

Mutações do *locus* azul em Diamantes de Gould (*Erythrura gouldiae*)

Introdução

Uma das alterações de cor mais particulares das aves de plumagem verde ocorre no *locus* bl. No caso do Diamante de Gould (*Erythrura gouldiae*), o factor designado por **azul** é o exemplo mais conhecido. A alteração produzida está na base da chamada série azul, sendo contudo mal compreendida na sua função e mecanismo.

É de considerar a existência não de um mas pelo menos dois alelos distintos, cujos mecanismos e efeitos são muitas vezes confundidos e misturados. O presente artigo tem por objectivo esclarecer algumas das características das mutações da série azul nesta espécie.

Luz branca

Um dos aspectos essenciais para se compreender a plumagem de cor azul é a característica da luz visível. A luz visível (luz branca) é formada por um conjunto de radiações electromagnéticas de comprimento de onda entre os 400 e 700nm. Quando essa luz atinge a plumagem pode ser reflectida de forma total (cor branca) ou absorvida. A absorção total da luz provoca uma ausência da luz reflectida (negro), enquanto uma absorção parcial pode ser selectiva a apenas um ou vários comprimentos de onda, produzindo as diferentes cores visíveis.

A estrutura normal da plumagem é formada pelos pigmentos melânicos ao longo das barbas das penas. Estes pigmentos concentram-se no centro das barbas onde absorvem a luz. Numa zona intermédia existem estruturas vacuolares, de dimensão média na ordem dos 390nm. A dimensão destas estruturas permite a passagem da luz total, sem alteração. Uma vez que são de tamanho inferior ao comprimento de onda da própria luz visível, todas as componentes da luz conseguem ultrapassar esta região sem grandes alterações.

Na figura 1 é apresentada uma representação dos diferentes comprimentos de onda no espectro visível da luz branca.

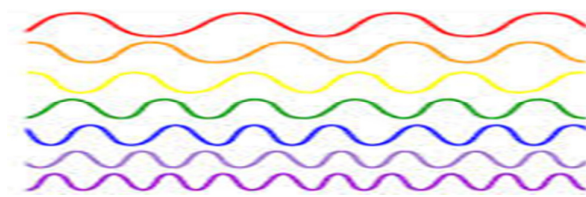


Figura 1. Representação dos diferentes comprimentos de onda no espectro da luz visível.

A cor verde

A cor verde visível na plumagem do Diamante de Gould clássico é produzida por um conjunto de amarelo e azul. É o resultado da reflexão conjunta da luz branca através da camada melânica medular e a sua passagem pela camada cortical, exterior, onde estão depositados carotenóides amarelos.

Na figura 2 é apresentada uma representação esquemática da formação de cor verde.

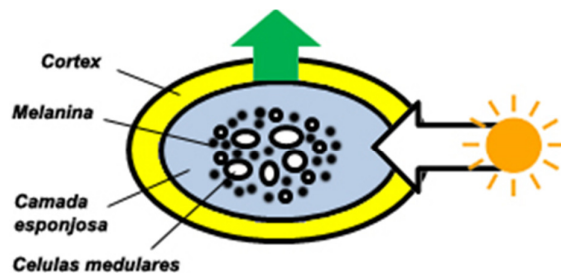


Figura 2. Representação da composição da pena ao nível das barbas e dos mecanismos de formação da cor verde.

Azul (bl^{bl})

O factor azul caracteriza-se por uma redução total de carotenóides, provocada por uma mutação genética do tipo recessivo autossómico (AUr), associada a *locus* bl. Trata-se portanto de uma mutação “azul verdadeira”.

Esta mutação não afecta as melaninas. A alteração parece estar ainda relacionada com a mudança de tamanho das células medulares existentes nas barbas das penas. O tamanho destas células, que formam a estrutura vacuolar, interfere directamente com a normal dispersão e refração da luz completa (branca).

O comprimento de onda da luz no espectro do azul é de cerca de 470nm. Quando as estruturas vacuolares são maiores do que 470-490nm a luz no comprimento de onda do azul não consegue ultrapassar e sofre imediatamente dispersão sendo desviada para o exterior. Desta forma apenas os restantes comprimentos de onda atingem a zona de absorção central, onde estão as melaninas. As ondas azuis sofrem por isso menos absorção.

Além disso, como é eliminada a camada cortical de carotenóide amarelo, a luz azul que é reflectida não interage com o amarelo e por isso é visível apenas como cor azul. Uma vez que há uma redução total de carotenóides, todos os pigmentos amarelo, laranja e vermelhos são afectados ficando brancos.

“Azul” turquesa (azul parcial - bl^{td})

No caso do Diamante de Gould, a mutação designada por azul trata-se na verdade de uma mutação “azul” turquesa, que provoca uma redução de 80-90% dos carotenóides. Esta observação é confirmada pela cor do abdómen (bege e não branco) e da cabeça salmão nas aves de cabeça vermelha e laranja. Por questões de denominação deverá portanto ser referida como “azul” (turquesa).

A mutação azul que observamos na espécie é, por isso, uma mutação “azul parcial” (*partial-blue*).

Verde mar ou aqua (azul parcial - bl^{sg} ou bl^{aq})

O verde mar é caracterizado por uma redução parcial de carotenóides (60-70%), tratando-se de um alelo do locus bl, provocado também por uma mutação genética do tipo recessivo autossómico (AUr). Corresponde, portanto a uma mutação do tipo aqua. Esta alteração não afecta melaninas e as células medulares apresentam o mesmo tipo de modificação de tamanho que no caso do “azul”. A diferença está na redução parcial dos carotenóides na camada cortical. Pelo mesmo processo que ocorre nas aves turquesa, a luz azul é dispersa e reflectida de forma selectiva nas células medulares. Quando esta luz azul atravessa a camada cortical, onde ainda está presente uma pequena quantidade de pigmento carotenóide amarelo, forma-se o tom verde azulado típico desta variedade.

Na figura 3 é representada a formação das cores azul e verde mar.

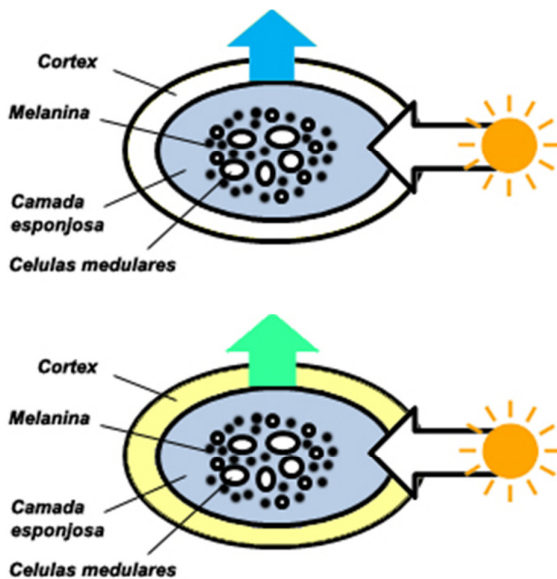


Figura 3. Representação da composição da pena ao nível das barbas e dos mecanismos de formação das cores azul ou “azul” (turquesa) e verde mar (aqua), com redução total ou quase total e parcial dos carotenóides corticais, respectivamente.

Para efeitos de simplificação é mantida por agora a nomenclatura alternativa de verde mar (aqua).

Cor de cabeça na série azul

Das três variedades de cor de cabeça existentes, apenas o cabeça preta não é alterado na série azul. Tanto o cabeça vermelha como cabeça laranja são produzidos por acção de carotenóides e, portanto, afectados na série azul, assim como o abdómen.

O efeito vai variar consoante se verifique uma redução total ou parcial. Embora se considere o “azul” como uma redução total, até por questões de diferenças estruturais na plumagem da cabeça e do corpo, nas aves “azul” de cabeça vermelha ou laranja é produzida uma cor salmão ou bege claro. Interessa realçar que as aves cabeça laranja são, geneticamente, também cabeça vermelha. Nesta situação não é possível distinguir claramente as aves de cabeça laranja ou vermelha.

No caso do verde mar (aqua), existindo uma redução parcial menos marcada é possível observar em aves de cabeça vermelha uma coloração um pouco menos esbatida, próximo do laranja-salmão, enquanto aves de cabeça laranja apresentam um tom laranja claro, mais próximo do amarelo.

Um resumo das variações de cor da plumagem no corpo e cabeça da série azul pode ser encontrada no **quadro 1**.

Quadro 1. Comparação do efeito da série azul na cor do corpo e cabeça nas diferentes variedades.

Cor	Corpo	Cabeça
Verde (bl ⁺ bl ⁺)	Dorso	Preta
	Abdómen	Vermelha
	Peito	(a)
Verde mar (bl ^{sg} bl ^{sg})	Dorso	Preta
	Abdómen	Vermelha
	Peito	(a)
“Azul” (bl ^{td} bl ^{td})	Dorso	Preta
	Abdómen	Vermelha
	Peito	(a)
Azul (bl ^{bl} bl ^{bl})	Dorso	Preta
	Abdómen	Vermelha
	Peito	(a)

(a) – A cor do peito (roxo/lilás/branco) não é alterada.

É possível observar as diferenças no efeito dos dois alelos conhecidos da série sobre a cor de cabeça, abdómen e dorso e a comparação destes com o efeito esperado de um verdadeiro azul. A coloração do peito não é modificada em qualquer dos casos (roxo, lilás e branco).

Interacção dos alelos verde mar e “azul”

Tanto o verde mar como o “azul” estão associados ao *locus* bl. De uma forma simplificada pode considerar-se o *locus* bl como o responsável pela existência de carotenóides na plumagem. Uma alteração dos genes normais neste *locus* provoca as perdas parciais ou total de carotenóides, características da série azul.

Pela comparação com dados conhecidos noutras espécies e pela modificação estrutural verificada na plumagem da linha azul é de supôr que possa existir também uma associação de ligação génica entre o *locus* bl e o factor escuro (D). A confirmação desta possível ligação em Diamantes de Gould requer ainda um trabalho adicional de pesquisa.

Uma vez que existem duas formas possíveis para o mesmo gene, estes são designados por **alelos**.

A série azul é portanto composta por pelo menos dois alelos distintos. Quando se consideram vários alelos do mesmo gene refere-se uma **série alélica**.

No caso do *locus* bl (“bl”ue = azul), a série azul é constituída pelos alelos **“azul” (turquesa)** e **verde mar (aqua)**. Para que não existam confusões, cada alelo é identificado pela letra do *locus* original e do alelo. A existência de um terceiro alelo azul verdadeiro é perfeitamente possível contudo não existe confirmação do mesmo e a sua identificação poderá não ser fácil em aves de cabeça preta.

A notação utilizada para a série azul é a seguinte:

- (1) Verde: bl⁺bl⁺
- (2) Verde/verde mar (aqua): bl⁺bl^{sg}
- (3) Verde/“azul” (turquesa): bl⁺bl^{iq}
- (4) Verde/azul: bl⁺bl^{bl}
- (5) verde mar (aqua): bl^{sg}bl^{sg}
- (6) “azul” (turquesa): bl^{iq}bl^{iq}
- (7) azul: bl^{bl}bl^{bl}

Como se trata de um factor autossómico, machos e fêmeas apresentam a mesma constituição genética.

Indivíduos clássicos (1) podem ser portadores de verde mar (aqua) (2), de “azul” (turquesa) (3) ou de azul (4) quando possuem um alelo não mutado e, respectivamente, um alelo verde mar, “azul” turquesa ou azul.

Indivíduos verde mar (aqua) possuem dois alelos verde mar (5) da mesma forma que indivíduos “azul” turquesa possuem dois alelos “azul” turquesa (6). Eventuais exemplares azul verdadeiro seriam também homozigóticos com dois alelos azul (7)

Uma das grandes dificuldades que mais dúvidas levanta nas séries alélicas é a combinação de dois alelos distintos no mesmo indivíduo. Nestes casos o funcionamento das séries alélicas depende dos mecanismos de acção intragénicos. Pode existir dominância de um alelo sobre outro(s), ou surgir indivíduos de fenótipo intermédio, que manifestam características de ambos.

No caso da série azul no Diamante de Gould, não é claro qual o mecanismo existente embora seja considerado que, apesar da expressão mútua, o alelo verde mar (aqua) domina o alelo “azul” (turquesa). Desta forma existem também indivíduos verde mar (aqua) portadores de “azul” (turquesa), aos quais corresponde a seguinte fórmula:

(8) verde mar (aqua)/“azul” (turquesa): bl^{sg}bl^{iq}

Além destes indivíduos poderem ser fenotipicamente distinguíveis do verde mar, podem transmitir o alelo “azul” à descendência. Deve ser ainda considerado que a expressividade do verde mar é por si variável e, sobretudo em combinações inadvertidas com a série pastel, podem surgir indivíduos de coloração pouco pronunciada.

Seleção da linha azul

A seleção da linha azul deve ser sempre baseada no fenótipo clássico, através da constante utilização de portadores. As modificações da estrutura de plumagem que lhe estão associadas tendem a produzir plumagens mais rarefeitas, pouco densas e com maior dificuldade na obtenção do brilho e intensidade de cor pretendidos.

Uma vez que se trata de uma mutação de redução, é aconselhável a manutenção de linhas com uma intensa coloração carotenóide e melânica. A intensidade melânica da linha base é um aspecto essencial à formação da cor azul. É no entanto de referir que a utilização de portadores tende a reverter sistematicamente a intensidade da redução de carotenóides pretendida na geração seguinte.

A atenção à cor de cabeça é um aspecto muito relevante, sobretudo nas aves “azul” turquesa, para manter máscaras de boa intensidade. Não é possível ou desejável a mistura de cabeça laranja e cabeça vermelha na linha azul uma vez que a sua distinção não é visualmente possível com segurança. Apenas pelo correcto controlo genético dos reprodutores é possível ao criador quantificar o nível de redução de carotenóides pretendido.

No caso da linha verde mar (aqua), e embora esta seja menos comum, permite a produção de fenótipos interessantes, em particular em combinação com a cabeça laranja e canela. Não existe interação considerável da cor do peito com a linha azul uma vez que a base de formação da cor do peito é distinta e não influenciada por carotenóides.

Combinações da série azul

Sendo uma mutação de redução dos carotenóides, as mutações da série azul podem ser combinadas com qualquer mutação de melanina.

Conclusão

A série azul é uma das mutações mais comuns e atractivas no Diamante de Gould. A base das mutações responsáveis é de natureza autossómica recessiva, associadas ao *locus* bl. São conhecidos dois alelos: verde mar (aqua) e “azul” (turquesa), que produzem, respectivamente, uma redução parcial e quase total de carotenóides. A alteração da estrutura da medular das barbas das penas, resultando em espaços vacuolares com dimensão superior 470-490nm, modifica a dispersão da luz branca de forma selectiva para os comprimentos de onda na casa do azul. O efeito das mutações da série azul não afecta melaninas, mas é visível em todas as regiões com coloração lipocrómica (amarelo, laranja, vermelho).

Apesar da ordem de dominância alélica favorecer o verde mar, a combinação de indivíduos “azul” e verde mar deve ser evitada uma vez que não permite uma expressão total do efeito de cada um, podendo resultar em fenótipos intermédios pouco definidos.

A identificação de uma verdadeira mutação azul, que permita a redução total de carotenóides seria uma importante confirmação do funcionamento esperado da série na espécie.

CPE – Clube Português Exóticos
(Novembro 2014)
(Revisto: Maio 2015; Junho 2015)