

**THAUAN CARRARO DE BARROS**

**RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS DA SÍNDROME METABÓLICA EM  
EQUINOS DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR SOB DIFERENTES  
CONDIÇÕES DE MANEJO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**MINAS GERAIS - BRASIL**

**2019**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

B277r  
2019  
Barros, Thauan Carraro de, 1992-  
Relação entre variáveis da síndrome metabólica em equinos da raça Mangalarga Marchador sob diferentes condições de manejo / Thauan Carraro de Barros. – Viçosa, MG, 2019.  
ix, 13 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Fabrício Luciani Valente.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 11-13.

1. Cavalos - Doenças. 2. Laminite. 3. Obesidade.  
4. Resistência á insulina. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Veterinária. Programa de Pós-Graduação em  
Medicina Veterinária. II. Título.

CDD 22. ed. 636.1089639


THAUAN CARRARO DE BARROS

**RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS DA SÍNDROME METABÓLICA EM EQUINOS  
DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR SOB DIFERENTES CONDIÇÕES  
DE MANEJO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de julho de 2019.

Assentimento:

  
\_\_\_\_\_  
Thauan Carraro de Barros  
Autor

  
\_\_\_\_\_  
Fabrício Luciani Valente  
Orientador

## DEDICATÓRIA

Dedico à minha mãe, **Léa Maria de Carvalho Carraro**. Obrigado pelo apoio e incentivo durante esses anos de estudos, você é minha inspiração.

Dedico as minhas irmãs, **Thuane Carraro de Barros e Thayne Carraro de Barros**. Obrigado por sempre me apoiarem e pela nossa amizade. Vocês são muito importantes para mim.

Dedico aos meus avós, **FRANCISCO PASCHOAL CARRARO** (in memoria) e **MARIA AUXILIADOR DE CARVALHO CARRARO** (in memoria). Vocês são exemplos de amor, família, determinação e respeito, obrigado por todo ensinamento e carinho.

Dedico aos meus sobrinhos, por darem novo sentido a minha vida.

Por fim, dedico aos meus amigos e aos demais familiares, por estarem comigo em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

À **Universidade Federal de Viçosa (UFV)**, por toda a estrutura fornecida para o desenvolvimento desta pesquisa e pela oportunidade de realização da Pós-graduação em Medicina Veterinária;

Ao **Departamento de Veterinária**, aos seus professores, técnicos administrativos e funcionários por conceder a infraestrutura necessária e por me auxiliarem na realização desta pesquisa.

Ao **Prof. Dr. Fabricio Luciane Valente**, pela orientação durante o mestrado, pelos conhecimentos e confiança. Muito obrigado pelos dois anos de convivência.

Ao **Aécio Carlos de Oliveira**, do Laboratório de Análises Clínicas do Hospital Veterinário do Departamento de Veterinária da UFV pela realização da análise de perfil hematológicos.

À **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Raffaella Bertone Cavalcante Teixeira**, pela coorientação do meu mestrado e por todos os conhecimentos comigo compartilhados durante todos esses anos de amizade.

À **Dr<sup>a</sup>. Micheline Ozana da Silva e Dr<sup>a</sup>. Idelvania dos Anjos Nonato**, pela disposição e boa vontade em me ajudar em vários momentos do mestrado.

Ao **Prof. Dr. Gabriel Carvalho** pelo incentivo e apoio para que esse sonho se realizasse.

À **Prof<sup>a</sup>. MSc. Alessandra Sayegu Arreguy Silva** por toda ajuda e apoio durante toda minha trajetória acadêmica.

À **União de Ensino Superior de Viçosa – UNIVIÇOSA**, pela disponibilização de equipamentos e Aos **Seus Professores** por todo conhecimento e orientação comigo compartilhados.

Ao **Bruno Neto Neves**, aluno de medicina veterinária da Univiçosa, que não mediu esforços para auxiliar na coleta dos dados desse experimento.

Aos **Proprietários e Tratadores** dos Haras da região de Viçosa que confiaram em mim os seus animais para que pudesse realizar essa pesquisa.

À funcionária da Secretaria de Pós-Graduação do Departamento de Veterinária da UFV **Rosinéia Aparecida da Cunha**, por estar sempre disposta a ajudar.

Aos irmãos que a veterinária me deu, **Tamires Verazani, Andre Luiz, Ludmilla Fernandes, Patrícia Castro e Marina Moreira** pelos momentos de descontração, pelo convívio e apoio nos momentos de estresse, sem vocês seria difícil chegar até aqui.

Aos meus pais, **Léa Maria de Carvalho Carraro e Carlos Eduardo Cunha de Barros**, e irmãos **Thaune Carraro de Barros, Thayne Carraro de Barros e Eduardo Barros Ruback** pela compreensão da minha ausência para a realização dos meus sonhos.

A todos os familiares e amigos que torceram e contribuíram para que isso fosse possível.

A todos que, de forma direta ou indireta contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

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

## **BIOGRAFIA**

THAUAN CARRARO DE BARROS, filho de Carlos Eduardo Cunha de Barros e Léa Maria de Carvalho Carraro. Nascido em 18 de outubro de 1992, na cidade de Recreio – MG, Brasil.

Em dezembro de 2010, terminou o ensino médio na Escola Estadual Professor Botelho Reais, Leopoldina - MG.

Em novembro de 2015, graduou-se em Medicina Veterinária pela Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa (UNIVIÇOSA / FACISA), Viçosa – MG.

Em 2016, participou do programa de aperfeiçoamento profissional no Vet Check Medicina e Cirurgia Equina, Betim – MG.

Em agosto de 2017, iniciou o mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal de Viçosa, defendendo a dissertação em 15 de julho de 2019.

## RESUMO

BARROS, Thauan Carraro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2019. **Relação entre variáveis da síndrome metabólica em equinos da raça mangalarga marchador sob diferentes condições de manejo.** Orientador: Fabricio Luciani Valente. Coorientadora: Raffaella Bertone Cavalcante Teixeira.

A síndrome metabólica equina (SME) é uma condição de extrema importância nos equinos e que predispõe os animais acometidos ao desenvolvimento de laminite. SME é caracterizada pela manifestação de três fatores: obesidade ou adiposidade regional, resistência à insulina e laminite clínica ou subclínica. Estímulo à atividade física é uma das medidas de manejo recomendadas para a prevenção e o tratamento da SME. Existem vários testes para o diagnóstico da resistência à insulina, bem como para a SME. Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar os sinais clínicos, a resistência à insulina e o acúmulo de gordura em animais com diferentes condições de manejo. Para isso, 17 equinos da raça Mangalarga Marchador com diferentes escores corporais e de propriedades com diferentes tipos de manejo foram utilizados. Os animais foram submetidos a exame clínico e anamnese, bem como avaliação de variáveis morfométricas, adiposidade e sinais de laminite. Em seguida, foram submetidos ao teste de resistência à insulina por teste de glicose oral e mensuração da glicemia e insulinemia em três tempos. Os dados obtidos foram analisados por correlação ou testes de frequência de acordo com cada caso, considerando nível de significância de 5%. Os valores para glicose sérica não variaram entre os grupos ( $p=0,787$ ), porém diferiram ao longo do tempo ( $p<0,001$ ), as alterações no exame físico podem ter sido influenciadas pelo sistema de manejo da propriedade, animais sedentários apresentam maiores camadas de gordura localizadas. Conclui-se que as formas de manejo podem alterar os sinais clínicos durante a contenção, animais sedentários tendem a ter maior acúmulo de gordura localizada e outros testes devem ser realizados a fim de diagnosticar a resistência à insulina.

## ABSTRACT

BARROS, Thauan Carraro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2019. **Relationship between metabolic syndrome variables in mangalarga gait horses under different management conditions.** Advisor: Fabricio Luciani Valente. CoAdvisor: Raffaella Bertone Cavalcante Teixeira.

Equine metabolic syndrome (EMS) is a critical condition in horses and predisposes the affected animals to the development of laminitis. Three factors characterize EMS in horses: regional obesity or adiposity, insulin resistance, and clinical or subclinical laminitis. Stimulation of physical activity is one of the recommended management measures for the prevention and treatment of EMS. There are several tests for the diagnosis of insulin resistance as well as for EMS. Thus, this study aims to evaluate the clinical signs, insulin resistance, and fat accumulation in animals with different management conditions. For this, 17 Mangalarga Marchador horses with different body scores and properties with different management types were used. The animals were submitted to clinical examination and anamnesis, as well as evaluation of morphometric variables, adiposity, and signs of laminitis. Then, they were submitted to an insulin resistance test by oral glucose test and measurement of blood glucose and insulinemia in three stages. The data obtained were analyzed by correlation or frequency tests according to each case, considering a significance level of 5%. Serum glucose values did not vary between groups ( $p = 0.787$ ) but differed over time ( $p < 0.001$ ), the property management system may have influenced changes seen during the physical examination, sedentary animals have a more significant layer of localized fat. It is concluded that management methods may alter clinical signs during containment, sedentary animals tend to have higher localized fat accumulation, and other tests should be performed to diagnose insulin resistance.

**LISTA DE FIGURAS E TABELAS**

<b>Figura 1.</b> Representação gráfica das variações da glicemia .....	4
<b>Figura 2.</b> Representação gráfica das variações da insulinemia .....	4
<b>Tabela 1.</b> Médias $\pm$ desvio padrão ou medianas e quartis para variáveis paramétricas ou não paramétricas, respectivamente, de parâmetros morfométricos de cavalos sedentários, em treinamento e com laminite diagnosticada. ....	5
<b>Tabela 2.</b> Médias $\pm$ desvio padrão ou medianas e quartis para variáveis paramétricas ou não paramétricas, respectivamente, de parâmetros clínicos de cavalos sedentários, em treinamento e com laminite diagnosticada. ....	7
<b>Tabela 3.</b> Correlação entre circunferência de tórax e pescoço com a altura de cernelha, comprimento de pescoço e altura e camada de tecido adiposo e peso do animal entre os grupos. ....	8
<b>Tabela 4.</b> Médias $\pm$ desvio padrão ou medianas e quartis para variáveis paramétricas ou não paramétricas, respectivamente, de parâmetros clínicos de cavalos sedentários, em treinamento e com laminite diagnosticada. ....	8
<b>Tabela 5.</b> Correlação entre variáveis obtidas de cavalos mangalarga marchador submetidos ao teste oral de resistência à insulina. ....	9

**SUMÁRIO**

INTRODUÇÃO .....	1
MATERIAL E MÉTODOS .....	2
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	4
CONCLUSÃO .....	10
COMITÊ DE ÉTICA E BIOSSEGURANÇA .....	10
DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES .....	10
REFERÊNCIAS .....	11

## INTRODUÇÃO

A síndrome metabólica equina (SME) é uma condição de grande importância na medicina equina uma vez que os animais acometidos apresentam, dentre outras consequências, uma maior predisposição ao desenvolvimento de laminite (Frank, 2009). O termo vem sendo utilizado de forma padronizada desde 2002, o que foi crucial para diferenciar a SME de outras condições que podem se manifestar por meio de sinais semelhantes, como o hipotireoidismo (Johnson, 2002). Em 2010, um consenso foi elaborado pelo Colégio Americano de Medicina Interna Veterinária, que definiu a SME pela combinação de três principais características fenotípicas: obesidade ou acúmulo regional de gordura, resistência à insulina e laminite clínica ou subclínica (Frank et al., 2010).

Além do manejo dietético apropriado, uma importante medida utilizada no tratamento e prevenção da SME é o estímulo à atividade física. Atividade física moderada é capaz de aumentar a sensibilidade à insulina mesmo em animais que não apresentam resistência a esse hormônio (Turner et al., 2011).

A resistência à insulina refere-se à falha na resposta dos tecidos à estimulação por esse hormônio, sendo o músculo esquelético, o tecido adiposo e o fígado os principais órgãos afetados (Frank e Tadros, 2014). Em equinos, a resistência à insulina pode ser detectada por teste de sensibilidade à insulina (Frank, 2009; Frank et al., 2010) ou pela detecção de valores superiores a 20 mUI/mL para a concentração basal do hormônio no sangue (Dunbar et al., 2016). Entretanto, em equinos com resistência à insulina, muitas vezes os valores basais de glicose e insulina podem estar normais e serão afetados apenas quando o controle glicêmico é desafiado com administração de carboidrato ou insulina (Frank et al., 2010).

A relação entre resistência à insulina e a SME pode ser reflexo de um processo inflamatório no tecido adiposo e no fígado por uma disfunção das enzimas hepáticas (Geor, 2008; Frank, 2009). O tecido adiposo acumulado durante o desenvolvimento da SME promove o aumento de cortisol e adipocinas circulantes, o que interfere no metabolismo de energia do animal acometido (Johnson et al., 2010).

Ainda, equinos acometidos pela SME desenvolvem uma resposta imunológica celular reduzida à vacinação contra influenza, embora não haja comprometimento da resposta humoral (Elzinga et al., 2018).

A laminite pode ser classificada em três formas segundo sua etiologia: laminite inflamatória (relacionada a sepse, síndrome da resposta inflamatória sistêmica); laminite

endocrinopática (relacionada à obesidade e a distúrbios metabólicos) e a laminite decorrente de sobrecarga em um dos membros (Belknap, 2017).

Segundo Frank (2011), existem três teorias que justificam o mecanismo da laminite endocrinopática, como consequência da resistência à insulina: comprometimento da absorção de glicose, efeitos vasculares e efeitos pró-inflamatórios.

Quando saudáveis, as lâminas dérmicas do casco têm alta demanda por glicose e, por isso, diminuição na captação ou no uso da glicose pode ocasionar prejuízo a essas estruturas (Walsh e Bruns, 2017).

Embora a laminite seja considerada uma manifestação fenotípica da SME, Johnson et al. (2010) destacam que ela não deveria fazer parte do diagnóstico da síndrome, mas, pelo contrário, este diagnóstico deveria ser feito precocemente para prevenção da laminite.

O trabalho teve como objetivo avaliar os sinais clínicos, a resistência à insulina e o acúmulo de gordura em animais com diferentes condições de manejo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram selecionados 17 equinos da raça manga-larga marchador, com idade entre três e doze anos de idade, sendo 11 fêmeas e 6 machos, provenientes de propriedades da zona da mata mineira, com diferentes sistema de manejo, os quais foram divididos em três grupos: 1) Animais atletas (n = 6); 2) animais sedentários (n = 6); e 3) animais com histórico de laminite (n = 5).

Todos os animais foram submetidos a exame clínico, onde foram aferidos, frequência cardíaca, frequência respiratória, tempo de preenchimento capilar, coloração de mucosa, grau de hidratação, motilidade intestinal e temperatura retal. Variáveis morfométricas foram obtidas de acordo com protocolo de Cantarelli et al. (2018): peso corporal através de fida de pesagem de acordo com a circunferência torácica, altura de cernelha com animais sobre superfície plana e apoiado nos quatro membros foi medido a altura da cernelha do animal em relação ao solo, circunferência torácica, comprimento do pescoço foi medido com fita métrica a distância da linha media entre as orelhas até a base do pescoço, circunferência do pescoço a 25%, 50% e 75% do comprimento e escore corporal em escala de 1 a 9 (Henneke et al., 1983).

A adiposidade dos animais foi avaliada de acordo com Gentry et al. (2004), aferindo-se a espessura da gordura subcutânea com o auxílio de um ultrassom portátil (Mindray, DP-10vet) com probe linear e frequência de 7 MHZ, sendo avaliadas quatro

regiões, todas elas 5 cm lateralmente do plano sagital mediano, no antímero direito: 1) aproximadamente 7,62 cm cranialmente à base da cauda, 2) a região mais alta da garupa, 3) a região sobre a 13ª costela, e 4) imediatamente caudal à cernelha.

O teste de resistência à insulina foi realizado de acordo com estudos desenvolvidos por Jhonson et al. (2012). Após oito horas de jejum, os animais receberam por via oral 0,15 ml/kg de xarope de glucose de milho (karo Natural, 350 g, Unilever). Amostras de sangue foram coletadas na veia jugular externa por venopunção antes (T0) da administração do xarope de glucose de milho, 15, 30, 60 e 90 minutos após a administração (respectivamente T1, T2, T3 e T4) para mensuração de glicemia com o auxílio de um glicosímetro portátil (G.tech – Free) e, em laboratório, por meio de reação enzimática.

As amostras de sangue coletadas foram acondicionadas em tubos contendo ativador de coágulo para análise de insulina, tubos com fluoreto para mensuração de glicose e tubos com EDTA para hemograma. Os tubos para hemograma e para análise de glicose, imediatamente após a coleta foram condicionados em ambiente refrigerado e os tubos para amostra de Insulina foram deixados em repouso à temperatura ambiente por 45 minutos e em seguida centrifugados, a 1200 rpm por 30 minutos, para separação do soro, conforme Carslake et al. (2016). O soro foi aliquotado, resfriado em criotubos para o transporte até o laboratório, onde foram congelados a  $-20^{\circ}\text{C}$  até o momento da análise.

A insulina foi avaliada em T0, T1 e T2 por meio de ELISA (Kit Insulin AccBind, ELISA), segundo o protocolo do fabricante.

A partir dos valores de insulina e glicose basais, foram calculados os índices: 1) relação glicose/insulina; 2) HOMA-IS ( $22,5 / \text{glicose} \times \text{insulina}$ ), que é um modelo matemático criado para prever a resistência à insulina a partir dos valores de glicose e insulina do paciente em jejum (GELONEZE et al., 2006); 3) QUICKI ( $1 / (\log(\text{glicose}) + \log(\text{insulina}))$ ), é um método matemático que utilizam para correlacionar a síndrome metabólica em humanos (GELONEZE et al., 2006).

Os valores obtidos para glicose pelas duas metodologias empregadas foram comparados por teste t pareado. As variáveis glicose e insulina foram submetidas a ANOVA de dois fatores para medidas repetidas, sendo consideradas como variáveis independentes o grupo e o tempo. As outras variáveis obtidas foram avaliadas por ANOVA ou Kruskal-Wallis segundo cada caso, sendo representadas por média e desvio padrão ou mediana e primeiro e terceiro quartis, respectivamente; em caso de

significância, foi procedido o teste de Tukey. Os dados obtidos foram ainda submetidos ao teste de correlação de Pearson.

A relação entre as circunferências do tórax e do pescoço com a altura de cada animal foi calculada, assim como a relação da camada adiposa com o peso dos animais. Essas novas variáveis foram avaliadas por ANOVA, considerando 5% de significância.

Razão glicose/insulina, HOMAS-IS e QUICKI foram calculados e avaliados também por ANOVA.

Para todos os testes, foi considerado um nível de significância de 5%. Todos os dados quantitativos foram submetidos ainda ao teste de correlação de Pearson.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores para glicose sérica não variaram entre os grupos ( $p=0,787$ ), porém diferiram ao longo do tempo ( $p<0,001$ ) (Figura 1). Independentemente do grupo, os valores médios de glicose, que apresentaram níveis basais de 91,8 mg/dL, atingiram 114,9 e 108,3 mg/dL aos 60 e 90 minutos, respectivamente, após a administração do carboidrato. Dentre os três grupos, os animais treinados foram os que mais apresentaram variação individual nos valores de glicemia em jejum (Figura 1).

Tempo de estabilização, atividade física e genética, são variáveis que influenciam na expressão da GLUT-4, proteína responsável pelo transporte de glicose para dentro das células (Jose-Conilleras, 2005), condizendo com os valores glicêmicos apresentados pelos animais nos três grupos e a variação entre os animais em treinamento no T0.

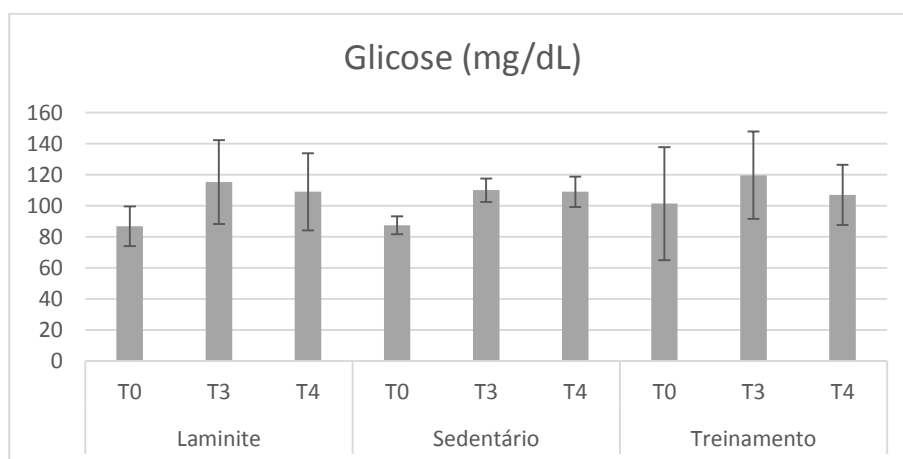


Figura 1. Representação gráfica das variações da glicemia aferida em laboratório (em mg/dL) divididas segundo o grupo (animais com laminite, sedentários ou em treinamento) e tempo (T0: valor basal de jejum; T3: 60 minutos após a administração da glicose de milho; e T4: 90 minutos após a administração da glicose de milho).

A insulina, mensurada nos momentos T0 (antes da administração de glicose de milho), T1 (15 minutos após a administração) e T2 (30 minutos após a administração) também mostrou ter efeito apenas do tempo. Neste caso, o aumento significativo foi marcado entre os tempos 1 e 2 ( $p < 0,001$ ), quando os valores médios subiram de 65, 609  $\mu\text{UI/L}$  para 96,928  $\mu\text{UI/L}$ . As características utilizadas para divisão dos animais nos três grupos não afetaram a variação da insulina ( $p = 0,669$ ) (Figura 2). Os dados mostram também que a variação individual na resposta da insulina, principalmente em T3, é muito grande em todos os grupos.

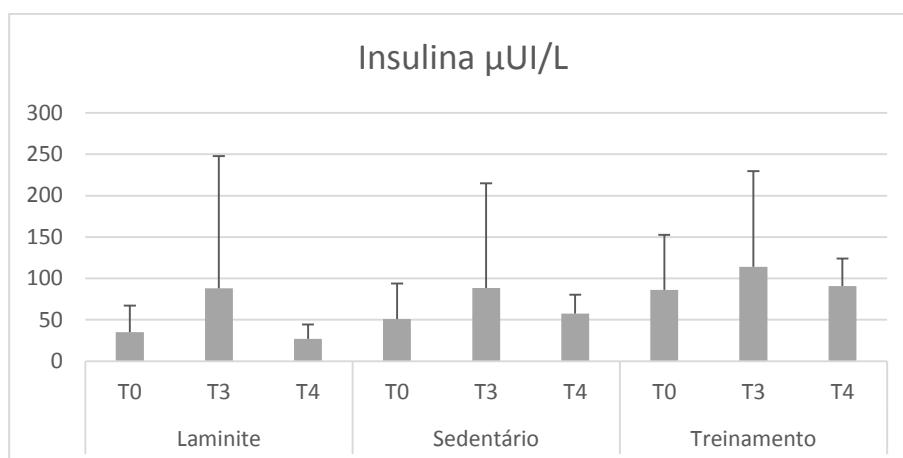


Figura 2. Representação gráfica das variações da insulinemia quantificada por ELISA (em  $\mu\text{UI/L}$ ) divididas segundo o grupo (animais com laminite, sedentários ou em treinamento) e tempo (T0: valor basal de jejum; T3: 60 minutos após a administração da glicose de milho; e T4: 90 minutos após a administração da glicose de milho).

Segundo Guyton (2017), em resposta a hiperglicemia, o pâncreas libera na circulação a insulina, hormônio responsável em estimular os canais de transporte de glicose para o interior da célula, por isso acontece aumento na insulinemia após o fornecimento do carboidrato.

As variáveis morfométricas não apresentaram diferenças entre os grupos, exceto para a adiposidade aferida na garupa, que foi maior nos animais sedentários ( $p = 0,006$ ) (Tabela 1).

Tabela 1. Médias  $\pm$  desvio padrão ou medianas e quartis para variáveis paramétricas ou não paramétricas, respectivamente, de parâmetros morfométricos de equinos sedentários, em treinamento e com laminite diagnosticada.

	<b>Animais sedentários</b>	<b>Animais em treinamento</b>	<b>Animais com laminite</b>	<b>Valor de p</b>
Peso (kg)	428,5 ± 19,1	396,1 ± 42,3	397,6 ± 65,5	0,401
Altura (cm)	149,1 ± 4,0	144,8 ± 4,2	146,8 ± 4,3	0,238
IEC	4 25%: 3 75%: 4	3 25%: 3 75%: 3,5	3 25%: 2 75%: 3,25	0,123
Circ. Tórax (cm)	178,0 ± 2,7	172,5 ± 6,6	172,8 ± 10,0	0,336
Compr. Pescoço (cm)	71,6 ± 1,9	70,6 ± 5,7	74,0 ± 4,2	0,449
Circ. P25% (cm)	72,5 25%: 71 75%: 73	74 25%: 72 75%: 78	73 25%: 67,75 75%: 76,5	0,546
Circ. P50% (cm)	86,5 ± 4,7	89,6 ± 7,7	86,4 ± 9,1	0,693
Circ. P75% (cm)	103 25%: 101 75%: 103	106 25%: 99,5 75%: 110,5	103 25%: 93,375 75%: 106,125	0,570
Base da Cauda (cm)	1,31 ± 0,59	1,02 ± 0,54	1,36 ± 0,84	0,649
<b>Adiposidade: Garupa (cm)</b>	<b>0,945 a</b> <b>± 0,162</b>	<b>0,557 b</b> <b>± 0,188</b>	<b>0,644 b</b> <b>± 0,187</b>	<b>0,006*</b>
Adiposidade: 13ª Costela (cm)	0,56 25%: 0,51 75%: 0,61	0,35 25%: 0,29 75%: 0,41	0,24 25%: 0,13 75%: 0,46	0,153
Adiposidade: Cernelha (cm)	0,488 ± 0,244	0,400 ± 0,223	0,268 ± 0,169	0,277

\*  $p < 0,050$ : diferença estatística entre valores acompanhados por letras diferentes. Teste paramétrico: ANOVA; teste não paramétrico: Kruskal-Wallis; comparação de médias: teste de Tukey. Para todos os testes, foi considerado nível de significância de 5%. IEC: índice de escore corporal; Circ.: circunferência; Compr.: comprimento.

Dentre os parâmetros clínicos, variaram significativamente entre os grupos apenas a frequência cardíaca, que foi maior nos animais sedentários. Esse grupo de animais não tem costume com manejo e são animais com vínculo social forte com os demais do piquete, o que pode ter gerado excitação durante a contenção para a realização dos testes, elevando a frequência cardíaca desses animais em função da

liberação de cortisol. Outra hipótese, é a citada por Regatiere, et al. (2016), que relatam que os cavalos que não são exercitados demandam menos contração muscular, o que influencia na resposta ao exercício e ao condicionamento físico do animal; e temperatura retal, menor nos animais com histórico de laminite (Tabela 2), devido ao espaço restrito que animais são alojados, impossibilitando o exercício fazendo com que exerçam pouca atividade física e não gere aumento da temperatura corporal, associado à baixa temperatura pela manhã nos dias de coleta.

**Tabela 2.** Médias  $\pm$  desvio padrão ou medianas e quartis para variáveis paramétricas ou não paramétricas, respectivamente, de parâmetros clínicos de cavalos sedentários, em treinamento e com laminite diagnosticada.

	<b>Animais sedentários</b>	<b>Animais em treinamento</b>	<b>Animais com laminite</b>	<b>Valor de p</b>
Temp. MTE (°C)	28,0 25%: 20,4 75%: 34,5	28,5 25%: 21,7 75%: 30,0	24,3 25%: 21,9 75%: 25,3	0,570
Temp. MTD (°C)	27,4 25%: 21,3 75%: 33,4	30,7 25%: 21,6 75%: 31,6	24,0 25%: 21,1 75%: 27,3	0,559
Temp. MPE (°C)	26,0 $\pm$ 6,9	25,9 $\pm$ 4,7	19,5 $\pm$ 4,0	0,099
Temp. MPD (°C)	26,3 $\pm$ 5,8	27,3 $\pm$ 5,9	26,3 $\pm$ 5,8	0,138
<b>Temp. retal</b>	<b>37,5 a</b> <b><math>\pm</math> 0,2</b>	<b>37,5 a</b> <b><math>\pm</math> 0,6</b>	<b>36,7 b</b> <b><math>\pm</math> 0,5</b>	<b>0,012*</b>
<b>FC</b>	<b>49,7 a</b> <b><math>\pm</math> 6,6</b>	<b>40,0 b</b> <b><math>\pm</math> 5,5</b>	<b>38,4 b</b> <b><math>\pm</math> 3,6</b>	<b>0,008*</b>
FR	14,7 $\pm$ 3,0	12,3 $\pm$ 2,3	14,4 $\pm$ 2,2	0,265

\*  $p < 0,050$ : diferença estatística entre valores acompanhados por letras diferentes. Teste paramétrico: ANOVA; teste não paramétrico: Kruskal-Wallis; comparação de médias: teste de Tukey. Para todos os testes, foi considerado nível de significância de 5%. Temp.: temperatura; MTE: membro torácico esquerdo; MTD: membro torácico direito; MPE: membro pélvico esquerdo; MPD: membro pélvico direito. FC: frequência cardíaca; FR: frequência respiratória.

Os dados encontrados na correlação entre o comprimento do pescoço bem como a circunferência em 25, 50 e 75% do pescoço e circunferência do tórax com a altura de cernelha dos animais, e a camada de gordura das áreas avaliadas com o peso, não apresentaram diferença significativa (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação entre circunferência de tórax e pescoço com a altura de cernelha, comprimento de pescoço e altura e camada de tecido adiposo e peso do animal entre os grupos.

	<b>Sedentário</b>	<b>Treinamento</b>	<b>Laminite</b>	<b>Valor de p</b>
Circunferência do tórax / altura	1,194 ± 0,038	1,191 ± 0,038	1,178 ± 0,080	0,878
Comprimento do pescoço / altura	0,481 ± 0,018	0,488 ± 0,039	0,504 ± 0,027	0,442
Circunferência do pescoço 25% / altura	0,484 ± 0,020	0,514 ± 0,020	0,495 ± 0,041	0,209
Circunferência do pescoço 50% / altura	0,580 ± 0,033	0,619 ± 0,042	0,589 ± 0,060	0,345
Circunferência do pescoço 75% / altura	0,689 ± 0,016	0,727 ± 0,033	0,685 ± 0,046	0,095
Camada adiposa base da cauda / peso ( $\times 10^{-3}$ )	3,08 ± 1,38	2,64 ± 1,47	3,37 ± 1,83	0,742
Camada adiposa garupa / peso ( $\times 10^{-3}$ )	2,20 ± 0,33	1,43 ± 0,56	1,70 ± 0,65	0,066
Camada adiposa 13ª costela / peso ( $\times 10^{-3}$ )	1,44 ± 0,63	1,20 ± 0,92	0,77 ± 0,77	0,403
Camada adiposa cernelha / peso ( $\times 10^{-3}$ )	1,13 ± 0,55	0,98 ± 0,04	0,69 ± 0,05	0,369

Embora os valores encontrados da razão glicose/insulina, HOMA-IS e QUICKI, não tenham apresentado diferença significativa (Tabela 4), existem poucas publicações desses modelos em equinos, mostrando necessário mais estudos com esse método.

No teste de correlação entre circunferência do pescoço em 50% do seu comprimento e a razão glicose/insulina, obtivemos um coeficiente de correlação de -0,629, mostrando uma correlação inversamente moderada, bem como a correlação entre circunferência do pescoço em 50% e QUICKI, onde  $R = -0,656$ , também uma correlação inversa moderada.

**Tabela 4.** Médias  $\pm$  desvio padrão ou medianas e quartis para variáveis paramétricas ou não paramétricas, respectivamente, de parâmetros clínicos de cavalos sedentários, em treinamento e com laminite diagnosticada.

	<b>Sedentário</b>	<b>Treinamento</b>	<b>Laminite</b>	<b>Valor de p</b>
Razão glicose / insulina	4,45 ± 2,67	5,55 ± 5,42	4,79 ± 3,47	0,893
HOMAS-IS	0,013 ± 0,008	0,017 ± 0,020	0,015 ± 0,011	0,894

QUICKI	0,305	0,300	0,306	0,965
	± 0,026	± 0,059	± 0,041	

Frank e Tadros (2013) descrevem como fenótipo da SME, laminite, acúmulo de gordura localizada e resistência à insulina, justificando as mais altas correlações, porém moderadas, encontradas no presente estudo, onde a razão glicose /insulina se correlaciona com a região mais elevada da crista do pescoço dos animais, na circunferência em 50% do comprimento do pescoço, e nessa mesma região do pescoço com o teste de QUICKI, mostrando que existe grande possibilidade desses animais desenvolverem a resistência à insulina e a SME.

Os testes de Pearson revelaram algumas correlações significativas (Tabela 5). A circunferência do pescoço 50% mostrou uma correlação direta moderada com as variáveis Glicose T0 e inversa com os índices elaborados para avaliação da resistência a insulina. Ao se considerar os valores de glicose e insulina em relação à circunferência do pescoço, os primeiros perdem a correlação significativa ao longo do tempo, enquanto os segundos mantêm-se constante, de forma moderada, porém significativa. Esta mesma medida de circunferência do pescoço, ao ser dividida pela altura do animal, na tentativa de isolar o fato de que a circunferência do pescoço esteja relacionada com o tamanho geral do animal, manteve a correlação semelhante, exceto para a razão glicose/insulina. Neste caso, as correlações desaparecem com a insulina e a glicose ao longo do tempo, mostrando que o indicador tem relação com a circunferência do pescoço em si e não com o tamanho do animal. A circunferência do pescoço 75% mantém uma correlação com QUICKI, mas revela uma correlação moderada positiva com a insulina. Além disso, os valores de glicose ao longo do tempo mostraram correlação positiva com o peso do animal apenas na última coleta, indicando que quanto maior o peso, maior o tempo para retorno da glicemia a seus níveis normais.

**Tabela 5.** Correlação entre variáveis obtidas de cavalos mangalarga marchado submetidos ao teste oral de resistência à insulina.

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de correlação	Valor de p
<b>Circunferência do pescoço 50%</b>	Glicose T0	0,509	0,036
Circunferência do pescoço 50%	Glicose T3	0,069	0,791
Circunferência do pescoço 50%	Glicose T4	0,042	0,872
Circunferência do pescoço 50%	Insulina T0	0,525	0,030
Circunferência do pescoço 50%	Insulina T1	0,527	0,029

Circunferência do pescoço 50%	Insulina T2	0,536	0,026
<b>Circunferência do pescoço 50%</b>	Razão glicose/insulina	-0,629	0,006
<b>Circunferência do pescoço 50%</b>	HOMA-IS	-0,611	0,009
<b>Circunferência do pescoço 50%</b>	QUICKI	-0,656	0,004
<b>Circunferência do pescoço 50% / altura</b>	Glicose T0	-0,491	0,045
<b>Circunferência do pescoço 50% / altura</b>	HOMA-IS	-0,546	0,023
<b>Circunferência do pescoço 50% / altura</b>	QUICKI	-0,601	0,010
<b>Circunferência do pescoço 75%</b>	Insulina T0	0,505	0,038
<b>Circunferência do pescoço 75%</b>	QUICKI	-0,522	0,031
<b>Glicose T0</b>	Insulina T0	0,940	<0,001
<b>Glicose T0</b>	Peso	0,245	0,317
<b>Glicose T3</b>	Peso	0,345	0,175
<b>Glicose T4</b>	Peso	0,610	0,009

\* Glicose T0: glicemia em jejum; Glicose T3: glicemia 60 minutos após administração do carboidrato; Glicose T4: glicemia em 90 minutos após a administração do carboidrato; Insulina T0: insulinemia em jejum; Insulina T1: insulinemia 15 minutos após administração do carboidrato; Insulina T2: insulinemia 30 minutos após administração do carboidrato.

## CONCLUSÃO

Conclui-se com esse estudo que os sinais clínicos, como frequência cardíaca, podem ser influenciados pelo manejo, como a taquicardia apresentada pelos animais que eram criados amadrinhados e com pouca contenção. A resistência à insulina não foi diagnosticada nos animais estudados, mostrando a necessidade da realização de testes mais desafiadores de glicemia. Já sobre o acúmulo de gordura, concluímos que nos animais sedentários existem maior circunferência em 50% do comprimento do pescoço e na garupa dos animais sedentários.

Embora os animais dos estudo tenham apresentado elevado escore corporal, histórico de laminite e acúmulo de gordura localizada, os testes não foram suficientes para chegar ao diagnóstico da síndrome metabólica equina.

## COMITÊ DE ÉTICA E BIOSSEGURANÇA

Este estudo foi realizado após apreciação e aprovação pela Comissão de Ética em Uso Animal da Universidade Federal de Viçosa (CEUA/UFV) sob o protocolo 69/2018.

## DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## REFERÊNCIAS

- ARANA-VALENCIA, N.; CATER, M. W.; WALKER, N. Assessment of owner and veterinarian awareness of equine insulin dysregulation and available treatment in Southeastern United States. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.58, p.7-12, 2017.
- BELKNAP, J. K. Laminitis: an overview. In: BELKNAP, J. K. (Org.). **Equine Laminitis**. 1ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2017, p.152-158.
- CANTARELLI, C.; DAU, S. L.; STEFANELLO, S.; AZEVEDO, M. S.; BASTIANI, G. R.; PALMA, H. E.; BRASS, K. E.; DE LA CÔRTE, F. D. Evaluation of oral sugar test response for detection of equine metabolic syndrome in obese Crioulo horses. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 63, p. 31-37, 2018.
- CARSLAKE, H.; KARIKOSKI, N.; PINCHBECK, G.; MCGOWAN, C. Serum insulin concentration in horses: Effect of storage and handling. **The Veterinary Journal**, v. 211, p. 94-96, 2016.
- DUNBAR, L. K.; MIELNICKI, K. A.; DEMBEK, K. A.; TORIBIO, R. E.; BURNS, T. A. Evaluation of four diagnostic tests for insulin dysregulation in adult light-breed horses. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 30, n. 3, p. 885-982, 2016.
- ELZINGA, S.; REEDY, S.; BARKER, V. D.; CHAMBERS, T. M.; ADAMS, A. A. Humoral and cell-mediated immune responses to influenza vaccination in equine metabolic syndrome (EMS) horses. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 199, p. 32-38, 2018.
- FRANK, N. Equine Metabolic Syndrome. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 29, n. 5, p. 259-267, 2009.
- FRANK, N., GEOR, R., BAILEY, S., DURHAM, A., JOHNSON, P. Equine metabolic syndrome. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 24, p. 467-475, 2010.
- FRANK, N.; TADROS, E. M. Insulin dysregulation. **Equine Veterinary Journal**, v. 46, p. 103-112, 2014.
- GENTRY, L. R.; THOMPSON, D. L.; GENTRY, G. T.; DEL VECCHIO, R. P.; DAVIS, K. A.; DEL VECCHIO, P. M. The relationship between body condition score and ultrasonic fat measurements in mares of high versus low body condition. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 24, p. 198-203, 2004.
- GELONEZE, B.; TAMBASCIA, M. A.; Avaliação laboratorial e diagnóstico da resistência à insulina. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo**, v. 50, n. 2, 2006.

GEOR, R. J. Metabolic predispositions to laminitis in horses and ponies: obesity, insulin resistance and metabolic syndromes. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 28, p. 753-759, 2008.

HALL, J. H.; GUYTON, A. C.; **Guyton & Hall tratado de fisiologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

HENNEKE, D. R.; POTTER, G. G.; KREIDER, J. L.; UESTS, B. F.; Relationship between body condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. **Equine Veterinary Journal**, Cambri  
dge, v. 15, n. 4, p. 371-372, 1983.

JOHNSON, P. J. The equine metabolic syndrome Peripheral Cushing's syndrome. **The Veterinary Clinics Equine Practice**, v. 18, p. 271-293, 2002.

JOHNSON, P. J.; WIEDMEYER, C. E.; GANJAM, V. K. Medical implications of obesity in horses – Lessons for human obesity. **Journal of Diabetes Science and Technology**, v. 3, n. 1, p. 163-174, 2009.

JOHNSON, P. J.; WIEDMEYER, C. E.; LACARRUBBA, A.; GANJAM, V. K.; MESSER, N. T. Diabetes, Insulin Resistance, and Metabolic Syndrome in Horse. **Journal of Diabetes Science and Technology**, v. 6, n. 3, May 2012.

JOSE-CUNILLERAS, E.; HAYES, K. A.; TORIBIO, R. E.; MATHES, L. E.; HINCHCLIFF, K. W. Expression of equine glucose transporter type 4 in skeletal muscle after glycogen-depending exercise. **American Journal of Veterinary Research**. V 66, n. 3, p. 379-385, 2005.

MORGAN, R.; KEEN, J.; MCGOWAN, C. Equine metabolic syndrome. **Veterinary Record**, v. 15, p. 173-179, 2015. TURNER, S. P.; HESS, T. M.; TREIBER, K.; MELLO, E. B.; SOUZA, B. G.; ALMEIDA, F. Q. Comparison of insulin sensitivity of horses adapted to different exercise intensities. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 31, p. 645-649, 2011.

REGATIERI, I.C.; PEREIRA, G.L.; TEIXEIRA NETO, A.R.; FERRAZ, G.C.; CURI, R.A.; QUEIROZ-NETO, A. Polymorphisms in MCT1, CD147, PDK4, and DMRT3 genes in **Arabian and Quarter Horses**. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.1, p.1-5, 2016.

TURNER, S. P.; HESS, T. M.; TREIBER, K.; MELLO, E. B.; SOUZA, B. G.; ALMEIDA, F. Q. Comparison of insulin sensitivity of horses adapted to different exercise intensities. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 31, p. 645-649, 2011.

WALSH, D. M.; BRUNS, T. A. Historical perspective on equine laminitis. In: BELKNA, 2017.