

ANATOMIA DO DÍGITO EQUINO: REVISÃO DE LITERATURA

GRAVENA, Kamila¹; CALCIOLARI, Karina²; LACERDA-NETO, José Corrêa³

RESUMO

Durante milhares de anos os *Equus obippus* evoluíram e deram origem ao *Equus caballus*, equinos com membros altamente adaptados, que contribuíram para a velocidade e versatilidade. Estes animais são classificados quanto a sua utilidade, como animais de lida, esporte, lazer e criação. Uma das causas mais frequentes de queda de desempenho são as claudicações, resultado de estresses repetitivos. Portanto, o reconhecimento das estruturas normais do dígito, como as falanges, o sesamóide distal (navicular), as cartilagens ungueais, as articulações interfalangeanas, os tendões, ligamentos, vasos sanguíneos e nervos, é de fundamental importância para facilitar o diagnóstico e o tratamento das claudicações.

PALAVRAS-CHAVE: casco, falange, cavalo, histologia

EQUINE DIGIT ANATOMY: LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

For thousands of years the *Equus obippus* evolved and gave rise to *Equus caballus*, horses with highly adapted limbs, which contributed to speed and versatility. These animals are classified according to their function, as work, sport, leisure and breeding. The most frequent causes of performance decline are claudications, result of repetitive stresses applied to tissues in this region. Therefore, the acknowledgment of the digit normal structures, such as the phalanges, the distal sesamoid bone (navicular), the unguis cartilages, the interphalangeal joints, the tendons, ligaments, blood vessels and nerves, it is the fundamental importance to facilitate the claudication diagnosis and treatment.

KEYWORDS: hoof, phalanx, horse, histology

INTRODUÇÃO:

¹ Pós-doutoranda do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus Jaboticabal – SP

*Autor para correspondência: kamilagravena@yahoo.com.br

² Pós-graduanda do Departamento de Cirurgia Veterinária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus Jaboticabal – SP

³ Professor Doutor do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus Jaboticabal – SP

Atualmente, no Brasil, o rebanho de equinos é superior a 5 milhões (LIMA & CINTRA, 2016), o que lhe confere o terceiro maior rebanho mundial e o maior da América Latina (MAPA, 2014). A equinocultura movimenta anualmente cerca de R\$ 16,15 bilhões e gera cerca de 610 mil empregos diretos, além de 2.430 mil empregos indiretos, com isso, o Agronegócio do cavalo é responsável por 3 milhões de empregos (LIMA & CINTRA, 2016).

Os equinos são classificados quanto a sua utilidade, como animais de trabalho (lida), ou em animais de esporte, lazer e criação (LIMA & CINTRA, 2016). Para chegar a estas utilizações, os cavalos sofreram inúmeras adaptações físicas, o que permitiu superar seus predadores e também migrar à procura de forragens, uma vez que originalmente habitavam pradarias com escassa vegetação (WILSON & WELLER, 2011).

Dentre as inúmeras peculiaridades que caracterizam a evolução da família dos equídeos se destaca a evolução dos dígitos. Estes animais apresentam o dígito, envolto em casco queratinizado muito resistente na extremidade distal de membros relativamente leves (POLLITT, 2004), os quais apresentam inúmeras funções, dentre elas estão o apoio do peso do cavalo, dissipar a energia do impacto quando o pé atinge o solo, a proteção das estruturas internas e a tração (O'GRADY, 2008). Tais características contribuíram para a velocidade e versatilidade dos equídeos (POLLITT, 2004). Diante do exposto, torna-se importante o estudo desta região, no qual a revisão a seguir abordará a anatomia e a irrigação do dígito além do crescimento e da histologia do casco.

DESENVOLVIMENTO:

ESTRUTURA DO DÍGITO EQUINO

O *Equus obippus*, antepassado mais próximo do equino atual, apresentavam quatro dígitos nos membros torácico e três nos membros pélvico. Após 60 milhões de anos de evolução surgiu o *Equus caballus* (ALVES et al., 2008), equinos com membros altamente adaptados, os quais podem desenvolver longas distâncias em baixa velocidade ou curtas distâncias em alta velocidade (WILSON & WELLER, 2011). Estas

adaptações também permitiram ao cavalo galopar em terrenos secos e rochosos, devido ao estojo córneo resistente que protege as estruturas mais vulneráveis e sensíveis presentes em seu interior (POLLITT, 2004). Dentre estas estruturas estão a falange distal, as cartilagens ungueais, a articulação interfalangeana distal, o osso sesamóide distal (navicular), tendões, ligamentos, vasos sanguíneos e nervos (BUDRAS et al., 2009).

O casco é formado pela parede, sola, rasilha e bulbo. A muralha ou parede do casco é a parte visível quando o animal está em posição quadrupedal, é dividida em pinça, quartos e talões (BUDRAS et al., 2009), também é composta de três camadas dispostas de fora para dentro, a saber, estrato externo, estrato médio e estrato interno. O estrato externo é a camada mais fina constituída de células queratinizadas, que deixam a parede do casco com aparência brilhante e lisa (O'GRADY, 2002), esta camada córnea superficial se estende na direção distal do perioplo (STASHAK, 2006).

O estrato médio é a camada mais espessa das três e se caracteriza pela sua estrutura tubular. É o principal suporte de carga e serve para transferência da força de reação do solo para o esqueleto equino. O seu desenho anatômico lhe confere resistência durante a locomoção. A queratina presente no estojo córneo é a principal proteína estrutural da epiderme e também está presente na pele, pelos, chifres e garras. Esta queratina pode ser agrupada de duas formas: dura, rica em pontes dissulfeto apresentando grande força física; e a mole, rica em grupos sulfidril e pobre em pontes dissulfeto, possuindo menor resistência. O perioplo, a rasilha, o bulbo e a linha branca, são formados pela queratina de menor resistência, ao contrário do que ocorre na parede e sola do casco (POLLITT, 2004).

O estrato interno é formado por lâminas epidérmicas que se interdigitam com as lâminas dérmicas constituindo o cório laminar. Na região mais interna está localizado o tecido conjuntivo denso e colagenoso, altamente vascularizado e inervado, denominado cório coronário (derme) (STASHAK, 2006), que recobre a falange distal e está fortemente interligado com as lâminas epidérmicas (CÉLESTE & SZÖKE, 2005).

A inervação do dígito equino é constituída de nervos não mielinizados e nervos mielinizados na proporção de 4:1. As fibras nervosas imunorreativas aos neuropeptídios estão amplamente distribuídas através da derme do casco, dos tecidos conjuntivos do dígito, do osso navicular e da falange distal, e ao redor da vascularização digital. No

entanto, a distribuição dos nervos sensoriais não é uniforme, havendo maior densidade no interior do osso navicular, nos aspectos dorsal e palmar dos ligamentos colaterais sesamoideanos e no ligamento sesamoideano ímpar distal do que na superfície do tendão flexor digital profundo ou no revestimento da bursa do navicular. Os nervos peptidérgicos aferentes também são capazes de liberar mediadores das terminações nervosas sensoriais, os quais podem promover vasodilatação, aumento da permeabilidade capilar e promover outros aspectos do processo inflamatório (PARKS, 2003).

Os ossos presentes na extremidade do dígito equino são as falanges (proximal, média e distal) e o sesamóide distal (navicular) (CÉLESTE & SZÖKE, 2005) (Figura 1). As falanges, proximal e medial, são semelhantes aos ossos longos dos membros, já a falange distal é uma adaptação, contendo apenas uma extremidade que articula com outro osso e a maior parte de sua área está presa a tecidos moles. A falange distal não possui córtex nem cavidade medular, e apresenta três superfícies, a superfície articular (que articula com a falange medial e o osso navicular), a superfície parietal (altamente porosa para proporcionar a ligação com o tecido subcutâneo e permitir a passagem de numerosos vasos) e a superfície solear (que ao contrario da anterior, não é porosa) (PARKS, 2003).



Figura 1. Imagem do dígito equino em corte longitudinal, no qual se observa as falanges proximal (P), medial (M) e distal (D), o navicular (N), os tendões, flexor digital profundo (seta preta) e flexor digital superficial (seta branca), além das divisões da estrutura córnea do casco como a parede (p), sola (s) e ranilha (r).

Figure 1. Equine digit image in longitudinal section, showing the proximal (P), medial (M) and distal (D) phalanges, the navicular bone (N), the deep digital flexor tendon (black arrow) and superficial digital flexor tendon (white arrow), in addition the corneal structure divisions of the hoof as the wall (p), sole (s) and frog (r).

Unido a falange distal estão as cartilagens ungueais, as quais apresentam aproximadamente 50% da borda distal ligada ao processo palmar da falange distal (PARKS, 2003). Estas cartilagens ungueais possuem a forma de um losango e são constituídas de cartilagem hialina (PARKS, 2006). Segundo BOWKER (2003), estas cartilagens contêm principalmente cartilagem hialina, mas em muitos cavalos de quatro a cinco anos de idade, a borda medial da cartilagem desenvolve fibrocartilagem. Esses feixes brancos de tecido fibroso e fibrocartilaginoso das cartilagens ungueais são facilmente discerníveis em torno do tecido elástico amarelado, do tecido adiposo e das fibras colágenas que formam o coxim digital.

O coxim digital fica entre as cartilagens medial e lateral e se estende dorsalmente como um tecido em forma de cunha ligado ao tendão flexor digital profundo e à superfície solear da falange distal. Duas artérias passam através do coxim digital para chegar a porção distal, onde se ramificam extensivamente para irrigar a rasilha (BOWKER, 2011).

As articulações presentes nas extremidades dos membros dos equinos são as interfalangeanas, classificadas como articulações em sela, o que significa que as faces ósseas são reciprocamente côncavas e convexas. A articulação interfalangeana proximal é uma articulação simples (falange proximal articula com a falange média), já a articulação distal é uma articulação complexa que envolve três ossos (falange medial, falange distal e o sesamóide distal), apresentando pouca movimentação entre a falange distal e o osso navicular (PARKS, 2003). A estabilidade desta articulação é mantida por dois ligamentos colaterais curtos, o ligamento sesamóide colateral, o ligamento sesamóide distal ímpar e a cápsula articular. Bolsas sinoviais da cápsula articular estão presentes no aspecto palmar e/ou plantar da articulação dorsal e abaxial ao tendão flexor digital profundo e axial as cartilagens colaterais da falange distal (CÉLESTE & SZÖKE, 2005).

SUPRIMENTO SANGUÍNEO DIGITAL

O suprimento arterial do casco é efetuado pelas artérias digitais medial e lateral (CUTAHIJA, 2009). Estas, surgem por divisão da artéria palmar/plantar medial (artéria digital comum) entre o ligamento suspensório e o tendão flexor digital profundo e se

introduzem no dígito na altura da superfície abaxial dos ossos sesamóides proximais do boleto (PARKS, 2003; POLLITT, 2004). Na falange proximal cada artéria digital dá origem a um ramo circunflexo que se une com o ramo da artéria do lado oposto, formando um círculo arterial ao redor do osso (POLLITT, 2004; ALVES et al., 2009). Na altura da articulação interfalangeana proximal, as artérias digitais enviam grandes ramos para os talões, que abastecem o coxim digital, a ranilha, o cório lamelar dos talões e das barras e o perióplio e o cório coronário palmar. Na metade da falange medial, cada artéria digital se ramifica novamente e forma outra artéria que é mais profunda que as cartilagens e os tendões extensores, e se conecta com a artéria do lado oposto, para formar uma artéria circular ao redor da falange média e da borda coronária. Esta artéria coronária circunflexa irriga o tendão extensor digital, a articulação interfalangiana distal e fornece vários ramos ao cório coronário e lamelar do dedo (POLLITT, 2004).

Próximo ao osso navicular cada artéria digital emite um ramo dorsal que atravessa o forame no processo palmar da falange distal e, desloca-se no sulco parietal na superfície dorsal da falange distal, suprimindo o cório lamelar dos talões e anastomoses com a parte palmar da artéria circunflexa da sola (POLLITT, 2004).

Tanto o ramo medial como o lateral da artéria digital surgem nas bordas proximal e distal do osso sesamóide distal (navicular). Os ramos se anastomosam com os outros e formam ligações diretas entre artérias digitais medial e lateral acima e abaixo do osso sesamóide distal. A artéria proximal se desloca no ligamento suspensor do osso sesamóide distal e seus ramos entram na borda proximal do osso através do forame vascular. Ao longo da extremidade distal de uma rede anastomótica arterial desloca-se no ligamento distal interósseo e seus ramos bifurcam e entram no osso sesamóide distal através de finos forames vasculares (POLLITT, 2004).

No estojo córneo, as artérias percorrem os sulcos soleares da falange distal (PARKS, 2003). A porção terminal da artéria digital entra no canal solear através do único forame pareado e une-se com a artéria do lado oposto para formar o arco terminal disposto profundamente, dentro do osso (POLLITT, 2004). Ramos do arco terminal irradiam para o exterior através de forames na superfície dorsal da falange distal e fornecem suprimento de sangue ao cório lamelar e, ainda, formam a artéria circunflexa,

responsável pelo suprimento sanguíneo do cório solear (PARKS, 2003; POLLITT, 2004).

A drenagem venosa do dígito equino é complexa e espelha parcialmente o suprimento arterial (PARKS, 2003). A diferença é a presença de três plexos venosos, o plexo venoso dorsal situa-se na região profunda da derme lamelar, o plexo venoso palmar/plantar que se localiza na porção mais profunda da derme e superfície interna axial das cartilagens ungueais e o plexo coronário, que se encontra no coxim coronário e abrange o tendão extensor digital e a superfície externa abaxial da cartilagem da falange distal. Estes três plexos são drenados pelas veias digitais lateral e medial (POLLITT, 2004).

As anastomoses arteriovenosas (AVAs) são componentes importantes da microcirculação da derme do dígito equino. Elas são encontradas em toda a circulação laminar, mas as maiores e mais longas (40 μ m de diâmetro) estão agrupadas próximo a origem das artérias axiais. A densidade destas anastomoses laminares foi estimada em 500 AVAs/cm² (POLLITT & MOLYNEUX, 1990). Estudos de MOLYNEUX et al. (1994) utilizando a microscopia eletrônica de transmissão mostraram que as AVAs são ricamente inervadas pelos nervos vasomotores autônomos e seus nervos peptidérgicos associados, apresentam paredes espessas de músculo liso e especializado.

De acordo com POLLITT (1995), o papel normalmente realizado pelo conjunto de AVAs está relacionado a termorregulação e modulação da pressão. A adaptação dos cavalos ao rigoroso inverno sem que os seus cascos sofram congelamento, demonstra que estes dispõem de uma circulação protetora especializada. Quando o pé alcança temperatura crítica, a lenta circulação de manutenção da derme aumenta rapidamente, aumentando o aporte de nutrientes, aquecendo o casco, mediante abertura reflexa das múltiplas AVAs. Esta dilatação das AVAs traz o sangue arterial quente para o interior da parede do casco. As AVAs são igualmente numerosas em torno das bases do cório coronário e do cório lamelar. De fato, a arquitetura vascular da papila dérmica é basicamente a mesma independentemente da sua origem, seja da derme papilar do perioplo, da borda coronária, da sola ou da rasilha (POLLITT, 2004).

Histologia do casco

A porção interna da parede do casco está revestida por aproximadamente 600 lâminas epidérmicas primárias (LEPs) (POLLITT, 1995) (Figura 2), dispostas verticalmente em fileiras paralelas e com formato de longos e finos retângulos (POLLITT, 2007). O papel das lâminas epidérmicas é suspensivo, uma especialização anatômica que aumenta a área de superfície para a fixação do tecido conjuntivo denso entre a falange distal e o casco. A especialização ocorre na forma de projeções, estando presentes entre 150 e 200 lâminas epidérmicas secundárias (LESs) sobre a superfície de cada LEP.



Figura 2. Fotomicrografia ilustrando a derme e epiderme podal de equino hígido, na qual se observa a disposição das lâminas epidérmicas primárias (LEP) e lâminas dérmicas primárias (LDP), além de suas projeções, as lâminas epidérmicas secundárias (seta) e lâminas dérmicas secundárias (ponta de seta). Hematoxilina-Eosina, obj 10x.

Figure 2. Pedal dermal and epidermal photomicrography illustration of the healthy equine, showing the primary epidermal lamellae (LEP) and primary dermal

lamellae (LDP), as well as secondary epidermal lamellae (arrow) and secondary dermal lamellae (arrowhead). Hematoxylin-Eosin, obj 10x.

As LES hígdas apresentam aparência histológica constante, assumindo a forma arredondada (POLLITT, 2007). As células que integram a primeira camada celular, situada no lado epidérmico da MB, são chamadas de células epidérmicas basais. Elas se dividem continuamente ao longo da vida do animal e suas células filhas maduras formam células queratinizadas não nucleadas, as quais formam o eixo central de cada lâmina secundária. A produção contínua dessas células empurra as células queratinizadas contribuindo para a resistência das lâminas epidérmicas tanto primárias como secundárias (POLLITT, 1995). Os núcleos das células basais epidérmicas possuem formato oval e estão posicionados na porção apical de cada célula, em posição distal à membrana basal. O longo eixo de cada núcleo da célula basal é perpendicular ao eixo longitudinal da LES. As lâminas dérmicas secundárias (LDSs) são preenchidas por tecido conjuntivo, que se distribui entre as bases das LESs (POLLITT, 2007). A epiderme carece de vascularização, e depende dos capilares adjacentes presentes na derme para suprir suas necessidades de oxigênio e substratos energéticos e proteicos. Os nutrientes devem difundir-se através da MB para alcançar as células dispostas nas LESs (POLLITT, 1995).

Na interface entre as lâminas dérmicas e epidérmicas encontra-se uma matriz proteica de grande importância para a manutenção da estrutura laminar, denominada membrana basal (MB). A ultra-estrutura da membrana basal do casco equino é de constituição essencialmente igual a de outros animais (POLLITT, 1994). Como peculiaridade, apresenta no tecido conjuntivo adjacente a epiderme, grande quantidade de fibrilas de ancoragem e uma lâmina densa responsáveis pela transmissão de força extra à região. Na face dérmica da MB se situam as fibras colágenas do tecido conjuntivo ancorados firmemente na ampla superfície da MB que se une entre cada uma das lâminas secundárias, para formar uma base contínua até a superfície dorsal da falange distal onde se fixa fortemente (POLLITT, 1995).

A MB tem participação chave nas células basais epidérmicas e nas lâminas dérmicas. Esta é uma estrutura tridimensional, composta por filamentos de colágeno IV, entrelaçados com glicoproteínas, em particular a laminina-1, que juntos formam a

lâmina densa. A laminina-1 é uma das principais proteínas da membrana basal, formando com esta os sítios receptores e ligantes a fatores de crescimento, citocinas, moléculas de adesão e integrinas. Sem a membrana basal intacta e funcional, a epiderme ao qual está ligada perde sua conformação natural (POLLITT, 2004).

Quando a MB é observada à microscopia eletrônica de transmissão, há o domínio da lâmina densa, que aparece como uma linha escura seguindo os contornos das células epidérmicas. Na base de cada célula basal pode ser visualizado numerosas placas densas de adesão chamadas hemidesmossomos. Estas estruturas são formadas de várias proteínas, as quais ocorrem de ambos os lados da célula basal formando assim uma ponte que liga o interior da célula com o exterior formado de tecido conjuntivo. As proteínas que preenchem a lacuna entre os hemidesmossomos e a lâmina densa são as lamininas do tipo cinco (laminina-5), e a ancoragem dos inúmeros filamentos de espessura fina dessa laminina é que dão origem à lâmina lúcida (POLLITT, 2004).

CRESCIMENTO DA PAREDE DO CASCO

Os cascos dos equinos se desgastam naturalmente na superfície do solo. Para compensar este desgaste, a parede do casco cresce continuamente ao longo da vida (POLLITT, 2004). O processo regenerativo se dá no estrato médio, composto de túbulos que crescem a partir do estrato germinativo presente na epiderme coronária. Nestes túbulos as células das lâminas epidérmicas primárias se queratinizam progressivamente a medida que se movem no sentido distal. O lento crescimento distal da parede do casco (10 mm/mês) é resultado da diferença entre as lâminas epidérmicas primárias e secundárias do estrato interno, pois ao contrário das células das lâminas epidérmicas primárias que se queratinizam enquanto se movem nos túbulos, as células basais das lamelas secundárias são mais aderentes às lâminas dérmicas e não se queratinizam (CÉLESTE & SZÖKE, 2005).

O crescimento do casco também ocorre da mesma forma (mitose) nas lâminas epidérmicas primárias da região proximal do casco, porém, não há evidências convincentes de que o crescimento ocorra na porção mais distal (POLLITT, 2004). Segundo DARADKA & POLLITT (2004) os movimentos da região lamelar podem ocorrer seja pela proliferação das células seja por processos enzimáticos baseados na

remodelação. Estes autores visualizaram que a proliferação na região proximal é 20 vezes maior que a da porção distal, e que a remodelação dentro da parede do casco após o término da fixação a falange distal, não exige a proliferação das células epidérmicas.

Segundo WOESSNER (1991), a remodelação da epiderme e da matriz extracelular se deve à liberação controlada promovida pela ativação de metaloproteinases (MMPs). Estas enzimas são responsáveis pela degradação de componentes da matriz extracelular formada de colágeno e proteoglicanos, e sendo inibidas subsequentemente por inibidores teciduais de metaloproteinases (TIMPs). As MMPs são secretadas na forma inativa de pró-enzimas, e que ao serem ativadas, possuem como substratos conhecidos os colágenos do tipo IV e VII e a glicoproteína laminina-1 (POLLITT, 2004). Adicionalmente, a laminina-5 (principal componente de ancoragem da membrana basal [MB]) também é clivada pelas MMPs. Além de possuir os componentes moleculares da MB como substratos, as MMPs também atuam sobre componentes moleculares de desmossomos e hemidesmossomos, o que permite as células epidérmicas e a membrana basal estarem constantemente respondendo ao estresse e às tensões de crescimento e de locomoção (WOESSNER, 1991).

CONCLUSÃO:

Devido a grande importância econômica da equinocultura em nosso país, o conhecimento anatômico do dígito dos equinos, o crescimento do casco e sua histologia é de fundamental importância para os veterinários que atuam na medicina equina, uma vez que a porção distal dos membros são alvos de frequentes lesões e acabam levando a claudicação, causando a queda de performance, o afastamento destes animais de suas atividades, a piora na qualidade de vida ou até mesmo o óbito.

REFERÊNCIAS:

ALVES F. R.; BOMBONATO, P. P.; MARIANA, A. N. B.; GUERRA, P. C.; MACHADO, P. P.; CRUZ-PINTO, C. E.; MACHADO JÚNIOR, A. A. Anatomia dos tendões e ligamentos da região distal dos membros torácicos de asininos (*Equus asinus*) utilizados como veículo de tração animal e suas relações com a anatomia do equino

doméstico. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 42, n. 2, p.101-108, 2008.

ALVES F. R.; GUERRA, P. C.; FIORETTO, E. T.; MACHADO-JUNIOR, A. A. N.; MACHADO, F. C. F.; ARANHA, R. M. C.; AMBRÓSIO, C. E.; MARIANA, A. N. B.; MIGLINO, M. A. Angiographic aspect of the distal forelimb in donkeys (*Equus asinus*) used for animal traction. **Biotemas**, v. 22, p. 163-167, 2009.

BOWKER, R. Functional anatomy of the palmar aspect of the foot. In: ROSS, M. W.; DYSON, S. J. **Diagnosis and management of lameness in the horse**. St. Louis: Saunders, 2003, p. 282-286.

BOWKER, R. M. Functional anatomy of the palmar aspect of the foot. In: ROSS, M. W.; DYSON, S. **Diagnosis and Management of Lameness in the Horse**. 2 Edição. Saint Louis: W.B. Saunders, 2011. cap. 29, p. 320-323.

BUDRAS, K. D.; SACK, W. O.; RÖCK, S.; HOROWITZ, A.; BERG, R. Anatomy of the Horse: An Illustrated Text. 5 Edição. Germany: Schluetersche, 2009.

CÉLESTE, C. J. & SZÖKE, M. O. Management of Equine Hoof Injuries. **Veterinary Clinical Equine**, v.21, p.167-190, 2005.

CUTAHIJA V. Distribution of hoof arterial blood vessels in bosnian mountain horse. **Veterinaria Sarajevo**, v. 58, p. 17-28, 2009.

DARADKA, M. & POLLITT, C. C. Epidermal cell proliferation in the equine hoof wall. **Equine Veterinary Journal**, London, v.36, p.210-216, 2004.

LIMA, R. A. S. & CINTRA, A. G. Revisão do estudo do complexo do agronegócio do cavalo. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, p. 1-56, 2016.

MAPA. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**, 2014. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br>. Acesso em: 18 março de 2017.

MOLYNEUX, G. S.; HALLER, C. J.; MOGG, K. C.; POLLITT, C. C. The structure, innervation and location of arteriovenous anastomoses in the equine foot. **Equine Veterinary Journal**, London, v.26, p.305-312, 1994.

O'GRADY, S. E. White line disease – an update. **Equine Veterinary Education**, v. 14, n. 1, p. 51-55, 2002.

O'GRADY, S. E. Basic farriery for the performance horse. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 24, n. 1, p. 203-218, 2008.

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

PARKS, A. Structure and function of the equine digit in relation to palmar foot pain. In: AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 52, 2006, San Antonio, **Proceeding...** p.188-197.

POLLITT, C. C. The basement membrane at the equine hoof dermal epidermal junction. **Equine Veterinary Journal**, London, v.26, p.399-407, 1994.

POLLITT, C. C. **Color atlas of the horse's foot**. Barcelona: Mosby-Wolfe, 1995.

POLLITT, C. C. Anatomy and physiology of the inner hoof wall. **Clinical Techniques in Equine Practice**, v.3, p.3-21, 2004.

POLLITT C. C. Microscopic anatomy and physiology of the hoof. In: FLOYD AE & MANSMANN RA, Equine Podiatry. Saint Louis: Saunders Elsevier, 2007. p.90-101.

POLLITT, C. C. & MOLYNEUX, G. S. A scanning electron microscopical study of the dermal microcirculation of the equine foot. **Equine Veterinary Journal**, London, v.22, p.79-87, 1990.

STASHAK, T. S. **Claudicação em equinos segundo Adams**. 2. ed. São Paulo: Roca, p. 378-383, 2006.

WILSON, A. & WELLER, R. The Biomechanics of the Equine Limb and Its Effect on Lameness. In: ROSS, M. W.; DYSON, S. Diagnosis and Management of Lameness in the Horse Saint Louis: W.B. Saunders, 2011. cap.26, p.270-281.

WOESSNER, F. J. Matrix metalloproteinases and their inhibitors in connective tissue remodeling. **FASEB J.**, v.5, p.2145-2154, 1991.