

**BOLETIM DO CRIADOURO CAVIÚNAS**  
NÚMERO 23            OUTUBRO 2007  
REDATOR: Dr. JOSÉ CARLOS PEREIRA  
RUA JOAQUIM DO PRADO, 49, CRUZEIRO, SP. TELEFAX 012 31443590  
  
drjosecarlos2000@uol.com.br

Amigos passarinhos, aí está mais um boletim do Caviúnas, pequena colaboração para a criação dos pássaros nativos brasileiros. Contém dados sobre o sistema nervoso e um apanhado sobre alguma coisa que existe atualmente para tentar explicar a importância do canto dos pássaros. Procurei evitar falar de técnicas para a vetorização/encartamento dos cantos procurados pelos criadores simplesmente porque não me julgo capacitado para isso.

Ficou massudão. Se não tiver interesse em se aprofundar na neurologia, comece a leitura pela página treze.

O assunto é controverso, sujeito a questionamentos, evolutivo, muita coisa ainda dependendo de mais estudos, pois, estamos falando de seres vivos sujeitos às mais diferentes capacitações genéticas e fatores ambientais e não de pedras. Portanto, para o melhor aproveitamento, sugiro que não o leiam com o espírito de se contraporem às idéias formuladas e sim com a intenção de algo positivo para o incremento das suas criações.

Amanhã, eu sei por experiência de mais de quarenta anos com a medicina, muitos desses conceitos estarão aprovados, outros ainda sendo estudados, outros jazerão no esquecimento por estarem obsoletos e surgirão muitos outros novos. É a dinâmica da vida. Se conseguirem tirar alguma coisa útil para melhorar as suas criações de pássaros estarei gratificado. Se não conseguirem, desculpem a minha incapacidade de transmitir.

José Carlos.

**SISTEMA NERVOSO E O CANTO DOS PÁSSAROS**

Desde os bancos escolares sabemos que a **célula é a estrutura básica dos seres vivos**.

Elas se juntam para formar os tecidos e esses os órgãos.

Há quatro tecidos básicos: **epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso**.

O tecido nervoso é constituído, no homem, por, mais ou menos, um trilhão de células chamadas **neurônios**. Ainda no período embrionário o **ectoderma** (inicialmente os tecidos embrionários formam três camadas, o ectoderma, o mesoderma e o endoderma) forma o neuroepitélio que se condensa para formar a **placa neural**; a placa neural curva-se para formar o **sulco neural**, cujas margens continuam a crescer até encontrarem-se para formar o **tubo neural**. A porção anterior do tubo irá diferenciar-se para formar o **cérebro** e a porção posterior originará a **medula espinhal**. O tubo neural será origem da neuroglia, do epêndima, dos neurônios e do plexo coróide. Um grupo de células da margem lateral da placa neural, chamado de células da crista neural, não é incorporado a ela, desgarrar-se e migra para formar estruturas como os componentes do sistema nervoso periférico sensorial, os neurônios sensoriais dos gânglios sensoriais espinhais e craniais (gânglios da rota dorsal), os melanócitos ( células produtoras de melanina) da pele e da mucosa oral, os odontoblastos (células produtoras de dentina), as células

cromafins da medula adrenal, as células das membranas aracnóide e pia-máter, as células dos gânglios nervosos periféricos e as células de Schwann (células da neuroglia cujas membranas envolvem os axônios dos neurônios periféricos mielinizados).

As células dos SNC (sistema nervoso central), os **neurônios**, estão entre as maiores e as menores de todo o organismo, variando os seus diâmetros de 5 até 150 milimicras. Têm várias formas, mas a marcante é a poligonal. Possuem projeções chamadas **dendrites**, especializados em receber estímulos de células sensoriais, de outros neurônios e dos axônios. Geralmente os dendrites são muito ramificados dando aspecto arborizado às suas terminações, o que, permite receber estímulos de muitos outros neurônios simultaneamente. Do lado oposto da célula sai o **axônio**, prolongamento celular único que pode chegar a um metro de comprimento. O diâmetro do axônio é variável e diretamente proporcional a velocidade do impulso que transmite. Os axônios podem estar revestidos por uma capa de **mielina** (substância lipóide produzida pelas células de Schwann) ou não. Os axônios mielinizados conduzem os impulsos mais rapidamente do que os não mielinizados. A mielina possui pontos de estrangulamentos chamados de Ranvier (como uma lingüiça se fizermos amarrilhos na sua extensão) e somente nesses estrangulamentos há a despolarização; dessa maneira os impulsos nervosos caminham rapidamente aos saltos. Voltaremos ainda às células de Schwann.

Além de conduzirem os impulsos nervosos, os axônios transportam material entre o centro celular e os terminais axônicos ou vice-versa de maneira retrógrada. O **transporte de matérias** entre o neurônio e os alvos de ação (músculos e glândulas) é essencial; sem ele os músculos e as glândulas sofrem processo de atrofia. O transporte pelos axônios ocorre em várias velocidades. A mais rápida é o transporte anterógrado de organelas cuja velocidade no citosol pode chegar a mais de 400 mm por dia; já o transporte retrógrado pode ser tão lento como 0.2 mm por dia. Entre esses extremos há uma gama de velocidades de transporte intermediárias. Além das organelas e vesículas são transportados, no sentido anterógrado, moléculas grandes, como as de actina e miosina, e algumas enzimas necessárias para a síntese de neurotransmissores na extremidade final (distal) do axônio. Da extremidade distal do axônio para o corpo do neurônio são transportadas proteínas constituindo neurofilamentos e enzimas. O transporte axonal não somente distribui material necessário para a condução nervosa e síntese dos neurotransmissores como para a manutenção do próprio axônio.

A célula básica do sistema nervoso central, o **neurônio**, possui, no geral, as mesmas características e propriedades de qualquer dos mais de 200 diferentes tipos de células encontradas no corpo humano. É circunscrita por uma dupla membrana (**plasmalema ou membrana plasmática**) visível à microscopia eletrônica e formada por três folhas, de, mais ou menos, 2.5 nm (nanômetro =  $10^{-9}$  do metro) de largura e compostas por fosfolipídios e proteínas na proporção de 1:1, a não ser na mielina que reveste alguns nervos onde a proporção é de 4:1. Os mecanismos de transporte de substâncias através das membranas é um dos capítulos essenciais para a fisiologia de todo o organismo. O transporte pode ser passivo, através de gradiente eletroquímico de concentração, ou ativo contra esse gradiente. O transporte pode ser uniport, com uma molécula movendo-se em uma direção, symport com duas moléculas movendo-se na mesma direção ou antiport com as duas moléculas movendo-se em direções contrárias.

Por seus componentes hidrofóbicos (repelem a água) a membrana celular limita o movimento das moléculas polares (momento elétrico diferente de zero) através dela, o qual, é feito seletivamente por proteínas transmembranas especializadas, os **canais de proteínas ou proteínas transportadoras**. As **proteínas transportadoras** são constituídas por um grupo de

proteínas, existentes nos dois lados da membrana, que possuem locais específicos de ligação para íons ou moléculas. Elas têm conformação reversível de maneira a permitir transporte de um lado para o outro da membrana. A composição e o funcionamento desses canais transmembranas é um dos queridinhos dos bioquímicos. Substâncias não polares, como o oxigênio e o nitrogênio, e moléculas polarmente não carregadas, como a água e o glicerol, cruzam a membrana por difusão simples obedecendo os gradientes de concentração. Já nos **canais hidrofílicos** (afins com a água), as proteínas dispõem-se em dobras de maneira que os seus **aminoácidos hidrofóbicos** posicionam-se perifericamente interagindo com os radicais acil (grupo formado pela retirada de uma hidroxila (OH) de um ácido carboxílico(-COOH) dos fosfolipídios da membrana) e os **aminoácidos hidrofílicos** colocam-se internamente formando uma linha polar do canal. Hoje são conhecidos mais de uma centena dos chamados **canais iônicos**, alguns específicos para determinados íons e outros permitindo a passagem de diferentes íons e pequenas moléculas solúveis em água. Embora esses íons ou pequenas moléculas possam movimentar-se seguindo os gradientes de concentração eletroquímicos (vão do mais concentrado para o menos concentrado. Lembra-se dos livros de química dos tempos ginasiais ou passou em branco?), os canais iônicos possuem porteiras para selecionar quem passará (Eta La Passionaria); somente alguns poucos canais não possuem essas porteiras. Dos **canais com porteiras** podemos citar o canal que abre-se por ação de uma **molécula sinalizadora**, muitas vezes um neurotransmissor; o canal que é aberto pela **ligação de um neurotransmissor** (alguns, como a acetilcolina, são excitadores por regularem os cátions, íons positivos, e outros são inibidores por regularem os anions, os íons negativos) a um local determinado da porteira permitindo a passagem de um íon específico para o interior da célula; canais nos quais a molécula sinalizadora é um **nucleotídeo**, como o AMP cíclico, como acontece com os bastonetes da retina, que abrem a porteira para um íon particular; canais cujas porteiras abrem-se por **ação mecânica**, como acontece com as células pilosas do ouvido interno (essas células possuem cílios chamados estereocílios que, ao serem curvados ou inclinados, abrem o canal à entrada de cátions para o interior da célula que é despolarizada gerando impulsos que são interpretados pelo cérebro como sons) e canais que para abrirem-se necessitam da **interação entre a molécula receptora e um complexo de proteína G** que, ativado, interage com a porteira para que íons possam atravessá-la, como acontece nas células do músculo cardíaco. Dos **canais sem porteira** o mais conhecido é o canal de escape do K<sup>+</sup> que permite a movimentação do K<sup>+</sup> e atua na criação de uma diferença de potencial elétrico (voltagem) entre os dois lados da membrana; sem porteiras, esse canal não tem o controle da célula no trânsito do K<sup>+</sup>, refletindo a direção do movimento do íon somente a sua concentração dos dois lados da membrana, caminhando do lado mais concentrado para o menos concentrado. Não poderia de descrever a chamada **bomba de sódio ou de potássio**, estrela dos meus tempos de estudante de medicina na mui maravilhosa cidade de S. Sebastião do Rio de Janeiro. Classicamente sabe-se que a concentração de Na<sup>+</sup> (íon sódio) é bem maior fora do que dentro da célula, enquanto a concentração do K<sup>+</sup> (íon potássio) é bem maior dentro do que fora da célula. A célula mantém o equilíbrio desse diferencial de concentração pelo uso de ATP (adenosina tri fosfato) para fornecer a energia necessária para a atuação da proteína transportadora chamada bomba de Na<sup>+</sup> ou K<sup>+</sup>. Essa bomba transporta íons potássio e sódio contra o gradiente de concentração (transporte ativo). A manutenção desse gradiente de concentração é essencial para a sobrevivência e o funcionamento de todas as células do organismo, o que, exige grande quantidade de bombas de sódio ou de potássio. A bomba Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> tem dois locais de ligação para o potássio no seu lado externo e três para o sódio na sua face

citoplasmática (interna); assim, para cada dois íons  $K^+$  levados para o interior da célula são transportados três íons  $Na^+$  para fora dela. O mecanismo, embora pareça intrincado é simples e fascinante: quando os três íons  $Na^+$  ligam-se à folha da bomba em contato com o citosol o ATP (adenosina trifosfato) é hidrolisado a ADP (adenosina difosfato), liberando um íon fosfato que é usado para fosforilar a enzima ATPase provocando a alteração da bomba e a conseqüente transferência dos íons sódio para fora da célula. Por sua vez, a ligação de dois íons  $K^+$  na face externa da bomba causa a desforforalização (putz!) da ATPase com o retorno da proteína à sua conformação prévia e a transferência de íons  $K^+$  para dentro da célula. A bomba, além de manter a osmolaridade celular e, conseqüentemente o seu volume, tem ação importante na manutenção, juntamente com o canal de potássio, na manutenção do potencial da membrana celular.

Todas as células do organismo são polarizadas, possuindo **potenciais elétricos** distintos e com potencial de repouso em torno de  $-70mV$ . O lado interno da membrana é menos positivo do que o lado externo. Os neurônios possuem a qualidade de poder conduzir **impulsos (sinais) elétricos** gerados numa zona gatilho situada na região de origem do axônio. Os impulsos elétricos têm origem na **despolarização da membrana plasmática**. O **potencial de repouso** é determinado pela diferença de concentração iônica entre o interior e o exterior porque a concentração dos íons  $K^+$  (potássio) é muito mais alta dentro do que fora da célula e as concentrações dos íons  $Na^+$  (sódio) e  $Cl^-$  (cloro) são muito maiores fora do que dentro. O **canal de escape do potássio** permite a passagem de íons  $K^+$  para fora da célula, baixando o seu gradiente de concentração; como há poucos canais de sódio e cloro abertos na membrana da célula em repouso, mais íons  $K^+$  deixam o interior da célula do que íons  $Na^+$  e  $Cl^-$  chegam até ele mantendo sempre uma maior positividade fora do que dentro da célula. Embora o potencial de repouso dependa essencialmente do canal de escape do potássio, as bombas de sódio e cloro auxiliam ativamente o processo bombeando íons  $Na^+$  para fora e íons  $K^+$  para dentro da célula (como vimos, para cada três íons  $Na^+$  bombeados para fora dois íons  $K^+$  são bombeados para dentro).

Visto isto, e o pessoal deve estar pensando o que os nossos passarinhos têm a ver com esse imbróglio todo, vamos em frente porque atrás vem gente. Na grande maioria das células o potencial elétrico da membrana é constante, menos nos neurônios e nas células musculares que são capazes de condução dos sinais elétricos. O estímulo do neurônio provoca a abertura da porteira do canal de sódio numa pequena região da membrana possibilitando a entrada de íons  $Na^+$  para o interior celular. Se a entrada de sódio atingir um limite o interior celular torna-se positivo em relação ao exterior, revertendo o potencial de repouso num processo chamado **despolarização**. No momento em que há a despolarização os canais de sódio se fecham por 1 a 2 milissegundos, o chamado **período refratário** no qual a membrana deixa de responder aos estímulos. Durante o período refratário as porteiças dos canais de potássio abrem-se permitindo a saída de  $K^+$  da célula e restaurando o potencial de repouso da membrana, voltando a célula a responder aos estímulos. Essa inversão de positividade da membrana celular cria um **potencial de ação** do tipo tudo ou nada que pode alcançar velocidade em torno de 1000 impulsos por segundo. O potencial de ação vai abrindo os canais de sódio da região adjacente seguinte resultando num outro potencial de ação de maneira que o impulso vai seguindo através do axônio. O sentido é um só porque a inativação do canal de sódio durante o período refratário impede a propagação retrógrada da onda de despolarização.

Os impulsos nervosos caminham por toda a extensão do axônio, da base para a extremidade, e são transmitidos para outros neurônios, para as células musculares ou para as células glandulares.

Atentos, devem estar perguntando os passarinhos: como esses impulsos passam de uma célula a outra? Aí entram as **sinapses**, uma das organizações mais importantes da medicina moderna, pois, a partir dela, há a possibilidade do entendimento e tratamento de uma grande parcela dos males que afligem o homem e os animais. Os axônios modificam-se nas suas extremidades conforme o tipo de contato sináptico que terão com as outras células; alguns formam expansão chamada **botão terminal** e outros terminam como um simples inchaço ao longo dele próprio chamado **botão de passagem**. As sinapses são formadas pelas terminações axônicas das chamadas **células pré-sinápticas** (que transmitem os impulsos) e os pontos de contatos das células nervosas, das glandulares ou das musculares que são chamadas **pós-sinápticas** (que recebem os impulsos). As membranas pré e pós-sinápticas não entram em contato direto, havendo entre elas um espaço chamado **fenda sináptica** que mede, em média, 25 nm. No citoplasma vizinho da membrana pré-sináptica são encontradas organelas como as mitocôndrias, pouco retículo endoplasmático liso e uma grande abundância de vesículas sinápticas. As vesículas são estruturas esféricas, medindo, em média, 50 nm de diâmetro, cheias de **neurotransmissores** que são peptídeos (produto proteico da ligação peptídica entre dois ou mais aminoácidos e pertencente ao grupo das amidas,) produzidos e embalados no corpo celular e transportados, por via anterógrada, para a extremidade do axônio. Algumas proteínas regulam o funcionamento das vesículas: a *Sinapsina-I* que forma complexo com as superfícies das vesículas e juntam-nas em grupos de reserva. Sendo fosforiladas (lembram-se de onde vem esse elemento fosfórico? Da transformação do ATP em AMP) as vesículas liberam-se e movem-se para a região ativa da sinapse onde liberam os neurotransmissores. A desfosforilação da proteína reverte o processo; a *Sinapsina-II* e a *rab3a* controlam a ligação das vesículas com os microfilamentos de actina; a *sinaptotagmina* e a *sinaptofisina* controlam a ligação das vesículas com a membrana pré-sináptica. Quando um estímulo chega à membrana pré-sináptica as portais dos canais de  $Ca^{2+}$  (cálcio) abrem-se e íons cálcio penetram no interior das vesículas que fundem-se com a membrana pré-sináptica esvaziando os neurotransmissores na fenda sináptica por exocitose (processo de saída de produtos celulares). Os excessos de vesículas são recapturados por endocitose mediada por uma substância chamada clatrina, fundem-se e entram no retículo endoplasmático liso onde novas membranas são continuamente recicladas. Notem como o organismo nos dá exemplos de reciclagem de substâncias.

Na membrana da célula pré-sináptica há regiões espessadas contendo receptores que, ligando-se aos neurotransmissores, iniciam um potencial de ação (excitação) ou uma hiperpolarização (resposta inibitória) da membrana pós-sináptica.

Um pequeno histórico para mostrar a importância pouco reconhecida de alguns homens para o destino da humanidade. Em 1898, o alemão **M. Lewandowsky** (Ueber eine Wirkung des Nebennieren-extractes auf das Auge) e, em 1901, o inglês **J. N. Langley** (Observations on the physiological action of extracts of the supra-renal bodies), mostraram, em trabalhos elegantemente apresentados, a similaridade entre os efeitos de injeções de extratos das glândulas adrenais e a estimulação do nervo vago. Um brilhante aluno de Langley em Cambridge (pensam que lá somente formam bons remadores?), **T. R. Eliot**, mostrou que o impulso do nervo simpático libera pequeníssimas amostras de uma substância similar a epinefrina nos locais de contato com as células efectoras. Esses trabalhos abriram as portas para, em 1921, o alemão **O. Loewi**, extraordinário pesquisador, mostrar, pela primeira vez, a evidência da mediação química dos impulsos nervosos pela liberação de agentes químicos específicos. Loewi estimulou o nervo vago do coração de um sapo doador e levou o líquido perfundido a ter contato

com o coração de outro sapo (receptor), mostrando que, após alguns segundos, o coração do receptor reagia como o do doador.

As células nervosas comunicam-se essencialmente através das **moléculas sinalizadoras** chamadas **neurotransmissores**, quando atuam diretamente nos receptores (primeiro mensageiro), ou **neuromoduladores** ou **neurohormônios**, quando necessitam de um segundo mensageiro ( $Ca^{2+}$ , monofosfato cíclico de guanosina ou gGMP, inositol, diacilglicerol, monofosfato cíclico de adenosina ou cAMP) para a sua ação. Como agem diretamente, os efeitos dos neurotransmissores são rápidos (usualmente em menos de 1 milissegundo). Os neuromoduladores, necessitando um segundo mensageiro, levam mais tempo (pouco minutos) para produzirem os seus efeitos. Hoje são conhecidos mais de uma centena de neurotransmissores e neuromoduladores divididos em: **a**-Os neurotransmissores representados por pequenas moléculas como a acetilcolina, os aminoácidos glutamato, aspartato, glicina e ácido gama-amino-butírico (GABA), as monoaminas como a serotonina (inibe a dor e controla o humor e o sono) e as três catecolaminas (dopamina, a noradrenalina e a adrenalina); **b**-Os neuropeptídeos, muitos dos quais são neuromoduladores (como os chamados peptídeos opióides, encefalinas e endorfinas, ambas com ações analgésicas), os peptídeos gastrintestinais (substância P, neurotensina), os hormônios liberadores hipotalâmicos (como o hormônio liberador da tireotropina e a somatostatina) e os hormônios estocados e liberados pela neurohipófise (hormônio anti-diurético e a oxitocina) e **c**-Alguns gases que têm ações neuromoduladoras (óxido nítrico e o monóxido de carbono). Uma outra maneira de comunicação entre células vizinhas são os poros existentes entre elas (gap junctions).

Nos casos mais seletivos as moléculas sinalizadoras (ligands) neurotransmissoras são liberadas tão perto que somente uma célula receptora é afetada. Algumas vezes o efeito pode ser mais generalizado por: **a**-Serem os neurotransmissores liberados no espaço entre as células e atingirem um grupo de células vizinhas (**sinalizadoras paracrinas**); **b**-Outras vezes a célula alvo é a mesma célula sinalizadora (**sinalizadora autocrina**) e, **c**-Na maneira mais disseminada, as moléculas sinalizadoras ganham a corrente sanguínea indo agir distante (**sinalizadoras endócrinas**).

As moléculas sinalizadoras (ligands) podem ser: **a**-Hidrofílicas, como a acetilcolina, que não penetra no interior da célula requerendo, portanto, receptor na superfície celular (sua ação é rápida, entre poucos milissegundos a poucos minutos); **b**-Hidrofóbicas, como os hormônios esteróides (ação que pode perdurar por horas ou dias) ou **c**-Não **polares**, como o óxido nítrico, capaz de difusão através das membranas lipídicas celulares, as duas últimas exigindo receptores intracelulares.

Alguns ligands são capazes de desencadear respostas celulares específicas e, outras vezes, há a necessidade da ação de vários ligands para provocar a resposta. Há ainda ligands capazes de determinar diferentes respostas em diferentes células, como a acetilcolina que provoca a contração das células musculares, o relaxamento do músculo cardíaco, a secreção do óxido nítrico pelas células do endotélio vascular e leva algumas glândulas a liberarem os seus conteúdos. Portanto, a rede de intercomunicação celular é fantástica.

O **protoplasma**, a substância viva celular, pode ser dividido em **citoplasma**, conhecido desde os nossos estudos do segundo grau, e o **carioplasma**, formado pelo conteúdo do núcleo. O citoplasma é formado por água na qual estão dissolvidas e suspensas substâncias orgânicas e inorgânicas, constituindo o **citossol**. No citossol estão contidas organelas metabolicamente muito ativas e com grande diversidade de funções. O tamanho celular, a sua habilidade de movimentação e a manutenção da estrutura interna são determinados por túbulos e filamentos

conhecidos modernamente por **citoesqueleto**. As **inclusões citoplasmáticas** são constituídas pelo estoque de vários nutrientes, produtos metabólicos acessórios, cristais inertes e pigmentos.

O neurônio, como as outras células, é rico em algumas formações citoplasmáticas que mostram intensas atividades metabólicas e secretórias.: **a-Ribossomas**, pequenas partículas de 12x25 nm compostas por proteínas e RNA ribossômico. Servem como superfícies para a síntese proteica; **b-Retículo endoplasmático liso**, formação membranosa determinada pela interconexão de túbulos e vesículas. Tem ação de síntese e modificação de proteínas, síntese de lipídios e esteróides e destoxificação de algumas substâncias, além de atuar na "fabricação" da membrana celular; **c-retículo endoplasmático rugoso**, capaz de sintetizar todas as proteínas de depósito ou liberadas para a membrana citoplasmática, agir nas modificações de proteínas e na manufatura de lipídios da membrana celular; **d-polirribossomas**, conglomerado de RNAm-ribossômico (RNA mensageiro) geralmente com forma espiral que permite a síntese de várias moléculas protéicas ao mesmo tempo; **e-aparelho de Golgi**, sintetizador de carboidratos, modificador e ordenador de proteínas manufaturadas no retículo endoplasmático rugoso. É composto por cisternas aplanadas e ligeiramente encurvadas; **f-lisossomos**, contendo uma grande quantidade de enzimas que digerem e eliminam macromoléculas, microorganismos, restos celulares e mitocôndrias e retículo endoplasmático envelhecidos; **g-peroxissomos**, organelas muito pequenas, membranosas e com grande quantidade de enzimas oxidativas. Age no catabolismo (processo metabólico destrutivo) de ácidos graxos de cadeias longas formando substâncias como o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) que destoxificam várias substâncias nocivas como o etanol e **h- mitocôndrias**, pequenas organelas flexíveis (0.5 x 7 milimicra) em forma de bastões, umas 1900 por cada célula viva, produtoras de adenosina trifosfato (ATP), uma forma estável de estocagem de energia usada para todas as funções celulares. É a fábrica de energia, ou casa de força, celular. Por ter aparato genético próprio as mitocôndrias são capazes de terem vida livre. O patrimônio genético mitocondrial (antes achava-se que os genes estivessem somente no núcleo celular) é uma das descobertas mais interessantes da genética moderna (esse assunto já foi tratado no boletim 7, Genética).

O **citoesqueleto**, o esqueleto celular, é um componente do citoplasma formado por uma intrincada malha de filamentos proteicos responsáveis pela manutenção da morfologia celular, além de proporcionar a movimentação de organelas e vesículas por todo o citoplasma e a movimentação da própria célula. Os filamentos podem ser muito finos (microfilamentos), filamentos intermediários e microtúbulos.

O **núcleo**, a maior organela celular, é limitado por duas membranas gordurosas e possui três componentes: **a- Cromatina**, o material genético celular (DNA) em forma de cromossomos que é claramente visível durante a multiplicação celular. Nas fêmeas dos animais, e creio que nos machos das aves, pode ser observada na vizinhança da membrana nuclear uma condensação (cromatina sexual ou corpo de Barr) que representa a parte inativa dos dois cromossomos X. O achado da cromatina sexual pode ser usado para a determinação do sexo ; **b-Nucléolo**, local da síntese do RNA ribossômico e **c-Nucleoplasma** , responsável pela manutenção da célula.

Além do neurônio, célula base funcional do sistema nervoso, há um grupo de células, em número dez vezes maior, que dão suporte mecânico e metabólico ao conjunto neuronal. São as chamadas **células da neurógli**a, as quais, embora tenham junções lacunares entre elas, não são capazes de provocar ou propagar impulsos nervosos. São várias as células da neurógli:a: **1-Astroцитos**. São as maiores células da neurógli,a, têm forma estelar, possuem projeções que

lembram os dendrites e pedículos que entram em contato com os vasos sanguíneos e com a pia-máter (a mais interna das membranas que envolvem o encéfalo e a medula espinhal); **2- Oligodendrocitos.** Lembram os astrocitos, mas são bem menores. São responsáveis pela produção e manutenção da mielina (bainha gordurosa que envolve alguns nervos); **3- Células microgliais.** Agem na fagocitose de restos e estruturas danificadas do sistema nervoso central; **4- Células do epêndima.** São colunares ou cubóides e revestem os ventrículos cerebrais e o canal central da medula espinhal. Há um grupo de células do epêndima, chamadas **tanicitos**, que levam, pela extensão dos seus processos, fluido cerebrospinal (líquor, líquido existente nos ventrículos cerebrais, espaço subaracnóideo e canal da medula espinhal) até as células neurosecretoras do hipotálamo e **5- Células de Schwann.** Ao contrário das outras células da neurógliia que situam-se no sistema nervoso central, essas células encontram-se no sistema nervoso periférico revestindo externamente o axônio como a capa dos fios elétricos. São células achatadas cuja membrana (plasmalema) forma a mielina ao organizar-se em bainhas que enrolam-se várias vezes em torno do axônio. A intervalos regulares ao longo do comprimento do axônio, a mielina sofre interrupções, os nódulos de Ranvier, que nada mais são que a interface entre duas membranas de mielina de duas células de Schwann. As células de Schwann podem revestir externamente, com várias camadas, um axônio (axônio mielinizado), ou, uma dessas células reveste com somente uma camada externamente alguns axônios (axônios não mielinizados). A velocidade de condução do estímulo nervoso pelas fibras dos nervos periféricos depende do grau de sua mielinização; nos nervos mielinizados a despolarização somente ocorre nos nódulos de Ranvier porque os canais voltaicos de íons Na<sup>+</sup> e a camada de mielina do segmento internodal evitam o movimento para o exterior do Na<sup>+</sup>. Esse excesso de íons positivos então difunde-se para o próximo nódulo desencadeando a despolarização nesse local. Dessa maneira o potencial de ação salta de nódulo a nódulo numa condução saltatória que aumenta muito a velocidade de transmissão dos estímulos.

A continuidade estrutural e funcional entre as células nervosas é determinada pelo tecido conjuntivo (que junta ou que liga) formado por células e matriz extracelular (constituída por substância amorfa ou fundamental e fibras). O tecido conjuntivo propicia o suporte estrutural, estabelece um meio de trocas do lixo metabólico, favorece o intercâmbio de nutrientes e oxigênio entre o sangue e as células, ajuda na defesa e proteção e é armazém de gorduras.

Terminado esse intrincado estudo dos componentes do **Sistema Nervoso (SN)**, caminhemos para as suas clássicas divisões. Anatomicamente pode ser dividido em **1- Sistema Nervoso Central (SNC)**, composto pelo **cérebro** e pela **medula espinhal**, contidos em duas estruturas ósseas, o crânio e a coluna espinhal respectivamente e **2- Sistema Nervoso Periférico (SNP)**, originado no sistema nervoso central, e formado pelos **nervos cranianos** (originários do cérebro), **nervos espinhais** (originários da medula espinhal) e os seus **gânglios associados**. Assim, temos composta anatomicamente a extensa malha nervosa que cobre todo o organismo animal.

Funcionalmente o sistema nervoso é dividido em **sensorial ou aferente** (recebe impulsos de todo organismo e os transmite ao Sistema Nervoso Central) e **motor ou eferente** (levam os impulsos do sistema nervoso central para os órgãos efetores situados nas mais variadas regiões do corpo). O **componente motor do sistema nervoso** é subdividido em **sistema somático**, no qual os impulsos nervosos originados no sistema nervoso central (SNC) são transmitidos diretamente, por um simples neurônio, até os músculos esqueléticos e **sistema autônomo**, no qual os impulsos nervosos originados no SNC primeiramente são transmitidos

para um gânglio autônomo via um neurônio e, no gânglio, os impulsos chegam a um segundo neurônio que os transmite para os músculos lisos, músculo cardíaco (único músculo esquelético que funciona como autônomo) ou para as glândulas.

Os nervos do **sistema nervoso autônomo eferente** dividem-se em dois grandes grupos: a- **Simpático ou fluxo toraco-lombar** e 2- **Parassimpático ou fluxo craniossacral**.

Os neurônios do **sistema nervoso somático (SNS)** estão localizados no SNC. Os nervos cranianos com componentes eferentes somáticos são o III (motor ocular comum), o IV (patético), o VI (motor ocular externo) e o XII (hipoglosso). A maioria dos 31 pares dos nervos espinhais dos humanos contêm também componentes eferentes somáticos. Os axônios desses neurônios deixam o cérebro ou a medula espinhal através dos nervos cranianos ou espinhais e terminam numa sinapse com os músculos esqueléticos na chamada **placa motora terminal**.

Os nervos do **sistema nervoso autônomo (SNA)** possuem dois neurônios entre o SNC e os órgãos efetores. Esquematizando: as fibras nervosas autônomas contidas nos axônios dos neurônios (**primeiros neurônios**) situados no cérebro ou na medula espinhal vão até o gânglio nervoso (agregado de neurônios situado fora do SNC. Há gânglio sensorial e gânglio autônomo) onde formam sinapses com os corpos dos neurônios ali existentes (**segundos neurônios**): são chamadas **fibras pré-ganglionares**. Dos segundos neurônios e contidas nos seus axônios partem fibras nervosas autônomas que farão sinapses com células dos músculos lisos, do músculo cardíaco e das glândulas: são as **fibras pós-ganglionares**.

O **neurotransmissor** de todas as sinapses entre as fibras pré-ganglionares e os corpos dos segundos neurônios (portanto sinapse que acontece nos gânglios nervosos) é a **acetilcolina**; a acetilcolina também é o neurotransmissor entre as fibras pós-ganglionares parassimpáticas e as células efectoras. Já nas sinapses entre as fibras pós-ganglionares simpáticas e as células dos órgãos efetores o neurotransmissor é a **noradrenalina**.

O sistema simpático prepara o indivíduo para a ação, para o lutar ou correr (fight or flight). Sob o efeito tensional o **simpático** aumenta a pressão arterial e os movimentos respiratórios, torna as batidas do coração mais rápidas, as pupilas dilatadas, a movimentação mais rápida do sangue para nutrir os músculos e diminui as funções das vísceras preparando o organismo para o enfrentamento ou para a fuga. Já o **parassimpático** provoca reações opostas para manter homeostase (manutenção da estabilidade do meio interno) do organismo. Se assim não fosse, o indivíduo estouraria nas situações estressantes.

O **cérebro** e a **medula espinhal** estão cobertos em toda a sua extensão, inclusive nos pássaros, por três membranas de tecido conjuntivo: 1- A **dura-máter**, a mais externa, é de tecido denso, colagenoso e composta por duas camadas: 11- A **dura periosteal**, firmemente aderida às superfícies internas dos ossos do crânio. Como não adere às paredes do canal vertebral, forma com elas o **espaço epidural** que é preenchido por gordura e plexos venosos, exceto nas suturas ósseas e 12- A **dura meníngea**; 2- A **aracnóide** não possui vasos, os quais, somente passam por ela. Forma um espaço potencial entre ela e a pia-máter que somente torna-se patente quando há hemorragia forçando a separação entre as duas. Em alguns locais a aracnóide projeta-se através da dura-máter formando as vilosidades aracnóides que transportam o líquido do espaço subaracnóideo para o sistema venoso e 3- A **pia-máter**, a membrana mais interna da meninge e intimamente ligada ao tecido nervoso seguindo o seu contorno. Apesar desse contato íntimo, a pia está separada do tecido nervoso vizinho por células da neuróglia. Há autores que consideram a aracnóide e a pia-máter dois folhetos da pia aracnóide ou leptomeninge.

Há uma barreira altamente especializada e seletiva entre o conteúdo dos vasos sanguíneos cerebrais e o Sistema Nervoso Central, a **barreira hemato-cerebral**. Essa barreira é determinada pelas células do endotélio capilar e é contínua entre o sangue e o tecido nervoso. O tráfego das substâncias por ela está restrito praticamente ao transporte mediado por receptores. As grandes moléculas não cruzam a barreira, mas o gás carbônico, o oxigênio, a água e algumas moléculas pequenas de substâncias solúveis nos lipídeos, como alguns medicamentos, cruzam tranquilamente. Algumas proteínas especiais facilitam a difusão de moléculas como aminoácidos, glicose, nucleosídeos e algumas vitaminas através da barreira e os íons a vencem usando canais ativos de transporte energizados pelo grande número de mitocôndrias dentro das células endoteliais.

Outra formação cerebral é o **plexo coróide**, formado por abundante rede de capilares com paredes compostas por células cubóides simples. O plexo coróide forra as cavidades dos ventrículos cerebrais e produz o **líquido cérebro espinhal (liquor)**. Hoje sabe-se que o plexo coróide produz mais da metade do liquor, sendo o restante produzido em outras regiões cerebrais. São produzidos de 13 a 14 até 35 a 36 ml de liquor por hora, sendo o volume total repostado até umas cinco vezes por dia. O liquor é um líquido límpido (água de rocha para alguns autores), de baixa densidade, composto principalmente (90%) por água e íons como sódio, potássio e cloro, com pouca proteína, com algumas células descamadas e, algumas vezes, linfócitos; circula pelos ventrículos, pelo espaço subaracnóide, pelo espaço perivascular, pelo canal central da medula espinhal e é importante para a atividade metabólica do Sistema Nervoso Central. É eliminado para a corrente sanguínea pelas vilosidades encontradas na aracnóide. A estabilidade química do liquor é mantida pela **barreira hemato-liquórica** composta por junções firmes entre as células cubóides do epitélio vascular que impedem o movimento de substâncias entre as células e as obrigam a um caminho transcelular ativo.

O desenvolvimento do sistema nervoso foi progressivo acompanhando as necessidades evolutivas e ambientais dos animais. Hoje podemos vê-lo como um sítio arqueológico no qual os diversos períodos evolutivos podem ser determinados claramente. Na realidade podemos dizer que não há um, mas três cérebros, os quais, apesar de atuarem geralmente em harmonia, diferem frontalmente em estrutura, bioquímica e funções:

**1- O archipallium** é o cérebro primitivo que supre as necessidades para sobrevivência dos répteis. É o cérebro essencialmente dos comportamentos instintivos e das funções biológicas básicas. Fazem parte dele o **tronco cerebral**, a **ponte**, o **cerebelo**, o **mesencéfalo** e os **núcleos basais mais velhos**, o **globus pallidus** e os **bulbos olfatórios**. Ao conjunto dessas estruturas **Paul MacLean**, neurocientista dos melhores, denominou **complexo R**. É o cérebro da autodefesa e da agressão. O archipallium é o responsável pela preservação do indivíduo, pelo desenvolvimento dos mecanismos de agressão, pelos comportamentos repetitivos, local onde afloram as reações instintivas determinadas pelos arcos reflexos e onde comandos permitem ações involuntárias e o controle de algumas funções viscerais (pulmonares, cardíacas, intestinais, etc). Nesse cérebro primitivo os bulbos olfatórios ocupam lugar de destaque, permitindo ao animal a análise e ações aprimoradas em resposta aos odores como a aproximação, o acasalamento (os feromônios são capazes de levar mariposas a localizarem parceiros a até cinco milhas de distância), o ataque ou a fuga; com a evolução muitas dessas funções olfatórias essenciais para os répteis desaparecem ou são minimizadas, como no homem no qual praticamente as únicas estruturas límbicas conectadas com o sistema olfatório são as amígdalas. Também no complexo R têm início as primeiras manifestações do ritualismo, condutas que levam o animal a definir as suas posições hierárquicas dentro do grupo e o seu

espaço próprio no nicho ecológico, ou seja, a porção restrita de um hábitat onde vigoram condições especiais de ambiente. Os passarinhos mais perspicazes já notaram a importância do archipallium na vida dos seus pássaros;

**2- O paleopallium**, o cérebro dos mamíferos inferiores, é formado pelas estruturas do **sistema límbico**, o sistema das emoções e da memória. Na verdade o estudo mais intensivo do cérebro deu-se na segunda metade do século XIX, ficando os anos 90 conhecidos como a década do cérebro por caso do desenvolvimento da genética molecular. Até então, o coração era considerado o principal órgão do corpo humano; nas mumificações egípcias o coração permanecia dentro do corpo e o cérebro era jogado fora. Até os gregos valorizavam muito pouco o cérebro, achando Hipócrates ser ele um simples refrigerador do sangue.

Lá pela metade do século XIX havia na França um neurologista muito estudioso e criativo, **Paul Broca**, que, entre outras descobertas, mostrou que havia na região medial do cérebro dos mamíferos, logo abaixo do córtex, alguns núcleos formados por neurônios (substância cinza. Lembro da minha avó que, ao chamar a atenção de uma pessoa que não compreendia uma ordem dizia que não tinha massa cinzenta. Ela não era nenhum Broca, mas dava as suas cacetadas neurológicas) aos quais denominou de lobo límbico (do latim limbus, círculo ou anel, mostrando a situação anatômica da região límbica em relação ao tronco cerebral). Essa região foi mais tarde denominada **sistema límbico**, base do paleopallium, o qual, de maneira geral, permite a um animal distinguir o que é agradável e o que é desagradável, importante preceito para a sobrevivência. O sistema límbico, que na realidade não funciona como um sistema, é formado pelo **hipocampo** (ligado às emoções, ao aprendizado e memória de curta duração), **processos amigdalóides** (regulam as emoções, particularmente a agressão), **septum pelucidum** (une as amígdalas ao hipotálamo e refere-se às sensações de prazer. Os pássaros não possuem septum pelucidum), **núcleo olfatório**, **gânglios da base** (núcleo caudato, globus pallidus e núcleo lentiforme) e **alguns núcleos do diencéfalo**. A remoção das amígdalas torna dócil o animal até então agressivo e dominante. O **diencéfalo** é composto pelo **tálamo** e **hipotálamo**. **O sistema límbico forma com o córtex cerebral a conexão da emoção com a razão, podendo uma influenciar a outra**. O tálamo possui os neurônios arrumados em grupos distintos (núcleos) que servem como retransmissores entre as fibras nervosas sensoriais e o córtex, entre o tálamo e o hipotálamo e entre os gânglios basais e as regiões associativas do córtex, além de exercerem algum controle sobre funções viscerais. Com exceção do olfato, toda a informação sensorial é enviada ao córtex via tálamo. O **hipotálamo** é a principal região de integração dos nervos do sistema autônomo e, entre outras funções, regula o balanço hídrico, o metabolismo intermediário, a temperatura corporal, a pressão sanguínea, os ciclos circadiano e sexual, as secreções da adenohipófise, as emoções e o sono. **O hipotálamo é a ligação entre o sistema nervoso e o sistema endócrino**. É composto por várias regiões que controlam os impulsos (drives) sexuais e, logicamente, a habilidade de procriação das espécies, a sede e o drive para procurar água, o controle da temperatura interna como um termostato, os impulsos para saciar a fome, as sensações de prazer e desprazer e o controle dos comportamentos agressivos (será que aqui, amigão Taddei, precisamente no núcleo dorsomedial do hipotálamo, não estaria o segredo da fibra?). No sistema límbico são desenvolvidas as funções afetivas, as fêmeas desenvolvem a sentimento de criar e proteger os seus filhotes, os comportamentos lúdicos, as emoções e os sentimentos (eta-ferro, Roberto Carlos) de cólera e ira, de medo e fuga, de paixão e amor, de crueldade, de sadismo para lembrar o famoso marquês, de prazer, alegria e ódio. Portanto, as condições maiores físicas e psicológicas, como valentia e fibra, dos nossos pássaros. Aqui no sistema límbico, herdado dos mamíferos inferiores, formamos grande parte

da nossa identidade pessoal e da nossa memória, grandes caminhos para sermos gente e os pássaros, pássaros.

**3- O neopallium**, o cérebro dos mamíferos mais evoluídos, dos primatas e do homem (mulher), o cérebro superior ou racional, o cérebro das conquistas intelectuais, compreendendo quase todo os **hemisférios cerebrais** (o **neocortex**) e alguns **grupos neuronais subcorticais**. Já notaram que há pessoas que, pela irracionalidade dos seus atos, parece que não passaram do archipallium? Quando os mamíferos superiores, conosco no topo da escala do desenvolvimento, chegaram à superfície terrestre, postados nos dois pés, já pensando em dominar os outros, houve a necessidade de um cérebro muito mais desenvolvido, o neopallium, o cérebro racional (nem sempre, né?), com o intrincado complexo celular capaz de produzir uma linguagem simbólica (levada ao extremo por alguns dos nossos mandatários), propiciando ao homem/mulher condições para as conquistas intelectuais como a leitura, a escrita e os cálculos matemáticos. É o grande gerador de idéias, algumas de malucos, o pai das invenções e a mãe dos pensamentos abstratos. O **córtex** cerebral possui os neurônios dispostos em colunas, até 100 por coluna no homem/mulher, interconectadas entre si e com as outras estruturas nervosas, o que, permite a rápida alteração das associações sensoriais conforme as informações são processadas. O córtex cobre uma área de 0.5 m<sup>2</sup> nos humanos; essa grande área somente cabe na caixa óssea porque encontra-se dobrada em circunvoluções que formam giros (a parte superior das dobras) e sulcos entre as dobras. Para ter uma idéia do córtex dentro da caixa óssea do crânio pegue uma noz, quebre-a ao meio e olhe a semente dentro da casca. Nos pássaros praticamente não existem as circunvoluções (cérebro agírico, portanto) e o córtex possui colunas com apenas 2 a 3 células cobrindo uma espessura de menos de 1 mm. Em compensação, comparados aos mamíferos, o corpus striatum (massa ovóide de substância cinzenta atravessada por numerosas estrias e situada em cada hemisfério cerebral. Constituída por dois núcleos, o núcleo caudado e o núcleo lenticular que fazem parte dos gânglios da base do sistema límbico, o qual, já foi visto) das aves é bem desenvolvido sendo considerado o seu principal centro de associação e, conseqüentemente, **os instintos dominam os comportamentos aviários**.

Todo o comportamento é o resultado do aprendizado ou da experiência advindos de respostas a estímulos internos e/ou ambientais que produzem alterações anatômicas ou funcionais dos neurônios do córtex. Esses neurônios apresentam extraordinária capacidade de, em respostas a estímulos, alterar o seu funcionamento e dimensões (plasticidade) o que os torna importantes na aquisição dos conhecimentos (cognição). A contribuição de cada neurônio para o comportamento ou atividade mental do indivíduo se dá pela produção ou não de impulsos elétricos.

No desenvolvimento das espécies animais (**filogênese**) os três cérebros surgem um após o outro. Assim, os répteis somente possuem o archipallium; os mamíferos inferiores o archipallium e o paleopallium e os mamíferos superiores o archipallium, o paleopallium e o neopallium, os quais, surgem durante o desenvolvimento do embrião e do feto (**ontogênese**) seguindo essa seqüência. É, amigos, durante a vida intra-uterina passamos de lagartos a humanos num curto espaço de tempo.

Portanto, são três unidade cerebrais, cada uma mantendo os seus peculiares tipos de inteligência, as suas subjetividades, as suas memórias, as suas mobilidades, os seus sentidos de espaço e tempo, etc.

Unindo os hemisférios cerebrais e o tálamo-hipotálamo à medula espinha há duas formações, a **ponte** e a **medula oblonga** que compõem o **tronco cerebral** que conta com muitos dos núcleos dos nervos cranianos e a maioria dos fluxos e influxos dos tratos da córtex e da medula espinhal. Nessa região também há um sistema de ativação reticular, importante e incompleto conjunto de substância cinzenta (neurônios) que liga o sensorio periférico e os eventos motores levando a alto teor de integração nervosa que tem ação sobre o sono, a vigília, o despertar e a coordenação dos movimentos oculares. Integra a coordenação de atos reflexos importantes como o vômito e a deglutição, além dos sistemas respiratório e cardiovascular. O local mais marcante da ação do tronco cerebral é uma formação em forma de treliça, a **formação reticular**, formada essencialmente por neurônios com axônios curtos que recebem estímulos de diversas áreas e têm grande influência sobre o córtex. A formação reticular é responsável pelo monitoramento de todos os sinais sensoriais que chegam e por filtrar os que devem ser encaminhados para as formações superiores e aqueles que devem ser deletados por carecerem de importância.

Posteriormente aos hemisférios cerebrais está o **cerebelo**, fundamental para a coordenação dos movimentos, na manutenção do tônus muscular antigravitacional e funções vestibulares básicas para a estabilização da posição do corpo, além de atuar na regulação das funções viscerais como batimentos cardíacos e a manutenção do fluxo sanguíneo apesar de modificações na postura.

A **medula espinhal** é uma massa de células e nervos que estende-se da porção caudal da medula oblonga até a parte inferior da última vértebra. Está contida no canal ósseo vertebral (coluna vertebral). Por ela as informações sensoriais da pele, articulações, músculos e vísceras são coordenadas com neurônios motores e centros sensoriais retransmissores primários que enviam e recebem sinais das regiões nervosas superiores. As informações sensoriais caminham por sua parte dorsal e os comandos motores saem para os órgãos efetores pela porção ventral.

Há uma divisão regional do cérebro, baseada em dados anatômicos e funcionais, usada por alguns autores que pode facilitar a compreensão do que foi visto: 1- **Cérebro anterior** (forebrain), o **prosencefalo**. A porção anterior do prosencefalo, que dá origem aos hemisférios cerebrais, é o **telencefalo**. A porção posterior do prosencefalo é chamada **diencefalo**. O cérebro anterior compreende os hemisférios cerebrais, o tálamo, o hipotálamo e o sistema límbico.; 2- **Cérebro medial** (midbrain), ou **mesencefalo**, compreendendo pequena parte superior do tronco cerebral e 3- **Cérebro posterior** (hindbrain), compreendendo o cerebelo, a ponte e a medula oblonga.

Até há uns dez anos acreditava-se que o cérebro, principalmente os neurônios, uma vez completada o seu desenvolvimento seria incapaz de qualquer modificação, havendo tanto incapacidade de reprodução de si próprio como das conexões com outros neurônios. O aprendizado e as experiências guardadas na memória poderiam afetar a função, mas não a anatomia cerebral. Mas, felizmente, sempre há os cabeças duras capazes de balançar o status quo (pô, meu, até latim?) e, no caso, foram o canadense **Donald Hebb** e o polonês **Jersy Konorski** que mostraram ser os jogos, as estimulações e as experiências capazes de aumentar as conexões entre as células cerebrais e, mais importante talvez, a memória envolveria modificações estruturais dos circuitos neurais. Para não ficar somente nos homens, a norte-americana **Marian Diamond**, em estudos muito criativos, mostrou que animais submetidos a variados estímulos desenvolviam córtex cerebral mais espesso (devido tanto ao maior número de células nervosas como ao maior número de dendrites) do que aqueles mantidos em ambientes

pobres em estímulos. Um estudo conclusivo foi o de **David Snowdon**, de Kentucky: estudando cérebros de freiras católicas do norte dos States, famosas por suas longevidades, mostrou que aquelas que tinham hobbies, como montar quebra-cabeças e pintura, tinham melhores condições mentais apesar de surpreendentemente algumas mostrarem na autópsia sinais cerebrais degenerativos da doença de Alzheimer. **Em miúdos: a estimulação precoce dos filhotes aumenta a sua cognição (capacidade de adquirir novos conhecimentos) e a memória, requisitos essenciais para o aprendizado.**

Os **dendrites** das células nervosas são os responsáveis maiores pelo crescimento neocortical e compõem a rede que do hardware da inteligência; as suas interconexões aumentam com o uso e diminuem com o desuso (use-o ou perca-o ou, no popular, se não usar enferruja). Estudos mostram que há mais dendrites nas áreas de Wernicke (responsável pelo conhecimento das palavras) das pessoas com educação superior do que naquelas somente com estudo básico. O aumento da região cortical foi observado quando houve aumento dos estímulos ambientais, mesmo nos idosos.

As alterações celulares, determinadas pelo aprendizado e pela memória, são chamadas de **plasticidade**, a qual, refere-se às alterações na eficiência das sinapses que podem aumentar as transmissões dos impulsos nervosos e, conseqüentemente, modular o comportamento. Cada neurônio tem participação no comportamento e em toda atividade mental produzindo ou não impulsos elétricos. Para que a **memória** seja estabelecida torna-se necessário que as células nervosas formem novas interconexões e produzam novas moléculas proteicas.

**Portanto, amigão passarinho, é essencial os seus pássaros serem estimulados para os comportamentos que você deseja, como cantar qualitativamente ou manifestar fibra, desde o período de filhotes. O bom manejo é essencial.**

É certo ser o comportamento animal resultante da interação entre a **herança genética e as influências ambientais**; há comportamentos determinados principalmente pelo componente genético (inato, do latim "que nasce com") e outros pelo componente ambiental. Os comportamentos instintivos, essenciais para a sobrevivência física e mental do animal, como o reflexo de sucção dos mamíferos e o abrir o bico para receber o alimento das aves, são predominantemente programados geneticamente e com pouquíssima influência ambiental; há comportamentos, como pentear os cabelos ou aceitar o uso do encapamento da gaiola, desenvolvidos essencialmente pelo aprendizado. Na realidade para obter comportamento adequado há a necessidade da integração entre o inato e o aprendido, como acontece com os cães de caça que herdaram mecanismos para a caça, mas dependem do aprendido com os seus pais, com cães mestres ou mesmo com o homem para executarem com perfeição as tarefas. **Os pássaros de canto herdam patrimônio para a execução do canto próprio da sua espécie, além do aparelho respiratório adequado, mas pode melhorar as qualidades do canto ouvindo bons mestres ou CDs.**

O mais fascinante exemplo das influências genéticas e ambientais no comportamento animal é o **imprinting**, a marca. O imprinting aparece em filhotes de várias espécies animais, sendo muito desenvolvido em aves. Logo que sai do ovo o filhote liga-se (ligação social) ou segue o primeiro objeto que se move, o qual não necessariamente é a mãe. Aqui não poderíamos ficar sem falar um pouco de **Konrad Zacharias Lorenz** (1903-1989), o perspicaz e genial zoólogo austríaco, considerado o pai da etologia, que teve como base dos seus conceitos a teoria de que o estudo do comportamento animal somente é válido se for feito no seu ambiente natural e não em laboratórios. Outros postulados básicos de Lorenz foram o de que seria vital a influência do comportamento na seleção natural e, mais controverso, que grande parte do comportamento

seria inata. Foi prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia em 1973, juntamente com Tinbergen e von Frisch. Como quase sempre acontece nas grandes descobertas, Lorenz partiu de experimentos simples e de uma grande capacidade de observação: notou que filhotes de gansos de dorso cinzento, criados por ele desde a saída dos ovos, relacionavam-se com ele como se fossem parentes. Os filhotes seguiam-no por todos os lados e os adultos cortejavam-no em detrimento de outros gansos. Deu ao fenômeno nome de **abbildung** (estampa), traduzido para o inglês por **imprinting**, pois achava que o objeto sensorial, animado ou inanimado, percebido pelo recém-nascido de alguma maneira era imediatamente e irreversivelmente estampado no seu cérebro. O próprio Lorenz descreveu uma qualidade essencial do imprinting: há um período de tempo muito restrito a partir do nascimento para que o imprinting seja efetivo. Lorenz também estabeleceu que há períodos críticos na vida do animal nos quais definidos tipos de estímulos são necessários para o desenvolvimento normal; definiu também que a exposição repetida aos estímulos ambientais (a associação) é necessária, o que, leva-nos a considerar o imprinting como um tipo de aprendizagem, embora com participação inata muito forte. Algumas características do imprinting podem ser explicadas pela necessidade que os filhotes de pássaros têm de procurar e responder, de maneira seletiva, a modelos de estímulos particulares como a silhueta dos pais. Antes de haver o imprinting propriamente dito o cérebro do filhote é capaz de reconhecer os estímulos que deverão posteriormente ser aprendidos, caracterizando um dos componentes inatos do imprinting; também são inatas as ações motoras que facilitam manter a proximidade do objeto. **O aprendizado realiza-se numa base geneticamente determinada e dentro de um período biologicamente adequado.** Todo o processo envolvendo herança genética e meio ambiente resultará na seleção natural, determinando o reconhecimento dos parentes com o propósito final do convívio social e da reprodução.

**Claro que qualquer criador de animais, inclusive pássaros, deve sempre ter em mente que somente conseguirá êxito seguindo esses ensinamentos: genética controlada e meio ambiente adequado. Enfim, manejo, manejo e manejo. É essencial saber que, por suas condições instintivas, tudo que for marcado (imprinted) no cérebro do filhote o será por toda a vida. Se quiser ter um pássaro de boa qualidade o criador deverá estar atento para propiciar ao filhote, na idade do imprinting, as condições para a marcação das qualidades para as quais dirige a sua seleção. Aí está a importância da matriz, pilar básico do imprinting por estar mais tempo ao lado do filhote durante uma boa parte do período da marcação, principalmente para quem cria em sistema de poligamia. Devemos levar em conta que a poligamia, mesmo com todas as vantagens que possa trazer, é método, na maioria das vezes, antinatural, pois, na Natureza, pai e mãe estão presentes no imprinting da ninhada. Ao adotarmos a poligamia devemos adotar condutas de manejo para tentar compensar a falta do pai nos primeiros dias de vida dos filhotes. O primeiro passo terá que ser o uso de fêmeas com genética e comportamentos positivos para as qualidades a ser selecionadas.**

Na Natureza, os primeiros atos do imprinting comportamental visa a sobrevivência dos filhotes (instinto de sobrevivência), reconhecendo os seus pais com a finalidade de defesa contra ataque de predadores; cria-se uma ligação social muito forte com os irmãos e pais. A esse tipo de imprinting alguns autores chamam de filial. Ao mesmo tempo o filhote vai aprendendo as características dos irmãos, criando condições que influenciarão as suas preferências nos acasalamentos quando adultos. Essas duas formas de imprinting podem ocorrer ao mesmo tempo ou manter um intervalo bem demarcado entre elas. **Parece que nos pássaros o**

imprinting é mais raro e menos desenvolvido do que em outras aves; o seu cérebro desenvolve-se mais lentamente, demorando meses para tornar-se mais alerta, ativo e totalmente operacional e o processo de ligação mãe-filho faz-se de maneira mais lenta, portanto, usando outros processos que não o imprinting. **Aí, amigos, a necessidade de maior paciência com os nossos pássaros, evitando levá-los muito cedo a situações para as quais não estão preparados neurologicamente. Cuidado, muito cuidado mesmo com os pardinhos, pois a ansiedade para levá-los aos torneios, às badernas ou mesmo demonstrações para amigos pode levar a resultados desastrosos.**

*A digressãozinha de praxe. O que torna um pássaro de uma ninhada ou mesmo de um grupo de pássaros de várias ninhadas a ser o cara dos torneios se tiveram a mesma herança genética e foram manejados da mesma maneira? Como no imprinting, teria o campeão de torneios uma impressão digital cerebral muito particular? Teorias já existem para tentar explicar isso. Não poderia passar em branco a participação de dois brasileiros, ainda bem jovens, nesses estudos: Alysson Muotri, agora trabalhando nos States, e Stevens Rehen, da produtiva Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mostraram que cada célula nervosa é tão diferente dos outros neurônios que parece ter genoma muito próprio. O fulcro desses estudos é a chamada **retrotransposição**, ou seja, alguns pedaços do DNA fazem cópias de si mesmos como se fossem um xerox genético. Eles ficam saltando pelo genoma das células cerebrais; conforme pulam, esses chamados por eles DNA cangurus alteram a expressão gênica fazendo com que alguns genes se expressem mais ou menos em relação ao considerado normal e permitindo a diferenciação do neurônio de maneira que tenha traços únicos. É a teoria dos **genes saltadores**. Assim, cada indivíduo teria uma marcação cerebral única, intransferível e independente de herança genética. E tudo isso, amigos do sul maravilha Lisandro e Diego, porque a expressão dos genes pode provocar um maior ou menor número de sinapses. Mais conexões sinápticas modificam sobremaneira toda a rede neurológica e podem, como ponto capital, mudar o jeito do organismo alterar o comportamento em reação aos estímulos. Embora seja teoria, cada vez vem ganhando mais adeptos de peso e poderá revolucionar os estudos neurológicos futuros e facilitar a cura de várias doenças que acometem o sistema nervoso. E nós, como ficamos nessa enrascada se essa teoria vingar? Vamos teorizar também porque não paga imposto, pelo menos por enquanto. Como todo o processo não seria transmitido geneticamente como ficaríamos com a seleção? Entendo eu que, mesmo não sendo um processo com base herdada genética, a capacidade de um gene saltador pular mais ou menos deve ser controlada pelo ciência de Mendel, o gênio das ervilhas. Assim, numa criação selecionada para as características comportamentais que desejamos, os pulos adequados dos DNAs cangurus seriam mais frequentes e decisivos.*

Mais ou menos ao mesmo tempo em que Lorenz, outro etologista, **Niko Tinbergen**, estudava outro aspecto importante do comportamento animal, chamado por ele padrão de ação fixa (FAPs, fixed action patterns). Os FAPs seriam seqüências de ações motoras elementares que formam um padrão de funções durante toda a vida do animal. O exemplo clássico é o da pata que, quando um ovo rola para fora do ninho, realiza uma série de movimentos com a cabeça e o bico para trazê-lo de volta; esses movimentos são estereotipados, pois, se o ovo escapa do bico, a pata continua a realizá-los no vazio até a seqüência final para, somente então, reiniciá-los de novo. **Notem como os comportamentos dos animais, inclusive os pássaros, possuem características ainda pouco conhecidas apesar de muito estudadas. Cabe ao criador perspicaz aproveitar o**

**que de prático existe nesses estudos e tentar criar manejos adequados para levar os seus pássaros aos comportamentos que busca, por exemplo, canto ou fibra.**

Lorenz demonstrou que o imprinting permite mostrar como a experiência pode determinar modelos fixos de ação sendo resultados da interação entre instinto e aprendizado. Qual seria mais importante? Não meto a colher nessa briga de cachorro grande, a briga do natural contra o educativo (soa melhor em inglês: nature versus nurture). *Como sempre, chegou-se a uma atitude politicamente correta: o comportamento animal é a mistura dos dois fatores.*

Mas o próprio Lorenz mostrou que o imprinting difere do aprendizado associativo em diversos aspectos: 1- O imprinting desenvolve-se num período estrito de tempo, o tempo fixo e crítico, o que geralmente não acontece com o aprendizado associativo; 2- O imprinting parece ser irreversível, enquanto o processo associativo mostra-se volátil, esmaecendo com o tempo (processo de esquecimento) e 3- O imprinting não é um processo de memória individual, restrito ao animal que sofre o aprendizado, mas, pelo contrário, é uma forma de condicionamento de um grupo de organismos além e acima do indivíduo, ou seja, ele é espécie específico e não um processo geral de aprendizado associativo.

**Baseado nesses posicionamentos de Lorenz salta aos olhos do criador estudioso a importância da fêmea na criação de pássaros em gaiolas/viveiros, principalmente entre os nativos entre os quais a poligamia é muito usada. Na poligamia somente ela é responsável pelo imprinting dos filhotes durante o período crítico do processo. Não posso deixar em branco. Sempre manifestei nos boletins escritos para os criadores de cães pastores alemães, e agora para os criadores de pássaros nativos, a importância das fêmeas na criação (há um boletim somente sobre esse assunto). Além da importância no imprinting dos filhotes, determinante na caracterização comportamental da espécie, somente elas transmitem os genes mitocondriais.**

Nem todas as conclusões de Lorenz, que estudou os animais no seu ambiente natural, foram confirmadas nas controladas condições de laboratório. No laboratório foi mostrado que o imprinting não acontece rapidamente, de maneira irreversível e restrito a um período crítico de tempo como se pensava, além de ficar provado que os fatores de aprendizado têm importância maior do que até então admitido no seu desenvolvimento. O processo de imprinting seria cumulativo e estaria vinculado à liberação de endorfinas no cérebro, a qual, fixaria a associação. Acho que nem tanto ao céu e nem tanto a terra.

**Como viram, o imprinting ainda constitui um imbróglio em fase de resolução. E o criador, como fica na orientação da sua criação? Sempre procurei, mesmo algumas vezes atropelando as teorias, unir o que os estudos mostram com a sua aplicabilidade prática, sem me ater muito aos conceitos do que seria realmente o imprinting. Desde a criação de cães parto do seguinte princípio básico: o imprinting seria o estímulo de comportamentos espécies específicos, instintivos na maioria das vezes, necessários para o indivíduo adotar condutas para a sua sobrevivência num meio ambiente muitas vezes hostil. Mais ou menos isso: pô, meu, eu sou um canário-da-terra e devo ter comportamentos alimentares, de canto, de territorialismo e outros para poder me integrar aos meus semelhantes e sobreviver. Se assim não for, eu danço miudinho. Lembro-me que as cadelas pastoras, por exemplos ou meio na marra, brincavam com os seus filhotes, muitas vezes brutalhadamente, davam mordidinhas, os carregavam na boca pra lá e pra cá, comiam junto e muitas vezes disputavam asperamente a primazia de dar as primeiras bocadas, se pisassem na bola eram corrigidos até com violência, estimulavam a latência nas brincadeiras ou na aproximação de qualquer coisa que julgassem ser sinal de**

perigo; quer dizer, eu sou um cão de guarda, não posso dar moleza nas disputas e tenho para sobreviver como tal de manter grande sentido de territorialidade. Na bucha: a cadela fazia a filhotada, às vezes na valentona, a ser um pastor alemão, a ter uma marca de pastor e de se comportar como tal.

Se o criador for consciente, para aproveitar o melhor possível o imprinting dos filhotes deve adotar três condutas que julgo absolutamente essenciais: 1- Criar somente com padreadores e matrizes geneticamente qualificados para as qualidades que busca. No nosso caso, se criar fibra ou canto, que busque para os seus criadouros (lembro-me que o saudoso Paulo Rui gostava mesmo era do termo aviário) pássaros com esses potenciais genéticos, mesmo que não sejam grande ganhadores de torneios; 2- Cuidado extremo na escolha das fêmeas. É uma tendência geral falar-se muito dos machos e muito pouco das fêmeas. Erro crasso que pode inviabilizar a criação. As fêmeas devem ser selecionadas tanto ou mais que os machos para os quesitos que buscamos. Mas, fêmea não canta, poderão perguntar. Não canta, mas terão que ter irmãos, pais e avós que cantem bem. Elas não cantam, mas poderão transmitir qualidades de grandes cantores e 3- Ter sensibilidade e conhecimento para intervir o menos possível no imprinting ou fazê-lo de maneira positiva tendo como base os conhecimentos atuais.

Quanto tempo dura o imprinting? Esse tempo é o mesmo para todas as espécies de pássaros? É o mesmo para todos os filhotes de uma mesma ninhada ou de ninhadas diferentes?

São perguntas que creio sem respostas no momento. Agora, uma coisa é certa, o período de imprinting é maior do que o tempo que a filhotada fica com a mãe (ou com o casal no caso de monogamia) nas criações atuais. Tenho para mim, por observações próprias e de outros criadores, que o período de imprinting dos pássaros nativos dure de 3 a 4 meses, mas é somente palpite sem nenhuma comprovação científica. Um pequeno grupo de criadores de canários-da-terra/fibra está fazendo estudos práticos de ninhadas de idades semelhantes mantidas juntas em viveiros ou voadeiras procurando, mais ou menos, reproduzir o que acontece nos bandos soltos. Essa conduta é mantida até, mais ou menos, um ano de idade. Aos poucos os machos que se destacam por chilrearem nos poleiros mais altos e mantêm condutas dominantes vão sendo separados para gaiolas individuais. Assim, acham eles que cobrem todo o período do imprinting. Algumas conclusões já foram tiradas mas não cabem no contexto desse boletim.

As regiões cerebrais responsáveis pelas marcações geradas pelo imprinting parecem ser a intermediária e a mediana do hyperstriatum ventrale (IMHV) dos dois hemisférios. O espigão ventricular dorsal (DVR) é uma estrutura cerebral única presente nas aves e répteis. Nas aves é composta pelo hyperstriatum ventrale e uma área chamada wulst, a qual, é parte de um sistema que lembra o responsável pela memória dos mamíferos.

Enfim, o imprinting é exemplo da interação do inato, comportamento espécie-específico, com as propriedades de um tipo especial de aprendizado chamado aprendizado perceptivo. Cada espécie animal é determinada geneticamente para capacitá-la a aprender determinados comportamentos importantes para a sobrevivência da sua espécie. O imprinting é uma dessas formas de comportamento.

Sabe-se que estimulando crianças até os 10 anos de idade, principalmente até os três anos de idade, lendo alto, cantando ou falando com ela há aumento do seu desenvolvimento cerebral permitindo adquirir habilidades essenciais ao aprendizado durante toda a sua vida. As crianças que não foram estimuladas adequadamente nesse período de vida inicial podem apresentar

déficits de habilidades para aprender a falar, a ler, a dançar ou aprender a tocar instrumentos musicais, a cantar e aprender novos idiomas, praticamente todas as condições exigidas para que um adulto seja inteligente e funcionalmente ativo. A criança assume o seu papel no aprendizado quando é cercada por um meio-ambiente bem estruturado, afetivo e estimulante, não sendo necessário forçá-la às atividades formais e sim prover condições para satisfazer a sua curiosidade natural e ter bom senso. Enfim, conscientizar antes de educar. **E assim, consideradas as diferenças existentes, deve ocorrer com os pássaros. Para desenvolver todo o seu potencial genético o pássaro deve ser mantido em ambiente adequado, sem estresses e levado a passeios e treinamentos, respeitadas as suas idades, para que possa externar qualidades exigidas nos torneios.**

Amigos passarinhos, pode-se admitir ou questionar qualquer das teorias, mas não se pode fugir, para ter sucesso numa criação seletiva, de três condutas: **1- Selecionar geneticamente matrizes e machos para aquela (s) qualidade(s) que se queira, seja canto ou fibra; 2- Além do genótipo da fêmea para a qualidade que se queira, selecioná-la pelo seu comportamento adequado para qualidade buscada, principalmente no caso da fibra, permitindo a ela imprimir os filhotes adequadamente e 3- Dotar os filhotes, adequados geneticamente e imprintados adequadamente, de processos de aprendizagem comprovados, visando sempre a qualidade buscada.** Sem isso, você nunca será um criador selecionador e sim um multiplicador de pássaros. E não estaremos fazendo nada demais, pois, é assim que a Natureza procede usando, para os nossos padrões éticos, métodos bastante cruéis. **Na dura: somente criar com os melhores possíveis e procurar, sempre, selecionar os melhores filhotes para o criadouro, cada vez procurando melhorar a média de qualidade do plantel sem tréguas e sem improvisos.** Sempre é melhor criar pouco e com qualidade do que ficar enchendo os gaiolões e viveiros com pássaros que a Natureza descartaria.

O canto do pássaro, como a fala do homem/mulher, é o resultado de uma série de ações e interações dos órgãos fonadores e dos seus auxiliares, como músculos e os nervos sensitivos e motores, coordenadas pelo cérebro. **O pássaro não canta à toa, mas sim em resposta a uma série de estímulos, principalmente visuais e auditivos, os quais, chegando aos núcleos cerebrais específicos pelos nervos sensitivos são ordenados e analisados e voltam pelos nervos motores para estimular os músculos que determinam o funcionamento dos órgãos responsáveis pelo canto.**

## **Núcleos cerebrais responsáveis pelo canto dos pássaros**

**Segundo Jarvis & Nottebohm.**

- 1- **Centro vocal superior (HVC) e robustus archistrialis (RA)** . São os principais, localizados no telencéfalo e, através do nervo cranial XII ou grande hipoglosso, situado no bulbo raquídeo, e dos nervos hipoglossos, também conhecidos por traqueosiringiais, enviam informações que permitem a produção dos sons pela siringe.
- 2- **Nucleus magnocellularis medio (MMAN) e nucleus monocellularis lateral (LMAN)**, localizados no telencéfalo e conectados com o CVS, o primeiro, e com o RA, o segundo. O LMAN tem papel importante no aprendizado e no desenvolvimento motor do canto.
- 3- **Nucleus intercollicularis (ICO)**, localizado no mesencéfalo e conectado com o RA e com o nervo cranial XII.
- 4- **Nucleus interfacial (NIF)**, conectado com o CVS.
- 5- **UVA**, conectado com o CVS.

6- **Área cerebral X**, conectada com o CVS.

A proximidade desses núcleos com os centros auditivos leva alguns autores a relacioná-los com a capacidade de memorização e aprendizagem dos pássaros e conseqüente desenvolvimento motor do memorizado.

A fase inicial, a da aprendizagem do canto, depende muito de dois núcleos de neurônios cerebrais, chamados **LMAN e área X**, situados no cérebro anterior. A ablação dessas áreas é capaz de suprimir a capacidade do filhote aprender e memorizar o canto, mas, quando feita em pássaros adultos, não afeta o canto já sedimentado. Os neurônios dessas áreas são muito sensíveis aos sons da canção própria da espécie do filhote e vão reagindo progressivamente aos estímulos permitindo a aquisição do canto. Embora os neurônios possam reagir com maior intensidade aos sons que formam o canto próprio da espécie e menor intensidade a outros estímulos, em algumas casos eles reagem somente aos sons dos cantos próprios da espécie. Outra capacidade desses neurônios são as respostas básicas às sílabas individualizadas ou a um grupo pequeno das mesmas, como se fossem colocando as peças silábicas uma a uma no molde, e as respostas sustentadas a uma cantada completa. Isso explicaria as respostas positivas dos filhotes às gravações de diversos tempos do canto e do canto completo, método usado com sucesso por muitos hábeis criadores de pássaros nativos brasileiros. Os neurônios não respondem ao canto colocado na sua ordem inversa por inteiro e mesmo quando as sílabas são mantidas, mas colocadas em ordens diferentes do andamento do canto da espécie, o que é conhecido nos meios acadêmicos como **seletividade da ordem**. Estudos mostraram que os neurônios do LMAN são todos ativados ao mesmo tempo diante do canto da própria espécie, isso é, parece não haver grupos neuronais que se ativam especificamente diante de partes do canto. É uma capacidade do sistema nervoso conhecido pela **reação do tudo ou nada**.

Existem outras teorias sobre o assunto. Acho essa muito interessante, pois, embora tenha sido idealizada estudando-se outras espécies de pássaros, pode ser muito útil para o manejo dos pássaros nativos de canto pela facilidade da sua aplicação prática. Aliás, muitos dos seus conceitos já são usados pelos criadores brasileiros.

Aos 60 dias de idade, os filhotes encontram-se num período intermediário de desenvolvimento do canto, pois, a fase sensorial está concluída e está sendo iniciada a fase sensoriomotora.

Claro que, havendo em torno de 10 000 espécies de pássaros, cuja ordem já era conhecida desde o Gondwana, o antigo continente meridional, submetidos às mais diversas situações ambientais e heranças genéticas, deverão existir n variações no desenvolvimento do canto.

Estudos muito bem conduzidos mostram que danos ao **HVC** e ao **RA** (outros núcleos cerebrais envolvidos com o canto) provocam bloqueio do canto dos pássaros adultos. Esses núcleos são maiores nos machos do que nas fêmeas e, durante a aprendizagem do canto, incorporam novos neurônios e os dendrites formam grandes ramificações. Os núcleos **LMAN e área X**, quando danificados, interferem na aprendizagem do canto, porém, não interferem em nada se o pássaro já tiver aprendido o canto. O LMAN não é dimorfo e não tem qualquer alteração sazonal do seu tamanho ou do número de neurônios. A área X é dimorfa e tem a agregação de novos neurônios durante o período de aprendizagem do canto.

Um argentino, **Fernando Nottebohm**, estudioso da etologia, lotado na Universidade de Rockefeller, no Estado de Nova York, USA, merece o reconhecimento de todos que criam animais. Em 1976, colocando ponto final às dúvidas dos criadores, ele conseguiu localizar e

identificar os grupos de neurônios responsáveis pelo controle do canto dos pássaros, no caso os canários (*Serinus*). Ficaram bem claras as participações de três núcleos no processo do canto: 1- O **centro vocal superior (HVC)**, cujos axônios levam os estímulos até o 2- **Núcleo robustus archistriatalis (RA)**, cujas prolongações axônicas conduzem os estímulos até o 3- **Nervo hipoglosso cranial**, que tem as suas conexões nervosas terminadas nos músculos da siringe, órgão central na produção do som.

Não poderia continuar sem dar uma pincelada no gene *Zenk*:

#### **Gene *Zenk*.**

Há um grupo de genes, conhecidos desde os anos 1989-1990, que somente são induzidos para se expressarem no cérebro quando os circuitos neuronais são ativados por uma variedade de comportamentos e estímulos. São genes que, por suas características de ação, ou seja, permitindo a análise da indução das suas expressões a partir de estímulos ou comportamentos conhecidos, favorecem o mapeamento das regiões cerebrais responsáveis por esses estímulos ou comportamentos. Constituem o grupo dos genes atividade dependentes.

A ativação de determinada região cerebral por um sinal vocal, como a emissão ou a audição de um canto específico, leva a ativação dos neurônios com a conseqüente expressão do gene *Zenk*, o qual, como todos os genes, provoca a produção de certas proteínas que determinam a transmissão do fluxo das ondas nervosas.

Entre esses genes está o chamado *Zenk*, muito usado no mapeamento das regiões cerebrais responsáveis pelo canto das aves.

O nome *Zenk* é formado pelas iniciais de alguns genes atividade dependentes (activity dependent genes): a.k.a *zif -268*, *egr-1*, *NGFI-A* e *Krax-24*. O *Zenk* é induzido em pequenas áreas do cérebro quando os pássaros estão ocupados em ouvir ou produzir sons.

Alguns estudiosos, como Eduardo Nottebohm e Wan-chun, observaram que em algumas espécies de pássaros, como os chipping sparrows, tanto a duração das cantadas como os intervalos entre elas são mais variáveis nos pássaros adultos soltos quando eles cantam logo antes do nascer do sol. Durante o restante do dia as cantadas e os intervalos entre elas são estereotipados (não variáveis). A maior variedade das cantadas e dos espaçamentos entre elas são usados para a interação com os machos da vizinhança, enquanto o canto estereotipado é usado principalmente para atrair as fêmeas. Nos pássaros das mesmas espécies quando cativos a variedade de antes do sol nascer é mantida durante todo o dia. Essas duas variáveis de comportamentos foram as únicas identificadas, nesse estudo, do nível do canto induzido pela expressão do gene *Zenk* na Área X e no LMAN. A variabilidade da madrugada mostra altos níveis de expressão do *Zenk* e a estereotipia durante o dia mostra baixo nível de expressão desse gene. Seria a intensa estimulação auditiva ocasionada pelos cantos de outros machos vizinhos durante a madrugada o fator primordial pela maior expressão do *Zenk* na Área X e no LMAN? Os autores não estão muito seguros, mas nós, conhecedores dos comportamentos dos pássaros nativos brasileiros durante a madrugada, podemos achar isso plausível.

Há estudos, em machos de zebra finche, que ligam a expressão do *Zenk* na Área X e no LMAN com o modo como o canto é emitido. A expressão é alta quando o macho canta de maneira indireta, sem um alvo específico, e muito baixa quando ele canta o mesmo canto direcionado a uma fêmea. O canto diretamente para a fêmea é mais estereotipado do que o canto não especificamente direcionado. Mais ou menos o encontrado no estudo anteriormente citado.

Com metodologia muito criativa, que não cabe ser mostrada aqui, Nottebohm e Wan-chun mapearam a expressão quantitativa cerebral do *Zenk* durante essas diversas etapas do canto do pássaro sparrow chipping. Assim, puderam identificar os núcleos, o contexto e as

características comportamentais associadas com as modificações da expressão gênica dando idéia de ser um marcador da variabilidade comportamental. Nesses estudos a expressão do Zenk ficou clara nos núcleos HVC, RA, Área X e LMAN.

Durante a audição do canto foram notadas as induções do Zenk no núcleo auditivo do cérebro medial (midbrain) e também em pequenas áreas do telencéfalo caudomedial. Essas áreas estão interconectadas e fazem parte de um circuito complexo que constitui o central auditory processing pathways do cérebro das aves. A área onde a indução do Zenk se mostra mais intensa é o nidopallium caudomedial (NCM), que apresenta características semelhantes às camadas supragranulares do cortex auditivo dos mamíferos. As respostas dessas áreas aos sons do canto, que podem ser detectadas pela eletrofisiologia, acontecem nos dois sexos e tanto nas aves que aprendem pela vocalização, ouvindo os pais, outros adultos ou mesmo CDs, como os beija-flores, alguns psitacídeos ou as aves canoras, como naquelas, como os pombos, que não aprendem pelas vocalizações.

A repetida exposição ao mesmo canto leva à queda das respostas dos neurônios do NCM que entram num estado conhecido há longo tempo por repouso ou habituação, o qual, é canto-específico e de longa duração. A manutenção do repouso depende da expressão gênica no NCM durante um período de tempo determinado que segue o período da apresentação do canto. Esse repouso é necessário, ao que parece, para o bom desenvolvimento da memória auditiva de longa duração que é importante para a plasticidade do canto. A memória auditiva de longa duração tem papel destacado no reconhecimento individual, no aprendizado vocal e na seleção para o acasalamento.

Esse período de dormência dos neurônios logo depois de estímulo específico seria uma explicação do observado pelos passarinhos na prática diária da vetorização/encartamento do canto dos pássaros: os melhores resultados são conseguidos pelo uso do estímulo do canto, pelos CDs ou pelos professores, durante pequenos períodos durante o dia intercalados com sons diferentes, como os da cachoeira ou de rádios FM.

Estudos bem conduzidos por Erich Jarvis, Brenowitz e Nottebohm mostraram que o Zenk é também induzido nos núcleos cerebrais que formam o sistema de controle do canto quando o pássaro está no período de canto ativo. Esse sistema é composto pelo circuito motor direto, diretamente envolvido no canto, e um circuito envolvendo o cérebro anterior, o forebrain, que atua no aprendizado do canto. Lembrar que o cérebro anterior (forebrain), ou prosencéfalo, tem duas regiões: a anterior, o telencéfalo, que dá origem aos hemisférios cerebrais, e onde situam-se os núcleos responsáveis pelo canto, e a porção posterior, o diencéfalo. O cérebro anterior compreende os hemisférios cerebrais, o tálamo, o hipotálamo e o sistema límbico.

A expressão do Zenk nos núcleos controladores do som pensava-se que se restringiria à fase motora do canto, ocorrendo mesmo nos pássaros surdos. Mas, sabe-se hoje, a expressão do Zenk se faz também no núcleo do circuito anterior, o qual, no pássaro adulto, não está envolvido no comportamento do canto. Há estudos sobre uma bem definida evidência da ativação do forebrain (cérebro anterior) quando o pássaro canta, mostrando que essa área está envolvida no controle neurológico do comportamento do canto. E, muito interessante, a expressão do Zenk no circuito anterior é ambiente dependente. Esse circuito seria importante na coordenação do comportamento específico do canto com outros comportamentos relacionados com ato de cantar.

As áreas cerebrais delimitadas pela expressão do Zenk nos pássaros foram aquelas associadas com a plasticidade neuronal e que estariam presentes na formação e armazenamento da memória de longa duração.

A região do sistema nervoso dos pássaros responsável pelo canto apresenta claro dimorfismo sexual, sendo os núcleos HVS e RA maiores nos machos do que nas fêmeas. O cérebro dos machos é mais rico em receptores androgênicos que também são influenciados pelos estrogênios, além de possuir conexões cerebrais diferentes. Embora possa parecer estranho aos menos acostumados às intrincadas ações dos hormônios, os estrogênios, hormônios ditos femininos, têm ação importante na masculinização dos pássaros ao provocarem a expressão de neurônios ricos em receptores androgênicos.

Sabe-se, até com certa precisão, que os comportamentos aprendidos mais complexos estão sob o controle do lobo frontal do cérebro, justamente onde estão situados o HVC e o RA. **Admita-se, ainda necessitando de provas cabais, que o HVC tem a função de identificar, memorizar e produzir o canto, captando e percebendo, como uma verdadeira memória perceptiva, as canções ouvidas e criando condições para poder imitá-las se a ave for macho, ou poder reconhecer os seus parentes e os parceiros sexuais se a ave for fêmea.** Todas as informações armazenadas e gravadas no HVC podem ser transmitidas pelos axônios ao AR, o qual, através do nervo cranial hipoglosso, que inerva a siringe, desenvolve a destreza motora necessária à execução do canto.

O **hipoglosso** direito inerva a região direita da siringe e o esquerdo a esquerda. Aí está explicação para o funcionamento independente dos dois lados da siringe. Estudos mostram que sobre o lado esquerdo da siringe recai a responsabilidade pela maior parte dos sons emitidos pelos canários (*Serinus*) e a maioria dos passeriformes, isso é, **há um controle vocal lateralizado com dominância do lado esquerdo.** A secção do hipoglosso direito somente determina a perda de alguns elementos do canto que são substituídos por ruídos e silêncios. A secção do hipoglosso esquerdo provoca alterações dependentes do período em que for realizada: se a secção for feita no período da subcanção, após um breve período de tempo o filhote retoma as suas emissões sonoras normais, pois, a perda funcional pela falta do nervo esquerdo é suprida pelo direito; a secção entre 13 e 27 dias de vida leva à regeneração do nervo esquerdo e ambos os lados da siringe compartilham a produção sonora e quando a secção do hipoglosso esquerdo for feita durante a fase da canção plástica, o pássaro permanece por toda a vida nesse fase do canto sem chegar ao canto adulto estereotipado. Os *Serinus* são exceções, pois, são capazes de substituir o lado esquerdo do hipoglosso pelo direito e chegar a cantar como um adulto qualquer.

Os estudos mostraram características muito objetivas do HVC e do RA: 1-Aumentam de tamanho sob o efeito da administração da testosterona, o hormônio masculino por excelência; 2-São maiores durante o período reprodutivo, no qual os níveis sanguíneos da testosterona estão altos; 3-São maiores nos machos do que nas fêmeas; 4-São maiores nos canários de cantos mais complexos do que naqueles de cantos mais simplificados; 5-Diminuem de tamanho logo após o período reprodutivo quando cai o nível de testosterona e o canto diminui ou torna-se instável; 6-A sobrevivência dos neurônios do HVC depende de níveis adequados de testosterona; os níveis adequados de testosterona aumentam o fator neurotrófico cerebral (FNDC) que atrai neurônios para o HVC. Quanto mais canta o pássaro, maior o uso dos circuitos motores ligados ao canto, o que, estimula a liberação do FNDC e a maior atividade neuronal, principalmente do RA; 7-Como na fala humana, a audição de sons tem ação importante no desenvolvimento e potencialização dos circuitos auditivos ligados ao aprendizado do canto.

O aumento do RA se dá pelo aumento do tamanho dos neurônios e pelo aumento dos espaços entre eles; já o HVC aumenta pelo aumento do número e do tamanho dos neurônios, sem alteração da sua densidade.

**Essas alterações sazonais dos núcleos cerebrais dos pássaros responsáveis pelo canto constituem um dos exemplos mais claros da plasticidade cerebral natural experimentada pelos vertebrados.** Para alguns autores essas alterações, embora importantes para o desenvolvimento do canto, não são suficientes para explicar todo o processo.

Dando corpo à tese da importância da testosterona no desenvolvimento do canto das aves observa-se que, no período da muda de penas (abril-maio-junho, no Brasil), cai o nível de testosterona no sangue e os centros controladores do canto param o crescimento e diminuem de volume; nos meses seguintes, caminhando a muda para o seu meio ou final, o nível de testosterona vai subindo, os centros nervosos HVC e RA vão aumentando de tamanho atingindo o ápice, mais ou menos, em novembro. Aqui duas consequências práticas: 1- Os melhores meses para a criação seriam de novembro até março, como apregoam muitos e bons criadores e 2- Como é notório, a partir de novembro o rendimento dos machos nos torneios de fibra ou de canto cresce muito. Aqui vai uma tese: não seria mais lógico os torneios se distribuírem entre os meses de novembro e março? Agora, uma constatação que vai sendo sedimentada no procedimento de alguns criadores: com as mudanças climáticas observadas no Brasil, é possível a extensão do período de cria até abril, ou mesmo maio, tendo-se o cuidado de respeitar as individualidades das aves.

**Agora, amigos passarinhos, um problema que atormenta a todos e jamais foi explicado e muito menos entendido. No período de regressão e regeneração dos núcleos cerebrais responsáveis pelo canto, o canto torna-se muito instável podendo modificar, ganhar ou perder sílabas da canção. A canção somente mostra-se novamente estável no período de cria seguinte, no Brasil de outubro/novembro até março, mais ou menos dependendo da localização geográfica. Eu diria até que nunca o pássaro será o mesmo do ano anterior. E avanço: para quem cria para canto seria essencial um programa de estimulação anual para que a ave não perca as suas qualidades canoras. Para curiós e bicudos, portadores de canções riquíssimas, o processo seria essencial. É comum ouvir-se que determinada ave piorou muito, ou mesmo melhorou muito o canto de um ano para outro. Acho até que a possibilidade de piorar seja maior do que a de melhorar se não houver o treinamento suficiente para coordenar e estimular a recuperação dos centros cerebrais depois dos meses de muda.**

Desde a saída do ovo o pássaro apresenta crescimento contínuo dos núcleos cerebrais responsáveis pelo canto e curva de testosterona também ascendente (com uma queda forte no quarto mês, período da chamada muda do ninho) com pico máximo entre o sétimo e o oitavo meses de vida. Esse período, principalmente na segunda metade dele, entre o quinto e o oitavo meses, é crítico para o filhote aprender o maior número de sílabas do canto chamado plástico justamente porque é moldável, dependente dos estímulos externos e da base genética herdada. **Repito porque é essencial. Não adianta o criador esperar ou tentar inventar: o seu pássaro, para ser bom em fibra ou canto, tem que ter genética qualitativa e ser manejado adequadamente.**

O HVC mantém-se desenvolvido dos 6 ou 7 meses até, mais ou menos, os 16 meses de idade do filhote. Para isso apresenta um pico da testosterona do 7º ao 8º meses e outro do 14º ao 15º meses. Nesse período o filhote já apresenta canto mais estável. No 16º mês o filhote apresenta uma queda brusca do nível da testosterona sanguínea com conseqüente grande

diminuição do tamanho do HVC, o que, marca o período da **muda chamada de adulto** durante o qual a canção volta à sua forma plástica instável. Essa evolução é nítida nos filhotes dos canários europeus de canto, especialmente os espanhóis, mas não deve ser sensivelmente diferente entre as nossas aves canoras, desde que se leve em conta as diferenças geográficas. Uma questão prática: como na muda para adulto, e nas posteriores mudas durante toda a vida do pássaro, acontecem os dois fenômenos (queda do nível sanguíneo da testosterona e diminuição sensível do HVC) vivenciados durante o período da muda de ninho, período em que o filhote mostra-se extremamente apto a adquirir sílabas componentes do seu canto, não seria interessante para o criador de aves estimular as suas aves durante todos os períodos de muda para manter a qualidade do seu canto? Como no período de muda a ave tem um canto instável (plástico), se não houver o estímulo ela poderá, no pico de testosterona e aumento do CVS seguintes, ter uma partitura distinta da que tinha anteriormente por omitir ou modificar algumas notas, ou mesmo adquirir notas novas indesejadas. Absurdo? Sei não. Por favor, leiam com atenção o texto seguinte que está entre bordas. Eu o uso no consultório para tentar dar uma luz às mães preocupadas com os seus filhos adolescentes. É uma teoria, mas poderá ser bastante útil.

Afinal, quem somos? A resposta foi procurada pela filosofia e pela astronomia, sempre preocupou os antropólogos, ensinou inúmeras pesquisas científicas, estimulou os místicos, inspirou escritores e poetas e fundamentou as religiões.

Hoje, embora ainda não tenhamos a resposta definitiva, a neurociência, usando métodos sofisticados capazes de estudar o cérebro em funcionamento, procura nos processos físico-químicos envolvidos na atividade cerebral as bases dos comportamentos durante o desenvolvimento do indivíduo. Um dos campos mais envolventes é o da chamada **poda das sinapses** ocorrida na adolescência.

A formação do sistema nervoso, inclusive dos 20 bilhões de neurônios (células nervosas) que o bebê tem ao nascer, acontece nos três primeiros meses de gestação. Logo que o bebê nasce essas células começam a se interligar através de prolongamentos dos seus corpos conhecidos por axônios e dendritos; os locais onde se dá a interligação entre as células são chamados de sinapses.

Através de processo físico-químico ocorrido nas sinapses os impulsos nervosos passam de uma célula para outra, construindo circuitos cerebrais por meio dos quais é transmitido tudo o que aprendemos. O que passa na vida da pessoa é captado pelos órgãos sensoriais (visão, tato, olfato, audição e paladar) e cria circuitos no cérebro. Conforme vão sendo formados os circuitos o cérebro vai se preparando para responder, no futuro, aos estímulos externos. É o chamado fenômeno de **plasticidade neuronal**, o principal e mais atraente fenômeno acontecido no cérebro.

Toda a interação da pessoa com o mundo acontece pela capacidade do cérebro em criar circuitos que permitem a ela responder adequadamente às solicitações de tudo que a cerca. Através da criação dos circuitos das vias nervosas a pessoa pode ter a memória, a consciência de auto-reflexão, o raciocínio, os impulsos, a atenção e a ação para que possa interagir com o mundo.

Apesar da morte progressiva dos neurônios durante toda a vida, o cérebro compensa a perda tornando-se mais complexo graças a capacidade que têm os neurônios restantes de criar circuitos que vão permitir a existência de uma fantástica rede de comunicação entre eles. Essa rede permite respostas às milhares de funções necessárias para o ser humano sobreviver e reagir a tudo que está ao seu redor no meio ambiente.

Nos primeiros anos de vida o cérebro da criança cria circuitos básicos para o desenvolvimento de funções como andar e falar. A criação progressiva destes circuitos permite à criança uma percepção fantástica do mundo e a capacidade para observar coisas que os adultos normalmente não conseguem. A criança registra tudo, mantendo-se de antena ligada e preparando o cérebro para o aprendizado. Como diz o prof. Jorge Alberto da Costa e Silva, um dos mais reconhecidos psiquiatras do mundo e estudioso do assunto: "É como um carro zero quilômetro funcionando de maneira impecável". É um período importante para ensinar à criança as noções de higiene corporal, os princípios da boa convivência social, as bases religiosas e a importância do estudo. Afinal não diziam nossos avós que é em pequenino que se torce o pepino?

Aos 13 ou 14 anos de idade acontece o fenômeno chamado poda das sinapses. São destruídas as sinapses que não têm função importante para o resto da vida. A poda das sinapses permite o surgimento de outras mais específicas e definitivas. Seria como a poda dos galhos indesejáveis de uma árvore permitindo o aparecimento de outros mais fortes. As sinapses são formadas até a morte, embora reduza a intensidade com o envelhecimento da pessoa. Algumas implicações práticas da poda das sinapses já começam a surgir. Por exemplo: um adolescente que começar a fumar aos 14 anos criará um circuito cerebral somente para a nicotina. Esse circuito o acompanhará para o resto da vida porque foi feito num período em que havia espaço criado pela poda das sinapses. Para desativar o circuito o adolescente deverá parar de fumar por sete anos. Já uma pessoa que começar a fumar aos 35 ou 40 anos de idade fará somente um microcircuito que poderá ser desativado muito mais facilmente. Aí mora o perigo da propagação dos cigarros dirigidas aos jovens.

A crise do comportamento do adolescente pode estar ligada à poda de sinapses. À medida que são iniciadas as alterações bioquímicas do cérebro o adolescente fica irritado, rebelde, estranho, contestador, questionador dos valores e, se sentindo fora do ambiente, procura respostas. As enormes modificações, um turbilhão na opinião de alguns autores, são cerebrais e também hormonais. Não é só uma crise da alma ou do espírito, mas principalmente uma crise biológica. Há o surgimento de outra biologia dentro do jovem. Deixa uma situação de estabilidade do período de criança, no qual a sua identidade é a dos pais e do ambiente que o cerca, para entrar num período instável no qual irá criar a sua própria identidade. Além da criação de novos circuitos, o adolescente não parte para a aniquilação de tudo o que está registrado no cérebro e sim para a reorganização de algumas peças. Enfim, como num quebra-cabeças, escolhe as peças que formarão a sua figura e responderão a pergunta: quem sou eu?

Aos poucos, desde que tenha o suporte social, religioso e familiar o adolescente sai do olho do furacão e entra no período onde os circuitos se formarão mais lentamente e os hormônios encontrarão maior equilíbrio chegando ao adulto equilibrado, produtivo e integrado socialmente.

Respeitadas as diferenças poderia a poda das sinapses ser aplicada, pelo menos em parte, aos pássaros?

A teoria da poda das sinapses e o aumento e a diminuição sazonal dos núcleos cerebrais responsáveis pelo canto mostram que o cérebro não é estático e sofre alterações que respondem por alterações comportamentais.

Interessante, é ou não é? Tenho olhado os canários-da-terra fazerem a muda. Aqueles indivíduos brigões e cantadores lá estão quase mudos e sem muitos desejos de afrontamentos. E enchendo o criadouro de penas caídas. Daqui a alguns meses voltarão firmes e fortes aos

desejos de briga e às cantadas desafiadoras estaladas e altas. Pensar não custa nada e não paga imposto. Saiu da cachola: não sofreriam eles durante as mudas um fenômeno similar à poda de sinapse que se repetiria anualmente? Podem argumentar que é coisa de doido. Concorro, mas poderia pelo menos explicar muita coisa para nós passarinhos. Se verdadeiro fosse, os pássaros terminariam a muda sendo um pouco diferentes daqueles que iniciaram a perda de penas. E isso é comprovado pelos criadores mais atentos. Durante a muda muitos circuitos cerebrais seriam podados e outros neoformados ocupariam os seus lugares. E os pássaros estariam mais sujeitos a algumas modificações de comportamentos dependentes do meio externo. Como canto e valentia, com o seu apêndice fibra, são comportamentos básicos para a conservação natural da espécie, não seriam muito afetados pela poda sináptica como um todo, mas, talvez, em alguns detalhes sim. E esses detalhes poderiam ser importantes na qualidade do canto, por exemplo. Seria um adendo na explicação dada acima, a modificação de comportamento afetada pela queda da testosterona e diminuição dos núcleos cerebrais responsáveis pelo canto durante a muda. E reforçaria a necessidade de manejo adequado dos pássaros durante a muda para evitar que voltem dela piores nos quesitos como o canto. Se eles ficarem quietos, com isolamento visual, durante o período mais intenso da muda certamente voltarão ao mesmo ímpeto de valentia que tinham; pelo contrário, se for "esfregado" nesse período poderá voltar menos valente ou até afinado. O mesmo aconteceria com o canto. O Paulo Rômulo, lá nas Minas Gerais, deve estar se perguntando: e os meus pássaros que fazem a muda no mesmo viveiro? Não me pegou na sinuca de bico. No primeiro período da muda, no qual estariam sendo podadas as sinapses, manter os estímulos externos visando os comportamentos que procuramos, como fibra e canto, em nada resultaria e, pior, poderia até prejudicar. Esses estímulos teriam que ser iniciados quando os novos circuitos estivessem sendo formados. Aí sim, manter o pássaro de canto ouvindo o dialeto exigido e iniciar os treinamentos para as estacas, de maneira progressiva e contínua, seria da maior importância. O X da questão é achar o início desse período. Aí o amigo Paulo Rômulo já tem a receita da separação individual dos seus canários que estavam juntos no período mais intenso da muda. Vejam só, não estou tentando colocar minhocas na cabeça de ninguém. Simplesmente procuro explicações para comportamentos dos pássaros e para manejos que já fazem parte do dia-a-dia de muitos passarinhos.

#### **Órgãos responsáveis pelo canto das aves.**

O pássaro cantor segue o determinismo genético de comportamentos próprios da espécie sempre tendo como base nada mais do que o instinto territorial. O canto dos pássaros visa primariamente a demarcação territorial, tendo como focos principais a reprodução e as fontes nutricionais na busca do objetivo final que é a preservação da espécie.

No canto estão envolvidos vários órgãos:

##### **1-Siringe**

Órgão fonador básico das aves equivalente ao laringe dos humanos. Situa-se na bifurcação da traquéia para formar os dois brônquios maiores.

É composta por: 1- **Núcleo cartilaginoso** (tecido conjuntivo especializado formado por células específicas chamadas condrocitos, matriz extracelular composta por glicosaminoglicanos, proteoglicanos e fibras colágenas e elásticas. A matriz é flexível e altamente resistente aos estresses mecânicos) que, em algumas espécies, pode ser ósseo, chamado **esporão** ou **tambor**; 2- **Cavidade de ressonância** e 3- Dois pares de **membranas chamadas timpânicas**, um de cada lado: uma membrana situada na base da traquéia (**membrana timpânica externa**) e a outra no interior da base do brônquio (**membrana timpânica interna**). Ao que parece, as membranas

timpaniformes internas seriam as mais importantes. Autores falam de uma terceira prega, a senicular.

Por ser envolta pelo saco aéreo interclavicular a siringe situa-se num ambiente pneumático que facilita a ressonância sonora. Na siringe encontramos dois **músculos externos**, o **esternotraqueal** e o **traqueolateral**, e cinco pares de **músculos intrínsecos**. Há discussão acadêmica para saber se os músculos externos ou os intrínsecos seriam os mais importantes para o funcionamento da siringe. Como a natureza não dá ponto sem nó, acho que o lógico seria admitir que os dois seriam importantes. Nas membranas estão inseridos os cinco pares de músculos intrínsecos, os **brônquiotraqueais**, os quais tensionam as membranas de acordo com o canto a ser emitido. O grau de desenvolvimento das membranas determinam as aptidões da ave para o canto.

## 2- Traquéia

É um órgão tubular, de comprimento em torno de três cm nos pássaros, cujas paredes, formadas por anéis serosos, delimitam um espaço por onde circula o ar inspirado e expirado. Situa-se entre o laringe e os pulmões. Durante o canto a traquéia pode encurtar-se ou alongar-se sob ação do músculo brônquiotraqueal cujas fibras inserem-se longitudinalmente em cada um dos anéis. A modificação da forma e da extensão da traquéia, assim como da cavidade bucal, determina amplificação e modificação dos sons.

## 3- Laringe

Órgão cartilaginoso situado entre o extremo superior da traquéia e as fossas nasais. Em algumas espécies de pássaros tem somente ação complementar secundária na emissão dos sons.

## 4- Cavidade bucal e bico.

Têm atuação na modulação do som emitido por cada pássaro sob a forma de canto.

**Fisiologia do som.** Durante o canto o ar acumulado nos pulmões e sacos aéreos é expulso e, passando pela siringe, tensiona e faz vibrar as membranas timpaniformes produzindo o som. Quanto maior a pressão exercida pelo ar eliminado maiores serão o volume e a intensidade do som. A tonalidade aguda ou grave é dada pela maior ou menor tensão das membranas determinada pelos músculos bronquiotraqueais.

Quais as bases fisiológicas para as alterações sazonais no canto e outros comportamentos dos pássaros? Embora ainda não conclusivos, seriam o resultado da ação direta da testosterona nos músculos da siringe. Até aí nenhuma novidade. Os músculos da siringe possuem receptores para a testosterona ou seus metabolitos, os quais, têm influência no peso dos músculos siringianos e na atividade da acetilcolinesterase e colina acetiltransferase, enzimas essenciais para o funcionamento muscular. Assim, pássaros com níveis muito baixos de testosterona durante o período de muda apresentariam siringes atrofiadas menos aptas a produzirem, no período de reprodução subsequente, notas estereotipadas consistentemente ou trinados longos sem grande fadiga. Volto a afirmar que todos esses estudos foram feitos tendo como base pássaros europeus ou norte-americanos. Não temos no Brasil, pelo menos que eu saiba, estudos semelhantes. Mas, como o canto é universalmente usado pelos pássaros com os mesmos objetivos, não seria demais supor que muitos achados são aplicáveis aos nossos nativos.

Se o afirmado for verdadeiro, fica em xeque o isolamento total do pássaro durante a muda, verdadeiro ermitão alado, ganhando ponto alguns criadores, principalmente de canários-da-terra, que deixam os pássaros juntos em viveiros ou voadeiras durante o período da muda. Ou seria a queda de testosterona durante a muda um fator genético, característico de cada pássaro, e não influenciado pelos estímulos ambientais?

Outro dado muito interessante é que o número de notas diferentes emitidas no canto de determinado pássaro, isso é, a complexidade do canto, não se altera sazonalmente na dependência do tamanho dos núcleos cerebrais. Estudos feitos com sparrows mostram que, na primavera, quando os núcleos estão aumentados, eles não se tornam mais aptos a incorporação de novas notas ao canto e, no outono, estando os núcleos diminuídos de tamanho, também não há perda de notas. Esses estudos são feitos na Europa e nos EEUU. Não sei até onde esses conceitos poderiam incluir os nossos pássaros, de espécies diferentes dos modelos e sujeitos a situações sazonais diferentes. Mostram que, mesmo diminuindo o número de neurônios e conexões sinápticas durante o período de muda, as células remanescentes ou neoformadas mantêm o padrão qualitativo de canto conseguido pela ave no período de reprodução. **Se puder ser transposto para os nossos pássaros, não perderiam eles a capacidade da emissão de notas do seu canto durante a muda. Poderiam, no máximo, "desaprender" certas notas. De prático vejo dois ensinamentos: a-A importância de se ensinar o canto ao filhote destinados aos torneios, de canto e até de fibra, desde a mais tenra idade. Se não for feito, babau catiribau, como diria a minha avó neologista e b-No período do meio da muda para frente, ou outro período da muda dependendo de estudos, é interessante uma mãozinha dos mestres, ao vivo ou em CDs, pois, apesar de não perder a capacidade de cantar todas as notas que sabia, alguns pássaros poderão "esquecer" algumas. E pássaro não usa macetes mnemônicos, amigos.**

Se a complexidade do canto não sofre o efeito da sazonalidade há aspectos do canto que sofrem. Na primavera, quando o nível de testosterona é alto e os núcleos cerebrais responsáveis pelo canto estão aumentados de volume, os trinados são mais longos, há menores variações tanto na produção dos modelos como no estereótipo (repetição) das notas da canção; no outono, estando a testosterona no nível basal e os núcleos pequenos, os trinados são curtos e tanto os modelos da canção como a estrutura das notas são mais variáveis. Tenho para mim, e ninguém é obrigado concordar, que, na muda, os trinados curtos e a maior variação nas notas da canção seriam como que um treinamento para a ave não perder o modelo de canto que apresentava durante o período de cria. Também acho que nada mais é do que a repetição, com algumas diferenças determinadas pela idade das aves, do período de canção plástica dos filhotes. Se notarem, os chilreios são muito ricos tanto no desenvolvimento da canção como na variedade de notas emitidas, diferentemente do canto maduro caracterizado pela repetição rápida de um menor número de notas, o que, é mais característico dos canários-da-terra. Com as aves para o torneio de canto tem que haver treinamentos intensivos para que elas aumentem os repertórios de notas dos trinados. A repetição freqüente de um bom número de notas diferentes é o clímax perseguido por muitos passarinhos.

Para alguns autores, alterações estruturais no circuito nervoso e da musculatura que controla a emissão dos sons explicariam as alterações sazonais do comprimento dos trinados e da repetição (estereotipia) do modelo da canção e das notas musicais. Para a emissão de trinados rápidos, com repetição rápida das mesmas sílabas, há a exigência da contração/descontração também rápida dos mesmos músculos; como ninguém é de ferro, essa exigência de rapidez de movimentos repetitivos em curto espaço de tempo leva a fadiga dos músculos da siringe e dos

neurônios motores e pré-motores envolvidos no processo. Dentro desse raciocínio, ainda sujeito a discussões, fica claro que, no período de muda, os neurônios mais rarefeitos e de tamanhos menores tornam-se incapazes de produzirem longos trinados sem fadiga importante. Aí talvez esteja a explicação da diferença entre os canários de fibra para estacas de torneios e aqueles que brilham nas badernas das esquinas e das praças de passarinhos. Seringes e nervos diferentes. Torneios de fibra exigem trinados mais malemolentes, no bico mole, não tão incisivos, no pianíssimo, no trololó, mas constantes ao longo do tempo, sem cansar a siringe já predisposta geneticamente para esse tipo de cantar. Bate-papo mineiro de beira de janela. Baderna é de tiro curto, músculos da siringe distendidos ao máximo, canto alto e repetitivo, tenor no dó de peito, intimidante da valentia e cansaço rápido. Falar alto e gritado das bolsas de valores. Mal comparando, um, a constância e a durabilidade do amor e, o outro, a intensidade de curta duração da paixão. **Genéticas diferentes exigindo seleções de criação diferentes.** Preferências? Não sei, mas por temperamento próprio prefiro as badernas ou poeiras.

O ciclo **testosterônico** repete-se anualmente na ave adulta. No Brasil, terminado o período de cria, geralmente entre abril e maio, os níveis sanguíneos do hormônio baixam e o tamanho do HVC diminui, a ave começa a muda, diminui a frequência do canto que entra num período plástico. Conforme vai terminando a muda, período muito variável no Brasil pela sua grande extensão territorial, os níveis de testosterona vão aumentando, recupera-se o tamanho do HVC pela intensificação da neurogênese, a ave vai entrando num período de canção estável algumas vezes com partitura diferente daquela que havia antes da muda, tanto por perda como por ganho de notas. Na maioria das vezes essas variações são imperceptíveis aos ouvidos humanos e mesmo às técnicas sofisticadas. Na primavera há queda do nível de testosterona no sangue, talvez por maior consumo do hormônio para o preparo do pássaro para a reprodução, mas sem interferência no tamanho do HVC ou sobre o canto. É comum em criações com muitos machos disputando território pequeno, uma instabilidade muito grande nos níveis de testosterona no período de muda, o que, determina atrasos ou aumento de tempo desse importante período da vida da ave. Cabe ao criador usar a criatividade para dar aos seus pássaros ambiente calmo para que a muda se processe de maneira tranqüila e obedecendo a fisiologia normal de cada pássaro. Se assim não for, provavelmente estará comprometendo o próximo período de cria e de torneios. Assim, o cômodo que receberá os machos no período de muda deverá ter tamanho adequado ao número de pássaros.

O raciocínio lógico do criador de pássaros é: se os pássaros aprendem a cantar na Natureza imitando o pai e os outros machos adultos do bando, os criados em gaiolas deveriam aprender a cantar imitando algum macho adulto. Até aí, tudo como dantes no quartel de Abrantes, como diria a minha mãe. O como fazer isso é que são elas, havendo alguns manejos diferentes na essência e usados por criadores europeus: 1- Criadores que imitam a Natureza, deixando um macho de ótimo canto junto com os filhotes num gaiolão até que sejam apartados em gaiolas individuais. Interessante que usam um professor que não esteja criando, concordando com alguns criadores de aves nativas brasileiras que afirmam que o macho estando galando piora o canto; 2- Alguns criadores radicalizam no pólo oposto, não usando professores para que os cantos dos filhotes sejam mais espontâneos e manifestem todas as suas marcações genéticas. Selecionam os melhores para o prosseguimento do trabalho. É bom lembrar que, mesmo irmãos de mesma ninhada, com cargas genéticas parecidas, não mostrarão o mesmo canto porque sofrem diferentemente as condições ambientais como luminosidade, interferência de outros sons, temperatura ambiente, alimentação, número de filhotes no gaiolão e, essencialmente, níveis diferentes de testosterona durante o canto plástico. Afinal, não há um indivíduo

totalmente igual a outro. Esse método deve ser usado até a fixação de uma determinada linha sangüínea e, a partir daí, tanto faz usar ou não professor porque as forças genéticas da linha estarão consolidadas. Embora seja de maior risco (diria que investimento em bolsa e não em fundo DI) e mais trabalhoso, acho fascinantes porque permite ao pássaro improvisar mais dentro da partitura, tornando o canto menos repetitivo. Para melhor resultado, os filhotes com bases genéticas parecidas devem ser colocados em gaiolões separados e isolados acusticamente; **3-** Um terceiro grupo de criadores, menos radicais, usam o professor somente no período em que os filhotes ficam nos gaiolões, coincidindo com o período da muda do mestre, ficando o restante do tempo para os filhotes desenvolverem a canção aprendida segundo a genética individual; **4-** Um pequeno grupo de criadores usa colocar vários professores ao mesmo tempo, com canções diversas, num mesmo gaiolão, deixando cada filhote livre para aprender o canto que mais seja sensível geneticamente ou uma mescla deles. Pô, meu, anarquismo no criadouro! E, finalmente, **5-** Criam separadamente alguns filhotes sem professores e, os melhores, apresentando novos floreios ou canções novas com qualidades, são usados como professores para outros filhotes. Seria um sistema misto. Parece que não são muito chegados aos CDs.

Existem muitos estudos, praticamente todos somente experimentais, embora muitos das suas conclusões já sejam do conhecimento prático dos criadores experientes, mostrando alguns achados interessantes: **a-** A excessiva exposição ao som de uma fita ou CD, ou outra forma de emissão de som, leva o pássaro ter uma redução da imitação que pode chegar a quase 35%. A perda é bastante seletiva, havendo sílabas do canto que quase todos os filhotes repetem e outras não são repetidas por nenhum deles. Esse fato já é do conhecimento dos criadores de nativos brasileiros mais estudiosos, os quais, somente colocam a aparelhagem de som usada na aprendizagem do canto para funcionar durante poucos minutos por dia. Alguns trabalhos mostram que o ideal seria a exposição do filhote ao som de aparelhos somente por dois a três minutos diários. Há criadores que usam a gravação do canto que se quer ensinar por 2 a 3 minutos umas três vezes por dia, preenchendo os intervalos com música clássica, som de rádio FM ou de cachoeiras. Acho interessante, pois, 2 a 3 minutos de gravação de canto, mesmo que duas a três vezes por dia, são insuficientes para evitar a atrofia das vias auditivas nervosas e os sons dos intervalos complementarizam as necessidades de estímulos para evitar que isso aconteça. Alguns criadores europeus admitem que, criando-se vários filhotes juntos, eles, aceitando alguns modelos de canto e rechaçando outros, mostram maior riqueza dos sons e canções encontrados nos canários europeus de canto. Para quem busca um padrão mais rígido de canto, não aceitando as improvisações individuais dos pássaros, como acontece com os criadores de nativos brasileiros, esse método é inexecutável; **b-** Se os filhotes somente ouvem cantar um macho adulto, sem ter contato visual ou interagir com ele, a imitação do seu canto será escassa ou mesmo nula. Olhem aí outro achado muito sujeito a controvérsias e discussões que não cabem nos objetivos desse boletim; **c-** Colocando-se um único filhote com o seu pai, ele imitará quase completamente o canto do pai. Pelo contrário, quando são juntados vários filhotes com o pai, há uma interação dos filhotes, cada um atuando como tutor dos irmãos, diminuindo a imitação do canto do pai. E há uma proporção direta: quanto maior o número de filhotes juntos menor o número de sílabas de um canto imitadas e mais curtas as canções. Talvez aí esteja uma das explicações do sucesso alcançado por criadores com o ensino individualizada dos filhotes e **d-** Como acontece com qualquer animal criado sem convivência social, a criação de filhotes em isolamento social no qual não ouvem o canto dos adultos provoca um canto não muito típico, embora com muitos sons de um canto normal. Como disse, são

conclusões experimentais que poderão ser descartadas ou não, no todo ou em parte, pelos futuros estudos. O jogo está aberto, como dizem os crupiês.

Na realidade existem mais dúvidas do que certezas sobre o que é herdado e o que é ambiental nos estudos sobre o comportamento dos canários de canto. O timbre e a altura do som (agudo ou grave) dependem da conformação da siringe, a qual, faz parte do genótipo da ave, portanto, herdada dos pais. A canção, mais rica e floreada ou mais pobre em notas, depende da interação entre o genótipo e o meio ambiente. E aí afloram as divisões entre os criadores: alguns acreditam mais no herdado, desenvolvendo o seu trabalho na seleção rigorosíssima dos pássaros usados na reprodução e outros, acreditando mais no meio ambiente, centram os seus cuidados no ensino do canto dos filhotes usando professores ou CDs. Fico no meio termo: **seleção dos melhores padreadores e manutenção de um ambiente adequado e rico nas qualidades que se quer marcar na criação extraíndo, assim, o máximo do genótipo e do meio ambiente.**

Qualquer criador experiente e observador de pássaros para canto sabe que há aqueles pássaros, fêmeas ou machos, capazes de imprimir à sua progênie qualidades de canto. Também sabem que vários fatores ambientais, como uso de professores, CDs ou DVDs e ambientes acústicos apropriados podem melhorar ou piorar os cantos. **Portanto, é lógico admitir que o canto dos pássaros sofre influências genéticas e ambientais.**

Nos primeiros meses de vida os filhotes escutam e memorizam a canção dos pássaros adultos ou das gravações. É a fase essencialmente **sensorial** do processo, durante a qual é feita uma representação interna da canção (um **molde** ou a **plantilla** dos autores de língua espanhola). O aparelho responsável pelo canto, tendo como base a siringe e os seus músculos e inervações, vai sendo desenvolvido e adaptado durante o período manifestado pelos chilreios ou canto plástico. Com a idade o filhote entra no período **sensoriomotor**, começando a emitir as primeiras notas do canto maduro. Aos poucos ele vai encaixando as notas aprendidas no molde até completar a seqüência do canto. E vai "treinando" os sistemas neuromusculares para a execução do mesmo. Conforme vão sendo colocadas as sílabas do canto no molde, o cérebro do filhote vai comparando o que já foi feito com o canto do professor ou do CD. Tanto a fase sensorial como a sensoriomotor dependem da audição para o reconhecimento e o aprendizado da canção e as suas modificações dirigidas. O período mais sensível para o filhote aprender a canção, ou seja, formar e preencher o seu molde, estaria entre o primeiro e o segundo meses de vida, período no qual, além da **testosterona**, outro hormônio, o **estradiol**, está num pico elevado. Aos oito meses de idade, em média, quando o filhote inicia a praticar o canto, o nível de testosterona permanece alto, mas o do estradiol cai.

Estudos com algumas espécies de pássaros mostram que aprendem o canto entre os 20 e os 200 primeiros dias de vida e começam a sedimentá-lo por volta dos 300 dias de vida. Durante a aquisição do canto os níveis de testosterona e de estradiol aumentam, os do segundo até mais do que os do primeiro; por volta dos 200 dias de vida os níveis de estradiol caem e, em torno dos 250 dias de vida, coincidindo com aumento dos níveis de testosterona, o canto está sedimentado.

Para o desenvolvimento do canto dos pássaros é necessária a participação de uma série de estímulos para o bom funcionamento dos dotes físicos que o pássaro possui. Vários desses estímulos foram vistos em outras partes do boletim e gostaria somente de me ater a convivência de vários indivíduos (filhotes) num mesmo território ou voadeira (viveiro), como nos bandos da natureza. A convivência comunitária permite: 1- Vínculos de relações sociais; 2- Estabelecimento da rivalidade na hora da alimentação e na ocupação de determinados poleiros

ou dorminhocos. Assim é criada uma escala de hierarquia e aflora o instinto de territorialidade fundamental para o significado do canto e 3- Ativação do processo hormonal essencial para a evolução do canto.

Recentemente foi proposto duplo mecanismo de memorização dos cantos: 1- Memorização baseada na expressão motora do canto, isso é, a **memorização através do ensaio e desenvolvimento vocal** e que é manifestada pela canção plástica ou repasso e 2- **Armazenamento, na memória, dos cantos escutados**. Esses dois mecanismos se inter-relacionam, o que pode ser comprovado pelo fato de um pássaro privado da audição, portanto impossibilitado de ouvir suas próprias vocalizações, ser incapaz de desenvolver canto normal.

#### **Qualidades do som:**

1- **Timbre**. *Mús. Timbre Qualidade distintiva de sons da mesma altura e intensidade, e que resulta da quantidade maior ou menor dos harmônicos coexistentes com o som fundamental.* (Aurélio). Portanto, é determinado pela superposição harmônica de sons secundários ao som principal. É o timbre que dá a cor vocal, a capacidade de cada pássaro cantar diferentemente daqueles de outras espécies e até da mesma espécie, o que, nem sempre, é distinguido pelos ouvidos humanos. Quase impossível achar um pássaro que cante exatamente como outro, pois, embora as notas emitidas possam ser as mesmas, com certeza o timbre será diferente. O timbre depende da forma das estruturas palatinas, da amplitude total e forma de abertura do laringe, da posição e forma do bico, etc.

Ao vibrarem as membranas da siringe produzem os sons das consoantes que se superpõem à vibração geral do ar ao ser expulso e que produz os sons das vogais. A qualidade e a musicalidade do canto dependem do equilíbrio entre os sons das vogais e das consoantes. As cantadas mais duras e pouco melodiosas são devidas às marcações mais intensas das consoantes. Da siringe o som passa pela traquéia e as variações do comprimento desse trajeto determinam as escalas descendentes, ascendentes e as modulações. A cavidade bucofaringea e as fossas nasais, últimos obstáculos a serem vencidos pelo som, são órgãos ressonantes e ajudam no colorido do mesmo; 2- **Intensidade (força vocal)**. Depende da quantidade de ar que o pássaro é capaz de acumular nos pulmões e sacos aéreos e da potência com que ele é expelido. Assim, quanto maior a capacidade torácica, por consequência dos pulmões e sacos aéreos, e maior a potência dos músculos envolvidos, maior será a potência e o volume das cantadas. Não confundir essa potência canora com a maior estridência. Aqui tornam-se mais claras as necessidades de uma ancestralidade genética qualitativa e os treinamentos físicos adequados para que o pássaro possa exercer na plenitude e qualidade do canto e 3- **Tom**. Como nos humanos, os sons emitidos pelos pássaros podem ser divididos em **agudos (tenor)**, **médios (barítono)** e **graves (baixo)**. Na criação dos Serinus para canto essas gradações podem ser vistas claramente com os timbrados (agudos), malinois(médios) e rollers (graves). A tonalidade depende fundamentalmente da frequência de vibrações das membranas da siringe. Podem tornar o **som mais agudo** (alto) o encurtamento da traquéia, os anéis cartilagosos traqueais mais rígidos, o encurtamento e a maior rigidez do músculo e das cordas broncotraqueais provocando a maior tensão das membranas timpânicas e impedindo o alongamento traqueal, a maior tensão das membranas da siringe, o laringe totalmente aberto, os sacos aéreos de menores capacidades, o bico aberto, a maior pressão exercida pelos órgãos insufladores do ar, a diminuição do diâmetro dos brônquios e a ação dos hormônios aceleradores do canto. O ritmo e a velocidade do canto podem acelerar devido a determinados estímulos nervosos e hormonais dependentes da raça, do temperamento e do estágio em que o pássaro se encontra em relação ao período reprodutivo. Como a luminosidade é o maior estímulo para a produção dos hormônios

aceleradores do canto, os pássaros mantidos em boa luminosidade apresentarão cantadas mais altas ou agudas e, pelo contrário, os mantidos na penumbra tenderão a cantar mais grave. Pode ser visto com os filhotes que se deliciam nos chilreios agudos quando colocados ao sol da manhã. Os **tons mais baixos** são conseguidos quando o músculo e as cordas broncotraqueais são flexíveis e longas, a traquéia é longa e as cartilagens não são rígidas, os lábios da siringe estão semi-abertos, sacos aéreos amplos permitindo a vibração do ar no seu interior, o esôfago está dilatado pela pressão tornando-se uma caixa auxiliar de ressonância, o bico cerrado ou semi-aberto, membranas siringeas grandes e pouco tensas e brônquios com diâmetros aumentados. Respeitando-se as características diferenciais regionais, os sons de grande musicalidade emitidos pelos pássaros possuem intensidade, timbre e tonalidade característicos para cada espécie e, dentro das espécies, para cada pássaro individualmente. Sempre lembrando a importância da condução dos sons pelo ar e a interferência do meio ambiente na sua transmissão podendo provocar reflexões, reverberações ou refrações. Portanto, os pássaros podem emitir os seus cantos em tonalidades graves ou agudas e em intensidades mais altas ou baixas. O que adjectiva a qualidade de canto realmente é o timbre, o colorido do canto. É o diferencial dos grandes cantores. Dois pássaros podem emitir as mesmas notas no canto e nas mesmas tonalidades e alturas, mas um se diferenciará do outro pela maneira como são emitidas, como, por exemplo, flauteadas, aquosas, aveludadas, metálicas, doces, etc.

#### **Considerações finais.**

Por sua enorme extensão territorial tropical o Brasil é um dos maiores países do mundo em biodiversidade. E, logicamente, apresenta grandes variações ecológicas que exigem das diversas espécies de animais variados processos adaptativos.

Aqui, muito mais do que na grande maioria das regiões do planeta, os **meios de comunicação sonoros, visuais e químicos** adquiriram uma rica variedade e se adequaram às necessidades específicas de trocas de informações e às diferentes propagações ditadas pelos meios em que vivem as espécies. Como quem não se comunica se trumbica, e também não se reproduz para manter a espécie, esses meios comunicativos têm uma eficiência que aguça os sentidos dos pesquisadores.

Assim, desde o forte e característico odor do gambá, comunicando que ele está no pedaço, passando pelas belas penas eriçadas de certas aves mostrando à companheira que está a fim de romance, até os belos cantares dos canários-da-terra, dos bicudos e dos curiós e o já mais elaborado falar dos humanos a Natureza usa de todas as armas para preservar as espécies necessárias para o equilíbrio ecológico da Terra.

Apesar de uma boa parte dos vertebrados, entre eles os humanos, se comunicarem usando sinais visuais e sonoros, a grande maioria das espécies de aves e anfíbios se comunica predominantemente pelas ondas sonoras, o mesmo ocorrendo com cetáceos ou quirópteros com vida aquática ou noturna que dificultam a visualização. Na bucha para não alongar conversa: embora sejam vertebrados diferentes, mamíferos, aves e anfíbios se comunicam essencialmente pelos sons. Nunca esquecer os mamíferos que, por seu olfato muito aguçado, se comunicam por sinais sonoros, visuais e olfativos. E o nosso querido e imprescindível urubu que, por não ter siringe, tem que apelar para o olfato e a visão para conseguir o pão dele de cada dia.

Claro está que existe um grande número de espécies animais que dependem dos sinais sonoros para as suas comunicações, cada uma mantendo uma estrutura funcional muito específica capaz

de emitir sons responsáveis pelo reconhecimento **espécie-específico (filogenético)**. E essas estruturas sonoras, determinadas geneticamente, produzem sons estereotipados de maneira tal que o indivíduo que sai do padrão é sumariamente eliminado. Aí está uma das explicações para que o canto de determinadas espécies, mesmo tendo bandos vivendo a distâncias entre elas que não permitem comunicações, mantém um padrão fixo das cantadas somente com variações sutis determinadas pelas diferenças ecológicas. O canário-da-terra da região de Alfenas estala basicamente como os goianos, mas há sutilezas diferenciais, algumas delas não audíveis pelos humanos.

Amigos, as diferenças que tanto procuramos nos nossos pássaros cantores, a flexibilidade individual que permite nos extasiar, devem também ser procuradas na aprendizagem, pois, aqui, entram as particularidades de **desenvolvimento individual (ontogênese)**. Além é claro do homem, outros mamíferos como os morcegos, os primatas, as baleias e os golfinhos são capazes do aprendizado de sinais sonoros para a comunicação. A **aprendizagem** pelas aves tem sido muito estudada em psitacídeos, nos pássaros canoros e, surpreendentemente, nos beija-flores. Como todo processo é evolutivo, fica, pelo menos explicado, os mais variados dialetos encontrados entre os nossos nativos cantores. Como todo criador de curiós ou bicudos sabe o canto é uma frase com vários módulos bem definidos por onomatopéias ou nomes como alteada ou samarítá. Teriam esses módulos da frase do canto significados biológicos diferentes? É um dos X da questão que está sendo exaustivamente estudado. Outro aspecto que chama a atenção e entusiasmo é o fato do reconhecimento espécie-específico poder ser determinado pela frequência ou pela repetição dos sons.

Então ficamos nisso. **O modelo genético de canto da espécie é estereotipado**. Como o canto é formado por módulos ou blocos, por mais simples que ele seja há n possibilidades de alterações para caracterizar o canto muito próprio de cada indivíduo. Isso é constatado por qualquer criador observador que sabe não ter entre os seus pássaros da mesma espécie um que cante igualzinho o outro. Entre alguns essas diferenças são facilmente identificadas, mas, entre outros, elas são muito tênues e somente os bons e treinados ouvidos conseguem perceber. Mas elas existem.

Para a Natureza, sempre procurando os seus objetivos com o menor gasto de energia possível, essas particularidades muito individuais do canto são a glória. Na manutenção do território, objetivo máximo do canto, o pássaro logo sabe quem são os seus vizinhos de todos os lados e não fica gastando energia duelando com eles a toda a hora. Política da boa vizinhança, amigos: eu já os conheço, sei das dimensões e localizações das suas áreas e não vou ficar me aporrinhando à toa.

**Qual seria a área compreendida por um território a ser defendido por determinado pássaro?** Claro que essa área será determinada levando-se em conta vários fatores: espécie do pássaro, tamanho da área total a ser dividida, quantidade de casais a serem formados para a reprodução, quantidade de alimentos existentes na região, topografia da área a ser dividida em territórios, etc. Presume-se, na média, que uma área territorial gire em torno de um círculo com 100 metros de diâmetro, podendo ser maior ou menor dependendo dos fatores citados anteriormente. Nas gaiolas ou viveiros essa área é bem menor e mais claramente delimitada pelas grades ou paredes. Deixando de lado muitas teorias que nos levariam a um papo sem fim, fico no chamado **ponto de fibra** definido pelo Gilson Barbosa, da Bahia. Cada pássaro teria uma distância X, limite máximo de território, na qual ele canta em disputa com um rival. Diminuída essa distância, portanto o ponto de fibra, ele deixa de cantar. Quanto menor esse ponto de fibra, maior a possibilidade do pássaro ter sucesso nas estacas de fibra. Aí, amigos,

entra mais uma vez a importância do binômio genética/manejo. É interessante ver os diversos métodos usados pelos passarinhos para que o pássaro cante bem no ponto de fibra determinado pela distância entre as gaiolas nos torneios. Daria um tratado etológico.

De prático um sistema de comunicação espécie-específico estereotipado, desenvolvido a partir das necessidades de comunicação grupais da espécie, da sua organização social e dependente dos meios de propagação dos sons. Essa capacidade de comunicação estereotipada é a mais simples possível e tem como uma das características ser quase imutável através das gerações. Em cima desse canto espécie-específico bem fixo, surgem características regionais (dialetos) e mesmo individuais capazes de permitir identificações regionais, populacionais e mesmo individuais. É o aprendizado agindo sobre uma base de canto estereotipado característico de cada espécie.

#### **Características fenotípicas importantes para o canto**

Os órgãos principais responsáveis pelo canto exigem características fenotípicas adequadas para que possam exprimir todo o seu potencial e determinismo genético. O pássaro deve ter uma **cabeça forte**, de tamanho adequado, sem ser muito pequena ou grande e tosca, a qual, permite o desenvolvimento de bico e boca de tamanhos adequados para a modulação do canto. Uma **caixa torácica de bom tamanho** permite a acomodação e o desenvolvimento adequados dos órgãos responsáveis pelo canto (pulmões, sacos aéreos, siringe, etc); pássaros com caixas torácicas minguadas, abaixo de um mínimo exigível na espécie, dificilmente serão bons cantores ou, pelo menos, não expressarão a plenitude do seu potencial genético. O bom **desenvolvimento muscular e nervoso** também é essencial para o pleno funcionamento dos órgãos respiratórios responsáveis pelo canto.

Para que o pássaro desenvolva todas as qualidades do canto da espécie há que serem levados em conta uma série de requisitos: **1- Qualidade da herança genética**. Para o sucesso da criação esse deve ser um fator inquestionável e buscado incessantemente; **2- Exercícios físicos** são essenciais para o desenvolvimento da musculatura dos órgãos responsáveis pelo canto. Os pulmões, e nos pássaros secundariamente também os sacos aéreos, exercem funções importantes, sendo a principal as trocas gasosas nas quais o oxigênio é captado e o gás carbônico eliminado; além disso, exercem funções ditas não respiratórias como o metabolismo pulmonar, sede de comandos nervosos reflexos, emunctório de substâncias voláteis, ponte de ligação entre o ventrículo direito e a aurícula esquerda, reservatório sangüíneo para o ventrículo esquerdo, atuação na defecação e na postura, filtro de proteção para a circulação geral, regulação térmica permitindo a entrada de ar frio e eliminação de ar quente e age como fole para, na expulsão do ar através da siringe, produzir som (no humano os pulmões são os grandes alimentadores da voz, do riso e do canto). Além dos músculos específicos da siringe, há músculos importantes para a inspiração do ar ambiente como o diafragma e os intercostais externos. Na expiração, que em condições normais é processo quase que passivo, durante os exercícios atuam os músculos abdominais. A capacidade ventilatória dos pulmões e sacos aéreos pode ser ampliada, conseqüentemente melhorando a capacidade de cantar, através dos exercícios adequados; **3- Aproveitamento do fotoperiodismo**. Todo o criador conhece a predisposição dos filhotes aumentarem os chilreios quando expostos ao sol da manhã. E esse treinamento é essencial para a adequação do funcionamento dos órgãos respiratórios à produção dos cantos, assim como para o melhor desenvolvimento neuromuscular; **4- Alimentação adequada** é basal para todo o desenvolvimento do processo. Desnutrição gera mais doenças debilitantes, mau desenvolvimento neuromuscular, menor capacidade funcional pulmonar e o potencial genético adequado para o canto jamais atingirá a plenitude; **5- Bom**

**desenvolvimento dos órgãos auditivos.** Sem ouvir bem, amigo passarinho, jamais o pássaro será um bom cantor. Aqui, gostaria de condenar a prática do uso abusivo de medicamentos ototóxicos, como os antibióticos aminoglicosídeos. Aliás, poucas vezes vi, se alguma vez vi nesses quarenta anos de prática de consultório de pediatria, criação de cães e pássaros, classe para gostar tanto de usar medicamentos como os passarinhos. Parece até que têm ações dos laboratórios produtores dos mesmos e **6- Outros itens de higiene**, tanto física como mental, envolvendo cuidados com as instalações, com os utensílios e com o pessoal. Se acha que pode criar pássaros de qualidade em ambientes infectos seria melhor pensar em outra atividade mais compatível.

**Amigos passarinhos, como já foi dito muitas vezes, o sucesso depende da seleção genética do plantel em relação ao canto eleito pelo criador e técnicas de manejo adequadas para cada pássaro mostrar, além do que herdou, as suas habilidades para qualificar o seu canto através da aprendizagem e/ou imitação. Como são duas variáveis da criação, seleção genética e métodos adequados de ensino, dependentes do criador, jamais se deve por a culpa dos insucessos nos pássaros.**