e sua resposta metabólica após as refeições, sendo esta resposta a carga glicêmica liberada no organismo. Frape (2008) afirma que a resposta da glicose plasmática é mensurada como a área abaixo da curva (AAC), portanto quanto mais rápido a glicose for retirada do sangue (quanto maior a tolerância) menor a área. Essa retirada de glicose do sangue resulta da absorção, particularmente pelas células hepáticas e musculares, onde a glicose é convertida em glicogênio e também em gordura.

Stanier et al. (2007) utilizando equinos mantidos em pastagem ou suplementados com: dietas alto carboidrato e baixo carboidrato, não observaram diferença nas concentrações de glicose basal entre os tratamentos de somente pastagem e baixo carboidrato, indicando que dietas com baixas concentrações de

açúcares e amido não oferecem flutuações na curva glicêmica e insulinêmica dos equinos.

Segundo Hiney & Potter (1996) dietas com baixo índice glicêmico são utilizadas para diminuir os picos glicêmicos e as resposta insulinêmicas, o que pode ser benéfico para cavalos em exercício manterem sua glicemia.

A fibra solúvel é responsável pelo aumento do tempo de trânsito intestinal e está relacionada à diminuição do esvaziamento gástrico; ao retardo da absorção de glicose; diminuição da glicemia pós-prandial e a redução do colesterol sanguíneo devido às suas propriedades físicas que conferem viscosidade ao conteúdo luminal (WILLIAMS, 1995).

Vervuert et al. (2006) adicionaram à uma dieta de fubá de milho, fibra purificada solúvel (pectina) e insolúvel (lignocelulose), e concluíram que estas não afetam os níveis de glicose pós-prandial e resposta insulinêmica em equinos, o que sugere que estratégias de alimentação para os cavalos com elevada necessidade de energia deve incluir redução do amido por refeição, e adição de fibras purificadas. Stull & Rodiek (1988) concluíram que a ingestão de carboidratos induz níveis de glicose e insulina, em equinos, quantitativamente semelhantes aos humanos; entretanto, o pico de absorção de glicose nos cavalos ocorreria mais tarde que nos humanos.

Segundo Gonzalez e Silva (2006), cavalos saudáveis mantêm a concentração plasmática de glicose dentro dos limites de 75 e 115mg/dL. Isso é necessário, já que a glicose representa a fonte de energia preferida para a maioria dos tecidos. Em pôneis, os níveis saudáveis de descanso podem estar entre 50 e 59 mg/dL, mas raças de cavalo podem geralmente ter níveis de descanso maiores, estando os Puro-Sangue Inglês (PSI) em torno de 79 a 85mg/dL. Em cavalos, as concentrações aumentam drasticamente, do início de uma refeição para 117mg/dL, ou mais, após 2h. O retorno às concentrações de jejum é bem mais lento que em seres humanos e mais lento ainda nos pôneis (FRAPE, 2008).

2.4.2 Insulinemia

A insulina desempenha papel importante no metabolismo geral, causando aumento do metabolismo dos carboidratos, armazenamento do glicogênio, síntese dos ácidos graxos, absorção dos aminoácidos e armazenamento da proteína. É um

importante hormônio anabólico que atua sobre vários tecidos, incluindo o fígado, o tecido adiposo e o músculo (Vieira et al, 2005).

A secreção da insulina é constante, mas a quantidade do hormônio secretada depende do estado de alimentação. Durante o jejum, a secreção de insulina é baixa, sendo chamada de secreção basal, e importante para evitar a produção excessiva de corpos cetônicos. Por outro lado, após refeições ricas em carboidratos, lipídios e proteínas, há um pico de secreção de insulina que rapidamente reduz os níveis glicêmicos (Del PRATO et al., 2002).

De acordo com Frape (2008), o pico de insulina sanguínea é logo depois do pico de glicose e as concentrações podem atingir quatro a oito vezes os valores de jejum, 1 às 2h após uma alimentação com alta quantidade de amido. A insulina pode permanecer acima das concentrações de jejum ao longo do dia, novamente de forma diferente da resposta humana a uma refeição única, impedindo que o excesso de glicose sanguínea saia na urina, por meio do aumento da absorção desta pelos tecidos e, assim, diminui a concentração sanguínea. Entretanto, para evitar a hipoglicemia, seus efeitos são contrabalanceados pelos efeitos de outros hormônios (por exemplo, glucagon, cortisol, catecolaminas, epinefrinas e norepinefrina). O sistema é, mantido em equilíbrio dinâmico (MELO et al., 2010).

Hoffman (2009) sugere que a resistência à insulina é geralmente definida como um estado metabólico anormal quando as concentrações normais de insulina circulante não conseguem induzir uma resposta fisiológica normal em tecidos-alvo. Mais especificamente, estão envolvidas as células musculares, adiposas e hepáticas, que ao se tornarem resistentes à insulina requerem maiores concentrações circulantes de insulina para estimular a captação de glicose.

Treiber et al (2008) trabalhando com animais de enduro em repouso e em exercício, recebendo diferentes fontes de energia da dieta (açúcar e amido e lipídios e fibras), observaram maiores concentrações de glicose em animais em repouso recebendo açúcar e amido. Os cavalos adaptados à dieta com lipídios e fibra utilizaram menos glicose em exercício leve.

Gobesso et al. (2009) avaliando a resposta plasmática de insulina em equinos alimentados com dietas contendo concentrados energéticos, formulados com diferentes fontes de amido, tais como aveia, milho, sorgo e uma mistura de milho e aveia, verificaram que os picos de insulina plasmática podem até triplicar com o

aumento do amido na dieta, quando comparado com os valores anteriores à ingestão do alimento, e o momento do pico é inversamente proporcional à quantidade de amido ingerida. Na avaliação da curva plasmática de insulina foi possível observar que o pico ocorreu duas horas e meia nos tratamentos sorgo e milho/aveia, e três horas e meia nos tratamento milho e aveia após a alimentação.

Baixas respostas insulínicas são reportadas em animais que consomem somente forragem, quando comparados com aqueles alimentados com altas quantidades de grãos (Jones, 2003). Jenkins (1987) sugerem que a redução da taxa de absorção de carboidratos pelo trato digestório, limita o aumento da glicemia pós prandial. Uma elevada quantidade fornecida de concentrado leva a respostas glicêmicas elevadas ao passo que o alimento fibroso diminui esta resposta.

Dugat et al (2011) citaram valores de referência de insulina para equinos no repouso entre 4,9 $\mu\text{UI/mL}$ e 45,5 $\mu\text{UI/mL}$. Nadeau et al (2006) registraram valores de insulina de 2,7-8,2 $\mu\text{UI/mL}$ para equinos da raça Morgan e de 2,3-12,0 $\mu\text{UI/mL}$ para equinos da raça Puro Sangue Inglês. McGowan (2008) citou que valores inferiores a 62 $\mu\text{UI/mL}$ são considerados normais quanto à insulinemia. Ralston (2002) citou valores de referência para insulina entre 5 $\mu\text{UI/mL}$ a 20 $\mu\text{UI/mL}$.

2.4.3 Albumina

A albumina é a principal proteína plasmática sendo sintetizada no fígado, ela representa de 50 a 65% do total de proteínas séricas. Contribuindo com 80% da osmolaridade do plasma sanguíneo, constituindo também importante reserva protéica, assim como um transportador de ácidos graxos de cadeia curta, (GUYTON, 2002). A concentração de albumina pode ser afetada pelo funcionamento hepático, a disponibilidade de aminoácidos e perdas durante doenças, como por exemplo, parasitismos (ROWLANDS, 1980).

Os ácidos graxos de cadeia curta são transportados, no plasma, ligados à albumina e as lipoproteínas plasmáticas. A albumina liga-se aos ácidos graxos de cadeia curta com maior afinidade e em maior quantidade que as lipoproteínas (HIRATA, 2000). Em condições normais, 3 moléculas de ácidos graxos de cadeia curta se combinam com cada molécula de albumina, mas em condições situações em que há maior necessidade de transporte de ácidos graxos de cadeia curta, cada

molécula de albumina pode carregar até 30 moléculas de ácidos graxos (HAVEL, 1995).

Os ácidos graxos liberados dos adipócitos são transportados pelo sangue ligados à albumina sérica para diferentes tecidos nos quais servirão como combustíveis. Difundem-se para o interior das células por uma proteína transportadora de ácidos graxos presente na membrana plasmática em processo associado ao transporte ativo do sódio. As células variam grandemente em suas capacidades de transporte e utilização dos ácidos graxos (LEHNINGER, 2006).

O transporte de lipídeos no organismo é geralmente descrito em duas vias metabólicas, a exógena e a endógena (CURI et al., 2002). A via exógena representa o transporte dos lipídeos da dieta, do intestino para o fígado. A via endógena descreve o transporte das lipoproteínas sintetizadas nos hepatócitos, do fígado para os tecidos periféricos (HAVEL, 1995).

Na fase pós-absortiva, os ácidos graxos de cadeia média e curta têm seu transporte facilitado pelo plasma, por ligação à albumina e, pela via porta, alcançam o fígado rapidamente (GUYTON, 2002). A concentração plasmática de albumina varia de 2,6 a 3,3g/dL para equinos em repouso (LAB&VET, 2012).

Seifi et al (2002) encontraram o valor de $4,52 \pm 1,06$ g/dL de albumina para pôneis em repouso. Fernandes et al., (2001) e Durham (2006) apontam que o alto índice de albumina em pôneis está relacionado à necessidade de transportar maior teor de lipídeos via corrente sanguínea que, por intermédio da albumina sérica até o fígado e/ou outros tecidos metabolicamente ativos.

2.4.4 Colesterolemia

O colesterol nos animais pode ser tanto de origem exógena, proveniente dos alimentos, como endógena, sendo sintetizada, a partir do acetil-CoA, no fígado, nas gônadas, no intestino, na glândula adrenal e na pele. A biossíntese de colesterol no organismo é inibida com a ingestão de colesterol exógeno. O colesterol circula no plasma ligado as lipoproteínas (HDL, LDL e VLDL), sendo que cerca de 2/3 dele está esterificado com ácidos graxos. Os níveis de colesterol plasmático são indicadores adequados do total de lipídios no plasma, porque corresponde a aproximadamente 30% do total (SCHEFFER & GONÇALVES, 2013).

Segundo Champe, Harvey e Ferrier, (2006) é de extrema importância que as células dos principais tecidos do corpo recebam suprimento contínuo de colesterol e para preencher esta necessidade contribui para uma complexa série de mecanismos de transporte, biossintéticos e regulatórios. O fígado desempenha papel central na regulação do balanço corporal do colesterol.

O efeito da fibra sobre o colesterol plasmático depende da constituição da dieta consumida, interferindo na absorção e produção do colesterol dietético, na absorção e desconjugação da bile no íleo distal, e, em resposta a esse efeito, o LDL (Lipoproteína de Baixa Densidade) é removido da corrente sanguínea para ser convertido em ácidos biliares pelo fígado (DONATTO et al., 2006). Os níveis e tipos de fibras na dieta podem interferir na atividade das carboidrases intestinais, atuando na hidrólise e absorção dos nutrientes (LEVIN, 1989).

Segundo Judd & Truswell (1982), diversos mecanismos foram propostos para explicar a ação das fibras solúveis formadoras de géis, como as pectinas, na redução dos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos em ratos e humanos. As fibras, sozinhas ou em combinação, podem atuar alterando a digestão e a absorção dos lipídeos dietéticos e/ou aumentando a excreção fecal dos ácidos biliares e esteróis neutros, agindo como sequestrantes dos ácidos biliares; aumentando a produção de ácidos graxos de cadeia curta no cólon, devido a fermentação e/ou diminuindo a porcentagem de ácidos biliares primários na bile, embora aumentem a de ácidos biliares secundários (TOPPING, 1991). As fibras solúveis se complexam com os ácidos biliares no intestino delgado e são resgatados no cólon e aí convertidos, por bactérias, em ácidos biliares secundários (ANDERSON e GUSTAFSON et al., 1988). Também ocorre aumento na síntese do colesterol hepático devido à regulação da homeostase do colesterol corporal total (ARJMANDI et al., 1992).

Garcia-Diez et al. (1996) investigaram os efeitos da pectina sobre o metabolismo do colesterol e dos ácidos biliares em ratos que foram alimentados com dietas sem fibras ou com dietas suplementadas com 7g/100 g de pectina. A adição de pectina à dieta resultou na redução das concentrações de colesterol sérico e hepático.

De forma semelhante, González et al. (1998) estudaram os efeitos da pectina sobre o metabolismo do colesterol em ratos alimentados com dietas que continham

2,5 ou 5% de pectina de maçã ou laranja. A concentração hepática de colesterol diminuiu significativamente em todos os grupos alimentados com pectina e os níveis de colesterol sérico diminuíram consideravelmente nos grupos alimentados com dietas que continham pectina de maçã. Os autores confirmam, portanto, que as fibras solúveis, como a pectina, possuem efeito na redução do colesterol hepático e plasmático.

Jenkins et al. (2002), realizaram um estudo com 68 adultos hiperlipidêmicos, a fim de compararem a eficácia da ingestão de fibra solúvel em um grupo, durante um mês, com a de outro grupo que seguiu apenas uma dieta com baixo teor de gordura (25% do valor energético total) e baixo teor de colesterol (< 150 mg/dia), resultando redução dos níveis de colesterol total.

Em um estudo de Fietz (1999), avaliou-se o efeito da pectina de alta e baixa metoxilação e da celulose, sobre os níveis de colesterol e triglicérides em ratos hipercolesterolêmicos. Os resultados demonstraram que no grupo tratado dietas com 10 e 15% de pectina houve diminuição nos níveis de colesterol e triglicérides.

Para Gonzalez e Silva (2006) considera-se que os níveis séricos de colesterol para os equinos estão entre 75 e 150 mg/dL. De acordo com Radostitis et al. (2002), os valores médios para o colesterol estão entre 73 e 180 mg/dL.

2.4.5 Triglicérides

Os triglicerídeos são compostos por três moléculas de ácidos graxos esterificados com uma molécula de glicerol, são derivados de fontes naturais (gordura animal e vegetal) (GRUNDY, 1996). O mecanismo de regulação da síntese dos triglicerídeos não está claramente elucidado e difere conforme o tecido que o sintetiza. No intestino delgado, o substrato disponível é o fator mais importante na regulação da sua síntese (BRUSS, 1997).

Os triglicerídeos são constituintes altamente energéticos que podem ser utilizados mediante sua oxidação, pela β -oxidação, na mitocôndria na fibra muscular. A concentração plasmática de triglicerídeos pode variar dependendo em grande parte, das dietas consumidas, do armazenamento ou mobilização do tecido adiposo e da síntese hepática (ARGENZIO, 1984). O NRC (2007) cita que a diminuição da concentração plasmática de triglicerídeos em equinos consumindo dietas

suplementadas com óleos ou gorduras, pode ser pela redução da síntese de ácidos graxos.

Carranza-Madrigal et al (1997), avaliou o efeito de dietas vegetarianas enriquecidas com abacate (fonte de fibras solúveis) em pacientes hipercolesterolêmicos, demonstrando redução significativa da concentração sanguínea de colesterol LDL, de triglicerídeos, mas também de colesterol HDL. Considerando que a redução das taxas sanguíneas de colesterol HDL é um efeito indesejável no perfil lipídico, os autores não recomendam essa prática para pacientes hipercolesterolêmicos.

De acordo com Radostitis et al. (2002) os valores de referência de triglicérides para esta espécie está entre 4 e 44 mg/dL. Nadeau et al. (2006) registraram valores de triglicérides séricos de 11,1 a 31,6mg/dL para equinos da raça Morgan é de 7,4 a 25,8mg/dL para equinos da raça Puro Sangue Inglês. Dugat et al. (2011) afirma que o nível sérico de triglicérides pode atingir 112,74mg/dL durante o jejum.

Segundo Frape (2008) todos os alimentos (ricos em fibras, amido, proteínas e lipídios) podem fornecer energia para o animal. As reservas energéticas, na forma de glicogênio hepático e muscular, de triglicerídeos intramusculares e do tecido adiposo são fontes de energia para o animal durante o exercício.

2.4.6 Ácidos Graxos de Cadeia Curta

A fermentação microbiana de fibra, amido e proteína gera grande quantidade de ácidos graxos de cadeia curta como substratos, principalmente os ácidos acético, propiônico e o butírico. Essa fermentação e a absorção dos ácidos graxos de cadeia curta são promovidas pelo efeito tamponante do bicarbonato e Na^+ derivados do íleo, a motilidade normal para garantir tempo de fermentação e mistura adequados. Acetato e butirato são os principais produtos da digestão da fibra, já que a proporção de amido é menor no intestino delgado (FRAPE, 2008).

Segundo Hoffman (2003), no intestino grosso serão digeridos os carboidratos que não foram aproveitados no intestino delgado produzindo ácidos graxos de cadeia curta, sendo o acetato, propionato e butirato e em menor quantidade o lactato e valerato. A microflora produz celulase que é responsável pela quebra das ligações β -1,4 presentes na celulose e na hemicelulose. A ligno-celulose poderá ser

quebrada por fungos à celulose, e a lignina será excretada nas fezes sem aproveitamento.

A absorção dos ácidos graxos de cadeia curta no intestino grosso ocorre na forma de ácidos graxos livres, por difusão passiva através da mudança do gradiente de pH. A taxa de absorção é inversamente proporcional ao peso molecular, sendo inicialmente absorvido acetato, propionato, butirato e lactato. A absorção é essencial a manutenção do pH do meio (acima de 6) o qual é requerido para manutenção das bactérias responsáveis por fermentar as fibras. Uma vez absorvidos os ácidos graxos passam pelo sistema porta hepático e circulam como ânions neutros no pH sanguíneo. O acetato e o butirato podem fornecer carbonos para a síntese de lipídios, enquanto o propionato é substrato gliconeogênico e contribui para o metabolismo da glicose (BRANDI e FURTADO, 2009).

Os ácidos graxos de cadeia curta têm importante papel na fisiologia do intestino: são reconhecidos como principal fonte de energia para o enterócito; estimulam a proliferação celular do epitélio; melhoram o fluxo sanguíneo; aumentam a absorção de água e sódio, importantes nos casos de diarreia (COPPINI et al., 2004).

O efeito dos ácidos graxos de cadeia curta no metabolismo lipídico é de grande interesse, em especial sobre o mecanismo redutor de lipídios da fibra solúvel. *In vitro*, o propionato inibe a síntese de colesterol em tecido hepático, entretanto, a quantidade de propionato necessária para isso é muito grande e não é alcançada na veia porta. Em estudos com alimentação humana o propionato não tem efeito sobre o colesterol sérico (CUMMINGS et al., 2001).

O acetato é o substrato preferencial para a lipogênese, sendo o único ácido graxo que atinge os tecidos periféricos. Há grande interesse nos substratos que produzem ácidos graxos de cadeia curta, pois se acredita que o butirato pode melhorar a saúde do cólon (TITGEMEYER et al., 1991; CHINDA & NAKAJI, 2004).

Os carboidratos estruturais são importantes fontes de energia para equinos. A produção de ácidos graxos de cadeia curta no ceco é capaz de suprir 30% da energia de manutenção do equino, e somados aos produzidos no cólon, são capazes de nutrir os equinos em pastejo exclusivo. O acetato é o principal ácido graxo de cadeia curta produzido e pode ser utilizado diretamente para energia.

Estudos mostraram que o acetato pode ser utilizado pelo membro pélvico dos equinos e fornecer-lhes 30% da energia necessária (PETHICK et al, 1993), e quando não utilizado imediatamente provavelmente é utilizado para síntese de ácidos graxos de cadeia longa, os quais podem ser estocados ou secretados no leite de éguas em lactação. O propionato produzido na fermentação bacteriana pode ser utilizado para a síntese de glicose no fígado, através da gliconeogênese, processo importante para manutenção da glicemia de herbívoros restritos. A função do butirato nos equinos ainda não foi totalmente estudada (BRANDI e FURTADO, 2009).

3. Artigo Científico

Efeito de dietas com níveis crescentes de polpa cítrica sobre parâmetros sanguíneos ligados ao metabolismo energético de equinos

Resumo: Com o objetivo de estudar a influência de dietas contendo níveis crescentes de polpa cítrica sobre as concentrações sanguíneas de albumina, triglicérides, colesterol, glicose, insulina e ácidos graxos de cadeia curta, foram utilizados cinco animais, com idade média de 3,5 anos e peso vivo de $460,6 \pm 76,86$ kg, arraçoados duas vezes ao dia, às 7:00 e às 16:00. As dietas foram formuladas para atender a demanda de animais em manutenção, sendo 60% da energia proveniente do volumoso e 40% do concentrado, contendo níveis crescentes de inclusão de polpa cítrica (0, 7, 14, 21 e 28%). A coleta de sangue ocorreu nos tempos: antes, 1, 3, 6, 9 horas após a alimentação. As amostras de sangue foram coletadas através de venopunção da jugular. Foram calculadas a área abaixo da curva e o pico da glicose e insulina, para as quais não foram observados efeitos ($P > 0,05$). Não houve efeito ($P > 0,05$) da dieta sobre as concentrações sanguíneas dos parâmetros. Bem como, não houve efeito ($P > 0,05$) do tempo de coleta sobre as variáveis: ácidos graxos de cadeia curta, colesterol, triglicérides e albumina, porém foi observado efeito ($p < 0,05$) para as concentrações de glicose ($\hat{Y} = 84,5276 + 4,2130X - 0,5327X^2$) e insulina ($\hat{Y} = 1,6336 + 0,8233X - 0,1002X^2$). A polpa cítrica pode ser incluída em até 28% no concentrado dos equinos, sem causar alterações nas concentrações sanguíneas analisadas. Dietas com alta inclusão de fibra e participação de ingredientes com fibras de fácil fermentação são benéficas pois mantêm as curvas glicêmicas e insulinêmicas próximas aos valores basais além de postergar a queda glicêmica pós prandial.

Palavras-chave: cavalo, fibra solúvel, nutrição, pectina, plasma

Introdução

O equino é um herbívoro não ruminante capaz de suprir grande parte ou a totalidade da sua demanda nutricional pela ingestão de forragem (BRANDI E FURTADO, 2009). Esta espécie aproveita a fração fibrosa da dieta por apresentar flora microbiana no ceco e no cólon, capaz de digerir a fibra de maneira semelhante ao que ocorre nos ruminantes (FRAPE, 2008). Para maximizar o crescimento e a produtividade dos equinos, têm sido utilizadas dietas com altas porcentagens de grãos (OLIVEIRA et al. 2003), os quais tem como desvantagem a apresentação de elevadas proporções de amido, hoje não mais recomendadas para dietas de equinos

(VERVUERT et al. 2004), o que pode acarretar distúrbios metabólicos como cólicas e laminite (Hoffman et al. 2001).

Para tornar a dieta mais segura, atualmente, os grãos vêm sendo substituídos pelos ingredientes que contem “*Super Fibras*”, pois são alternativas de ingredientes energéticos para equinos (DUREN, 2000), dentre eles destacam-se a polpa cítrica, a polpa de beterraba e a casca de soja (FURTADO et al. 2011). De acordo com Bampidis e Robinson (2006), a polpa cítrica apresenta carboidrato estrutural de alta e rápida degradação, estando prontamente disponível para o animal (Rocha Filho, 1998).

O metabolismo energético pode ser dividido em duas principais rotas metabólicas, o metabolismo da glicose e o metabolismo dos lipídios (Mcardle, 2001). A normoglicemia do equino é mantida por duas rotas metabólicas predominantes, a ingestão de carboidratos e gliconeogênese, através predominantemente do propionato (FRAPE, 2008). Dietas com altas concentrações de concentrado ou que apresentem processamento do concentrado, apresentem maiores índices e curvas glicêmicas e insulinêmicas (GOBESSO et al. 2009), enquanto que quando se adiciona fibra a dieta, curvas glicêmicas mais achatadas são observadas e não são observados picos (STANIAR et al. 2007), situação benéfica ao metabolismo do equino.

Vervuert et al. (2004), trabalhando com seis equinos alimentados com diferentes formas de processamento do milho: moído, cozinhado, micronizado, floculado e estalado, avaliaram os efeitos de diferentes técnicas de processamento sobre a glicose e insulina no plasma, porém não foi observado efeito dos tratamentos sob os parâmetros analisados, indicando que a absorção da glicose e insulina é verificada através da Área Abaixo da Curva (AAC) que representa a quantidade total absorvida durante o intervalo de tempo determinado. Quanto maior o valor da área abaixo da curva, mais alto é o índice glicêmico do alimento (PI-SUNYER, 2002).

O metabolismo energético do cavalo pode ser avaliado através de algumas variáveis sanguíneas como triglicérides, colesterol e ácidos graxos de cadeia curta (WITTWER, 2000).

Os microrganismos presentes no ceco e no cólon, degradando a fibra dos alimentos e a convertem em ácidos graxos de cadeia curta (AGCC): acético,

propiónico, láctico, isobutírico, butírico, isovalérico e valérico, os quais são responsáveis por fornecer de 30 a 70% das necessidades de energia total nos equinos, dependendo da dieta conter maior teor de fibra ou maior teor de carboidratos solúveis ou amido (LEWIS, 2000). O transporte dos ácidos graxos de cadeia curta é realizado com o auxílio da albumina, proteína plasmática sintetizada pelo fígado (LEHNINGER, 2006).

São escassos os estudos sobre a ação das fibras no metabolismo energético de equinos. As variáveis de triglicérides e colesterol são avaliadas corriqueiramente em experimentos com a utilização de óleo na dieta de equinos (HINEY E POTTER, 1996).

A fibra solúvel pode ser responsável pelo aumento do tempo de trânsito intestinal e está relacionada à diminuição do tempo de esvaziamento gástrico, (BUFFINGTON, 2003), reduzindo a resistência à insulina e promovendo respostas glicêmicas mais baixas (BRAGA, 2008). Hodge et al (2004), sugeriram que a fibra oferece benefícios a saúde humana, por aumentar o número de receptores à insulina, estimulando o uso da glicose, diminuindo a liberação de hormônios contra-reguladores (glucagon), diminuindo os níveis séricos de colesterol e de triglicérides em jejum e pós-prandiais.

Segundo Demarco et al (1999) e Thomas et al (1991), o consumo da fibra resulta na elevação glicêmica mais lenta e prolongada, favorecendo a manutenção da glicemia em níveis mais constantes durante o estado de manutenção ou exercício do animal. Por outro lado, o consumo de alimentos de alto índice glicêmico resulta na elevação rápida e acentuada da glicemia, levando à secreção de grande quantidade de insulina, favorecendo a ocorrência de hipoglicemia (BURKE et al. 1993).

A ingestão de alimentos de baixo índice glicêmico leva à menor liberação de insulina plasmática pós-prandial, favorecendo a oxidação de gordura em detrimento do carboidrato, resultando em maior disponibilidade de ácidos graxos de cadeia curta (COCATE et al. 2008).

Behall et al. (1997), Kerckhoffs et al. (2003) e Behall et al. (2004), demonstraram que dietas suplementadas com farelo de aveia e cevada promoveram decréscimo significativo do colesterol sérico total em humanos hipercolesterolêmicos, através principalmente da ação das β -glucanas, presentes

nestes alimentos, que possuem capacidade de aumentar a síntese de ácidos biliares e reduzir a absorção do colesterol, resultando na diminuição do colesterol sanguíneo (KERCKHOFFS et al. 2003).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de dietas contendo níveis de inclusão de polpa cítrica sobre parâmetros sanguíneos de equinos vinculados ao metabolismo energético dos cavalos.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Equideocultura do Campus Administrativo de Pirassununga. Foram utilizadas cinco éguas mestiças, com idade média de 3,5 anos e peso vivo de $460,6 \pm 76,86$ kg, alojadas em baias individuais.

O delineamento utilizado foi o quadrado latino 5x5 (cinco animais, cinco tratamentos e cinco repetições). As dietas experimentais foram formuladas para atender a exigência de animais em manutenção conforme descrito pelo *Nutrient Research Council* (NRC, 2007), sendo a dieta constituída de 60% da energia proveniente do volumoso (feno de *Coast-Cross*) e 40% da energia proveniente do concentrado, contendo níveis crescentes de inclusão de polpa cítrica (Tabela 1 e 2 respectivamente). Os animais foram arraçoados duas vezes ao dia, as 7h00min e 16h00min. O período de adaptação à dieta foi de sete dias, seguido de um dia para a coleta sanguínea, que ocorreram nos tempos de: antes da alimentação, 1, 3, 6 e 9 horas após a alimentação. Os animais foram pesados ao final de cada período.

Tabela 1. Composição percentual dos concentrados experimentais (%MS).

Ingredientes	Nível de polpa cítrica no concentrado (%)				
	0	7	14	21	28
Milho moído	60,43	60,32	59,00	58,00	55,92
Farelo de soja	3,90	6,20	5,73	7,95	9,45
Farelo de trigo	30,00	21,00	16,00	7,93	1,78
Polpa cítrica	0	7	14	21	28
Premix*	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Calcário	2,86	2,30	1,82	1,33	0,81
Fosfato bicálcico	1,27	1,63	1,90	2,25	2,50
Sal comum	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88

Níveis de garantia: Ácido linoleico: 3.630mg; Ácido oleico: 3mg; Cálcio (mín.): 150g; Cálcio (máx.): 170g; Fósforo: 80g; Sódio: 121g; Potássio: 10g; Enxofre: 4.954mg; Cobalto: 30mg; Tirosina: 34mg; Cobre: 1.400mg; Iodo: 200mg; Cromo: 12mg; Lisina: 4.000mg; Magnésio: 7.225mg; Manganês: 1.400mg; Fosfatidilcolina: 1.000mg; Metionina: 14mg; Selênio: 27mg; Ferro: 2.000mg; Zinco: 3.500mg; Vitamina A: 85.000 KUI/kg; Vitamina C: 200mg; Vitamina D: 8.500 KUI/kg; Vitamina E: 200mg; *Saccharomyces cerevisiae*: $0,01500 \times 10^7$ UFC.

Tabela 2. Composição química dos concentrados e dietas experimentais.

Nutrientes	Feno 1	Feno 2	Feno 3	Níveis de inclusão de polpa cítrica (%)				
				0	7	14	21	28
Matéria Seca	85,29	85,67	83,41	88,48	88,6	87,92	88,29	88,28
Matéria Orgânica	94,51	92,99	93,58	93,22	92,32	93,79	93,9	93,22
Matéria Mineral	5,49	7,01	6,42	6,78	7,68	6,21	6,1	6,78
Proteína Bruta	13,11	12,53	12,8	13,92	12,52	13,74	13,9	13,96
Fibra Bruta	31,1	31,82	30,73	5,78	6,54	5,86	5,95	6,07
Extrato Etéreo	0,56	0,62	0,65	3,87	3,02	3,29	3,1	3,26
Extrato Não-Nitrogenado	49,74	48,02	49,4	69,65	70,24	70,9	70,95	69,93
Fibra em detergente ácido	39,11	35,55	35,35	5,25	5,74	8,98	7,07	7,63
Fibra em detergente neutro	83,69	68,77	69,65	22,29	26,06	21,46	26,92	21,77
Hemicelulose	44,58	33,22	34,3	17,04	20,32	12,48	19,85	14,14
Cálcio	-	-	-	1,63	1,54	1,4	1,49	1,39
Fósforo	-	-	-	0,57	0,51	0,53	0,54	0,56
Amido	-	-	-	39,09	35,5	34,61	36,58	32,29
Energia Bruta	4136,00	3954,00	3957,00	3684,00	3706,00	3771,00	3809,00	3826,00

Composição química das dietas avaliadas (%)					
	0	7	14	21	28
Matéria Seca	86,27	86,31	86,04	86,19	86,19
Matéria Orgânica	93,50	93,14	93,73	93,77	93,50
Matéria Mineral	6,50	6,86	6,27	6,23	6,50
Proteína Bruta	13,25	12,69	13,18	13,25	13,27
Fibra Bruta	21,04	21,35	21,08	21,11	21,16
Extrato Etéreo	1,91	1,57	1,68	1,61	1,67
Extrato não nitrogenado	57,29	57,53	57,59	57,81	57,40
Fibra em detergente ácido	24,10	24,30	25,59	24,83	25,05
Fibra em detergente neutro	53,34	54,85	53,01	55,19	53,13
Hemicelulose	29,24	30,55	27,41	30,36	28,08
Energia Bruta	3883,00	3891,80	3917,80	3933,00	3939,80

As amostras de sangue foram coletadas por meio de venopunção da jugular utilizando tubos coletores à vácuo sem anticoagulante para determinação de albumina, triglicérides e colesterol, com fluoreto de sódio para as amostras de glicose e insulina e heparina sódica para a determinação de ácidos graxos de cadeia curta. Após serem coletadas, as amostras foram encaminhadas para o laboratório, onde foram centrifugadas sendo retirado o plasma e/ou soro e colocado em eppendorfs® com identificações específicas. Para a determinação das variáveis bioquímicas (glicose, colesterol, triglicérides e albumina) foram utilizados kits bioquímicos Laborlab®, lidos em espectrofotômetro semi-automático (Bio-2000). Para a determinação da variável insulina, foi utilizado kit bioquímico Roche diagnostics®, por meio da técnica de Eletroquimioluminescência.

Para a determinação de ácidos graxos de cadeia curta o soro foi centrifugado a 1500rpm por 10 minutos e retirado 01 ml do soro sobrenadante para um tubo de ensaio de 10 ml e adicionado 05 ml de álcool etílico P.A. e novamente centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos, quando retirados da centrífuga o sobrenadante foi transferido para um tubo de ensaio de 10 ml contendo 40 microlitros de NaOH (Hidróxido de Sódio) 01mM. O tubo foi colocado em estufa de ventilação forçada a 60°C até que secasse completamente, após o resíduo do tubo foi dissolvido com ácido fórmico a 99% P. A. e adicionado 01 ml de água destilada, para a realização da leitura no cromatografo gasoso.

As concentrações da área abaixo da curva (AAC) foram calculadas pelo método trapezoidal (GIBALDI E PERRIER, 1982) para a glicose plasmática e concentrações séricas de insulina, sendo excluída a área abaixo dos valores basais (jejum).

As variáveis sanguíneas: glicose, colesterol, triglicérides, albumina e ácidos graxos de cadeia curta, foram analisados por modelo linear misto que contemplou os efeitos das dietas, dos tempos de coleta e da interação entre os fatores, considerando que as medidas foram repetidas na mesma unidade experimental (animais dentro de cada dieta). Os resultados foram analisados através do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 2004), utilizando o procedimento MIXED.

Resultados

Não foi observado efeito ($P>0,05$) da dieta sobre as concentrações sanguíneas de glicose, insulina, ácidos graxos de cadeia curta, colesterol, triglicérides e albumina (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito das dietas sobre as variáveis (glicose (mg/dL), insulina (μ U/ml), ácidos graxos de cadeia curta (mmol/L), colesterol (mg/dl), triglicérides (mg/dl) e albumina (g/dl))

Variáveis	Tratamento (%)					CV (%)	P
	0	7	14	21	28		
Glicose (mg/dL)	91,12 $\pm$ 14,21	85,68 $\pm$ 11,51	86,04 $\pm$ 11,47	85,50 $\pm$ 36,45	84,80 $\pm$ 35,60	2,7	0,2550
Insulina (μU/ml)	2,33 $\pm$ 2,00	2,15 $\pm$ 1,75	2,34 $\pm$ 2,23	2,11 $\pm$ 1,74	1,66 $\pm$ 1,01	11,7	0,6216
AGCC (mmol/L)	5,15 $\pm$ 0,84	5,12 $\pm$ 1,34	5,54 $\pm$ 2,38	5,30 $\pm$ 2,43	6,12 $\pm$ 3,97	7,6	0,5138
Colesterol (mg/dl)	79,04 $\pm$ 15,79	72,96 $\pm$ 11,30	74,72 $\pm$ 8,77	78,45 $\pm$ 32,49	77,60 $\pm$ 32,15	51,1	0,3270
Triglicérides (mg/dl)	27,20 $\pm$ 10,61	25,08 $\pm$ 7,03	22,64 $\pm$ 7,64	31,25 $\pm$ 15,44	24,55 $\pm$ 12,00	43,9	0,0715
Albumina (g/dl)	3,36 $\pm$ 0,12	3,41 $\pm$ 0,42	3,31 $\pm$ 0,14	3,33 $\pm$ 1,37	3,38 $\pm$ 1,38	24,4	0,4411

Para a variável tempo de coleta, não foi observado efeito ($p>0,05$) para as variáveis ácidos graxos de cadeia curta, colesterol, triglicérides e albumina, porém foi observado efeito ($p<0,05$) para as variáveis glicose e insulina (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito dos tempos de coleta de sangue sobre as variáveis (ácidos graxos de cadeia curta (mmol/L), colesterol (mg/dl), triglicérides (mg/dl) e albumina (g/dl), glicose (mg/dL), insulina (μ U/ml)).

Variáveis	Tempo (horas)					CV (%)	P
	0	1	3	6	9		
AGCC (mmol/L)	5,01 $\pm$ 1,56	5,47 $\pm$ 2,10	5,74 $\pm$ 2,36	5,53 $\pm$ 2,68	5,47 $\pm$ 3,30	12,0	0,8221
Colesterol (mg/dl)	76,61 $\pm$ 22,61	77,74 $\pm$ 24,34	78,81 $\pm$ 26,53	74,90 $\pm$ 22,14	74,71 $\pm$ 21,70	2,6	0,6954
Triglicérides (mg/dl)	24,69 $\pm$ 9,82	26,60 $\pm$ 12,84	24,43 $\pm$ 10,72	26,71 $\pm$ 10,87	28,63 $\pm$ 11,53	4,3	0,5600
Albumina (g/dl)	3,37 $\pm$ 0,94	3,44 $\pm$ 1,04	3,33 $\pm$ 0,93	3,32 $\pm$ 0,93	3,33 $\pm$ 0,93	1,5	0,5095
Glicose (mg/dL)	84,5276+4,2130X-0,5327X ²						
Insulina (μU/ml)	1,6336+0,8233X-0,1002X ²						

Não foi observado efeito das dietas ($p>0,05$) para a área abaixo da curva e para os picos de glicose e insulina (Tabela 5).

Tabela 5. Área abaixo da curva glicêmica e insulinêmica com respectivos picos por tratamento.

Tratamento	Glicose		Insulina	
	AAC (mg x min/dL)	Pico (mg/dL)	AAC (mg x min/dL)	Pico (μU/ml)
0%	79,74±75,72	108,00±16,06	13,71±15,16	5,09±2,08
7%	68,27±36,36	99,40±7,92	7,57±7,66	4,54±1,18
14%	90,21±43,60	100,20±10,85	15,08±11,26	5,15±3,32
21%	72,87±42,89	98,75±15,02	6,76±3,78	3,36±1,92
28%	81,00±55,92	93,75±3,77	9,32±5,59	2,49±0,48

Discussão

A utilização de dietas que permitam a manutenção das curvas glicêmicas e insulinêmicas mais próximas aos valores basais vem sendo buscadas para evitar o desenvolvimento de sensibilidade a insulina (BRAGA, 2008), além de manter a dieta dos equinos mais seguro, retirando-se o amido (VERVUERT et al, 2004) e introduzindo-se as fibras de fácil fermentação (DUREN, 2000).

Quando forneceu-se dieta com 75% da matéria seca proveniente do volumosos e 25% do concentrado, já esperava-se que não fosse ocorrer grandes variações da glicemia, insulinemia, colesterolemia, trigliceridemia e concentração plasmática de ácidos graxos de cadeia curta.

A determinação das variáveis ácidos graxos de cadeia curta, triglicérides, colesterol, pode contribuir para o entendimento do funcionamento do metabolismo energético do animal. Uma vez que no presente estudo, o animal foi alimentado para satisfazer as exigências de manutenção, não se esperava que a deposição de energia ocorresse, situação que se confirmou no presente estudo, com a manutenção do peso dos animais durante o estudo e a não alteração do metabolismo do lipídio. A manutenção destes parâmetros já é um indicativo da possibilidade de substituição do tradicional farelo de trigo na dieta por polpa cítrica.

Como utilizou-se pequena porcentagem de fibras de fácil fermentação na dieta (até 28% do concentrado), não foi observado alteração na concentração sanguínea de AGCC. Não são encontrados muitos estudos sobre a concentração sanguínea deste parâmetro, porém Lewis (2000) cita que os AGCC são responsáveis por fornecer de 30 a 70% das necessidades de energia total nos equinos. Não foi

observado efeito das dietas sobre as concentrações de AGCC sanguíneas, possivelmente devido à semelhança na composição das dietas, pois tanto as dietas contendo farelo de trigo (fonte de beta-glucana) (OAKENFULL E TOPPING, 1987), como dietas com polpa cítrica (fonte de pectinas) (HALL et al. 1999; MIRON et al. 2001), apresentam fibras de fácil fermentação que podem ter apresentado a mesma ação sobre os microrganismos do intestino grosso, promovendo perfil semelhante de fermentação.

A manutenção equilibrada das concentrações de AGCC pode ter influenciado a não observação de efeito das dietas sobre as concentrações séricas de albumina, uma vez que ela é responsável pelo trânsito sanguíneo de AGCC. Além disso, o fornecimento de dietas balanceadas manteve o animal nutrido, haja vista a circunstância na homeostasia de proteínas e considerando que a variação da albumina sérica pode ser influenciada por deficiência protéica, (WITTEWER et al. 1987), fato este não observado no presente estudo.

Como não foi observada variação nas concentrações de AGCC, a manutenção dos valores séricos de triglicérides e colesterol, era esperada. Todos os valores obtidos na presente pesquisa estão de acordo com a literatura, no tangente a concentrações sanguíneas destes parâmetros (REY et al. (2001), RADOSTITIS et al. (2002) e DUGAT et al. (2011)).

Alguns fatores podem ter influenciado nesta manutenção como, a maior porcentagem de volumoso da dieta e a presença de fibras solúveis que podem ter contribuído para aumentar a síntese de ácidos biliares e reduzir a absorção do colesterol e triglicérides, podendo resultar na manutenção destas variáveis plasmáticas (KERCKHOFFS et al., 2003), além de que a fibra de fácil fermentação e a celulose são agentes hipocolesterolêmicos (ANDERSON et al, (1988) e JUDD E TRUSWELL, (1982)).

Outro ponto relevante é a baixa porcentagem de extrato etéreo presente na dieta utilizado no estudo (média de 1,69%), o que pode ter contribuído para que esta via gerado de energia não fosse estimulada.

A predominância de fibras observadas no presente estudo pode ter colaborado para o retardo no esvaziamento gástrico (CAPITO; FILISETTI, 1999), o que pode ter contribuído para a manutenção dos baixos valores de colesterol, glicose e insulina no presente estudo.

A utilização de dietas, no presente estudo, com baixas inclusão de milho para atender o preconizado por Vervuert et al. (2004) quanto ao nível de amido a ser ingerido, e também a equivalência na formulação entre os concentrados experimentais, pode ter influenciado na não observação do efeito das dietas sobre a glicemia e insulinemia. Além disso, as dietas foram formuladas com inclusões mínimas de milho (média de 58,73%, tabela 1), o que também pode ter contribuído para não observação do efeito da dieta. Como já citado, a contribuição de 75% da matéria seca em volumoso, também pode ter influenciado sobremaneira este resultado.

Como previsto, foi observado efeito de tempo de coleta ($p < 0,05$) sobre a glicose e insulina sanguíneas. Observou-se efeito quadrático (Tabela 4) o que indica que existe um aumento pós-prandial e um retorno a valores próximos aos basais após oito horas após a alimentação. O tempo prolongado de elevação da glicemia e insulinemia pode ser considerado um ponto positivo, pois contribui para o fornecimento constante de energia para o cavalo no período entre as alimentações. como já observado por Demarco et al. (1999) e Thomas et al. (1991), o consumo da fibra resulta na elevação mais lenta e prolongada da glicemia, favorecendo a sua manutenção em concentrações mais constantes durante o estado de manutenção ou exercício do animal. Sartorelli e Cardoso (2006) e Teixeira Neto (2003) sugerem que as dietas ricas em fibras possuem baixo índice glicêmico, podendo reduzir o consumo calórico nas refeições posteriores devido a quantidade de glicose absorvida pelo organismo.

Esta constância de fornecimento energético pode ser comprovada pela não observação do efeito da dieta sobre o pico e área abaixo da curva da glicose e insulina ($p > 0,05$). Os valores obtidos dos picos de glicose e insulina plasmática discordam dos obtidos por Witham e Stull (1998), na qual relatam que em equinos o pico de glicose plasmática foi obtida de 2 a 3 horas após a ingestão de alimento e o de insulina está entre 3 e 4 horas após a alimentação, tal diferença pode ser atribuída a ação das fibras.

A ingestão de alimentos de baixo índice glicêmico pode ter levado à menor liberação de insulina plasmática pós-prandial, favorecendo a oxidação de gordura em detrimento do carboidrato, resultando em maior disponibilidade de ácidos graxos

de cadeia curta (COCATE et al, 2008), situação não observada na presente pesquisa.

As flutuações entre os níveis de pico e de repouso variam de acordo com o tipo de dieta, na qual os alimentos contendo mais grãos e menos forragem causam maiores picos e menores depressões (GUEZENNEC et al, 1995; RALSTON E BAILE, 1982), discordando dos valores obtidos no presente estudo, devido a predominância do fornecimento do volumoso.

Conclusão

A polpa citrica é um ingrediente promissor, podendo ser acrescentada em até 28% do concentrado para equinos, sem causar alteração nas concentrações sanguíneas de glicose, insulina, colesterol, triglicérides e ácidos graxos de cadeia curta.

Dietas com alta inclusão de fibra e participação de ingredientes com fibras de fácil fermentação são benéficas a dietas de equinos pois mantem as curvas glicêmicas e insulinêmicas próximas aos valores basais além de postergar a queda glicêmica pós-prandial.

Comitê de ética em pesquisa

Este estudo foi aprovado pela comissão de Ética em pesquisa da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo sob o número do processo 2012.1.1326.74.4 estando de acordo com os princípios éticos de experimentação animal.

4. Considerações Finais

A polpa cítrica é um ingrediente promissor por apresentar fibras de fácil fermentação.

Este ingrediente pode ser incluído em até 28% no concentrado dos equinos, sem causar alterações nas concentrações sanguíneas analisadas.

Dietas com alta inclusão de fibra e participação de ingredientes com fibras de fácil fermentação são benéficas à dietas de equinos pois mantêm as curvas glicêmicas e insulinêmicas próximas aos valores basais além de postergar a queda glicêmica pós prandial.

São necessários mais estudos relacionando o efeito da fibra com os parâmetros sanguíneos em equinos.

5. Referências

ANDERSON, J.W.; GUSTAFSON, N.J.. Hypocholesterolemic effect of oat and bean products. **Animal Journal Clinical Nutrition**. 48:749-753, 1988.

ARAI, T.; WASHIZU, T.; HAMADA, S.; SAKO, T.; TAKAGI, S.; YASHIKI, K.; MOTOYOSHI, S. Glucose transport and glycolytic enzyme activities in erythrocytes of two-year-old thoroughbreds undergoing training exercise. **Veterinary Research Committee**, v. 18, n. 6, p. 417-422, 1994.

ARGENZIO, R.A. Digestão e Absorção de carboidratos, gorduras e proteínas. In: SWENSON, M.J. **Dukes Fisiologia dos animais domésticos**. 10.ed. Guanabara Koogan s.a. (Ed). Rio de Janeiro: RJ, p.263-341, 1984.

ARJMANDI, B. H.; CRAIG, J.; NATHANI, S.; REEVES, R. D. Soluble dietary fiber and cholesterol influence in vivo hepatic and intestinal cholesterol biosynthesis in rats. **Journal of Nutrition**. v. 122, p. 1559-1565, 1992.

BAMPIDIS, V.A.; ROBINSON P.H. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. **Animal Feed Science and Technology**. 128:175-217, 2006.

BEHALL, K.M.; SCHOLFIELD, D.J.; HALLFRISCH, J. Effect of beta-glucan level in oat fiber extracts on blood lipids in men and women. **Journal of the American College of the Nutrition**. 16:46-51, 1997.

BEHALL, K.M.; SCHOLFIELD, D.J.; HALLFRISCH, J. Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. **Journal of the American College of the Nutrition**. 80:1185-1193, 2004.

BEN-GHEDALIA, D.; YOSEF, E.; MIRON, J. et al. The effects of starch- and pectin-rich diets on quantitative aspects of digestion on sheeps. **Animal Feed Science and Technology**, v. 24, p. 289-298, 1989.

BOFFI, F. **Fisiología del Ejercicio en Equinos**. 1.ed. Buenos Aires: INTER-MÉDICA, 2006. 306p

BRAGA, A.B.; ARAÚJO, K.V.; LEITE, G.G.; MASCARENHAS, A.G. Níveis de fibra em detergente neutro em dietas para equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 37(11):1965-1972, 2008.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Agrícola e Pecuário 2011-2012 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Brasília, DF, 2011. 92 p.

BRUSS, M.L. Lipids and ketones. In: KANEKO, J.J. (Ed.) *Clinical biochemistry of domestic animals*. New York: Academic Press, p.83-905, 1997.

BUFFINGTON C. Morbid Obesity. **Beyond Change**, 2003

BURKE, L.M.; COLLIER, G.R.; HARGREAVES, M. Muscle glycogen store after prolonged exercise: effect of the glycemic index of carbohydrate feeding. **Journal of Applied Physiology**. 75:1019 – 1023, 1993.

CAPITO, S.M.P.; FILISETI, T.M.C.C. Inulina: Um ingrediente alimentar promissor. **Revista da Sociedade Brasileira e Nutrição**. São Paulo, n. 18, p. 1-11, 1999.

CARRANZA-MADRIGAL, J.; HERRERA-ABARCA, J.E.; ALVIZOURI-MUÑOZ, M.; ALVARADO-JIMENEZ, M.R.; CHAVEZ-CARBAJA, F. Effects of a vegetarian diet vs. a vegetarian diet enriched with avocado in hypercholesterolemic patients. **Archives of Medical Research**. 28(4):537-41, 1997.

CHAMPE, P. C. HARVEY, R. H., FERRIER, D. R. **Bioquímica ilustrada**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 544p.

CHINDA, D.; NAKAJI, S. et al. The fermentation of different dietary fibers is associated with fecal clostridia levels in men. **Journal of Nutrition**. v. 134, p. 1881 – 1886, 2004.

COCATE, P.G.; ALFENAS, R.C.G.; PEREIRA, L.G. Índice glicêmico: resposta metabólica e fisiológica antes, durante e após o exercício físico. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**. 7(2): 109-117, 2008.

COPPINI, L.Z. Fibra Alimentar. **Congresso Brasileiro de Nutrição e Câncer**. São Paulo – 2004.

CUMMINGS, J.H.; MACFARLANE, G.T.; ENGLYST, H.N. Prebiotic digestion and fermentation. **American Journal of Clinical Nutrition**. 73: 415 – 420, 2001.

CUNHA, T. J. **Horse feeding and nutrition**. 2 ed, Academic Press , 1991, 445p.

CURI R, POMPEIA C, MIYASAKA CK, PROCOPIO J. Entendendo a gordura: os ácidos graxos. São Paulo: Manole,199-214, 2002.

DEAVILLE, E.R.; MOSS, A.R.; GIVENS, D.I. The nutritive value and chemical composition of energy-rich by products for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v.49, p.26-1276, 1994.

Del PRATO S.; MARCHETTI, P.; BONADONNA, R.C.. Phasic insulin release and metabolic regulation in type 2 diabetes. **Diabetes** 2002, v.51, s.1, p.109-116.

DEMARCO HM, SUCHER KP, CISAR CJ, BUTTERFIELD GE. Pre-exercise carbohydrate meals: application of glycemic index. **Medicine & Science in Sports Exercise**. 31:164 – 170, 1999.

DOMINGUES, J.L. Uso de volumosos conservados na alimentação de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.259-269, 2009 (supl. especial).

DONATTO, F. F.; PALLANCH, A.; CAVAGLIERI, C. R. Fibras Dietéticas: efeitos terapêuticos e no exercício. Dietary Fibers: therapeutic effects and in exercise ... **Saúde em Revista** (Piracicaba, SP). v. 8, n. 20, p. 65-71. Ago. 2006.

DUGAT SL, TAYLOR TS, MATHEWS N, GOLD JR. Values for triglycerides, insulin, cortisol and ACTH in a herd of normal donkeys. **Journal of Equine Veterinary Science**. 30(3):141-144, 2011.

DUREN S. Feeding the endurance horse. **Kentucky Equine Research**. 351-363, 2000.

DURHAM, A. E. Clinical application of parenteral nutrition in the treatment of five ponies and one donkey with hyperlipaemia. **Veterinary Record**, London. v. 158, n.5, p 159 – 164, 2006.

EASTWOOD, M.A. The physiological effect of dietary fiber: an update. **Annual Review Nutrition**, v12, p.19-35, 1992.

EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L. Qualidade da matéria prima e novos testes laboratoriais como instrumento de maximização da dieta balanceada. In: 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Simpósio sobre Nutrição de Ruminantes. **Anais...** SBZ: Goiânia 2005, Brasil: 2005:296-321

FERNANDES, W. R. et al. Determinação dos níveis plasmáticos de triglicérides e colesterol total em ponies da raça Brasileira. **A Hora Veterinary**, v. 21, n. 121, p. 61-64, 2001.

FIETZ, V.; SALGADO, J.M. Efeito da pectina e da celulose nos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos em ratos hiperlipidêmicos. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.19, p. 318-321, 1999

Frape D. Nutrição & alimentação de equinos. 3.ed. São Paulo: Roca, 2008. 602 p.

FURTADO CE, BRANDI RA, RIBEIRO LB. Utilização de coprodutos e demais alimentos alternativos para dietas de equinos no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia** .Suppl:232-241, 40, 2011

FURTADO, C. E.; CABRERA, L., FONSECA, N. A. N. PINHEIRO, J. W.; ARAGÃO, D.A.; BELINELLI, E.; OLIVEIRA, C.A.A. Avaliação da digestibilidade aparente de fenos de gramíneas e de leguminosa para equinos. **Acta Scientiarum**, v. 21, n. 3, p.651-655, 1999.

GARCIA-DIEZ F, GARCIA MEDIAVILLA V, BAYON JE, GONZALEZ GALLEGGO J. Pectin feeding influences fecal bile acid excretion, hepatic bile acid and cholesterol synthesis and serum cholesterol in rats. **Journal of Nutrition**;126(7):1766-71, 1996.

GOBESSO AAO, ETCHICHURY M, TOSI H.. Resposta plasmática de glicose e insulina em eqüinos alimentados com diferentes fontes de amido. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, 46(4):324-331, 2009.

GONZÁLEZ MC, RIVAS C, CARIDE B, LAMAS MA, TABOADA MC. Effect of orange and apple pectin on cholesterol concentration in serum, liver and faces. **Journal of Physiology and Biochemistry**; 54(2):99-104, 1998.

GONZALEZ, F.H.D; SILVA, S.C. Introdução à bioquímica clinica veterinária. 2ª edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006, 364p.

GRUNDY, S. M. Dietary fat. In: ZIEGLER, E. E.; FILER JR., L. J. (Ed.). **Present knowlegde in nutrition**. 7. ed. Washington: ILSI, p. 44-57, 1996.

GUEZENNEC, C. Oxidation rates, complex carbohydrates and exercise. **Sports Medicine**, v. 19, n. 6, p. 365-372, 1995.

GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia medica**, 10. ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2002.

HALL MB, HOOVER WH, JENNINGS JP, WEBSTER TKM. A method for partitioning neutral detergent-soluble carbohydrates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 79(15): 2079-2086, 1999.

HAVEL RJ. Introduction: structure and metabolism of plasma lipoproteins. In: Scriver CR, Beaudet AL, Sly WS, Valle D, eds. The Metabolic and Molecular Bases of Inherited Disease. 7th ed. New York: McGraw-Hill; 1995:1841-1851.

HEALY, H. P.; SICILIANO, P. D.; LAWRENCE, L. M. Effect of concentrate form on blood and gastric fluid variables in ponies. **Equine Nutrition and Physiology Society**, v. 15, n. 10, p. 423-428, 1995.

HINEY KM, POTTER GD. A review of recent research on nutrition and metabolism in the athletic horse. **Nutrition Research Review**. 9(1):149-173, 1996.

HINTZ, H.F.; HOGUE, D.E.; WALKER, E.F, LOWE, J.C.; SCHRYVER, N.F. Apparent digestion in various segments of the digestive tract of ponies fed diets with varying roughage – grain rations. **Journal of Animal Science**, v.32, n.2, p.245-248, 1971.

HIRATA MH, HIRATA RDC. Transporte de ácidos graxos no plasma. In: Curi R, Pompéia C, Miyasaka CK, Procopio J, editores. Entendendo a gordura: os ácidos graxos. São Paulo: Manole, 2002;59-72.

HODGE, A.M.; ENGLISH, D.R.; O'DEA, K.; GILES, G.G. Glycemic Index and Dietary Fiber and the Risk of Type 2 Diabetes. **DIABETES CARE**, v. 27, n.11, 2004.

HOFFMAN RM, WILSON JA, KRONFELD DS, COOPER WL, LAWRENCE LA, SKLAN D, HARRIS PA. Hydrolyzable carbohydrates in pasture, hay, and horse feeds: Direct assay and seasonal variation. **Journal of Animal Science**, 79(2):500–506, 2001.

HOFFMAN, R.M. Carbohydrate metabolism in horses. In: **Recent advances in equine nutrition**. Ithaca: International Veterinary Information Service, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal 2012**. 2013. Disponível em:
<ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2012>.
Acessado em: 15 de outubro de 2013.

GIBALDI, M., PERRIER, D. Pharmacokinetics. 2ª ed. V.15, New York: Marcel Dekker, 1982.

JENKINS, D.J.; KENDALL, C.W.; VUKSAN, V.; VIDGEN, E.; PARKER, T.; FAULKNER, D.; MEHLING, C.C.; GARSETTI, M.; TESTOLIN, T.; CUNNANE, S.C.; RYAN, M.A.; COREY, P.N. Soluble fiber intake at a dose approved by the US Food and Drug Administration for a claim of health benefits: serum lipid risk factors for cardiovascular disease assessed in a randomized controlled crossover trial.

American Journal of Clinical Nutrition, v.75, p. 834-839, 2002.

JENKINS, D.J.A.; WOLEVER, T.M.S.; KALMUSKY, J.; GIUDICI, S.; GIORDANO, C.; PATTEN, R. Low glycemic index in hyperlipidemia: use of traditional starchy foods.

American Journal of Clinical Nutrition, v.46, p. 66-71, 1987.

JONES, P.J.H. e KUBOW, S. Lipídios, Esteróis e Seus Metabólitos. In: Shils, M.E., Olson, J.A., Shike, M., Ross, A.C., **Tratado de Nutrição Moderna na Saúde e na Doença**. 9ª ed. São Paulo: Manole; 2003. p. 83 – 84.

JUDD, P. A.; TRUSWELL, A. S. Comparasion of the effects of hight and low methoxyl pectin on blood and faecal lipids in man. **British Journal of Nutrition**. v. 48, n. 03, p. 451-458, 1982.

KERCKHOFFS DAJM, HORNSTRA G, MENSINK R. Cholesterol-lowering effect of β -glucan from oat bran in midly hypercholesterolemic subjects may decrease when β - glucan is incorporated into bread and cookies. **Journal of the American College of the Nutrition**, 78(2):221-227. 2003.

LAB&VET, 2012. Valores de Referência: Equinos. Disponível em: http://www.labvet.com.br/html/conteudo_informacoes_referencia_equinos.htm. Acessado em: 15/10/2012

LEHNINGER, A. L. **Princípios de Bioquímica**. 4. ed. São Paulo : SARVIER, 2006.

LEVIN, R. J. Dietary carbohydrate and kinetics of intestinal functions in relation to hexose absorption. In: DOBBING, J. **Dietary starches and sugars in man: a comparison**. New York. Springer-Verlag, 1989. p. 87-117.

LEWIS L. Nutrição Clínica Equina: Alimentação e Cuidados. São Paulo: Roca. 710 p. 2000.

LINDBERG, J. E. ; KARLSSON, C. P. Effect of partial replacement of oats with sugar beet pulp and maize oil on nutrient utilization in horses. **Equine veterinary Journal**, (2001) 33 (6) 585 – 590.

MARCENAC, L. N.; AUBLET, H.; D'AUTHEVILLE, P. **Enciclopédia do cavalo**. São Paulo: Organização Andrei, Ed. 2. 1990. 1564p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Equídeos**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/equideos> >. Acessado em: 15 de outubro de 2013.

MCARDLE WD, Fisiologia do Exercício – Energia, Nutrição e Desempenho Humano. 5.ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2001.

McGOWAN, C. The role of insulin in endocrinopathic laminitis. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 28, n. 10, p. 603-607, 2008.

MELO U.P., FERREIRA C., PALHARES M.S., SILVA FILHO J.M. Choque circulatório em equino. **Semina: Ciências Agrárias** 31: 205-230, 2010.

MEYER, H. **Alimentação de cavalos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1995. 303 p.

MIRON J, YOSEF E, BEN-GHEDALIA D. Composition and in vitro digestibility of monosaccharide constituents of selected byproduct feeds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Wallington. 49(5):2322-2326, 2001.

MONTECUCCO F, STEFFENS S, MACH F. Insulin Resistance: A proinflammatory state mediated by lipid-induced signaling dysfunction and involved in atherosclerotic plaque instability. **Mediator of Inflammation**; 2008: 1-10.

MORGADO, E.S.; GALZERANO, L. Fibra na nutrição de animais com fermentação no intestino grosso. REDVET. **Revista electrónica de Veterinaria**, v. 10, n. 7, 2009.

NADEAU, J. A.; FRANK, N.; VALIPE, S. R.; ELLIOT, S. B. Blood lipid, glucose, and insulin concentrations in Morgan horses and Thoroughbreds. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 26, n. 9, p. 401-405, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of horses**. 6th edition. Washington, D.C.: National Academy Press.341p.

NEVES, M.F.; TROMBIN, V.G.; MILAN, P. et al. O retrato da citricultura brasileira. 1. Ed. Riberão Preto: Markestrat Centro de pesquisa e projetos em marketing e estratégia. 2010. 137p.

OAKENFULL DG, TOPPING DL. The nutritional value of wheat bran. **Food Technology Australian**. 39:288-92, 1987.

OLIVEIRA CAA, ALMEIDA FQ, VIEIRA AA. Cinética de passagem da digesta, balanço hídrico e de nitrogênio em eqüinos consumindo dietas com diferentes proporções de volumoso e concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 32(1):140-149, 2003.

PERALI, C.; FREITAS L.J.A.; FIALHO, E.T. et al. Valores nutricionais de alimentos para eqüinos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.5, p.1216-1224, 2001.

PETHICK DW, ROSE RJ, BRYDEN WL & GOODEN JM. Nutrient utilization by the hindlimb of Thoroughbred horses at rest. **Equine Veterinary Journal**, **25**, 41-44, 1993.

PI-SUNYER FX. Glycemic index and disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, 76(1):290-298, 2002.

POPPITT SD, VANDRUNEN JDE, MCGILL AT, MULVEY TB, LEAHY FE. Supplementation of a high-carbohydrate breakfast with barley beta-glucan improves postprandial glycaemic response for meals but not beverages. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, 16:16-24, 2007.

PRATT, S.E.; LAWRENCE, L.M.; WARREN, L.K. et al. The effect of exercise on the clearance of infused acetate in the horse. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.25, n.6, p. 266-271, 2005.

RADOSTITIS OM, GAY CC, BLOOD DC, HINCHCLIFF KW. Clínica veterinária. Um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e eqüinos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p. 1648, 2002.

RALSTON, S. L. Insulin and glucose regulation. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 18, n. 2, p. 295-304, 2002.

RALSTON, S. L.; BAILE, C. A. Plasma glucose and insulin concentrations and feeding behavior in ponies. **Journal of Animal Science**, p. 1132, 1982.

RAMOS, S.C. **Comparação de diferentes indicadores com método de coleta total para determinação da digestibilidade aparente de diferentes dietas para equinos**. 2003. 69f. Dissertação (Mestrado – Zootecnia), Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Pirassununga.

RETORE, M. **Caracterização de co-produtos agroindustriais e sua avaliação nutricional para coelhos em crescimento**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2009. 71p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

REY F, HALLEBEEK JM, BEYNEN AC. Apparent digestibility of crude fiber in ponies fed either a low or high-protein diet. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 85:251-254, 2001.

ROCHA FILHO, R. R. **Efeitos da polpa de citrus e do milho sobre itens ruminais**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998. 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, 1998.

ROWLANDS, G.J. A review of variations in the concentrations of metabolites in the blood of beef and dairy cattle associated with pathology, nutrition and disease, with particular reference to the interpretation of metabolic profiles. **World Review of Nutrition & Dietetics**, 35, 172-235, 1980.

SANTOS, S.A.; RODRIGUES, C. A. G.; AFONSO, E.; SERENO, J.R.B.; SOARES, A.C.da C. Preferência alimentar e uso do habitat do cavalo Pantaneiro na Nhecolândia, Pantanal. Corumbá, MS: EMBRAPACAP 16p. (EMBRAPA-CPAP, **Comunicado Técnico**, 19). 1997.

SANTOS, T.M.; ALMEIDA, F.Q.; GODOI, F.N.; et al. Capacidade tamponante, pH e consistência das fezes em equinos submetidos à sobrecarga dietética com amido. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1782-1788, 2009.

SARTORELLI, D. S.; CARDOSO, M.A. Associação entre carboidratos da dieta habitual e diabetes mellitus tipo 2: evidências epidemiológicas. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabologia**, v.50, n.3, p.415-426, 2006.

SAS Institute. 2004. Inc.SAS/STAT User's guide.12th Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

SCHEFFER, J. F.; GONZÁLEZ, F. H. D. Enzimologia clínica em medicina veterinária. Porto Alegre: UFRGS, 2003. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/bioquimica>>. Acesso em: 10 de outubro de 2013.

SEIFI, H. A. et al. Hiperlipidemia in Caspian miniature horses: effects of undernutrition. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.22, n.5, 2002.

STANIAR WB, CUBITT TA, GEORGE LA, HARRIS PA, GEORR J. Glucose and insulin responses to different dietary energy sources in thoroughbred broodmares grazing cool season pasture. **Livestock Science**. 111: 164-171, 2007.

STULL, C. L.; RODIEK, A. V. Responses of blood glucose, insulin and cortisol concentrations to common equine diets, **American Institute of Nutrition**, p. 206-213, 1988.

Teixeira Neto F. 2003. Nutrição Clínica. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan.

TEIXEIRA-NETO, A. R.; FERRAZ, G. de C.; MATAQUEIRO, M. I.; LACERDA-NETO, J. C.; QUEIROZ-NETO, A. Reposição eletrolítica sobre variáveis fisiológicas de cavalos em provas de enduro de 30 e 60 km. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1505-1511, 2004.

THOMAS D, BROTHERHOOD J, BRAND JC. Carbohydrate feeding before exercise: effect of the glicemic index. **Internacional Journal of Sports Medicine**.12:180 – 186, 1991.

TISSERAND, J.L. Non-ruminant herbivores; Part III. Horses and Rabbits. **Livestock Production Science**, v.19, p.279-288, 1988.

TITGEMEYER, E.C., BOURQUIN, L.D., FAHEY, G.C., GARLEB, K.A. Fermentability of various fiber sources by human fecal bacteria in vitro. **Animal Journal Clinical Nutrition**, vol. 53 p. 1418 – 1424, 1991.

TOPPING, D. L. Soluble fiber polysaccharides: effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. **Nutrition Reviews**. v. 49, p. 195-203, 1991.

TREIBER, K. H.; GEOR, R. J.; BOSTON, R. C.; HESS, T. M; HARRIS, P. A.; KRONFELD, D. S. Dietary energy source affects glucose kinetics in trained Arabian geldings at rest and during endurance exercise. **The Journal of Nutrition**, v. 138, n. 5, p. 964-970, 2008.

TRIBUCCI, A. M. de O. **Palatabilidade e digestibilidade aparente de equinos submetidos a dietas com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica** / Adriana Moraes de Oliveira Tribucci. — Pirassununga, 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo.

VAN SOEST, P.J. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd Edition. Ithaca, NewYork: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON J.P; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

VERVUERT, I.; COENEN, M. Factors Affecting Glycaemic Index of Feds for Horses. **3rd European Equine Nutrition & Health Congress**. 2006

VERVUERT I, COENEN M, BOTHE C. Effects of corn processing on the glycaemic and insulinaemic responses in horses. **Journal of Animal Physiology**. 88:348-355, 2004.

VIEIRA, A. et al.; Regulação do peso corporal.. Disponível em:<http://www.ccb.ufsc.br/~crisrina/sm_2005_1_med7002.htm>. Acesso em: 10 de outubro de 2012.

WEYENBERG, S.V.; SALES, J.; JANSSENS, G.P.J. Passage rate of digesta through the equine gastrointestinal tract: a review. **Livestock science**, v. 99, p. 3-13, 2006.

WILLIAMS CL, BOLLELLA M, WYNDER EL. **A new recommendation for dietary fiber in childhood.** Pediatrics. 1995; 96:985-8.

WITHAN CL, STULL CL. Metabolic responses of chronically starved horses to refeeding with three isoenergetic diets. **Journal of Animal Veterinary Medicine Association.** 212(5):691-696, 1998.

WITTWER F, BÖHMWALD H, CONTRERAS PA, PHIL M, FILOZA J. Análisis de los resultados de perfiles metabólicos en rebaños lecheros en Chile. **Archives of Medicine Veterinary.** 19:35-45, 1987.

WITTWER F. Marcadores bioquímicos no controle de problemas metabólicos nutricionais em gado de leite. In: González, F. H. D., Barcellos, J. O., Ospina, H., Ribeiro, L. A. O. (Eds.) Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Porto Alegre, Brasil, Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2000.