

Por trás das pelagens dos equídeos – Revisão de Literatura –

Santos, M.M.M.¹; Krebs, L.C.¹ e Godoi, F.N.^{2@}

¹Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica. Brasil.

²Departamento de Produção Animal, Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica. Brasil.

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Agronegócio.
Cavalo.
Fenótipo.
Genótipo.
Particularidades.

ADDITIONAL KEYWORDS

Agribusiness.
Horse.
Genotype.
Particularities.
Phenotype.

INFORMATION

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 12.05.2019
Aceptado/Accepted: 14.09.2020
On-line: 04.07.2022
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
fernandagodoiufri@gmail.com

INTRODUÇÃO

Fenotipicamente, a pelagem é a coloração dada ao revestimento do conjunto de pele, pelo, crina, cauda e extremidades (Rezende & Costa 2012, p. 14). As pelagens e particularidades dos equídeos são utilizadas para a identificação precisa do animal, a qual é feita utilizando a resenha, que é um documento essencial para identificação animal e obtenção de registro nas Associações de Criadores, para exames de notificação obrigatória, transporte, participação em competições,

RESUMO

Pelagem é o nome dado à coloração do somatório do revestimento da pele, pelo, crina, cauda e extremidade dos equídeos e é utilizada principalmente para identificá-los. Objetivou-se realizar essa revisão de literatura sobre a genética das pelagens e particularidades dos equídeos visando evitar perdas econômicas na produção e expandir o agronegócio do cavalo. A pelagem é determinada por diversos genes e pares de alelos que irão influenciar a distribuição das células melanocíticas e no tipo de pigmento. Existem dois tipos de pigmentos que dão origem as pelagens dos equídeos, a eumelanina e a feomelanina. Esses pigmentos são regulados pela ativação ou inativação do receptor de superfície no melanócito denominado *MC1R* e pela atuação dos receptores de superfície codificados pelo *locus extension* e *locus agouti*. A partir da atuação dos pigmentos, outros genes modificadores e diluidores podem atuar originando as variações de pelagens. As particularidades de pele despigmentada e pelos brancos são explicadas por mutações independentes nos genes *MITF* e *PAX3*, e variantes nos genes *EDNRB* e *KIT*. Quando há atuação conjunta dos loci *KIT* e *MITF*, ocorre um aumento na extensão das particularidades despigmentadas no fenótipo. O estudo genético das pelagens é necessário para correta identificação dos equinos, assim como evitar doenças e perdas econômicas e auxiliar na expansão do agronegócio do cavalo.

Behind equidae coat color – Literature review –

SUMMARY

Coat color is the name given to the color of the sum of the coat of the skin, fur, mane, tail and extremity of horses and is used mainly to identify them. The objective was to carry out this literature review on the genetics of coats and peculiarities of equines to avoid economic losses in production and expand the horse's agribusiness. The coat is determined by several genes and pairs of alleles that will influence the distribution of melanocytic cells and the type of pigment. There are two types of pigments that give rise to equine coats, eumelanin and pheomelanin. These pigments are regulated by the activation or inactivation of the surface receptor on the melanocyte called *MC1R* and by the action of surface receptors encoded by the extension locus and agouti locus. From the action of pigments, other modifying and diluting genes can act, originating the variations of coats. The particularities of depigmented skin and white hair are explained by independent mutations in the *MITF* and *PAX3* genes, and variants in the *EDNRB* and *KIT* genes. When the *KIT* and *MITF* loci act together, there is an increase in the extent of depigmented particularities in the phenotype. The genetic study of coats is necessary for the correct identification of horses, as well as avoiding diseases and economic losses and helping to expand the horse's agribusiness.

entre outros (Rezende & Costa 2012, p. 14, MAPA, 2017, p. 2). Mesmo em animais identificados por microchip, ainda se faz necessário o preenchimento da resenha em diversos casos, pois a partir da leitura do código referente ao microchip, é possível encontrar os registros dos animais nas Associações de Criadores que apresentam a resenha de cada indivíduo (Lima & Cintra, 2016, p. 36; MAPA, 2017, p. 2). A abordagem fenotípica é mais comum para definir as pelagens e particularidades em situações de campo, em que os

detalhes genéticos são pouco conhecidos (Sponenberg & Bellone, 2017, p. 17).

Com a domesticação e o grande número de animais no rebanho, houve aumento na variação das pelagens e particularidades dos equinos, o que pode dificultar a padronização da nomenclatura dos fenótipos, dificultando o preenchimento das resenhas (Druml et al. 2009, p. 354; Ludwig et al. 2009, p. 485).

A correta identificação das pelagens e particularidades na produção e criação de equídeos se faz necessário, ainda mais, para evitar perdas econômicas, pois alguns alelos relacionados a modificações no fenótipo das pelagens estão também associados a doenças deletérias. Com conhecimento do genótipo é possível planejar os cruzamentos para evitar a perda de animais por estas doenças congênitas. Como exemplo, equídeos que apresentam homozigose do alelo mutante frame overo são afetados pela Síndrome do Potro Branco, ou patologicamente Aganglionose Ileocólica (Brooks et al. 2010, p. 2003; Druml et al. 2009, p. 349; Bellone, 2010. p. 101).

Com os estudos em genética, pôde-se determinar que a cor nos cavalos é determinada por diversos genes e com os respectivos pares de alelos que irão influenciar na distribuição das células melanocíticas e o tipo de pigmento produzido. A presença dos melanócitos determina a quantidade e classificação do pigmento. Os melanócitos migram para pele na fase embrionária e liberam os pigmentos nas células que irão se tornar pelos e pele (Sponenberg & Bellone, 2017, p. 18).

As células de pigmento são capazes de liberar dois pigmentos, a eumelanina e a feomelanina, e a partir desses pigmentos outros alelos modificadores e/ou

diluidores podem atuar no genótipo gerando as variações da pelagem (Sponenberg & Bellone 2017, p. 18). Esses pigmentos são regulados pela ativação ou inativação do receptor de superfície no melanócito denominado MC1R (Receptor de melanocortina 1) e pela atuação dos receptores de superfície codificados pelo *locus extension* e *locus agouti* (Sponenberg & Bellone 2017, p. 17).

Dessa forma, objetivou-se realizar essa revisão de literatura sobre a genética das pelagens e particularidades dos equídeos para evitar perdas econômicas na produção de equídeos e expandir o agronegócio do cavalo. Para tanto, foram utilizadas possíveis explicações presentes na literatura sobre genética de pelagens e particularidades, para realizar uma classificação relacionada com a provável correspondência do genoma, e assim gerar dados para facilitar os criadores no registro correto em Associações de Criadores de Cavalos.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

PARA QUE CONHECER AS PELAGENS DOS EQUÍDEOS?

As pelagens podem sofrer pequenas alterações, devido à alguns fatores como: 1) a variação hormonal, as éguas prenhes e garanhões podem apresentar a pelagem com aspecto brilhante, tonalidade mais clara ou mais escura e pelo mais liso (Rezende & Costa 2012, p. 14); 2) a idade, pois conforme o animal envelhece a pelagem apresenta maior quantidade de pelos brancos (Rezende & Costa 2012, p. 14) e o contrário também pode ocorrer, potros nos primeiros meses de vida apresentam pelos claros (amarelados) nos membros que com passar dos meses vão sendo trocados por pelos pretos, em pelagens com base de pigmento eumelanina ou pelos vermelhos, em pelagens com base de pigmento feomelanina (Santos 2021, p. 122); 3) a nutrição, as deficiências nutricionais proporcionam pelagens opacas e ressecadas (Rezende & Costa 2012, p. 14); 4) ambiente, no verão apresentam pelagem com pelos mais curtos e brilhantes, ao contrário do que ocorre no inverno, que os pelos mostram-se mais longos, espessos e opacos. Além disso, o manejo de acordo com o clima também pode alterar a tonalidade da pelagem. Animais que ficam muito tempo expostos ao sol tendem a ter alterações na pelagem, a coloração fica queimada, tanto que no manejo com equídeos que vão para leilão, os criadores deixam os animais em baia para evitar que haja essa alteração pelo sol e que os pelos fiquem mais brilhantes (Rezende & Costa 2012, p. 14).

Outro exemplo é referente aos animais que são rasqueados (escovados) com frequência, o que proporciona maior troca de pelos. Dessa forma, esses equídeos estão sempre com os pelos mais brilhantes em relação aos animais que não são rasqueado. O objetivo desses manejos com os animais, além de promover o bem-estar, é aumentar a valorização econômica dos equídeos para compra e venda, leilões, concursos e provas. Todos os fatores descritos podem alterar a tonalidade da pelagem, porém, nenhum irá alterar a definição genética da pelagem.

A identificação correta das pelagens e particularidades são necessárias para o preenchimento adequado



Figura 1. Potro no primeiro e no sexto mês de vida. Observe os membros amarelados no primeiro mês e, a presença de pelos pretos, no sexto mês, caracterizando a pelagem castanha (Foal in the first and sixth months of life. Notice the yellowish limbs in the first month and the presence of black hair in the sixth month, characterizing the brown coat).



Figura 2. Representação de um equino duplo diluído. Enfatizando a presença da diluição da pele no fenótipo (Representation of a diluted double equine. Emphasizing the presence of skin dilution in the phenotype).

da resenha. A resenha é um documento individual, em papel específico e preenchido de forma descritiva. O ato de resenhar um animal é definir corretamente a pelagem e descrever de forma minuciosa todas as particularidades observadas no corpo dos equídeos, e assinaladas toda e qualquer marcação que o animal apresente, incluindo as marcações a ferro ou a nitrogênio líquido (FEI 2007, p. 3). É importante destacar que para qualquer manejo com os animais e o registro nas Associações de Criadores é necessário que esses sejam identificados pela resenha.

Devido à falta de padronização na nomenclatura das pelagens e particularidades e a ampla variação do fenótipo, é possível observar equívocos de definição de pelagens dos equídeos, o que conseqüentemente gera o preenchimento inadequado das resenhas. Equinos com o mesmo fenótipo ou a mesma cor de pelagem podem apresentar genótipos diferentes que serão determinados por testes genéticos ou por predição na avaliação da pelagem dos seus ascendentes e descendentes (Masciel et al. 2020, p. 4).

A identificação incorreta da pelagem pode gerar perdas econômicas principalmente em relação aos animais que participam de competições (Sponenberg & Bellone 2017, p. 4). Na prática, quando o equino chega ao local de prova, só pode desembarcar após o técnico responsável verificar se as informações preenchidas na resenha estão de acordo com o fenótipo observado no mesmo animal. Caso a identificação esteja equivocada, o equino não poderá desembarcar e participar da prova. Com isso, o proprietário é prejudicado economicamente com gastos de treinamento, alimentação, transporte e inscrição, além de não obter nenhum retorno com a prova.

A identificação correta das pelagens, além de interferir na resenha, é necessária para instruir os acasalamentos e evitar perda de animais por doenças genéti-

cas. Pois, a cor da pelagem em equinos possui efeito pleiotrópico, ou seja, um mesmo gene possui várias funções, dessa forma, a cor do pelo também pode estar associada a características morfológicas, fisiológicas e até mesmo comportamentais (Finn et al. 2016, p. 67; Sánchez-Guerrero et al. 2018, p.15). Segundo Sánchez-Guerrero et al. (2018, p. 19), equinos da Raça Espanhola com pelagens castanha e alazã apresentaram diferenças morfológicas, sendo os cavalos castanhos morfológicamente maiores em relação aos alazões.

Segundo Brooks et al. (2010, p. 4), também é descrito na literatura, a Síndrome do Potro Lavanda que é caracterizada por uma deleção de base única no gene *MYO5A*. Neste caso, o animal apresenta a pelagem semelhante a cor lavanda e é acometido por um distúrbio neurológico que impede o potro de ficar em pé e amamentar-se normalmente, o que causa letalidade em equinos da raça Árabe.

Um dos efeitos pleiotrópicos mais estudados na genética de pelagens dos equídeos é referente a pelagem oveira. Animais que apresentam genótipo homocigoto dominante (*OO*) para pelagem oveira, são acometidos por uma patologia conhecida como a “Síndrome letal do potro branco” ou Aganglionose Ileocólica (Brooks et al. 2002, p. 302), pois quando há formação do embrião as células que darão origem aos pigmentos estão intimamente ligadas com as células da crista neural (Haase et al. 2007, p. 2106). Estes potros, ao nascerem, são inteiramente brancos e apresentam olhos azuis, além de dificuldade e/ou impedimento do trânsito da digesta através do trato intestinal, devido à deficiência/ausência das células nervosas (Aganglionose) que controlam a ação dos músculos peristálticos. Como resultado, o mecônio não passa pelo trato intestinal levando ao bloqueio intestinal crônico (Coelho et al. 2008, p.204), provocando a morte em todos os casos (Brooks et al. 2007, p. 228; Santschi et al. 1998, p. 307; Brooks et al. 2010, p. 2; Bellone 2010, p. 103). Diante desses exemplos, é possível entender a importância do conhecimento da genética das pelagens para evitar mortalidade nos Haras.

AS PELAGENS E AS RAÇAS

A valorização econômica dos equídeos e a criação das raças pode ocorrer, muitas vezes, por conta dos fenótipos de pelagens e particularidades. Sendo assim, a identificação dos genes que expressam determinada pelagem e particularidades é importante para o correto registro dos equídeos nas Associações de Criadores. Destaca-se a Associação de Criadores de Cavalos Pampa (ABCCPampa) que selecionam os genes que codificam a pelagem pampa ou tobiano e apenas registram os animais com base na pelagem (Coelho et al. 2010, p. 734). Inclusive, na ABCCPampa, são realizados testes genéticos para avaliar se os equinos registrados são homocigotos para o gene do Tobiano (*TOTO*), caso os animais sejam *TOTO*, estes possuem maior valor agregado em relação aos indivíduos heterocigotos, pois aumentam a probabilidade do nascimento de potros com fenótipo pampa ou tobiano (ABCCPampa). A nomenclatura Tobiano é em homenagem ao brasileiro Tobias de Aguiar, que em 1842, na guerra dos Farrapos introduziu na tropa os equinos de pelagem “mancha-

da”, que eram conhecidos como os “cavalos do Tobias” e, posteriormente, foram denominadas de Tobiano ou também chamados de equinos pampa, pelo fato da localização da guerra ser nos Pampas Gaúchos, no Brasil (ABCCPampa).

Particularmente, na raça de cavalos Quarto de Milha o excesso de particularidades de pele despigmentada e de pelos brancos na cabeça e nos membros torácicos e pélvicos prejudicam o registro dos animais na Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Quarto de Milha (ABQM) (Maciel et al. 2020, p. 2), pois dependendo da extensão das malhas são considerados equinos da raça Paint Horse (APHA).

A raça Paint Horse é uma raça americana, na qual há registro principalmente dos animais que atendem os requisitos de malhas despigmentadas com pelos brancos caracterizando padrões de pelagem tobiano, oveiro e toveiros (APHA). No Brasil, existe a Associação Brasileira do Cavallo Paint, no qual, os animais da raça Quarto de Milha que possuem malhas de pelos brancos sob pele despigmentada na pelagem igual ou acima de duas polegadas (média de 5,08cm) de extensão ABCPaint.

Na raça Mangalarga Marchador, não são registrados equinos de pelagem cremelo ou perlino (ABCCMM, 2021, na Associação essa pelagem é denominada erroneamente como pseudo-albina). Além disso, esta Associação prioriza no regulamento, animais com cascos escuros. Portanto, é importante conhecer a genética de pelagens para evitar o nascimento de potros com fenótipos indesejáveis em haras de criação da raça Mangalarga Marchador (ABCCMM).

A raça de equinos chamada Appaloosa, originalmente americana, também possui interferências no registro com base na pelagem. A Associação de Criadores define os animais da raça de acordo com padrões morfológicos e com os padrões de pelagem. Para o equino ser registrado é necessário apresentar a pelagem apalusa ou persa como resultado dos critérios de seleção dos criadores (ABCCAppaloosa; Sánchez-Guerrero et al. 2018, p. 14).

Existe ainda nos Estados Unidos da América uma raça denominada Palomino, no qual a *Palomino Horse Breeders of America* (PHBA) fundada em 1941, realiza o registro de equinos que possuem a pelagem básica amarela, na qual, o animal apresenta o fenótipo de cabeça, pescoço, tronco e membros amarelos com crina e cauda na cor creme. Aceita-se as tonalidades amarelo escuro e claro.

Quando avaliamos equinos de tração, a pelagem também é um fator limitante para o registro. As raças Percheron e Bretão, são raças de grande porte utilizadas para abate e tração, originadas na França. A Associação Brasileira de Criadores de Cavallo Bretão só registra animais com pelagens alazã, castanha e rosilha e suas respectivas variações, não sendo admitidas nos animais de pelagens tordilha, pampa e cremelo (duplo-diluídas) (ABCCBretão). Já, a *Société Hippique Percheronne de France* (SHPF) somente registram animais para raça Percheron que possuam pelagens tordilha ou preta. Como essas duas raças são de tração e animais

de grande porte, a diferença do fenótipo da pelagem auxilia na identificação das raças.

Além das pelagens, as particularidades podem influenciar na caracterização das raças. Na raça de asininos denominada Jumento Pêga, para que os animais sejam registrados no livro oficial da Associação de Criadores de Jumento Pêga (ABCJPêga) é necessário que estes apresentem as particularidades primitivas no fenótipo da pelagem, sendo elas: listra de burro e faixa crucial. Além disso, para este livro, as pelagens admitidas são pelo de rato, ruão e tordilha. Além do livro oficial, a Associação criou um livro denominado *Varição de Pelagem*, para que sejam aceitos e registrados animais de pelagem pampa, oveira e preta com suas respectivas variações e que não apresentem faixa crucial (ABCJPêga).

E, COMO ENTENDER A GENÉTICA DAS PELAGENS?

Nos últimos anos, uma abordagem baseada na genética se tornou mais estudada para entender e classificar melhor as pelagens e particularidades dos equídeos (Sponenberg & Bellone 2017, p.4). Essa abordagem geralmente pode tornar mais exata a nomenclatura quando há descoberta dos genes que estão associados aos respectivos fenótipos de pelagens. Quando há identificação dos genes associados a pelagem, é possível trabalhar com cruzamentos e acasalamentos no plantel com maior exatidão, visando evitar doenças associadas aos genes das pelagens e também evitar perdas econômicas com aparecimento de pelagens que não podem ser registradas em determinadas Associações de Criadores, como supracitado. Por outro lado, com conhecimento genético, é possível aumentar a probabilidade do nascimento de potros com pelagens de interesse dos criadores (Sponenberg & Bellone 2017, p. 4).

A classificação mais tradicionalmente estudada para genética de pelagens segue a Teoria de Castle, proposta pela Escola Americana de Castle, que propõe um abecedário para designar os genes que determinam as pelagens básicas dos equídeos (Castle 1954, p. 37; Rezende & Costa 2012, p. 82). A partir da Teoria de Castle muitos novos estudos foram feitos para elucidar os genes já conhecidos e buscar novos genes que são de ação desconhecida (Sponenberg & Bellone 2017, p. 3, Bailey & Brooks 2020, p. 69).

Briquet (1959) verificou que o fenótipo da pelagem é classificado como caractere qualitativo mendeliano, mesmo sendo causado pela ação de diversos genes que influenciam a distribuição das células melanocíticas e o tipo de pigmento, porque não apresentam uma quantidade de alelos grandes suficientes para serem classificadas como caractere quantitativo. Isso significa que as pelagens são pouco influenciadas pelo ambiente, podendo ocorrer qualquer tipo de ação gênica entre alelos e interação gênica entre os pares de genes.

O avançar da genética de pelagens só foi possível a partir do conhecimento do genoma equino, que foi descrito por Wade et al. (2009, p. 865), com a utilização de uma égua da raça Puro Sangue Inglês, conhecida como Twilight. Neste sequenciamento foi estabelecido

o genoma referência para o cavalo doméstico, que é utilizada como base dos estudos de genética molecular.

Pigmentos – Para entender como as pelagens são definidas geneticamente é necessário iniciar pelos pigmentos. A cor da pelagem nos equinos só é possível porque as células de pigmento, chamadas melanócitos, agem para colocar grânulos de pigmento nas células que se tornarão pelos e pele. E a presença dos melanócitos determinam a quantidade, tipo e característica da pigmentação (Sponenberg & Bellone 2017, p. 18).

São dois tipos de pigmentos que atuam para dar origem as pelagens, o pigmento eumelanina e a feomelanina. A eumelanina é responsável pela cor preta e a feomelanina é responsável pela cor vermelha, dando origem as pelagens básicas: alazã, preta e castanha. A partir da atuação dos pigmentos outros genes modificadores e diluidores podem atuar sobre os pigmentos dando origem as variedades de pelagem (Sponenberg & Bellone 2017, p. 18; Bailey & Brooks 2020, p. 69). A partir dessas informações é possível utilizá-las como base para entender o funcionamento da genética de pelagem dos equídeos.

A eumelanina e feomelanina são regulados pela ativação ou inativação do receptor de superfície no melanócito denominado *MC1R* (Receptor de melanocortina 1, referente ao gene *MC1R*, *locus extension*). O *MC1R* pode ser ativado pelo hormônio estimulador de melanócitos (*MSH*), produzido pela glândula pituitária. Quando o *MSH* se liga ao receptor *MC1R*, o melanócito é ativado, então produz e libera a eumelanina. O contrário ocorre quando a proteína codificada do gene *ASIP* (*locus agouti*) se liga ao receptor *MC1R*, neste caso, o receptor *MC1R* é impedido de ser ativado pelo *MSH* e o melanócito produz e libera a feomelanina (Wagner & Reissmann 2000, p. 289; Rieder et al. 2001, p. 451).

Pelagem Preta - Além do citado anteriormente, a proteína codificada pelo *locus extension* ativa o receptor *MC1R* liberando o pigmento eumelanina, mesmo na ausência do *MSH*. Portanto, animais que são dominantes para *extension* (*EE* ou *Ee*) irão liberar eumelanina. O pigmento preto é completamente dominante sobre o pigmento vermelho, portanto, animais (*Ee*) e (*EE*) tem base preta (Sponenberg & Bellone, 2017, p. 33). Caso nenhum outro alelo modificador ou diluidor para pelagem esteja atuando neste equídeo, o animal apresentará o fenótipo de pelagem preta, que é caracterizado por apresentar cabeça, pescoço e tronco pretos, assim como, crina cauda e extremidades pretas (Rezende & Costa 2012, p. 17).

Pelagem Alazã - Sponenberg & Bellone, em 2017, sugerem que quando o alelo atuante para o *locus extension* é recessivo com duas cópias (*ee*), neste caso o equídeo expressará exclusivamente a feomelanina, pois essa mutação faz com que o (*ee*) não responda ao *MSH* e inative o *MC1R*, neste caso o animal produzirá somente pigmento vermelho, além disso o alelo recessivo impede a produção de pigmento preto (Sponenberg & Bellone, 2017, p. 35). Caso nenhum outro alelo modificador ou diluidor para pelagem esteja atuando neste animal, o equídeo apresentará o fenótipo da pelagem alazã, que é caracterizado por apresentar cabeça, pes-

coço e tronco vermelhos, assim como crina, cauda e extremidades vermelha, ou seja, todo corpo de coloração vermelha, sem nenhum pelo preto (Rezende & Costa 2012, p. 17)

Pelagem Castanha – A proteína expressa pelo *locus agouti* também pode ativar o *MC1R*. Neste caso, quando o *locus agouti* está presente, há o bloqueio externo do *MC1R*, mesmo que o *MSH* esteja presente fazendo com que os melanócitos produzam e liberem feomelanina. O *locus agouti* direciona o pigmento eumelanina para a crina, cauda e extremidades do equídeo quando desbloqueia o receptor (*MC1R*) e permite a ligação do *MSH* e a liberação da eumelanina. Neste mecanismo, o animal pode apresentar áreas de feomelanina (causada pelo receptor bloqueado) e áreas de eumelanina quando a proteína do *locus agouti* está ausente (receptor desbloqueado) (Rieder et al. 2001, p. 452; Sponenberg & Bellone, 2017, p. 36).

O controle de presença ou ausência do agouti é controlado pelo gene *ASIP*, que atua como um antagonista do receptor da melanocortina-1 (*MC1R*). De forma geral, o gene *ASIP* controla onde o pigmento preto é produzido pelo cavalo. O *locus agouti* possui 2 alelos, o dominante (*A*) e o recessivo (*a*) (Rieder et al. 2001, p. 452; Sponenberg & Bellone, 2017, p. 36). O genótipo dominante (*AA* ou *Aa*) restringe o preto às extremidades, ou seja: crina, cauda e membros pretos. E, para completar o fenótipo, o animal possuirá cabeça, pescoço e tronco vermelhos, resultando em cavalos castanhos, caso nenhum outro alelo diluidor ou modificador para pelagem esteja atuando (Rezende & Costa 2012, p. 17)

Uma única cópia do alelo (*A*) é suficiente para bloquear a ação do hormônio *MSH*. Quando em homozigose para o alelo recessivo (*a*) resulta em um cavalo uniformemente preto, pois o gene *ASIP* não é funcional e é incapaz de bloquear a entrada do *MSH*. A mutação do agouti (*A*) para o alelo recessivo é uma deleção de 11 pares de bases no cromossomo 22 (ECA22) (Rieder et al. 2001, p. 453; Sponenberg & Bellone 2017, p. 36).

Sabendo que tanto o agouti quanto o *extension* se comunicam, existe um efeito de epistasia entre eles. O alelo recessivo *extension* (*e*) é epistático sobre o agouti, isso significa que na presença de (*e*), o agouti (*A* ou *a*) não se manifesta. Ou seja, equídeos que são (*ee*) possuirão pelagem alazã independentemente de quais alelos estão presentes no *locus agouti* e deverão apresentar o genótipo (*eeA_* ou *eeaa*) (Rieder et al. 2001, p. 453; Sponenberg & Bellone 2017, p. 37).

Já o alelo dominante *extension* (*E*) é hipostático sobre o agouti dominante (*A*), isso significa que na presença de (*A*), o *extension* dominante (*E*) tem sua manifestação limitada as extremidades (Rieder et al. 2001, p. 454; Sponenberg & Bellone 2017, p. 38). Com isso, podemos entender que o controle do fenótipo das pelagens básicas alazã, preta e castanha nos equídeos é resultado da interação do *locus agouti* e do *locus extension*.

Variações da pelagem alazã, preta e castanha - As pelagens podem apresentar variações de tonalidade, como exemplo a pelagem castanha que pode apresentar variedades de: castanho claro, castanho escuro ou

castanho pinhão. O fenótipo da pelagem castanho claro é caracterizado por tonalidade do pelo castanho ser mais clara com crina, cauda e membros pretos, sendo que a tonalidade preta dos membros é mais clara ou incompleta (Rezende & Costa 2012, p. 17; Sponenberg & Bellone, 2017, p. 39).

Equídeos de pelagem castanho escuro apresentam a tonalidade do vermelho mais escuro, levando ao animal há possuir um fenótipo quase preto, porém, ainda é possível distinguir a tonalidade da cabeça, pescoço e tronco. Equídeos de pelagem castanho pinhão, apresentam um clareamento ao redor dos olhos, focinho, flanco e axila. O clareamento de áreas específicas do castanho pinhão pode ser explicado pelo efeito genético conhecido como *mealy* que leva a modificação da coloração para vermelho claro ou amarelado nas regiões do ventre, flancos, focinho, ao redor dos olhos e axilas. O efeito *mealy* pode ocorrer em qualquer pelagem básica e varia de muito extenso a menos extenso (Sponenberg & Bellone 2017, p. 53).

Em relação a pelagem alazã, podem ser observadas a pelagem alazã sobre baio, alazã tostado e alazã cereja. Equídeos de pelagem alazã sobre baio apresentam cabeça pescoço e tronco com pelos vermelhos, e crina, cauda e extremidades de coloração vermelho mais escuro que todo o corpo do equídeo. Porém a nomenclatura “alazã sobre baio” para classificar a pelagem é questionável, já que a pelagem alazã não produz pigmento preto. Já a pelagem baia produz, caracterizando cabeça, pescoço e tronco com pelos amarelos e crina, cauda e extremidades com pelos pretos (Rezende & Costa 2012, p.18).

Equídeos com pelagem alazã tostado, já possuem os pelos da cabeça, pescoço, tronco, crina, cauda e extremidades de tonalidade vermelha escura. E a pelagem alazã cereja é caracterizada pela tonalidade de vermelho mais forte (Rezende & Costa 2012, p. 17; Sponenberg & Bellone 2017, p. 23).

O controle genético para as variações de pelagem é pouco conhecido, porém, Brooks (2019, 2020) descrevem o efeito *shade* como um efeito genético de modificação da pelagem básica com efeitos de sombreamento claros, médios ou escuros. O efeito *shade* é mais visível no fenótipo de pelagem alazã (para alazã claro e escuro) e castanha (para castanho claro e escuro), e menos visível em animais de pelagem preta. O controle da variação de tonalidade pelo *shade* é um controle genético de vários *locus* ainda não exemplificado a nível de DNA. Porém, foi observado que os equinos da raça Franches-Montagnes na Suíça apresentaram a tonalidade de pelagem mais escura sob um controle recessivo quando comparado a tonalidade mais clara. O efeito *shade* e *mealy* ainda podem atuar de forma conjunta (Sponenberg & Bellone 2017, p. 39).

A partir delas outros genes podem atuar e alterar a classificação da pelagem como genes de diluições e genes de despigmentação. O primeiro a ser citado é o gene *cream* (C^{cr}) que é responsável pela produção das pelagens com diluição. O *cream* possui o genótipo heterozigoto (CC^{cr}) que expressa uma diluição intermediária no fenótipo ou o genótipo homozigoto dominante

($C^{cr}C^{cr}$) que expressa uma diluição elevada (Sponenberg & Bellone 2017, p. 93; Bailey e Brooks 2020, p. 78).

Pelagem Amarela - A diluição intermediária caracteriza a pelagem amarela, quando o *cream* atua sobre a feomelanina ($eeCC^{cr}$). A pelagem amarela é caracterizada pela presença de pelos amarelos em todo o corpo do animal com crina e cauda de coloração creme ou branca. Podendo variar ao amarelo mais escuro (amarelo escuro) ou ao amarelo mais dourado (amarelo). Esta pelagem também pode ser denominada alazã amarela ou palomina, frequentemente utilizada na classificação de equinos da raça Quarto de Milha. O que não é correto é utilizar a nomenclatura baio amarelo, já que a pelagem amarela não produz pigmento preto pois o (*e*) é epistático sobre o agouti (Sponenberg & Bellone 2017, p.93; Bailey & Brooks 2020, p. 78).

Pelagem Baia - Quando a diluição intermediária do gene *cream* atua sobre o pigmento eumelanina ($E_A_CC^{cr}$), caracteriza-se a pelagem baia, nesta pelagem os equídeos apresentam cabeça, pescoço e tronco amarelos e crina, cauda e extremidades dos membros na cor preta (Sponenberg & Bellone 2017, p. 102).

Pelagem Cremelo e Perlino - Quando a expressão do *cream* é de diluição elevada ou duplo diluída, é caracterizada a pelagem cremelo e perlino. Animais cremelos são caracterizados por uma diluição em toda a pele do equídeo com presença de olhos pigmentados, normalmente azuis (Sponenberg & Bellone 2017, p. 93). Para a pelagem cremelo, já é descrito o gene *SIC45A2*, *locus* cream com a expressão do genótipo $C^{cr}C^{cr}$ (Bellone 2010, p. 100, Mariat et al. 2003, p. 120). A pelagem duplo-diluída, como nos homozigotos para o alelo *Cr* ainda é muito nomeada nas Associações como pseudo-albina, porém, esta nomenclatura não deveria ser utilizada, pois não existem animais albinos. Existem fenótipos de pelagem branco, tordilho e cremelo, mas não albino, um animal albino seria aquele que não produz nenhum tipo de pigmento, com distribuição de melanócitos não funcionais, o que não ocorre nas pelagens oriundas da homozigose para o creme (Mariat et al. 2003, p. 124). O ideal é nomear a pelagem de cremelo, perlino ou smoky-cream, que condiz com o gene de atuação e com a pelagem base para a diluição. Na raça puro sangue Lusitano, a pelagem cremelo (duplo-diluída) também é conhecida como Isabel (ABPSL).

Pelagem Tordilha - é definida fenotipicamente pela interpolação de pelos brancos em todo o corpo do animal, inclusive crina e cauda, mas sempre com pele pigmentada. Equídeos tordilhos nascem escuros e vão clareando com o passar do tempo. É caracterizada pelo gene *SXT17*, *locus* grey, de alelo G, o qual possui efeito somático, ou seja, o clareamento será mais rápido quando em homozigose (GG) do que em heterozigose (Gg) (Rezende & Costa 2012, p. 18; Sponenberg & Bellone 2017, p. 139). Além disso, é epistático sobre todos os genes, ou seja, quando presente no genótipo é expresso no fenótipo (Rosengren Pielberg et al. 2008, p. 1004). Esta é a única pelagem que ocorre clareamento com passar do tempo, que se inicia da cabeça para o resto do corpo dos potros. Este clareamento é possível pois a variante grey causa alteração na expressão do gene *STX17* que é responsável pela produção de pigmento,



Figura 3. Melanócito de acúmulo de pigmento na base da cauda de um animal adulto com pelagem tordilha (Pigment accumulation melanocyte at the base of the tail of an adult animal with tordilha coat).

levando ao acúmulo do pigmento dentro da célula melanocítica com passar do tempo. Os melanócitos que originam os pigmentos migram para a pele no desenvolvimento embrionário e se agrupam juntamente ao longo da crista neural, onde células embrionárias também dão origem à medula espinhal e ao cérebro (Hauswirth et al. 2012, p. 1). Portanto, o sistema pigmentar e o sistema nervoso estão intimamente ligados na fase embrionária e alguns genes afetam esses dois sistemas, o que explicam os efeitos pleiotrópicos (Sánchez-Guerrero et al. 2018, p. 17).

Pelagem Oveira - A pelagem denominada como oveira é caracterizada por malhas de despigmentação de contorno irregular em qualquer pelagem de fundo essas malhas despigmentadas não cruzam a região dorsal e não são bem delimitadas (Rezende & Costa 2012, p. 23). Geralmente os equídeos de pelagem oveira apresentam particularidades (de pelos brancos com pele despigmenta de forma ampla na cabeça e em pelo menos um dos membros torácicos ou pélvicos (Coelho et al. 2008, p. 204).

A nomenclatura oveira ou Frame Overo se refere ao locus *O* no gene *EDNRB* que também sofre mutações que afetam populações de células-tronco de melanócitos (Metallinos et al. 1998, p. 438; Brooks et al. 2010, p.3). Além disso, é caracterizada pelo alelo (*O*) em heterozigose (*Oo*), pois em homozigose (*OO*) leva a Aganglionose Ileocólica, como já descrito (Santschi et al. 1998, p. 310; Brooks et al. 2010, p. 3; Bellone 2010, p. 103.).

Pelagem Rosilha - A pelagem rosilha apresenta pele pigmentada caracterizada pela interpolação de pelos brancos no corpo nas diversas pelagens, porém, geralmente não se observa pelos brancos na cabeça, crina, cauda e membros dos animais (Grilz-Seger et al. 2020, p. 1). Observa-se a pelagem de fundo pela cor da cabeça, crina e cauda. De origem genética desconhecida, é hipoteticamente representado pelo alelo (*Rn*), que teoricamente agiria de forma dominante e que quando em heterozigose determina a pelagem rosilha, na qual

o animal desde o nascimento possui a pelagem rosilha. Por muitos anos acreditou-se que a pelagem rosilha quando expressa pelo genótipo homozigoto dominante (*RnRn*) levava a morte embrionária (Rezende & Costa 2012, p. 94), porém a letalidade em equídeos rosilhos homozigotos dominantes mostrou-se incorreta (Sponenberg & Bellone 2017, p. 148) já que geneticamente foi comprovado a existência de equinos rosilhos homozigotos para a região candidata no genoma (Grilz-Seger et al. 2020, p. 12).

Segundo Haase et al. (2009, p. 623) o alelo *W* refere-se a diversas mutações que originam as pelagens oveira, pampa e rosilha que são caracterizadas como mutações funcionais do gene *KIT* no ECA3. O gene *KIT* é essencial na sobrevivência dos melanoblastos durante o desenvolvimento embrionário. Pois a codificação do *KIT* é crucial para o desenvolvimento de células-tronco hematopoiéticas, gonadais e de pigmento e atua como um fator de sobrevivência para a migração e proliferação de melanoblastos, o que explica os efeitos pleiotrópicos frequentemente observados nas mutações no gene *KIT*.

Por ser um gene tão importante no fenótipo de pelagens e particularidades, o gene *KIT* é constantemente estudado. Segundo Rosa et al. (2021, p. 1), atualmente, a mutação no alelo *W* do gene *KIT* está na versão mais recente 32 (*W32*). Mais de 30 polimorfismos no gene *KIT* Proto-Oncogene Receptor Tirosina Quinase (*KIT*) foram implicados em padrões de manchas brancas que variam de pequenas áreas de despigmentação da pele a uma despigmentação completa em equinos. Segundo os autores, a variante *W32* tem um impacto sutil no receptor ou possui uma ação de bloqueio com codificador levando o padrão de manchas brancas (Rosa et al. 2021, p. 2),

Pelagem Pampa - A pelagem pampa ou tobiano é caracterizada pela conjugação de malhas brancas despigmentadas bem limitadas em qualquer outra pelagem de fundo. Na nomenclatura da pelagem pampa, a designação “Pampa” procede o nome da pelagem de fundo, se a proporção de malhas brancas for maior, como pampa de preto, pampa de castanho, pampa de alazão. E, se as malhas brancas estiverem em menor proporção o termo pampa deve vir após o nome da pelagem de fundo, como preto de pampa, alazão de pampa (Rezende & Costa 2012, p. 20). É expressa pelo gene Tobiano (*TO*) (Brooks et al. 2007, p. 226). Dessa forma, o alelo (*TO*), determina o aparecimento de malhas brancas com ausência de pigmentação em qualquer pelagem. Quando estiver presente no genótipo, aumenta-se a probabilidade de estar presente no fenótipo, portanto, se o criador deseja obter um equino de pelagem pampa pelo menos um de seus pais deve ser pampa. Além disso, em relação a pelagem pampa, sugere-se que em dominância (*TO*) há uma maior proporção de malhas brancas despigmentadas do que a pelagem de fundo, ou seja, os equinos são denominados pampa de alguma pelagem de fundo, como por exemplo pampa de castanho (Coelho et al. 2008, p. 203; Rezende & Costa 2012, p. 93).

É importante destacar que é possível obter equinos que possuem geneticamente o alelo para pelagem

pampa e que apresentam no fenótipo apenas algumas extensões de particularidades despigmentadas com pelos brancos, como particularidades na cabeça e nos membros, pois foi descrito por Stachurska & Jansen (2015, p. 1), o nascimento de potros de pelagem pampa proveniente de pais de pelagem básica, verificando que animais geneticamente testados para tobianos e que não exibem o padrão de malhas brancas despigmentadas completos podem transmitir o alelo *TO* dominante para a progênie. Portanto, é possível encontrar animais que apresentam padrões de manchas brancas como calçamentos e particularidades na cabeça e que possuem o alelo *TO* dominante.

Pelagem Apalusa - A pelagem apalusa, fenotipicamente, apresenta malha despigmentada na garupa que pode ocorrer em qualquer pelagem de fundo, esta malha apresenta pintas circunscritas da pelagem de fundo e pode atingir o lombo, dorso, cernelha e costados. É causada por uma inserção retroviral no gene *TRPM1*, locus leopard, alelo *LP*, e sua combinação com o alelo *PATN1*, uma variante do gene *RFDW3*. Os alelos tanto na forma homozigota dominante (*LPLP*) quando na heterozigota (*LPlp*) caracterizam a pelagem apalusa e leopardo. (Bellone et al. 2013, p. 2; Holl et al. 2016, p. 93)

O alelo *LP* quando em homozigose (*LPLP*), expressa efeito somativo, apresentando uma manta despigmentada na garupa que se estende podendo atingir até o dorso (Terry et al. 2004, p. 134; Rezende & Costa 2012, p. 90). A pelagem apalusa é característica da raça Appaloosa originada nos Estados Unidos da América, (Rezende & Costa 2012, p. 90).

Pelo de rato - que é caracterizada pela presença de pelos cinza na cabeça, pescoço e tronco, lembrando a cor do rato, com crina, cauda de cor preta. Comumente encontrada nos asininos e muares, mas também ocorre em equinos. A informação genética presente na literatura é que esta pelagem é expressa pelo locus *dun*, que foi mapeado por marcadores microssatélites no ECA8

(Stefan Rieder 2009, p. 417; Sponenberg & Bellone 2017, p. 76) O alelo *dun* é o alelo tipo selvagem que provoca a diluição da pelagem com aparecimento de zebruras, faixa crucial, listra dorsal e interpolação de pelos mais claros na crina e na cauda, provavelmente está ligado a cor original dos equinos antes da domesticação. Dessa forma, os equinos que sofrem influência do alelo *dun* podem apresentar o aparecimento de particularidades primitivas sobre qualquer pelagem básica em equinos quando resultam do alelo dominante (*D* ou *Dun*). Quando um equino possui o alelo *nd1*, apresenta um efeito mais sutil, podendo causar uma leve diluição e listra de burro e quando o animal é *nd2* (non-dun2), essa variação do alelo *dun* não possui efeito diluidor ou as particularidades primitivas (Stachurska et al. 2012, p. 182; Sponenberg & Bellone 2017, p.79; Imsland et al. 2016, p. 154).

E AS PARTICULARIDADES NA PELAGEM?

As particularidades são sinais de formas e extensões variáveis, distribuídos na pelagem em diferentes partes do corpo, e não alteram a definição da mesma (Rezende & Costa 2012, p. 24). Desta forma, juntamente com a definição das pelagens, possibilitam a correta identificação do animal e a confecção das resenhas.

As particularidades podem ser divididas em três grandes grupos: de variação no sentido dos pelos, que apenas alteraram a direção dos pelos e podem ocorrer em todo o corpo do animal; as de pelos brancos sob pele despigmentada; e as primitivas, as quais a definição é feita de acordo com a localização zootécnica (Rezende & Costa 2012, p. 24).

Os rodopios são variação no sentido dos pelos de forma circular que pode ocorrer em qualquer parte do corpo dos equídeos. E as espigas apresentam a forma alongada. Quando presente na região zootécnica tábua do pescoço é denominada espada romana (Rezende & Costa 2012, p. 24). A localização dos rodopios



Figura 4. Em (A) equino de pelagem pampa de castanho e em (B) equino de pelagem castanho pampa, enfatizando a diferença na extensão das malhas despigmentadas. Além disso, na figura (B) é possível observar que a malha despigmentada com pelos brancos do membro posterior esquerdo é proveniente da pelagem pampa e não da particularidade denominada calçamento (In (A) equine of bay pampa coat and in (B) equine of pampa brown coat, emphasizing the difference in the extent of depigmented meshes. In addition, in figure (B) it is possible to observe that the depigmented mesh with white hair of the left posterior limb comes from the pampa coat and not from the particularity called socked).

Tabela I. Controle genético sobre as pelagens dos equídeos (Genetic control over equine coat colour).

Pelagem	Controle Genético
Preta	Gene <i>ASIP</i> , locus agouti e gene <i>MC1R</i> , locus extension
Alazã	Gene <i>MC1R</i> , locus extension
Castanha	Gene <i>ASIP</i> , locus agouti e gene <i>MC1R</i> , locus extension
Baia	locus Cream
Amarilha	locus Cream
Cremelo (Duplo diluída)	Gene <i>SIC45A2</i> , locus cream
Tordilha	<i>STX17</i>
Oveira	<i>EDNRB</i> , associado ao <i>KIT</i>
Rosilha	Associado ao <i>KIT</i>
Pampa	Tobiano, associado ao <i>KIT</i>
Apalusa	Associado ao <i>KIT</i>
Pelo de Rato	Gene <i>TBX3</i> , alelo <i>Dun</i>

pode estar associada com a reatividade em equinos por possuírem origem ectodermal comum à epiderme e ao sistema nervoso como observado por Shively (et al. 2016, p.62); Torres (2018, p.49) e Lima (2021, p. 26). Siqueira et al. (2019, p. 5) avaliaram uma amostra de equinos da raça Mangalarga Marchador com pelagens provenientes do pigmento eumelanina e da feomelanina, e observaram que as maiores frequências de rodopios e espigas foram observadas na cabeça e pescoço, respectivamente.

Em relação as particularidades de pelos brancos sob pele despigmentada, Haase et al. (2007, p. 2101) descrevem, em equinos, que é uma característica autossômica determinada pelo alelo *W*, sendo este responsável pela ausência de melanócitos em áreas despigmentadas da pele. Porém, Hauswirth et al. (2012, p. 8) descrevem que estes fenótipos de particularidades despigmentadas são explicados por várias mutações independentes nos genes *MITF* e *PAX3*, juntamente com variantes conhecidas nos genes *EDNRB* e *KIT*.

A despigmentação da pele e pelos quando presente na região zootécnica da frente dos equídeos denominam-se estrela ou luzeiro, a diferença entre as duas é o tamanho, sendo a estrela menor, ocupando uma menor região da frente e o luzeiro maior. Quando presentes no chanfro, são denominadas filete, quando representa uma listra fina, e cordão quando ocupa uma maior parte desta região. Se o equídeo apresentar uma particularidade despigmentada no focinho que se liga ao filete ou ao cordão denomina-se ladre, e quando isolada denomina-se beta (Rezende & Costa 2012, p. 27).

Quando as particularidades de pele despigmentada sob pelos brancos ocorre nos membros, são denominados calçamentos, podendo ser divididos em calçamento sobre coroa, baixo calçado, médio calçado e alto calçado, as diferenças entre eles estão na região zootécnica que o calçamento atinge. O calçamento sobre coroa é definido pela pele despigmentada com pelos brancos localizada apenas sobre a coroa do casco. Baixo calçado que é quando se inicia na coroa do casco e atinge a quartela. Médio calçado quando se inicia na coroa do casco e atinge ou ultrapassa o boleto. E alto

calçado quando atinge ou ultrapassa o joelho ou jarrete (Rezende & Costa 2012, p. 28).

Os cascos também podem apresentar particularidades, se apresentarem listras brancas e pretas são denominados mesclados ou rachados e quando completamente brancos, são denominados de cascos brancos. Os cascos pretos não são considerados particularidades (Rezende & Costa 2012, p. 28).

A frequência das particularidades pode ter relação com a cor da pelagem, porém, foram encontrados poucos estudos até o presente momento. Segundo Woolf (1992, p. 77), cavalos da raça Árabe com pelagem alazã têm particularidades de pele despigmentada e pelos brancos mais extensas do que os cavalos com pelagem castanha. E em relação aos cascos, Coelho et al. (2007, p. 991) observaram que cavalos com pelagem pampa geralmente possuem cascos brancos.

Segundo Maciel et al. (2020, p. 4) ao realizar um Estudo de Associação Genômica Ampla (GWAS) de equinos da raça Quarto de Milha, observaram que as particularidades de pele despigmentada com pelos brancos, podem ser explicadas por genes candidatos como: *ZEB2*, *KYNU*, *SLC36A1*, *STX12*, *MAP3K6* e *GJB2* e corrobora com Hauswirth et al. (2012, p. 8) na atuação do gene *MITF*. Dessa forma, esses autores sugerem que as particularidades despigmentadas são caracterizadas por heterogeneidade genética, quando mais de um gene pode originar o mesmo fenótipo.

De acordo com estudos de Campos et al. (2018, p. 5) equinos com cor de pelagem preta apresentaram maior frequência de particularidades na frente. Segundo Santos (2021, p. 133) ao avaliar as frequências das particularidades nos equinos da raça Mangalarga Marchador em relação aos pigmentos eumelanina e feomelanina, observou-se que as maiores frequências de particularidades nos membros foram: médio calçado e casco mesclado, os quais possuem listras brancas e pretas, em pelagens provenientes do pigmento feomelanina.

Além dessas particularidades, existem algumas que são classificadas como particularidades primitivas, que são as zebruras, faixa crucial e listra de burro e são causadas pelo gene *TBX3* nos equinos (Imsland et al.

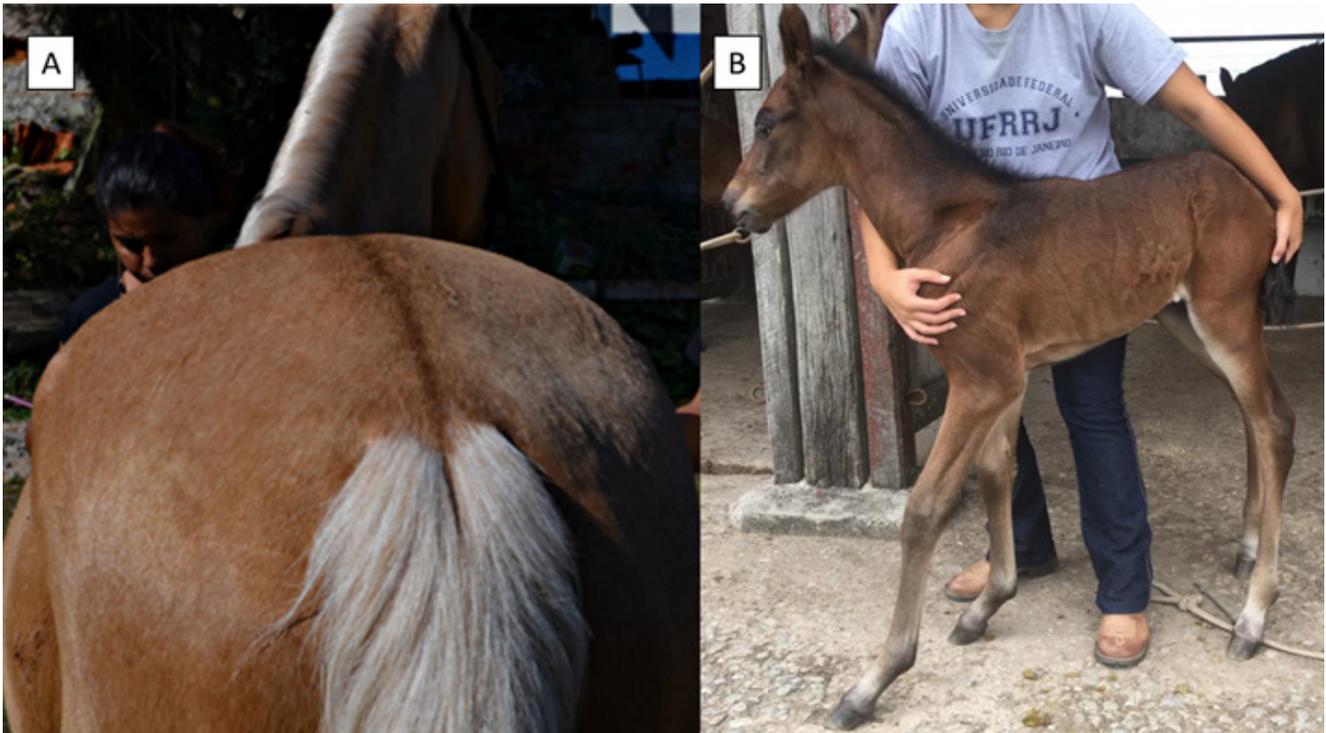


Figura 5. Em (A) Equino de pelagem amarela com listra de burro de coloração vermelha mais escura que a pelagem. Em (B) um potro (*Equus caballus*) de aproximadamente 1 mês com pelagem castanha e presença da particularidade faixa crucial. Destaca-se a presença de particularidade primitiva em equinos com pelagens provenientes tanto do pigmento feomelanina (A) quanto do pigmento eumelanina (B) (In (A) Equine of a yellow coat with a dorsal of a darker red colour than the coat. In (B) a foal (*Equus caballus*) of approximately 1 month with brown coat and presence of the peculiarity crucial band. The presence of primitive particularity in horses with skins derived from both the pigment pheomelanin (A) and the pigment eumelanin (B) is highlighted.)

2016, p. 155). Caso a pelagem básica seja originada do pigmento eumelanina as particularidades primitivas serão de cor preta, e caso contrário, se forem em pelagens originadas da feomelanina, terão a cor vermelha mais escura que a pelagem. A particularidade listra de burro é caracterizada pela faixa de pelos pretos ou vermelhos no tronco desde a cernelha e até a inserção da cauda. Se esta faixa não for completa é chamada de vestígio de listra de burro. A faixa crucial é definida como a faixa de pelos pretos ou vermelhos que inicia na cernelha até grande parte da espádua. Já as zeburras são particularidades de listras escuras transversais nos membros do animal, podendo ocorrer em um ou membros (Rezende & Costa 2012, p. 28).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos objetivando a padronização das pelagens em relação ao fenótipo são necessários para evitar erros de nomenclatura.

Além disso, os estudos com base genética das pelagens são imprescindíveis para correta identificação das pelagens e por consequência dos equídeos; além de evitar mortes associadas aos genes das pelagens e, dessa forma, evitar perdas econômicas e propiciar a expansão do agronegócio do cavalo.

Os avanços da genética molecular e o conhecimento da identificação de mais genes associados as variações de pelagem e das particularidades possibilita melhorar a eficiência da caracterização dos diferentes fenótipos.

As informações apresentadas podem ser utilizadas como base para futuros estudos de avaliações de genes e/ou haplótipos associados a particularidades, que até o presente momento não se tem conhecimento de como essas alterações ocorrem nas regiões cromossômicas dos equídeos, proporcionando particularidades de diferentes formas, tamanhos e regiões. Sendo assim, sugerimos a utilização de testes genéticos nas Associações de Criadores de Cavalos para formação de banco de dados.

BIBLIOGRAFIA

- American Paint Horse Association (APHA) 2021, disponível em: <https://apha.com/association/history/>. Acesso em dezembro de 2021. Texas, EUA.
- Associação Brasileira Do Cavalo Paint (ABCPaint) 2021, disponível em: <http://abcpaint.com.br/>. Acesso em dezembro de 2021. Bauru– SP.
- Associação Brasileira De Criadores Do Cavalo Appaloosa (ABCCAppaloosa) 2021, disponível em: <http://www.appaloosa.com.br/>. Acesso em dezembro de 2021. São Paulo – SP.
- Associação Brasileira Dos Criadores Do Cavalo Bretão (ABCCBretão) 2021, disponível em: <https://www.cavalo-bretao.com.br/>. Acesso em novembro de 2021, Amparo, SP.
- Associação Brasileira Dos Criadores do Jumento Pêga (ABCJPêga) 2021, disponível em: <https://abcjpega.org.br/>. Acesso em dezembro de 2021. Gameleira, BH.
- Associação Brasileira De Criadores Do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM) 2021, disponível em: <https://www.abqm.com.br/>. Acesso em dezembro de 2021. Belo Horizonte, BH.

- Associação Brasileira De Criadores Do Cavalo Quarto De Milha (ABQM) 2021, disponível em: <https://www.abqm.com.br/>. Acesso em dezembro de 2021. São Paulo – SP.
- Associação Brasileira Dos Criadores Do Cavalo Pampa (ABCCPampa) 2021, disponível em: <https://www.abccpampa.org.br/app/home/>. Acesso em novembro de 2021, Belo Horizonte – MG.
- Associação Brasileira Dos Criadores Do Cavalo Puro Sangue Lusitano (ABPSL) 2021, disponível em: http://www.associacaolusitano.com.br/site/n/nlus_conteudo.asp. Acesso em novembro de 2021, São Paulo, SP.
- Bellone, RR 2010, 'Pleiotropic effects of pigmentation genes in horses', *Animal Genetics*. Vol. 41, Suppl. 2, pp. 100-110.
- Bellone, RR, Holl H, Sulochana Devi, VS, Sheila, NMA, Lynne S, et al. 2013 'Evidence for a retroviral insertion in TRPM1 as the cause of congenital stationary night blindness and leopard complex spotting in the horse' *PLoS one*, vol.8, no. 10 pp. 1-14.
- Brooks, SA, & Bailey, E, 2020. 'Horse Genetics'. United Kingdom: CABI, pp.1-248.
- Briquet, RJ, 1959. 'Genética da pelagem do cavalo'. São Paulo. Instituto de Zootecnia, p. 1-115.
- Brooks, SA, Lear TL, Andelson, DL & Bailey, E 2007, 'A chromosome inversion near the KIT gene and the Tobiano spotting pattern in horses', *Cytogenetic and Genome Research*, vol. 119, no. 3-4, pp. 225-230.
- Brooks, SA, Gabreski, N, Miller, D, Brisbin, A & Brown, HE 2010, 'Whole-Genome SNP Association in the Horse: Identification of a Deletion in Myosin Va Responsible for Lavender Foal Syndrome', *PLoS Genet* vol.6, no.4, pp.1-7.
- Brooks, SA, Terry, RB & Bailey, E 2002, 'A PCR-RFLP for KIT associated with tobiano spotting pattern in horses', *Animal Genetics*, vol.33, no.4, pp.301-303.
- Campos, AM, Siqueira, CM, Camargo, FG, Costa, BR, Oliveira, AC, Ferreira Filho, D & Godoi, NF 2018, 'Presença de particularidades na cabeça dos equinos da raça Mangalarga Marchador', *Zootecnia Brasil*.
- Castle, WE 1954, 'Coat color inheritance in horses and in other mammals', *Genetics*, vol.39, pp. 35-44.
- Coelho, EGAC & Oliveira, DAA 2008, 'Testes genéticos na equideocultura', *R. Bras. Zootec*, vol.37, suplemento especial, pp. 202-205.
- Coelho, EGAC, Oliveira, DAA, Cothran, EG, Teixeira, CS & Nunes, RL 2007, 'Teste de marcadores bioquímicos na identificação de prováveis indivíduos homocigotos dominantes para o gene tobiano em cavalos Pampa', *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, vol.59, no.4, pp. 991 - 995.
- Coelho, EGAC, Oliveira, DAA, Cothran, EG, Teixeira, CS & Nunes, RL 2010, 'Testes bioquímico (albumina e proteína de ligação da vitamina D) e molecular (gene KIT) para detecção de marcadores genéticos para pelagem tobiana em cavalos Pampa e Paint', *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, vol.62, no.3, pp.732-737.
- Druml, T, Baumung, R & Lkner, JSO 2009, 'Pedigree analysis in the Austrian Noriker draught horse: genetic diversity and the impact of breeding for coat colour on population structure' *J. Anim. Breed. Genet*, vol. 126, no.5, pp. 348-356.
- Federation Equestre Internationale (FEI), 2007. 'Identification of Horses with narrative and diagram'. 5th Edition Disponível em: <https://www.fei.org/horses>.
- Finn, JL, Haase, B, Willet, CE, Van Rooy, D, Chew, T, Wade, CM, Hamilton, NA, & Velie, BD 2016 'The relationship between coat colour phenotype and equine behaviour: A pilot study', *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 174, no.174, pp.66-69.
- Grilz-Seger, G, Reiter, S, Neuditschko, M, Wallner, B, Rieder, S, Leeb, TV, Mesari, M, Cotman, M, Pausch, H, Lindgren, G, Velie, B, Horna, M, Brem, G & Druml, TA 2020, 'Genome wide association analysis in Noriker horses identifies a SNP associated with roan coat color', *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 88, pp. 1-21.
- Haase, B, Brooks, SA, Schlumbaum, A, Azor, PJ, Bailey, E, Alaeddine, F, Mevissen, M, Burger, D, Poncet, PA, Rieder, S & Leeb, T 2007, 'Allelic heterogeneity at the Equine KIT locus in dominant white (W) horses', *PLoS Genet*, vol.3, no.11, pp. 2101-2108.
- Haase, B, Brooks, SA, Tozaki, T, Burger, D, Poncet, PA, Rieder, S, Hasegawa, T, Penedo, C & Leeb, T 2009 'Seven novel KIT mutations in horses with white coat colour phenotypes', *Animal Genetics*, vol.40, no.5, pp. 623-629.
- Hauswirth, R, Haase, B, Blatter, M, Brooks, SA, Burger, D, Drögemüller, C., Gerber, V, Henke, D, Janda, J, Jude, R, Magdesian KG, Matthews JM, Poncet P, Svansson V, Tozaki T, Wilkinson-White, L, Penedo, CTM, Rieder, S & Leeb, T 2012 'Mutations in MITF and PAX3 Cause "Splashed White" and Other White Spotting Phenotypes in Horses', *PLoS Genetics*, vol.8, no.4, pp. 1-9.
- Holl, HM, Brooks SA, Archer S, Brown K, Malvick, J, Penedo MCT, & Bellone, RR, 2016. 'Variant in the RFWD3 gene associated with PATN1, a modifier of leopard complex spotting' *Animal genetics* vol. 47, no. 1, pp. 91-101.
- Imsland, F, Kelly M, Carl-Johan, R, Cornelius H, Elisabeth S, Jonas B & Doreen S, 2016 'Regulatory mutations in TBX3 disrupt asymmetric hair pigmentation that underlies Dun camouflage color in horses' *Nature genetics*. Vol. 48, no. 2, pp. 152-158.
- Lima, RAS & Cintra, AG 2016, 'Revisão do Estudo do Agronegócio do Cavalo', MAPA, Brasília.
- Lima, DFPA, 2021. 'Regiões genômicas associadas à posição e ao número de redemoinhos em equinos'. Dissertação, Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós-graduação em Zootecnia – Bahia, p.1-33.
- Ludwig, A, Pruvost, M, Reissmann, M, Benecke, N, Brockmann, GA, Castañón, P, Cieslak, M, Lippold, S, Llorente, L, Malaspinas, A, Slatkin, M & Hofreiter, M 2009, 'Coat Color Variation at the Beginning of Horse Domestication', *Science*. vol.24 pp. 324-485.
- Maciel, SVSA, De Queiroz, VHO, De Oliveira, CAA, De Godoi, FN, Pereira, GL, Curic, RA, Costa, RB & De Camargo, GMF 2020, 'Genetic heterogeneity of white markings in Quarter Horses' *Livestock Science*, vol. 232, pp. 1-5.
- Mapa 2017, 'Manual de Boas Práticas de Manejo em Equideocultura'. 2017. Brasília: MAPA/ACE/CGCS. pp.50. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/equinocultura/livros/MANUAL%20DE%20BOAB%20PRATICAS%20DE%20MANEJO%20EM%20EQUIDEOCULTURA.pdf>. Acesso em: dezembro de 2021.
- Mariat, D, Sead T, & Gérard G, 2003 'A mutation in the MATP gene causes the cream coat colour in the horse' *Genetics Selection Evolution*, vol. 35, no. 1, p.119-133.
- Metallinos, DL, Bowling, AT, & Rine, J, 1998 'A missense mutation in the endothelin-B receptor gene is associated with Lethal White Foal Syndrome: an equine version of Hirschsprung disease' *Mammalian Genome*, vol.9, no. 6, p. 426-431.
- Palomino Horse Breeders of America (PHBA) 2021, disponível em: <https://www.palominohba.com/>. Acesso em dezembro de 2021. Tulsa, OK.
- Rezende, ASC & Costa, MD 2012, 'Pelagens equinas, nomenclatura e genética', *Núcleo de genética equídea da escola de veterinária UFMG*. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Rieder, S, Taourit, S, Mariat, D, Langlois, B & Guérin, G, 2001 'Mutations in the agouti (ASIP), the extension (MC1R), and the brown (TYRP1) loci and their association to coat color phenotypes in horses (Equus caballus)'. *Mamm Genome*. v.12, p.450-455.
- Rosengren Pielberg, G, Golovko, A, Sundström, E, Curik, I, Lennartsson, J, Seltenthaler, MH & Andersson, L 2008, 'A cis acting regulatory mutation causes premature hair graying and susceptibility to melanoma in the horse', *Nature Genetics*, vol.40, no. 8, pp.1004-1009.
- Rosa, PL, Martin, K, Vierra, M, Foster, G, Lundquist, E, Brooks, SA, Lafayette, C, 2021. 'Two Variants of KIT Causing White Patterning in Stock-Type Horses. *Journal of Heredity*', pp. 1-5.
- Sánchez-Guerrero, MJ, Negro-Rama, S, Demyda-Peyras, S, Soléberga, M, Azor Ortiz, PJ & Valera-Córdoba, M 2018, 'Morphological and genetic diversity of Pura Raza Español horse with regard to the coat colour', *Animal Science Journal*, vol.90, no.1, pp. 14-22.
- Santos, MMM, 2021 'Análise Fenotípica das Pelagens e Particularidades dos Equídeos', Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Produção de Equídeos). Instituto de Zootecnia, Departamento de Produção

- Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 202. pp. 1-158.
- Santschi, Elizabeth M, Amanda K, Purdy, Stephanie J, Vallberg, Paul D, Vrotsos, Heather K, & James RM 1998, 'Endothelin receptor B polymorphism associated with lethal white foal syndrome in horses' *Mammalian Genome*, vol.9, no. 4, pp. 306-309.
- Siqueira, MC, Santos, MMM, Krebs, LC, Oliveira, LG, Melo, ALP & Godoi, FN 2019, 'Frequência de rodopios e espigas na pelagem dos equinos da raça Mangalarga Marchador', *Zootec. Uberaba*.
- Société Hippique Percheronne de France (SHPF) 2021, disponível em: <https://www.percheron-france.org/>. Acesso em novembro de 2021, Nogent-le-Rotrou.
- Sponenberg, DP & Bellone, R 2017, 'Equine color genetics', *Iowa State University Press*, Ames, Second Edition.
- Stachurska, A, Brodacki, A & Grabowska, J 2012, 'Allele frequency in loci which control coat colours in Hucul horse population Czech', *Journal Animal Science*, vol.57, no.4, pp. 178-186.
- Stachurska, A & Jansen, P 2015, 'Crypto-tobiano horses in Hucul breed', *Czech J. Anim. Sci.*, vol. 60, n.1, pp. 1-9.
- Stefan Rieder 2009, 'Molecular tests for coat colours in horses' *J. Anim. Breed. Genet*, vol.126, no.6, pp. 415-424.
- Shivley, C, Grandin, T, Deesing, M, 2016, 'Behavioral Laterality and Facial Hair Whorls in Horses'. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 44, pp. 62-66.
- Terry, RB, Archer, S, Brooks, S, Bernoco, D & Bailey, E 2004, 'Assignment of the appaloosa coat colour gene (LP) to equine chromosome 1', *International Society for Animal Genetics*, vol.35, no. 2, pp.134-137.
- Torres, ABA 2018, 'Avaliação da reatividade de equinos diferenciados pela posição do redemoinho facial', Universidade Federal de Santa Catarina, pp.1-56.
- Wade, CM, Giulotto, E, Sigurdsson, S, 2009 'Genome sequence, comparative analysis, and population genetics of the domestic horse'. *Science*, v.326, n.5954, p.865-867.
- Wagner, HJ. & Reissmann, M, 2000. 'New polymorphism detected in the horse MC1R gene'. *Animal Genetics*, v.31, p.289-90.
- Wolf, CM 1992, 'Common White Facial Markings in Arabian Horses That Are Homozygous and Heterozygous for Alleles at the A and E Loci', *The Journal of Heredity*, vol.83, Brief Communications, pp.73-77.