ADRIANA RAQUEL DE ALMEIDA DA ANUNCIAÇÃO

**Aspectos do desenvolvimento morfológico, morfométrico e ultraestrutural do
aparelho ungueal do cavalo Baixadeiro**

São Paulo

2016

ADRIANA RAQUEL DE ALMEIDA DA ANUNCIAÇÃO

**Aspectos do desenvolvimento morfológico, morfométrico e ultraestrutural do
aparelho ungueal do cavalo Baixadeiro**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências

Departamento:
Cirurgia

Área de concentração:
Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres

Orientadora:
Profa. Dra. Maria Angelica Miglino

São Paulo
2016

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virgínie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade de São Paulo)

T.3297
FMVZ

Anunciação, Adriana Raquel de Almeida da
Aspectos do desenvolvimento morfológico, morfométrico e ultraestrutural do aparelho
ungueal do cavalo Baixadeiro. / Adriana Raquel de Almeida da Anunciação. – 2016.
52 f. il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, São Paulo, 2016.

Programa de Pós-Graduação: Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres.

Área de concentração: Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres.

Orientador: Profa. Dra. Maria Angelica Miglino

1. Equinos. 2. Lamelas epidérmicas. 3. Estrato médio. 4. Resistência. I. Título.

BIOÉTICA

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "ASPECTOS DO DESENVOLVIMENTO MORFOLÓGICO, MORFOMÉTRICO E ULTRAESTRUTURAL DO APARELHO UNGUEAL DO CAVALO [BAIXADEIRO]", protocolado sob o CEUA nº 1846030214, sob a responsabilidade de **Maria Angélica Miglino e equipe; Adriana Raquel de Almeida da Anunciação** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei 11.794, de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovado** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) em reunião de 19/02/2016.

We certify that the proposal "título em inglês", utilizing 10 Equines (10 females), protocol number CEUA 1846030214, under the responsibility of **Maria Angélica Miglino and team; Adriana Raquel de Almeida da Anunciação** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes (or teaching) - it's in accordance with Law 11.794, of October 8 2008, Decree 6899, of July 15, 2009, with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the University of São Paulo (CEUA/FMVZ) in the meeting of 02/19/2016.

Vigência da Proposta: de 2014 a 2016

Área: Cirurgia

Procedência: Não aplicável biotério

Espécie: Equídeos

sexo: Fêmeas

idade: 4 anos

N: 10

Linagem: Baixadeiro

Peso: 300kg

Resumo: O presente estudo descreverá as estruturas do aparelho ungueal de embriões do cavalo [Baixadeiro], bem como as estruturas do tecido laminar do casco de animais adultos comparando-os entre si durante o período seco e chuvoso do ano (10 equídeos). Para o estudo macroscópico os embriões serão pesados em balança analítica e mensurados com paquímetro o comprimento cefalocaudal, conforme preconizado por Lahunta e Noden e (1990). Serão utilizadas amostras de 3 cascos referentes a cada período do ano, período seco (agosto-dezembro) e chuvoso (janeiro-julho), de animais adultos que vierem a óbito durante o período do experimento. Em seguida será realizada a descrição macroscópica do aparelho ungueal seguindo a Nomenclatura Anatômica Veterinária e a Nomenclatura Embriológica Veterinária. Para o estudo microscópico as amostras serão fixadas em formol a 10 %, desidratadas com álcool e incluídas em parafina. Serão realizados cortes de 5 a 7µm de espessura, corando-se em seguida com hematoxilina-eosina (HE). Serão analisados o comprimento e largura das lâminas epidérmicas primárias (LEP), secundárias (LES) assim como o diâmetro e espessura dos túbulos córneos, utilizando-se o sistema de análise de imagem computadorizada. As lâminas serão fotomicrografadas utilizando-se microscópio e luz digital da marca Leica (ICC50HD) para posterior análise.

São Paulo, 27 de fevereiro de 2016

Prof. Dra. Denise Tabacchi Fantoni

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

Roseli da Costa Gomes

Secretaria Executiva da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: ANUNCIAÇÃO, Adriana Raquel de Almeida da

Título: Aspectos do desenvolvimento morfológico, morfométrico e ultraestrutural do aparelho ungueal do cavalo Baixadeiro

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

*A minha mãe Celia Maria,
presente em todos os momentos da minha vida,
incentivando e torcendo pelo meu sucesso.
E ao meu pai João Pedro e irmãos Marcos Aurélio e Arlindo Almeida
pela força e torcida.*

*Aos meus Amigos
Pelo apoio, convivência e pelos momentos de descontração*

*Aos meus Professores
Que possibilitaram a minha formação acadêmica e científica.*

*Aos cavalos Baixadeiros,
Que contribuíram com suas valiosas vidas para a realização desta pesquisa.*

*Nenhuma conquista tem significado pleno,
se não for partilhada com as pessoas que
nos ajudam nessa caminhada.*

(Chiara Lubich)

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a **Deus** e a **Meishu-Sama** pelas dádivas concebidas e pela proteção divina.

Aos meus pais, **Celia Maria de Almeida da Anunciação** e **João Pedro Porfírio da Anunciação** que sempre foram meu porto seguro e sempre me incentivaram a nunca desistir dos meus objetivos.

À minha orientadora **Dra. Maria Angelica Miglino** pela oportunidade e pela confiança em mim depositada nestes dois anos para a realização deste trabalho.

Ao **Programa de Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres** por permitirem minha titulação nesta instituição de tamanho renome e respeito que é a Universidade de São Paulo.

À **Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)** por ter auxiliado no projeto.

Aos Técnicos **Ronaldo Agostinho** e **Dra. Rose Eli Graci Rissi** pelo auxílio durante a pesquisa.

Ao criador de cavalo Baixadeiro, senhor “**Zé Muleque**” por me acompanhar nas coletas, sem ele dificilmente eu conseguiria material para realizar este trabalho.

Ao Prof. **Dr. Daniel Prazeres Chaves** pela ajuda na coleta de material e por disponibilizar sua propriedade para alocar os animais que serão utilizados na segunda etapa da pesquisa.

A mestrande Luciana **Cordeiro Rosa** por ter me ajudado em todas as coletas do material biológico que foi utilizado nesta pesquisa.

Ao Prof. **Dr. Estefano Carlo Filopo Hagen** por sempre me prestar auxílio quando necessário.

Aos meus amigos da pós-graduação: **Ana Carolina Martins dos Santos, Marcio Pereira, César Prado, Bruna Andrade Aguiar, Dailiany Orechio, Katia de Oliveira Pimenta Guimarães, Marcos Vinicius Mendes Silva, Maria Angélica (Emehá), Horácio Tomasi Junior, Luciana Simões, Miguel Lobo, Francileusa Delys (Natal), Paulo Ramos, Thais Borges e Diego Carvalho Viana** pela amizade divertimento, por todo carinho e respeito.

As amigas **Jéssica Borghesi e Lara Carolina Mario**, pela ajuda durante o experimento, amizade e pelas parcerias realizadas em outros trabalhos.

Agradeço ainda aos amigos que de certa forma conquistaram um lugar especial no meu coração o “My heart” **Luciano César Pereira Campos Leonel** e a **Carla Maria Figueiredo de Carvalho Miranda** que se tornaram minha segunda família aqui em São Paulo.

Aos amigos **Bruna Jesus, Ana Paula, Aline Bonvegno, Juliana Queiroz e Jaderson Porto** pela torcida.

E por último e não menos importante, agradeço ao **Dr. Phelipe Oliveira Favaron**, pelos ensinamentos, paciência e parceria nos trabalhos durante estes dois anos de pesquisa. E também ao **Dr. Rodrigo Barreto**, que sempre estava disposto a colaborar dando sugestões de como poderia melhorar este trabalho.

RESUMO

ANUNCIAÇÃO, A. R. A. da. **Aspectos do desenvolvimento morfológico, morfométrico e ultraestrutural do aparelho ungueal do cavalo Baixadeiro.** [Aspects of morphological development, morphometric and ultrastructural of the nail apparatus in Baixadeiro horse]. 2016. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

O cavalo Baixadeiro é encontrado na Baixada Maranhense, região caracterizada por planície, podendo permanecer alagada por até seis meses. Ainda que diante destas condições, o cavalo Baixadeiro pode viver sem apresentar doenças da úngula, tais como, a laminite. Assim, propôs-se identificar elementos morfológicos da úngula desta raça específica de cavalo com o intuito de explicar tal resistência à umidade. Foram utilizadas amostras de úngula provenientes de 4 cavalos Baixadeiros (N=16) e de 4 cavalos Puro Sangue Inglês (N=16). Todas as úngulas foram analisadas por macroscopia, morfometria e por microscopia eletrônica de varredura e de luz. Macroscopicamente, a úngula do cavalo Baixadeiro era cuneiforme, com comprimento médio de 10.22 ± 1.3 cm, largura de 9.83 ± 1.01 cm e comprimento da parede medial de 5.67 ± 0.76 cm. A úngula do cavalo Puro Sangue Inglês teve um comprimento médio de 13.47 ± 0.8 cm, largura de 12.54 ± 0.49 cm e comprimento da parede medial de 7.77 ± 0.54 cm. Na microscopia de luz da camada interna, o tecido que conecta as lamelas epidérmicas primárias às secundárias e ao estrato médio foi visualmente mais espesso no Baixadeiro. Além disso, a região distal das lamelas era mais compacta do que as da região proximal, enquanto que no Puro Sangue Inglês não foram observadas diferenças. Na microscopia eletrônica de varredura, o espaço intertubular do estrato médio foi visualmente maior. A partir desta arquitetura nós sugerimos que existe maior adesão da cápsula da úngula à falange distal no cavalo Baixadeiro, provavelmente diminuindo a incidência de rotação da falange distal e, conseqüentemente, diminuindo a laminite.

Palavras-chave: Equinos. Lamelas epidérmicas. Estrato médio. Resistência.

ABSTRACT

ANUNCIAÇÃO, A. R. A. da. **Aspects of morphological development, morphometric and ultrastructural the nail apparatus horse Baixadeiro.** [Aspectos do desenvolvimento morfológico, morfométrico e ultraestrutural do aparelho ungueal do cavalo Baixadeiro]. 2016. 52f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

The Baixadeiro horse is found in Baixada Maranhense, region is characterized by a flat land that can be flooded during six months per year. In this region the Baixadeiro horse can live without ungula diseases, such as, laminitis. Thus, was proposed to identify morphological elements of the ungula from this specific breed to indicate this resistance to humidity. We used ungula samples from four Baixadeiro horse (N=16) and from four Thoroughbred horse (N=16). All ungulas were analyzed macroscopically, morphometrically and by light and scanning electronic microscopy. Macroscopically, the ungula of Baixadeiro horse was cuneiform, with average length 10.22 ± 1.3 cm, width of 9.83 ± 1.01 cm and medial wall length of 5.67 ± 0.76 cm. While the Thoroughbred horse ungula had average length 13.47 ± 0.8 cm, width 12.54 ± 0.49 cm and medial wall length 7.77 ± 0.54 cm. Under light microscopy, in the internal layer, the tissue that connects primary to secondary epidermal lamella and to middle stratum was visually thicker in the Baixadeiro. In addition, the distal region of lamellae was more compact than the proximal region, while in Thoroughbred no differences were observed. By scanning electron microscopy, the intertubular space of the middle stratum was visually bigger. From this architecture we suggested that there are greater adhesion of ungula capsule to distal phalanx in the Baixadeiro horse, probably decreasing incidence of distal phalanx rotation and consequently diminishing laminitis.

Keywords: Equines. Epidermal lamella. Middle stratum. Resistance.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO (Geral)	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	FILOGENIA E EVOLUÇÃO DOS EQUÍDEOS	14
2.2	CAVALO BAIXADEIRO	15
2.3	ANATOMIA E FUNÇÃO DO APARELHO UNGUEAL	17
2.4	BIOMECÂNICA DA ÚNGULA	19
2.5	LAMINITE EQUINA	22
3	(ARTIGO)	24
3.1	INTRODUÇÃO.....	26
3.2	MATERIAL E MÉTODO.....	27
3.2.1	Local e delineamento do experimento	27
3.2.2	Análise macroscópica e morfométrica da úngula	28
3.2.3	Maceração.....	28
3.2.4	Análise Histológica	29
3.2.5	Microscopia Eletrônica de varredura (MEV)	30
4	RESULTADOS	31
4.1	ANALISE MORFOLÓGICA E MORFOMÉTRICA	31
4.2	ANALISE HISTOLÓGICA	35
4.3	MICROSCOPIA ELETRONICA DE VARREDURA	37
5	DISCUSSÃO	40
6	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

O cavalo Baixadeiro representa um grupamento de animais com grande diversidade genética e biológica, moldadas pela seleção natural ao longo das gerações, pois são capazes de sobreviver seis meses em campos alagados e seis meses de seca, condições em que outras raças de equinos teriam dificuldades em sobreviver.

Estima-se que a população de equinos tipicamente Baixadeiro esteja em torno de 4 mil animais, influenciando de maneira marcante as condições socioeconômicas dos habitantes da região, não apenas por representarem um meio de transporte para as comunidades locais, como também um grande aliado nas atividades pecuárias, garantindo a sustentabilidade dos meios de produção da região (SERRA, 2004).

Segundo os criadores, a cada ano ocorre a diminuição da população do cavalo Baixadeiro, em decorrência dos cruzamentos indiscriminados com outras raças, além dos acasalamentos consanguíneos, manejo sanitário e reprodutivo inadequado, o que a longo prazo, poderá causar a extinção desses animais na Baixada Maranhense (SANTOS et al., 2013a.). Dessa forma, o estudo das potencialidades destes animais contribuirá para a valorização deste grupamento racial, além de chamar a atenção das instituições acadêmicas, médicos veterinários, zootecnistas e entidades locais para preservação do cavalo Baixadeiro, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico da região.

O estudo microscópico do aparelho ungueal do cavalo Baixadeiro torna-se importante na busca de informações que comprovem a resistência as enfermidades podais, uma vez que, este grupamento racial destaca-se por apresentar características próprias e peculiares, quando comparados à outros grupos de animais de sua espécie.

Considerando a importância do aparelho ungueal na manutenção do equilíbrio dos equídeos, estudos adicionais sobre a úngula destes animais são necessários. Até o presente momento, não foram relatados estudos quanto a estrutura e ultraestrutura ungueal destes animais, portanto, os dados obtidos neste trabalho serão inéditos e poderão auxiliar a entender como o cavalo Baixadeiro consegue sobreviver no ambiente típico da Baixada Maranhense.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FILOGENIA E EVOLUÇÃO DOS EQUÍDEOS

A evolução dos equídeos levou ao desenvolvimento de numerosas características morfológicas, que melhoraram a locomoção desses animais (Figura 1), tais como a redução dos componentes musculares, desenvolvimento de estruturas tendíneas fortes, vários ligamentos para assegurar o comportamento autônomo e passivo dos membros, além da simplificação da região distal do membro a um único dígito envolto por uma cápsula queratinizada denominada de úngula (DENOIX, 1994).

O cavalo *Eohippus* é considerado o ancestral mais antigo, viveu no período Eoceno há aproximadamente 50 milhões de anos atrás. Era um animal com cerca de 45 cm de comprimento e 30 cm de altura, assemelhando-se a uma raposa (BECK, 1989). Caracterizado pela presença de quatro dígitos nos membros torácicos, mais ainda com vestígio do polegar e três dígitos nos membros pélvicos (HERMSDORFF, 1956). Em decorrência do seu pequeno porte, foi domesticado para consumo de sua carne e couro, pois, eram pequenos demais para a monta (MARIANTE; CAVALCANTE, 2000).

No final do período Eoceno aproximadamente 50 milhões de anos atrás, surge o *Orohippus*, caracterizado pela ausência do vestígio do quinto dígito e o terceiro dígito mais proeminente (BENSON, 1940). No início do período Mioceno, aproximadamente 36 milhões de anos atrás, surge o *Mesohippus*, com a presença de quatro dígitos atrofiados no membro torácico e três dígitos nos membros pélvicos. Em seguida, surge o *Miohippus*, com um porte maior e ainda tridáctilo (HERMSDORFF, 1956).

No período Plioceno, aproximadamente 17 milhões de anos atrás, aparece o *Protohippus*, ainda tridáctilo, mas com os dígitos laterais menos desenvolvidos que o mediano, único que se apoiava no solo. Finalmente, no final do Plioceno, (entre 5 a 1,8 milhões de anos atrás), surge o *Pliohippus*, a última forma fóssil antes do aparecimento dos Equídeos, sendo por isso, considerado como o

verdadeiro ancestral dessa família na América. Eles apresentavam os dois dígitos laterais ainda mais atrofiados do que na forma anterior.

Figura 1 - Evolução das extremidades dos membros dos Equídeos: do *Eohippus* ao *Equus*

Fonte: Anunciação (2016) adaptado de Hermsdorff (1956)

Legenda: II-segundo dígito, III-terceiro dígito, IV- quarto dígito, V- quinto dígito

2.2 CAVALO BAIXADEIRO

O cavalo Baixadeiro é oriundo do cruzamento de raças trazidas da Península Ibérica, provavelmente dos cavalos Garrano e Berbere. Morfologicamente, o porte do cavalo Baixadeiro varia de pequeno a médio, cerca de 1,40 m de cernelha com pelagens predominantemente a tordilha, castanha e rosilha (SERRA, 2004; GAZOLLA et al., 2009).

São nativos da área de proteção Ambiental da Baixada Maranhense, região localizada ao norte do estado do Maranhão, que apresenta grande extensão de campos naturais totalmente inundáveis durante o período chuvoso (janeiro a

julho) e solos extremamente áridos durante o período de estiagem (agosto a dezembro (Figura 2) (MOURA, 2004).

Figura 2: Cavalo Baixadeiro durante os dois períodos do ano

Fonte: Anunciação (2016).

Legenda: A- Cavalo Baixadeiro nos campos alagados da Baixada Maranhense e B- Cavalo Baixadeiro no solo árido da Baixada Maranhense.

Os equídeos dessa região conseguem sobreviver seis meses em campos alagados e seis meses em solo árido, ou seja, são animais rústicos e com alto potencial de resistência às intempéries ambientais, assim como as doenças usualmente decorrentes dessas condições. Esta adaptação ao ambiente local é uma das características mais valiosas das raças nativas, o que engloba a tolerância e adaptação ao calor, adaptação às condições de seca e cheia, uso espacial e hábito alimentar (SANTOS et al., 2003a; SERRA, 2004).

O sistema de Criação realizado na Baixada Maranhense condiz com a rusticidade adquirida pelos animais, pois são criados soltos sem manejo reprodutivo, do qual a monta natural não é monitorada (CHAVES et al., 2013). As éguas apresentam época de parição contínua, com parto natural e o cio ocorre entre junho e setembro, no qual se observa a maior oferta de alimentos (DIAS et al., 2012; SILVA e CHAVES, 2012).

É notável a escassez de informações sobre a sanidade destes animais, entretanto, estudos realizados por Santos et al. (2013b) caracterizaram o perfil

hematológico do cavalo Baixadeiro, o que é essencial para auxiliar na interpretação dos achados clínicos e no diagnóstico de possíveis enfermidades que acometem estes equídeos.

Este tipo étnico de equino exerce importante papel no trabalho e na vida diária do homem da Baixada Maranhense, que vive da agricultura e pecuária de subsistência, o mesmo ocorre no pantanal mato-grossense, com o cavalo Pantaneiro, em Roraima com o Lavradeiro, e no Pará com o Marajoara (SERRA, 2004).

De acordo com Toro et al. (1980), as raças nativas das diferentes espécies de animais domésticos são consideradas importantes componentes da biodiversidade mundial em decorrência da presença de genes e combinações gênicas que são consequência da adaptação a diferentes ambientes.

O Aparelho ungueal destes animais consegue suportar os períodos de cheias da região local, desempenhando papéis essenciais para a manutenção do equilíbrio, garantindo funções como absorção de impacto com o solo, resistência ao desgaste, auxílio na propulsão, suporte ao peso do animal e auxílio no retorno sanguíneo da extremidade do membro locomotor, tornando essa estrutura uma peça fundamental para a higidez do equino (FARIA, 2010).

2.3 ANATOMIA E FUNÇÃO DO APARELHO UNGUEAL

A úngula ou envolve a terceira falange, o osso navicular e parte da segunda falange, constituindo uma estrutura especializada, projetada para resistir ao desgaste, suportar o peso do animal e absorver o impacto do solo. Além disso, contribui para a proteção dos tecidos vivos, reduzindo assim o surgimento de injúrias no aparelho locomotor (POLLITT, 1992; THOMASON et al., 2001; KASAPI e GOSLINE, 1997).

Morfologicamente, a úngula é dividida em parede ou muralha, sola e ranilha. A parede apresenta espessura entre 0,2 a 0,5 e cresce de cima para baixo, a partir do extrato germinativo (banda coronária), onde as células germinativas produzem os queratinócitos que se maturam na parede da úngula (REZENDE et al., 2013). A sola constitui a maior parte da superfície ventral da úngula, de aspecto

semilunar. A borda convexa se une a parede por meio de substância córnea, relativamente macia, denominada “zona branca” na superfície ventral da úngula (SISSON, 1986; BUDRAS; KONING, 2004).

A parede da úngula divide-se em pinça, mamás, quartos, talões e barras, apresenta duas faces (externa e interna) duas margens (proximal e plantar). A face externa é convexa e revestida pela faixa perióplica (fino extrato que circunda a parte proximal da parede), chamada também de extrato superficial, verniz ou extrato vítreo. Apresentam estrias verticais que são dadas pelo arranjo dos túbulos córneos. A face interna é côncava em relação à externa, e apresenta as lâminas córneas. A margem proximal (coronária) é percorrida por um sulco circular (sulco coronário). A margem inferior ou plantar está em contato com o solo, da qual se aplicam as ferraduras, porém a parte que se estende aos talões e barras não toca o solo (PARKS, 2003a; KONIG; LIEBCH, 2004).

A úngula também é dividida em pinça, quartela e talões. Os talões são a continuação traseira das barras da úngula. As barras aplicam força nos talões e são responsáveis pela resistência da úngula ao impacto do peso do equino quando a úngula se apoia no solo (ANDRADE, 1986).

Apêndices queratinizados nas pontas dos dígitos dos mamíferos refletem funcionalmente as adaptações alcançadas por estes indivíduos para sobreviverem em diferentes ambientes (HAMRICK, 2003). A resistência mecânica da úngula depende da queratinização de células nas camadas germinais da epiderme, da integridade das interações célula-célula e na organização macromolecular de filamentos de queratina no interior desta matriz (FRASER; MCCRAE, 1980; HENDRY, 1995).

Histologicamente, a úngula é composta de um epitélio superficial (epiderme) e uma camada fibrosa resistente (derme), que repousa em um extrato de tecido conjuntivo frouxo (subcutâneo). A epiderme é queratinizada e a derme é uma estrutura altamente vascularizada que tem como função a nutrição e inervação da úngula. Por último, o tecido subcutâneo forma a almofada digital (HOOD, 1999).

A epiderme divide-se em: estrato basal, estrato germinativo e estrato córneo. O estrato córneo também é segregado nas seguintes camadas: estrato externo, médio e interno. O estrato externo é constituído de uma camada córnea que se estende até o perioplo. Já o estrato médio é composto por túbulos córneos e tecido córneo intertubular, sendo responsáveis por ocasionar uma configuração mais

volumosa. A porção interna da úngula constitui-se de lâminas epidérmicas primárias e secundárias, sendo esta última, mais o córion, as estruturas capazes de receberem terminações nervosas sensitivas. (PARKS, 2003b; KONIG; LIEBCH, 2004; KAINER, 2006).

Vale ressaltar que, o arranjo microscópico da parede da úngula não é uniforme, possuindo modificações estruturais de acordo com as raças, idade e influencia ambiental (MENDONÇA et al., 2003; FARIA et al., 2010). Estudos realizados por Peterse (1992), retrataram que a composição química da úngula, o número de túbulos, a espessura da parede e a quantidade de queratina no estojo córneo, são fatores importantes que proporcionam a resistência da úngula. Para Kasapi & Gosline (1997), a composição bioquímica, o arranjo molecular somado a viscoelasticidade da parede da úngula o tornam mais rígido a medida que aumentam as tensões sobre sua estrutura.

2.4 BIOMECÂNICA EQUINA

A biomecânica da úngula constitui uma importante função protetora para os equinos, principalmente quando se considera a elasticidade da úngula e a capacidade de absorção do impacto em terrenos irregulares (Figura 3) (RASCH, 2015).

O contato inicial da úngula no solo, pode ocorrer com toda a sola (em nível) ou primeiro com a pinça ou com o talão. Na maioria dos equinos o impacto ocorre primeiro com o talão ou com toda a sola (PARKS, 2003b; MARRISON, 2007).

Após o contato inicial, começa a fase de impacto, caracterizada por frequentes oscilações das forças reativas do solo sobre o membro locomotor do cavalo. Essas oscilações estão reduzidas ao nível da falange proximal, indicando que os tecidos moles da úngula, articulações interpostas e os plexos venosos estão absorvendo a energia de impacto (PARKS, 2003b).

A fase de posição estende-se do fim da fase de impacto até a rotação da úngula. É uma fase transitória entre a fase de impacto e de rotação da úngula, sendo bastante estressante para as estruturas internas da úngula e do membro pélvico, na qual há o deslocamento do centro de gravidade do cavalo, que estava

sobre a úngula, e que progride cranialmente, à medida que o aparelho flexor eleva o peso do cavalo e do cavaleiro, afastando-se do solo (STASK et al., 2006).

A fase de rotação estende-se desde a elevação dos talões até o momento em que a pinça da úngula deixa o solo. O tendão flexor digital profundo permanece contraído uma vez que ainda deve agir aplicando uma força contrária superior aquela exercida pelo peso do animal e cavaleiro (STASK et al., 2006).

A fase de elevação ou suspensão começa quando a ponta do dígito deixa o solo, os músculos flexores do dedo puxam a falange distal para trás à medida que o membro sofre retração, e termina ao primeiro contato dos talões com o chão. Durante esse período, o movimento do membro distal é passivo, secundário a atividade muscular da região proximal (PARKS, 2003b; CLAYTON, 2004).

As forças que agem sobre o membro durante a fase de suspensão são relativamente pequenas, principalmente na porção distal do membro e por isso, desvios no padrão do movimento que ocorrem nesta fase não influenciam na normalidade do andamento. Entretanto, as forças que suportam o peso do equino na fase de apoio são a causa da maioria das lesões em ossos, articulações, ligamentos e tendões (CLAYTON, 2004).

Figura 3: Desenho esquemático das forças que atuam dentro do membro distal estático

Fonte: VAN EPS; COOLINS; POLLIT, (2010)

Legenda: C-componente compressivo de g agindo em direção distoproximal da parede da úngula, D-ação do tendão flexor digital profundo; G-componente da força de reação do solo em resposta a w, T-força de tração atuando através do aparelho suspensor da falange distal, W-peso do cavalo atuando sobre o peso da úngula.

Ressalta-se que a sensibilidade da úngula não está restrita somente ao local em que ele pisa, mas também na medida em que as paredes da úngula dobram, comprimem e esticam, em combinação com a sua capacidade de flexão na parte traseira isso permite uma aterrissagem suavizada no solo (RASCH, 2015).

2.5 LAMINITE EQUINA

A laminite é uma patologia complexa, grave e comum, definida pela inflamação das lâminas sensíveis da úngula (STASHAK, 2004), sendo reconhecida como uma das mais importantes síndromes clínicas em equinos, atingindo milhares de animais no mundo todo (HUNT; WHARTON, 2010). Inicialmente foi definida como

uma inflamação das lâminas sensitivas da úngula, no entanto também envolve uma sequência complicada e inter-relacionada de processos que resultam num grau variável de rotura da interdigitação das lâminas primárias e secundárias epidérmicas e dérmicas (MOORE et al., 1989; STASHAK, 2004).

A laminite pode ser classificada em estágios agudo, subagudo, refratário e crônico (KATZ; BAILEY, 2012), não podendo ser considerada uma doença primária e, sim, de etiologia multifatorial, como em doenças associadas à sepsse/endotoxemia (TÓTH et al., 2009); laminite no membro contralateral (VAN EPS; COLLINS; POLLITT, 2010); síndrome de Cushing em cavalos velhos (McGOWAN.; NEIGER, 2003); síndrome metabólica equina (JOHNSON et al., 2010) e trauma (WYLIE et al., 2011).

São consideradas três fases distintas de laminite, que implicam tratamento diferenciado consoante à fase em que o animal se encontra. A fase de desenvolvimento da laminite ocorre antes do aparecimento dos primeiros sinais clínicos, com o início do processo de lesão laminar, apesar do animal não ter dor. Quando o animal começa a apresentar os primeiros sinais de dor/clauidicação, inicia-se a denominada fase aguda (FRALEY, 2007). A laminite é considerada crônica a partir de 72 horas ou a partir dos primeiros sinais de deslocamento da terceira falange em relação à parede da úngula, observados nas radiografias (HOOD, 1999). Cavalos com laminite crônica sofrem de deformação da úngula e clauidicação variável, dependendo do estágio e severidade da doença, como integridade laminar, presença de sepsse e grau de instabilidade da interface falange distal/ parede da úngula (HUNT; WHARTON, 2010; BELKNAP; PARKS, 2011).

A laminite causa alterações anatômicas progressivas, resultando em ruptura da comunicação entre a falange distal e os elementos cutâneos da parede lamelar da úngula (ENGILES, 2010). Tais alterações causam mudanças degenerativas, dor excessiva, clauidicação, anormalidades da postura e marcha e consequente perda da performance atlética, ocasionando em necessidade de eutanásia dos animais (WYLIE et al., 2011). Esta patologia pode envolver mais de um membro, inclusive havendo relatos que indicam que os membros torácicos são os mais comumente acometidos Katz e Bailey (2012).

O diagnóstico da laminite é baseado na anamnese, nos sinais clínicos radiográficos, na venografia e na anestesia local. A anamnese é importante para o reconhecimento de possíveis causas predisponentes ao desenvolvimento de

laminite, que podem ajudar a orientar o diagnóstico (ADAMS, 1994). O exame radiográfico é fundamental para o prognóstico. Por meio deste exame, pode-se observar o deslocamento distal ou a rotação da terceira falange, com ou sem áreas radioluscentes, sugestivas de acúmulo de ar na região submural ou subsolear (MIKAIL; PEDRO, 2006). A venografia é uma técnica radiográfica que contrasta as veias por via retrógrada, onde são destacados pela utilização de uma solução radiopaca, sendo possível avaliar sua integridade, distribuição e posição anatômica (FRAZÃO, BORJA; FERNANDES; HAGEN, 2007). Já o uso da anestesia local é realizado nos nervos palmares, ao nível da superfície abaxial na região dos ossos sesamóideos proximais, ou por bloqueio de campo ao nível da quartela. Este método, no entanto, é somente utilizado, quando não é possível o diagnóstico por outros métodos (STASHAK, 2004).

Os tratamentos de laminite variam de acordo com quadro clínico da patologia em que o animal se encontra (HUNT, 2002). Tratamento com antiinflamatório não esteróides (AINEs), como fenilbutazona, flunixin meglumine, dimetil sulfóxido (DMSO) são utilizados para diminuir a inflamação, o edema e a dor, com a diminuição da dor agentes vasodilatadores são introduzidos como catecolaminas, acepromazina e pentoxilina (PARKS, 2003c; STOKES et al., 2004). Recentemente, foi descrita a técnica de infusão intraóssea na falange distal de drogas inibidoras (batimastat e marimastat) de metaloproteinases (MMP), haja vista que as MMP estão associadas com a quebra da membrana basal lamelar na fase inflamatória da laminite. No entanto, mais estudos ainda são precisos para investigar a ação terapêutica dos inibidores de MMP na laminite, especialmente na sintomatologia de rotação óssea e dor (UNDERWOOD et al., 2015).

3 (I ARTIGO) CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, MORFOMÉTRICA E ULTRAESTRUTURAL DO APARELHO UNGUEAL DO CAVALO BAIXADEIRO

Resumo

O cavalo Baixadeiro é encontrado na Baixada Maranhense, região caracterizada por planície, podendo permanecer alagada por até seis meses. Ainda que diante destas condições, o cavalo Baixadeiro pode viver sem apresentar doenças da úngula, tais como, a laminite. Assim, propôs-se identificar elementos morfológicos da úngula desta raça específica de cavalo com o intuito de explicar tal resistência à umidade. Foram utilizadas amostras de úngula provenientes de 4 cavalos Baixadeiros (N=16) e de 4 cavalos Puro Sangue Inglês (N=16). Todas as úngulas foram analisadas por macroscopia, morfometria e por microscopia eletrônica de varredura e de luz. Macroscopicamente, a úngula do cavalo Baixadeiro era cuneiforme, com comprimento médio de 10.22 ± 1.3 cm, largura de 9.83 ± 1.01 cm e comprimento da parede medial de 5.67 ± 0.76 cm. A úngula do cavalo Puro Sangue Inglês teve um comprimento médio de 13.47 ± 0.8 cm, largura de 12.54 ± 0.49 cm e comprimento da parede medial de 7.77 ± 0.54 cm. Na microscopia de luz da camada interna, o tecido que conecta as lamelas epidérmicas primárias às secundárias e ao estrato médio foi visualmente mais espesso no Baixadeiro. Além disso, a região distal das lamelas era mais compacta do que as da região proximal, enquanto que no Puro Sangue Inglês não foram observadas diferenças. Na microscopia eletrônica de varredura, o espaço intertubular do estrato médio foi visualmente maior. A partir desta arquitetura nós sugerimos que existe maior adesão da cápsula da úngula à falange distal no cavalo Baixadeiro, provavelmente diminuindo a incidência de rotação da falange distal e, conseqüentemente, diminuindo a laminite.

.

Palavras-chave: Equinos. Lamelas epidérmicas. Estrato médio. Resistência.

Abstract

The Baixadeiro horse is found in Baixada Maranhense, region is characterized by a flat land that can be flooded during six months per year. In this region the Baixadeiro horse can live without ungula diseases, such as, laminitis. Thus, was proposed to identify morphological elements of the ungula from this specific breed to indicate this resistance to humidity. We used ungula samples from four Baixadeiro horse (N=16) and from four Thoroughbred horse (N=16). All ungulas were analyzed macroscopically, morphometrically and by light and scanning electronic microscopy. Macroscopically, the ungula of Baixadeiro horse was cuneiform, with average length 10.22 ± 1.3 cm, width of 9.83 ± 1.01 cm and medial wall length of 5.67 ± 0.76 cm. While the Thoroughbred horse ungula had average length 13.47 ± 0.8 cm, width 12.54 ± 0.49 cm and medial wall length 7.77 ± 0.54 cm. Under light microscopy, in the internal layer, the tissue that connects primary to secondary epidermal lamella and to middle stratum was visually thicker in the Baixadeiro. In addition, the distal region of lamellae was more compact than the proximal region, while in Thoroughbred no differences were observed. By scanning electron microscopy, the intertubular space of the middle stratum was visually bigger. From this architecture we suggested that there are greater adhesion of ungula capsule to distal phalanx in the Baixadeiro horse, probably decreasing incidence of distal phalanx rotation and consequently diminishing laminitis.

Keywords: Equines. Epidermal lamella. Middle stratum. Resistance.

3.1 INTRODUÇÃO

O cavalo Baixadeiro é encontrado na região da Baixada Maranhense, localizada ao norte do estado do Maranhão. Representa um grupamento racial caracterizado pela rusticidade, força para o trabalho e resistência a vastas áreas planas de campos alagados no período chuvoso e solo árido no período seco, ou seja, sobrevivem em condições em que outras raças de equinos teriam dificuldades em sobreviver (GAZOLLA et al., 2009; CHAVES et al., 2015).

Estudos sobre raças nativas, especialmente de cavalos selvagens, têm se tornado cada vez mais importantes em decorrência do potencial de adaptação ao ambiente local, o que envolve a tolerância ao calor, adaptação às condições de seca e cheia e hábito alimentar, características resultantes da presença de genes e combinação gênicas oriundas da seleção natural (TORO et al., 1980; SOLIS et al., 2005; COSTA et al., 2009). Algumas pesquisas com cavalos selvagens vêm se concentrado principalmente no dígito equino (FRACKOWIAK, 2006; HAMPSON et al., 2010; HAMPSON; POLLITT 2011; HAMPSON et al., 2013a, b; enquanto outras, no comportamento e nutrição (PERELADOVA et al., 1999) e genética (GOTO et al., 2011; ORLANDO et al., 2013).

A conformação da úngula equina é um parâmetro importante que afeta o desempenho esportivo, a duração e qualidade de vida e a sobrevivência no meio ambiente, além de possibilitar o desenvolvimento de injúrias, incluindo lesões musculoesqueléticas (KANE et al., 1998; KUMMER et al., 2006a; CUST et al., 2008; DUCRO et al., 2009a; FARAMARZI et al., 2015). A conformação e bem estar do pé equino são influenciados por vários fatores incluindo raça, hereditariedade, nutrição (^bKUMMER et al., 2006; VAN HEEL; VAN WEEREN; BACK, 2006), umidade da úngula, manejo e interação com o ambiente (BOYDY et al., 1998; HOOD; TAYLOR; WAGNER, 2001; ^b Ducro; BOVENHUIS; BACK, 2009; HAMPSON; POLLITT 2011).

Os pés dos cavalos são afetados de forma diferente, dependendo do ambiente em que vivem, sofrendo influências principalmente do tipo de solo e distâncias percorridas (HAMPSON et al., 2011). Com isso, a biometria das diversas estruturas da úngula, levando em consideração o ambiente em que vivem, tem sido aplicada como um modelo de investigação para parâmetros estruturais ideais, auxiliando na descrição anatomofuncional, diagnóstico e investigações dos

desequilíbrios podais, bem como na indicação de práticas inadequadas de manejo (BURD; CRAIG; CRAIG, 2014; ENGILES et al., 2015; THIEME; EHRLE; LISCHER, 2015).

No Brasil, pesquisas com equinos do grupamento racial Baixadeiro são escassos e, segundo relatos dos criadores da região da Baixada Maranhense, esses animais não apresentam doenças da úngula, especialmente a laminite. Assim, objetivou-se estudar vários aspectos do aparelho ungueal, incluindo a estrutura anatômica macro e microscópicas, buscando encontrar características anatômicas que justifiquem e comprovem a sua adaptação aos campos alagados da região no período chuvoso e aos solos com rachaduras no período seco.

Dessa forma, o estudo das potencialidades do cavalo Baixadeiro contribuirá para a valorização desse grupamento racial, principalmente por haver poucos relatos na literatura quanto ao grupamento racial. Assim, este primeiro relato das características morfológicas da úngula de cavalo Baixadeiro pode servir de alerta para as diversas instituições acadêmicas, médicos veterinários, zootecnistas e entidades locais para preservação desses animais, assim como contribuirá para o desenvolvimento socioeconômico da região.

3.2 MATERIAL E MÉTODO

3.2.1 Local e delineamento do experimento

A pesquisa foi desenvolvida nas dependências da Fazenda Escola de São Bento/ MA- Brasil, pertencente a Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e no Laboratório de Anatomia Microscópica e do Desenvolvimento da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ/USP), estando de acordo com o Comitê de Ética e experimentação animal (CEUA nº 1846030214).

Foram utilizados 4 animais do grupamento racial Baixadeiro, com idades variando entre 3 e 4,5 anos, provenientes da Baixada Maranhense e 4 animais da

raça Puro Sangue Inglês (Grupo Controle), com idade variando entre 2 e 5 anos provenientes do Jockey Clube do Estado de São Paulo.

3.2.2 Análise macroscópica e morfométrica da úngula

As úngulas foram analisadas frescas quanto à sua forma, e foram fotografados na vista lateral e solear para caracterizar a parede, sola, talões e rasilha. Realizou-se mensurações com o auxílio do paquímetro manual (*Western*) para as variáveis: comprimento da úngula (CC), comprimento da parede medial (CPM), comprimento da pinça (CP), largura da úngula (LC), comprimento da rasilha (CR), largura da rasilha (LR), altura do talão (AT) e ângulo da úngula (α) (Figura 4). Os dados foram analisados comparando-se as médias dos dois grupos e comparando as médias das úngulas torácicas e pélvicas de cada grupo. Foi utilizado o teste de Tukey, adotando nível de significância $p \leq 0,05$ no programa *Instat*.

3.2.3 Maceração

Após as mensurações, amostras do membro torácico direito e membro pélvico direito do cavalo Baixadeiro e do grupo controle foram colocados em um recipiente com água que se manteve fechado por 30 dias. Em seguida, retirou-se as sobras de tecidos moles (músculos e fáscias, tendões e ligamentos), seguidos do clareamento com água oxigenada a 10% por dois dias para a descrição morfológica.

Figura 4 - Esquema de biometria da úngula

Fonte: Anunciação (2016).

Legenda: CP-Comprimento da pinça; CC-Comprimento da úngula; CPM-Comprimento da parede medial; AT-Altura do talão; α -ângulo da úngula; CR-Comprimento da ranilha; LR-Largura da ranilha; LC-Largura da úngula

3.2.4 Análise histológica

As amostras das úngulas foram cortadas com uma serra de fita no plano mediano-sagital para retirada de fragmentos medindo 1,0 cm x 0,5 cm de comprimento e espessura de 0,1 cm (Figura 5), foram incubadas em solução de osteomol 100% e trocadas 3 vezes na semana para a descalcificação, por um período de 30 dias. Em seguida, as amostras foram desidratadas em uma série de etanóis em concentrações crescentes (70% a 100%) e diafanizadas em xilol, para posterior inclusão em parafina Histosec-Merck, de acordo com protocolo proposto por Tolosa et al. (2003).

Cortes histológicos de 5 μ m de espessura foram obtidos em micrótomo automático (Leica RM 2165, Germany), sendo realizada a coloração de HE (Hematoxilina/Eosina) de acordo com Tolosa et al. (2003). Posteriormente, a fotomicrografia foi realizada através de microscópio de luz (Olympus BX40).

Figura 5 - Esquema de corte para retirada de fragmentos para processamento histológico

Fonte: Anunciação (2016).

Legenda: 1-estrato externo, 2-estrato médio, 3-estrato interno

3.2.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Para a análise de Microscopia Eletrônica de Varredura as amostras das úngulas do Baixadeiro e do grupo controle foram cortadas com uma serra de fita no plano mediano-sagital para retirada de fragmentos contendo o estrato externo, estrato médio e estrato interno e fragmentos contendo a sola. Em seguida foram colocadas em solução de paraformol a 4% por 72 horas e posteriormente lavadas com água destilada (3 lavagens), sendo realizado a troca da água a cada 10 minutos. Após a lavagem, as amostras foram colocadas em álcool 70% *overnight*. No dia seguinte, seguiu-se com desidratação utilizando-se concentrações crescentes de álcool, consecutivamente, álcool 80%, 90%, 100% por 10 minutos cada.

Após o processo de desidratação das amostras foi realizado o ponto crítico no 'Aparelho CPD020 Balzers Union', metalizado com ouro utilizando-se

equipamento 'Emitec 14550' e análise no 'Microscópio Eletrônico de Varredura Leo 435 VP'.

4 RESULTADOS

4.1 ANÁLISE MORFOLÓGICA E MORFOMÉTRICA

As úngulas de ambos os grupos (Baixadeiro e Puro Sangue Inglês) apresentaram formato cuneiforme, com a parede ou muralha bem resistente e encurvada no sentido a recobrir a extremidade do dedo. Na face posterior da úngula, observou-se uma inflexão formando as barras entre a sola e rasilha. A face externa da parede da úngula apresentou convexidade de aspecto brilhante e revestida pela faixa perioplica, possuindo estrias transversais (cavalo Baixadeiro) e /ou estrias longitudinais (Puro Sangue Inglês). A margem coronária era percorrida pelo sulco coronário. Este sulco mostrou-se mais largo na região das pinças e vai diminuindo até quase desaparecer nas barras (Figura 6).

Tanto no Baixadeiro quanto no Puro Sangue Inglês foi observado na superfície palmar ou plantar a sola de aspecto discoidal com uma superfície ventral profunda (côncava), apresentando uma margem periférica que mantinha contato direto com o solo, exceto nas partes que se estendem aos talões e barras. A rasilha completa a superfície plantar e/ ou palmar da úngula com formato de triângulo isósceles, possuindo o sulco central e lateral da rasilha. No cavalo Baixadeiro, a sola era visivelmente mais discoidal do que no Puro Sangue Inglês, além de apresentar uma margem solear mais proeminente, e um sulco central da rasilha mais raso. O comprimento médio da rasilha foi de $6,82 \pm 1,20$ cm e $9,075 \pm 0,59$ cm, consecutivamente para o Baixadeiro e o Puro Sangue Inglês. Além disso, os talões do cavalo Baixadeiro eram visivelmente maiores e mais inclinados, embora não houvesse diferença estatística para esta variável entre os dois grupos (Figura 6).

Ao se analisar a conformação geral da úngula, somente houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre o Baixadeiro e o Puro Sangue Inglês para as variáveis de comprimento da parede medial e comprimento da rasilha (Tabela 1).

Embora não houvesse diferença significativa no comprimento e largura da úngula $p \geq 0,05$ para os dois grupos analisados. Os valores numéricos eram inferiores para os membros torácicos. Estes, por sua vez, eram visualmente mais

arredondados e os pélvicos mais pontiagudos na região da pinça (Figura 7 e 8; Tabela 2).

Figura 6 - Análise morfológica da úngula do cavalo Baixadeiro e Puro Sangue Inglês

Fonte: Anunciação (2016).

Legenda: A- Vista lateral do membro torácico direito do cavalo Baixadeiro (Bx) e do Puro sangue Inglês (PSI) mostrando a banda coronária e respectivamente as estrias longitudinais e transversais. B- Imagem das úngulas do membro torácico direito após técnica de maceração do cavalo Baixadeiro e do PSI, C - Vista solear da úngula do membro torácico direito do Baixadeiro e do Grupo controle; D- Vista solear do membro pélvico direito, respectivamente. 1-sola, 2-ranilha, 3'- bulbo do talão medial, 3''- bulbo do talão lateral, bc-banda coronária. **Barra:** barra=1cm.

Tabela 1 Comparação entre os valores médios e desvio-padrão das medidas das úngulas entre o cavalo Baixadeiro e Puro Sangue Inglês

Variáveis	Úngulas do Cavalo Baixadeiro (cm)	Úngulas do Puro Sangue Inglês (cm)
Comprimento da úngula (CC)	^a 10,22 ± 1,30	^a 13,47 ± 0,80
Comprimento da parede medial (Cpm)	^a 5,67±0,76	^b 7,77 ± 0,54
Comprimento da pinça (Cp)	^a 6,67 ± 1,17	^a 7,62 ± 0,80
Largura da úngula (LC)	^a 9,83± 1,01	^a 12,54 ± 0,49
Comprimento da ranilha (Cr)	^a 6,82±1,20	^b 9,075 ± 0,59
Largura da ranilha (LR)	^a 4,18 ±0,71	^a 5,42±1,32
Altura do talão lateral (ATL)	^a 3,09 ± 0,53	^a 3,09 ± 0,53
Ângulo da úngula (α)	^a 43,71±5,83	^a 53,03 ± 2,56

ab=Médias seguidas, na mesma linha, dentro dos grupos, diferem ($p \leq 0,05$) entre si pelo teste de Tukey.

Tabela 2 - Comparação entre os valores médios e desvio-padrão das medidas das úngulas entre membros torácicos direito e esquerdo (MTD, MTE) e membros pélvicos direito e esquerdo (MPD e MPE) do cavalo Baixadeiro e do Puro Sangue Inglês

Variáveis	Membros Torácicos (média) Cavalo Baixadeiro		Membros Torácicos (média) Puro Sangue Inglês	
	MTD	MTE	MTD	MPD
Comprimento da úngula (CC)	10,61± 0,96	9,37±1,41	14±0,49	13,65±0,9
Largura da úngula (LC)	10,09±0,74	10,25±1,07	12,71± 0,67	12,17±0,19
	Membros Pélvicos (média) Cavalo Baixadeiro		Membros Pélvicos (média) Puro sangue Inglês	
	MPD	MPE	MPD	MPE
Comprimento da úngula (CC)	9,95± 1,25	10,97±0,89	13,11±0,66	13,1±0,9
Largura da úngula (LC)	9,52±0,96	9,47±1,01	12,74±0,74	12,67±0,3

$p \geq 0,05$ (Teste Tukey)

Figura 7- Comparação morfológica entre o membro torácico e pélvico do cavalo Baixadeiro

Fonte: Anunciação (2016).

Legenda: A e B- Vista dorsal da úngula torácica e pélvica do cavalo Baixadeiro respectivamente. C e D- Vista solear da úngula do membro torácico e pélvico, respectivamente. 1-sola, 2-ranilha, 3-bulbo do talão. **Barra:** barra=1cm.

Figura 8 - Comparação morfológica entre o membro torácico e pélvico do cavalo Puro Sangue Inglês

Fonte: Anunciação (2016).

Legenda: A e B- Vista dorsal da úngula do membro torácico e pélvico do cavalo Puro Sangue Inglês, respectivamente, C e D- Vista solear da úngula do membro torácico e pélvico, respectivamente. 1-sola, 2-ranilha, 3-bulbo do talão. **Linha:** barra=1cm.

4.2 ANÁLISE HISTOLÓGICA

Na análise do estrato interno, constatou-se em ambos os grupos (Baixadeiro e Puro Sangue Inglês) que as lamelas primárias eram continuas com as células que formavam o estrato externo. As extremidades destas estruturas eram arredondadas e tinham aparência de folhas. Intercaladas entre as lamelas epidérmicas primárias, encontravam-se as lamelas epidérmicas secundárias e estas apresentavam a forma de bastão. As lamelas epidérmicas primárias eram sempre visivelmente mais largas que as lamelas epidérmicas secundárias e paralelas umas com as outras. Porém, o tecido que conectava as lamelas epidérmicas primárias com as secundárias, bem como o tecido que conectava as lamelas primárias ao

estrato médio, eram visivelmente mais espessos no cavalo Baixadeiro. Esta característica não foi observada no Puro Sangue Inglês (Figura 9).

Figura 9 - Análise de microscopia de luz da úngula do cavalo Baixadeiro e Puro Sangue Inglês

Fonte: Anunciação, A. R. A (2016).

Legenda: A e B- Fotomicrografia do estrato médio e estrato interno da úngula, ilustrando a disposição das lamelas epidérmicas secundárias e primárias respectivamente do cavalo Baixadeiro e Puro Sangue Inglês. C e D- Fotomicrografia da Junção das lamelas ao estrato médio, respectivamente do cavalo Baixadeiro e do Puro Sangue Inglês. tc-túbulos córneos, c-tecido conectivo, lp- lamelas epidérmicas primárias, ls- lamelas epidérmicas secundarias, ei-espaco intertubular. Coloração de Hematoxilina e Eosina

4.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Os túbulos córneos presentes no estrato externo e médio do cavalo Baixadeiro e do Puro Sangue Inglês estavam dispostos de forma ordenada, sendo

bem alongados (a partir do estrato externo), tornando-se mais concêntricos à medida que se aproximam do estrato interno (Figura 9). Entretanto, quando comparado às regiões do estrato médio próximo as lamelas de ambos os grupos, notou-se que o espaço intertubular na úngula do cavalo Baixadeiro era visualmente maior enquanto os túbulos córneos do grupo controle estavam de forma paralela as lamelas (Figuras 10 e 11).

Figura 10- Diagrama da composição dos túbulos córneos da parede da úngula

Fonte: Anunciação (2016).

Legenda: A- Estrato externo, B-Estrato médio, C-Estrato interno, tc-túbulos córneos, ei- espaço intertubular.

As mesmas características observadas na análise histológica quanto ao tecido que conecta as lamelas epidérmica primárias com as secundárias também foram observadas na análise de MEV. Além disso, no cavalo Baixadeiro, as lamelas eram mais compactas na região distal do que na região proximal, enquanto que no Puro sangue Inglês não foram observadas tais características (Figura 11). Ainda

assim, quando analisada a morfologia dos túbulos córneos do Puro Sangue Inglês na região solear em comparação com o Baixadeiro, evidenciou-se que apresentavam-se de forma visualmente mais alongado no grupo controle.

Figura 10- Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura da úngula do cavalo Baixadeiro e Puro Sangue Inglês

Fonte: Anunciação (2016).

Legenda: A e B- Microscopia eletrônica de varredura do estrato médio e interno da úngula, ilustrando a disposição das lamelas epidérmicas primárias aderidas às lamelas secundárias, respectivamente do cavalo Baixadeiro e Puro Sangue Inglês. C e D- Região da Junção das lamelas epidérmicas primárias e secundárias; E e F- Região distal das lamelas, respectivamente do cavalo Baixadeiro e do Puro Sangue Inglês, G e H- Região solear do cavalo Baixadeiro e do Puro Sangue Inglês, C-tecido conectivo, lp-lamelas epidérmicas primárias, em seta lamelas epidérmicas secundárias.

5 DISCUSSÃO

A maior proeminência da margem solear da úngula do cavalo Baixadeiro pode ser resultado do menor desgaste desta estrutura em decorrência da interação com o ambiente, uma vez que, o solo argiloso é predominante na região da Baixada Maranhense, tornando-se de consistência pastosa em decorrência da formação dos campos alagados, podendo-se inferir que ocorre menor desgaste da margem solear no período chuvoso do que no período seco, onde o solo é mais rígido. Esta mesma característica presente no cavalo Baixadeiro foi encontrada em cavalos selvagens que vivem em condições do qual o solo é menos rígido, pois acredita-se que o grau de dureza e a distância do deslocamento percorridos por estes animais têm um efeito sobre a morfologia da úngula (HAMPSON et al., 2013).

O ângulo da úngula é um dos fatores que afetam o equilíbrio dos equinos e varia de acordo com a conformação e tipo de trabalho que o animal desenvolve, além de influenciar a posição da úngula no momento da aterrissagem. O cavalo Baixadeiro apresentou um ângulo numericamente menor ($41,6^\circ$ no membro torácico e $45,83^\circ$ no membro pélvico), embora sem apresentar diferença significativa ($p \geq 0,05$) quando comparado ao grupo controle. Entretanto, esteve numericamente abaixo aos parâmetros já descritos na literatura para os equinos em geral ($45-50^\circ$ e $50-55^\circ$), respectivamente, para os membros torácicos e pélvicos (BUSHE et al., 1987; STASHAK, 1994). A menor angulação da úngula do cavalo Baixadeiro está relacionado ao fato de que durante as fases de andamento o contato inicial da úngula com o solo ocorre primeiro com a pinça, o que concorda com a premissa de que animais com angulação menor tocam a pinça primeiro no solo (FRANDSON et al., 1978, BAREY, 1990).

Em um estudo conduzido por Barrey (1991), mensurando-se a influência da angulação da úngula na distribuição do peso sobre a úngula, o autor encontrou os seguintes resultados: cavalos com ângulo de pinça de aproximadamente 39° têm 75% de seu peso posto sobre os talões; cavalos cujo o ângulo é de 47° repousam 63% de seu peso sobre os talões; e 43% do peso corporal é posto sobre a região nos talões naqueles equinos cujo ângulo de pinça é de aproximadamente 55° . Ainda assim, Frandson et al. (1978), Barey (1990) afirmam que quanto menor a angulação maior o peso colocado na região dos talões, o que provavelmente ocorre com o

cavalo Baixadeiro, pois obteve média de 43, 71° ($\pm 5,83$) (Tabela 1). Dessa forma, pode-se inferir que o fato do cavalo Baixadeiro possuir os talões visualmente mais aberto do que o grupo controle pode estar relacionado a necessidade de suportar o peso e a força que é colocado nesta estrutura durante o seu andamento.

Diretrizes sobre o comprimento adequado da pinça, para a maioria das raças de equino são baseadas no peso corporal. Balch et al. (1991) propuseram os seguintes comprimentos de pinça: (a) 7,6 cm para animais pesando entre 360 e 400kg; (b) 8,25 para animais pesando entre 425 e 475kg e (C) 8,9 cm para animais pesando entre 525 e 575 kg. O cavalo Baixadeiro apresentou o comprimento médio da pinça de $6,67 \pm 1,17$, porém não podemos usar os parâmetros descritos por Balch et al. (1991) pois somente retrata o peso de animais a partir de 360 kg, o que não se enquadra para o grupamento racial Baixadeiro pois são animais com um porte e peso menor, em média 237,69 kg (SERRA, 2004).

Os membros torácicos sustentam cerca de 55% a 60% de todo o peso do equino, enquanto os pélvicos sustentam somente cerca de 40% a 45% (DYCE et al., 2010), o que pode justificar as diferenças de conformação morfológicas entre as úngulas, uma vez que, os membros torácicos são mais arredondados do que os membros pélvicos. Embora estatisticamente não houvesse diferença, é possível que amostras maiores possam demonstrar tais características em estudos futuros.

No que se refere às características encontradas na arquitetura da úngula do cavalo Baixadeiro e do Puro sangue inglês, em especial a disposição gradual dos túbulos córneos, pode estar relacionado as descrições de Parks (2003b), que retrata a ocorrência de uma diminuição da rigidez da parede a medida que se direciona para seu interior, de modo que existe uma gradual diminuição da dureza dessa estrutura e ganho de elasticidade.

Outra característica marcante se refere às diferenças visuais encontradas no estrato lamelar, o que pode proporcionar maior aderência e firmeza entre as lamelas, garantindo a estes animais uma maior resistência ao impacto durante a locomoção. Sugere-se ainda que estas características morfológicas dificultaria a ruptura das lamelas epidérmicas primárias e secundárias no processo de laminite, pois nas úngulas de animais afetados pela laminite a força mecânica das lamelas que conectam a cápsula da úngula com a falange distal fica comprometida, podendo apresentar diferentes graus de perda ou colapso da junção lamelar, até ocasionar a rotação da falange distal (RAMSEY; HUNTER; NASH, 2011). Vale ressaltar que

durante a locomoção dos equídeos, no momento em que o choque com o solo atinge a falange distal, cerca de 90% da energia é dissipada principalmente na interface lamelar (POLLITT,1998), o que demonstra que a junção lamelar desempenha um papel vital na transferência das forças de sustentação de peso entre a epiderme da parede da úngula e a falange distal. Ou seja, no processo de biomecânica da úngula (DOUGLAS et al.,1998; FARAMARZI et al., 2014).

Trabalhos realizados por Hampson (2011) e Lancaster (2007) relataram diferenças na densidade das lamelas epidérmicas primárias em úngulas de cavalos selvagens, quando comparados com cavalos domésticos, sugerindo que seja o efeito de uma adaptação dos cavalos selvagens para as intempéries ambientais.

Salientamos que embora estatisticamente a maioria dos parâmetros morfométricos do cavalo Baixadeiro não tenham demonstrado diferença significativa, as diferenças visuais de conformação e de arquitetura da úngula foram nitidamente observadas, podendo-se inferir que foram resultantes do processo de adaptação ao ambiente da região.

6 CONCLUSÃO

A úngula do cavalo Baixadeiro apresenta uma conformação morfológica que garante uma melhor absorção do impacto durante a locomoção em seu hábitat. Além disso, possui um arranjo estrutural que pode proporcionar maior aderência da cápsula da úngula à falange distal, fazendo com que estes animais tenham baixa incidência de rotação da falange distal e consequentemente a laminite.

REFERENCIAS

ADAMS, O. R. **Claudicação em equinos segundo Adam's**. 4. ed. São Paulo: Roca, 1994. 1112 p.

.

ANDRADE, L. S. **O condicionamento do equino no Brasil**. Recife: Equicenter, 1986. 201 p.

BALCH, O.; WHITE, K.; BUTLE, D. Factors involved in the balancing of equine hooves. **Journal American Veterinary Medical Association**, v. 198, n. 7, p.1980-1989, 1991.

BAREY, E. Investigation of the vertical hoof force distribution in the equine forelimb with an instrumented bone-foot. **Equine Veterinary Journal**, v. 9, p. 35-38, 1990.

BELKNAP, J. K., PARKS, A. Lameness in the extremities: the foot. In: BAXTER, G. M. **Adams & Stashak's lameness in horses**. 6. ed. UK: Wiley-Blackwell, 2011. Cap. 5, p. 536-556.

BENSON, M. R. Evolution of the horse. **Iowa State University Veterinarian**, v. 2, n. 2, p. 64-68, 1940.

BOYD, L. E.; CARBONARO, D. A.; HOUPPT, K. A. The 24 hour time budget of Przewalski horse. **Applied Animal Behavior Science**, v. 21, p. 5-17, 1998.

BUDRAS, K. D.; KÖNIG, H. E. Úngula do cavalo. In: KÖNIG, H. E.; LIEBICH, H. G. **Anatomia dos animais domésticos: texto e atlas colorido**, v. 2. Porto Alegre: Artmed, 2004. v. 2, p. 364-372.

BURD, M.A.; CRAIG, J.J.; CRAIG, M.F. The palmar metric: A novel radiographic assessment of the equine distal phalanx. **Open Veterinary Journal**, v. 4, n. 2, p.78-81, 2014.

CHAVES, D. P.; BRITO, D. R. B. A.; SANTOS, A. C. G.; VAZ, J. F. R.; ANUNCIAÇÃO, A. R. A. Soroprevalência de mormo, anemia infecciosa equina e brucelose do cavalo baixadeiro. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 22, n. 1, p. 39-42, 2015.

CHAVES, R. M.; SOUZA, F. A.; LIMA, F. C.; TORRES JUNIOR, J. R. S, GASTAL, M. O. LIMA, S.S.; ALVES, N. B.; ROSA, L. C. SILVA DIAS, E. C.; SILVA, R. A, LIMA, A. J. Viabilidade espermática, dinâmica folicular e comportamento reprodutivo do equino da raça "Baixadeiro". In: ALMEIDA, Z. S. da. **Sumário executivo para plano**

de ação na área de proteção ambiental da Baixada Maranhense. São Luis:, [s. n.], 2013. p. 218.

COSTA, M. R.; MARQUES, J. R. F.; SILVA, C. S.; SAMPAIO, M. I. C.; SILVA, F. K.S.; VEJAPLA, J. L. Distâncias Genéticas em equinos (*Equus caballus*) por meio de marcadores microssatélites. **Revista Biociências**, v.15, n.1, p. 18-24, 2009.

CUST, A.; ANDERSON, G.; WHITTON, R.; DAVIES, H. The association between hoof conformation and performance in the racing Thoroughbred in Macau. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EQUINE LOCOMOTION, 2008, Cabourg, France.

CLAYTON, H. M. Temporal kinematics. In: _____ **The dynamic horse: a biomechanical guide to equine movement and performance.** Mason, USA: Sport Horse Publications. 2004. p. 19-32.

DENOIX, J. M. Functional anatomy of tendons and ligaments in the distal limbs (manus and pes). **Veterinary Clinics of North America: equine practice**, v. 10, n. 2, p. 273-322, 1994.

DIAS, E. C. S.; CHAVES, R. M.; SOUSA, F. A.; LIMA, S. S. S.; ROSA, L. C.; SILVA, R. A.; LIMA, A. J. Comportamento sexual do cavalo Baixadeiro a campo no município de Pinheiro - MA. In: CONGRESSO ESTADUAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 4., 2012, São Luis, MA. Anais... 2012. p. 51-53. 1CD-ROM

DOUGLAS, J. E.; BIDDICK, T. L.; THOMASON, J. J., JOFRIET, J. C. Stress/strain behaviour of the equine laminar junction. **Journal Experimental Biology**, v. 201, p. 2287-97, 1998.

DUCRO, B. J.; BOVENHUIS, H, BACK, W. Heritability of foot conformation and its relationship to sports performance in a Dutch Warmblood horse population. **Equine Veterinary Journal**, v. 41, p.139-143, 2009a.

DUCRO, B. J.; GORISSEN, B.; ELDIK, P.; BACK, W. Influence of foot conformation on duration of competitive life in a Dutch Warmblood horse population. **Equine Veterinary Journal**, v. 41, p. 144-148, 2009b.

DYCE, K. M. **Tratado de anatomia veterinária.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, p. 834.

ENGILES, J. B. Pathology of the distal phalanx in equine laminitis: more than just skin deep. **The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice**, v. 26, p. 155-165, 2010.

ENGILES, J. B.; GALANTINO-HOMER, H. L.; BOSTON, R.; MCDONALD, D.; DISHOWITZ, M.; HANKENSON, K. D. Osteopathology in the equine distal phalanx associated with the development and progression of laminitis. **Veterinary Pathology**, v. 52, n. 5, p. 928-944, 2015.

FARAMARZI, B. Morphological and Biomechanical Properties of Equine Lamellar Junction. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 34, p. 589–592, 2014.

FARAMARZI, B.; MCMICKING, H.; HALLAND, S.; KANEPS, A.; DOBSON, H. Incidence of palmar process fractures of the distal phalanx and association with front hoof conformation in foals. **Equine Veterinary Journal**, v. 47, n. 6, p. 675–679, 2015.

FARIA, M. B. **Avaliação do equilíbrio podal na espécie equina (*Equus caballus*)**. 2010. 42 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Porto Alegre, RS, 2010.

FRACKOWIAK. The dynamics of hoof growth of the primitive Konik horses in an annual cycle. **Biological Rhythm Research**, v. 37, p. 223-232, 2006.

FRALEY, B. T. Treatment options for acute and chronic laminitis. In: NORTH AMERICAN VETERINARY CONFERENCE, 2007, Orlando, Florida, USA. Disponível em: <<http://www.ivis.org/proceedings/navc/2007/LA/046.asp?LA=1>> Acesso em: 15 jan. 2016.

FRASER, R. D.; MACRAE, T. P. Molecular structure and mechanical properties of keratins. **Symposia of the Society for Experimental Biology**, v. 34, p. 211-246, 1979.

FRAZÃO, P. J. R.; BORJA, M. C.; FERNANDEZ, W. R.; HAGEN, S. C. F. Trabalho científico: a utilização da Venografia na Avaliação das Afecções do Dígito em Equinos. In: CONGRESSO DE MEDICINA VETERINÁRIA FEI/CBH, 3., 2007, São Paulo. **Anais....** São Paulo: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 2007.

FRANDSON, R.D.; LABEL, J. L.; SLADE, L. M.; BARBRANA, R. C. Effect of slope of the equine hoof on concussion and phalangeal angulation. **American Farriers**, v.4, p.72-73, 1978.

GAZOLLA, A. G.; SERRA, O. R.; LIMA, F. C. Pelagens do cavalo da raça baixadeira. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009. **Anais...** Maringá: RASBZ, 2009.

HAMRICK, M. W. Evolution and development of mammalian limb integumentary structures. **Journal of Experimental Zoology**, v. 298, n.1, p.152-163, 2003.

GOTO, H.; RYDER, O. A.; FISHER, A. R.; SCHULTZ, B.; KOSAKOVSKY POND, S. L.; NEKRUTENKO, A.; MAKOVA, K. D. A massively parallel sequencing approach uncovers ancient origins and high genetic variability of endangered Przewalski's horses. **Genome Biology Evolution**, v. 3, p. 1096-1106, 2011.

HAMPSON, B. A.; RAMSEY, G.; MACINTOSH, A.; MILLS, P.; DE LAAT, M. A.; POLLITT, C. C. Morphometric variables and incidence of abnormalities in the feet of Kaimanawa feral horses. **Australian Veterinary Journal**, v.88, p. 124-131, 2010a.

HAMPSON, B. A.; DE LAAT, M. A.; MILLS, P. A.; POLLITT, C. C. Variation in the primary epidermal lamellar density between Australian feral and domestic horses fetal hooves. **Anatomia, Histologia, Embryologia**, v. 39, n.4, 2010b.

HAMPSON, B. A.; POLLITT, C. C. **Improving the foot health of the domestic horses**: the relevance of the feral horse foot model. Barton: .Rural Industries Research and Development Corporation, 2011 (RIRDC Publication, n.11/140).

HAMPSON, B. A.; DE LAAT, M. A.; MILLS, P. C.; CONNELLEY, A.; POLLITT, C. C. Sole depth and palmar surface weigh bearing characteristics of the equine foot. **American journal of Veterinary Research**, v.72, p.727-735, 2011.

HAMPSON, B. A.; LAAT, M. A.; MILLS, P.C. The feral horse foot. Part A: observational study of the effect of environment on the morphometrics of the feet of 100 Australian feral hoses. **Australian Veterinary Journal**. v.91, n.1-2, 2013a.

HAMPSON, B. A.; LAAT, M. A.; MILLS, P. C.; WALSH, D. M.; POLLITT, C. C. The feral horse foot. Part B: radiographic, gross visual and histopathological parameters of foot health in 100 Australian feral horses. **Australian Veterinary Journal**. v.91, n.1-2, p.23-30, 2013b.

HERMSDORFF, G. E. Zootecnia Especial. In: _____ **Gênese e caracteres gerais**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional. 1956. v. 1, p 9-34

HENDRY, K. A. K. J; LANCELOTT, M. J.; KNIGHT, C. H.; KEMPSON, S. A; WILDE, C. J. Protein synthesis in tissues cultured from the bovine hoof. **Cell and Tissue Research**,v. 281, p. 93-99, 1995.

HOOD, D. M. Laminitis in the horse. **The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice**, v.15, n. 2, p. 287-294, 1999.

HOOD, D. M.; TAYLOR, D.; WAGNER, I. P. Effects of ground surface deformability, trimming, and shoeing on quasistacti hoof loading patterns in horses. **American Journal of Veterinary Research**, v. 62, p. 895-900, 2001.

HUNT, R. J.; WHARTON, R. E. Clinical presentation, diagnosis, and prognosis of chronic laminitis in North America. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 26, p.141-153, 2010.

JOHNSON, P. J.; WIEDMEYER, C. E.; LA CARRUBBA, A.; GANJAM, V. K.; MESSER, N.T. Laminitis and the equine metabolic syndrome. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 26, p. 239-255, 2010.

KANE, A. J; STOVER, S. M; GARDNER, I. A; BOCK, K.B; CASE, J. T; JOHNSON, B. J; ANDERSON, M. L; BARR, B. C; DAFT, B. M; KIND, H; LAROCHELLE, D; MOORE, J; MYSORE, J; STOLZ, J; WOODS, L; READ, D. H, ARDANS, A. A. Hoof size, shape, and balance as possible risk factors for catastrophic musculoskeletal injury of Thoroughbred racehorses. **American Journal Veterinary Research**, v. 59, p.1545-1552, 1998.

KATZ, L. M.; BAILEY, S.R. A review of recent advances and current hypotheses on the pathogenesis of acute laminitis. **Equine Veterinary Journal**. v. 44, p. 752-761, 2012.

KAINER, R. A. Anatomia Funcional do Aparelho Locomotor. In STASHAK, T. (Ed). **Claudicação em equinos segundo Adams**. 5 ed. São Paulo: Roca, 2006. p.1-54.

KASAPI, M. A.; GOSLINE, J. M. Design complexity and fracture control in the equine hoof wall. **Journal of Experimental Biology**, v. 200, p.1639-1659, 1997.

KUMMER, M.; GEYER, H.; IMBODEN, I.; AUER, J.; LISCHER, C. The effect of hoof trimming on radiographic measurements of the front feet of normal Warmblood horses. **Veterinary Journal**, v. 172, p. 58-66, 2006a.

KUMMER, M; GEYER, H; IMBODENA, I; AUER, J; LISCHER, C. The effect of hoof trimming on radiographic measurements of the front feet of normal Warmblood horses. **The Veterinary Journal**, v. 172, p. 58-66, 2006b.

KONIG, H. E.; LIEBICH, H. **Anatomia dos animais domésticos**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

MARIANTE, A. S.; CAVALCANTE, N. **Animais do descobrimento: raças domésticas da História do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000.

McGOWAN, C.M.; NEIGER, R. Efficacy of trilostane for the treatment of equine Cushing's syndrome. **Equine Veterinary Journal**, v.35, n. 4, p. 414-418, 2003.

MENDONÇA, A. C.; SILVA, L. A. F.; FIORAVANTI, M. C. S.; MORAES, J. O. R.; ALMEIDA, C. F.; OLIVEIRA, K. S.; OLIVEIRA, M. P.; SILVA, L. M. Aspectos

morfológicos dos dígitos de bovinos das raças Gir e Holandesa. **Ciência Animal Brasileira**, v. 4, p. 53- 60, 2003.

MIKAIL, S.; PEDRO, C. R. **Fisioterapia Veterinária**; Editora Manole; Barueri-SP; 2006. 250 p.

MOORE, J. N., ALLEN, D., CLARK, S. Pathophysiology of acute laminitis. **Veterinary Clinics of North America**, v. 5, p. 67-72, 1989.

MOURA, E. G. **Agroambientes de transição**: entre o trópico úmido e o semi-árido e do Brasil – atributos; alterações; uso na produção familiar. São Luís: UEMA, 2004.

ORLANDO, L.; GINOLHAC, A.; ZHANG, G.; FROESE, D.; ALBRECHTSEN, A.; STILLER, M.; SCHUBERT, M.; CAPPELLINI, E.; PETERSEN, B.; MOLTKE, I.; JOHNSON, P. L. F.; FUMAGALLI, M.; VILSTRUP, J. T.; RAGHAVAN, M.; KORNELIUSSEN, T.; MALASPINAS, A. S.; VOGT, J.; SZKLARCZYK, D.; KELSTRUP, C. D.; VINTHER, J.; DOLOCAN, A.; STENDERUP, J.; VELAZQUEZ, A. M. V.; CAHILL, J.; RASMUSSEN, M.; WANG, X.; MIN, J.; ZAZULA, G. D.; SEGUIN-ORLANDO, A.; MORTENSEN, C.; MAGNUSSEN, K.; THOMPSON, J. F.; WEINSTOCK, J. W.; GREGERSEN, K.; RØED, K. H.; EISENMANN, V.; RUBIN, C. J.; MILLER, D. C.; ANTCZAK, D. F.; BERTELSEN, M. F.; BRUNAK, S.; AL-RASHEID, K. A. S.; RYDER, O.; ANDERSSON, L.; MUNDY, J.; KROGH, A.; GILBERT, M. T. P.; KJÆR, K.; SICHERITZ-PONTEN, T.; JENSEN, L. J.; OLSEN, J. V.; HOFREITER, M.; NIELSEN, R.; SHAPIRO, B.; WANG, J. Recalibrating Equus evolution using the genome sequence of an early Middle Pleistocene horse. **Nature**, v. 499, p. 74-81, 2013.

PARKS, A. H. Treatment of acute laminitis. **Equine Veterinary Education**, v.15, n. 5, p. 273-280, 2003a.

PARKS, A. Form and function of the equine digit. **The Veterinary Clinics: Equine Practice**. Elsevier, v.19, 285-307, 2003b.

PARKS, A. H. Chronic laminitis. In: Robinson, N. E. **Current therapy in equine medicine**. 5 ed. St. Louis: Saunders, 2003c. p.520-528.

POLLITT, C. C. Clinical anatomy and physiology of the normal equine foot. **Equine Veterinary Education**, v. 4, n. 5, p. 219-2224, 1992.

POLLITT, C.C. The anatomy and physiology of the hoof wall. **Equine Veterinary Education**, v.10, n. 6, p. 318-325, 1998.

RAMSEY, P.D.; HUNTER, P. J.; NASH, M. P. The effect of hoof angle variations on dorsal lamellar load in the equine hoof G. D. **Equine veterinary journal**. v. 43, n. 5, 536-542, 2011.

RASCH, K. The hoof mechanism - the quintessence of horse hoof biomechanics? In: HUFTAGUNG DER DHG E.V. FÜR TIERÄRZTE UND HUFBEARBEITER, Tierkliniken. **Anais...**2015. p.1-16.

REZENDE, L. C.; SANTOS, J. P. A.; URBANI, L. T.; GALDOS-RIVEROS; MIGLINO, M. A. Análise morfológica do aparelho ungueal do Veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*, Fischer, 1814) (Artiodactyla, Cervidae). **Ciência Animal Brasileira**, v.14, n. 2, p. 230-236, 2013.

SANTOS, S. A., McMANUS. C., MARIANTE. A. SILVA, SERENO, J. R. B., SILVA. J. A., ABREU. U. G. P., FILHO, J. A. C., LARA, M. A. **Estratégias de conservação in situ do cavalo pantaneiro**. Brasília: Embrapa, 2003a.

SANTOS, A. C. G.; CHAVES, D. P.; LIMA, F. C.; BRITO, D. R. B.; AMORIM FILHO, E. F.; SILCA, C. R.; VAZ, J. F. R.; SILVA, R. L. V; COSTA, F. B.C, COSTA, A.P.; LIMA, I. L.; SOARES, E. D. S. Sanidade do grupamento racial “Cavalo Baixadeiro”: doenças parasitárias e infecciosas. In: ALMEIDA, Z. S. da. **Sumário executivo para plano de ação na área de proteção ambiental da Baixada Maranhense**. São Luís: [s.n], 2013b. p. 218.

SERRA, O. R. **Condições de manejo, preservação e caracterização fenotípica do grupamento genético equino “Baixadeiro”**. 2004. 77f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Estadual do Maranhão, Campus Paulo VI. São Luís, MA, 2004.

SISSON; **Anatomia dos animais domésticos**. v.1, 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 16-25, 1986.

CSTASK, TED S.; HILL, C.; KLIMESH, R.; OVNIECK, G. **Cuidado com as úngulas e colocação de ferraduras para equilíbrio natural**. In: STASHAK, TED S. (Ed). *Claudicação em equinos segundo Adams*, 5. ed. São Paulo: Roca, 2006. p. 1015-1071.

STASHAK, T. S. Claudicación, el pie. In: STASHAK, T.S; ADAMS, O. R. **Claudicación en el caballo**. Buenos Aires: Inter-Médica, 2004. p. 685-706.

STASHAK, T. R. **Claudicação em equinos segundo Adams**, 4.ed.São Paulo: Roca, 1994, 923p.

SOLIS, A.; JUGO.B. M.; MÉRIAUX. J. C.; IRIONDO, M.; MAZÓN, L. I.; AGUIRRE, A.I.; VICARIO, A.; ESTOMBA, A. Genetic Diversity Within and Among Four South European Native Horse Breeds Based on Microsatellite DNA Analysis: Implications for Conservation. **Journal Heredity**, v.96, n.6, p. 670–678, 2005.

TÓTH, F.; FRANK, N.; CHAMEROY, K. A.; BOSTONT, R. C. Effects of endotoxaemia and carbohydrate overload on glucose and insulin dynamics and the

development of laminitis in horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 41, p. 852-858, 2009.

THOMASON, J. J.; DOUGLAS, J. E.; SEARS, W. Morphology of the laminar junction in relation to the shape of the hoof capsule and distal phalanx in adult horses (*Equus caballus*). **Cells Tissues Organs**, v. 168, p. 295–311, 2001.

THIEME, K.; EHRLE, A.; LISCHER, C. Radiographic measurements of the hooves of normal ponies. **The Veterinary Journal**, v.206, p. 332–337, 2015.

UNDERWOOD, C.; COLLINS, S. N.; VAN EPS, A. W.; MILLS, P. C.; ALLAVENA, R. E.; BAILEY, S. R.; MEDINA TORRES, C.E.; MEIZLER, A.; POLLITT, C. C. Intraosseous infusion of the distal phalanx compared to systemic intravenous infusion for marimastat delivery to equine lamellar tissue. **The Veterinary Journal**. v. 205, p. 357–363, 2015.

VAN EPS, A.; COLLINS, S.N.; POLLITT, C.C. Supporting limb laminitis. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 26, p. 287-302, 2010.

VAN HEEL, M.C.V; VAN WEEREN, P. R; BACK, W. Compensation for changes in hoof conformation between shoeing sessions through the adaptation of angular kinematics of the distal segments of the limbs of horses. **American journal of Veterinary Research**, v. 67, n. 7, 2006.

WYLIE, C. E.; COLLINS, S. N.; VERHEYEN, K. L. P.; NEWTON, J. R. Frequency of equine laminitis: A systematic review with quality appraisal of published evidence. **The Veterinary Journal**, v. 189, p. 248-256, 2011.