

## CONSIDERAÇÕES e PROJETO

A presente versão revista do texto inicial de “Nós e os Nós da Noz” está tendo origem em dois fatos.

O primeiro, como nos chamou a atenção um amigo, é que, “na presente ‘Era do Whatsapp’, qualquer texto com mais de 50 páginas vira Bíblia e assim, só será lido com certeza por Cardeais candidatos a Papa...”. Quero assegurar-lhes que me esforcei bastante e até consegui compactar e rever o conteúdo de algumas partes do texto, mas no final, continuou “bíblico”. Será então um texto para quem ainda tem uma competência “pré-whatsappica” pela leitura e tem real motivação pelo tema. Acho que o Planeta agradece!

O segundo fato foi o contato que fui tendo, enquanto montava a versão original, com uma assustadora/apavorante realidade, do estrago ambiental que a nossa espécie, no curtíssimo tempo de sua existência no planeta, já conseguiu fazer. E da previsível “evolução” desse desastre na direção de uma Sexta Extinção Global.

Este fato, obrigatoriamente, mudou o enfoque do texto original, o qual, se lido criticamente, ainda foi o de um ex-professor de Neurofisiologia, motivado por mostrar aos seus alunos da área da saúde, a maravilha biológica que é o nosso Sistema Nervoso. Sistema esse que, apesar de “algumas imperfeições ou até falhas”, ainda parecia nos possibilitar uma percepção muito eficiente do nosso ambiente interno e externo e também um conjunto de respostas “fantasticamente bem adaptadas a eles”.

Efetivamente, o que nos cabe mostrar e enfatizar é que o processo de Evolução de qualquer grupo de seres vivos, não é o do aperfeiçoamento de uma interação cada vez mais harmoniosa com o meio ambiente, mas sim, o do desenvolvimento crescente de uma linha de características biológicas que lhes permitem, no momento, uma autoafirmação mais eficiente; ainda que mais adiante essas características levem o grupo ao desastre, principalmente se ocorrerem alterações neste meio ambiente. (Os dinossauros que o digam...)

E esta propriedade provavelmente se aplica também ao cérebro dos mamíferos e principalmente o dos primatas, por mais que admiremos as suas inegáveis “maravilhas”!

Manteremos assim no texto a sua estrutura original, começando, obviamente, com os Agradecimentos e seguindo com a divisão em seis partes, que se iniciam com o nosso surgimento dentro do processo geral de Evolução Biológica (“Nós”); seguindo com o gradativo e contínuo crescimento e complexificação do cérebro (“A Noz”); o conseqüente surgimento de dificuldades funcionais (“Os Nós da Noz”); a interrelação entre essas dificuldades e o modelo cultural dentro do qual crescemos e vivemos (“Nós e os Nós da Noz”); as possibilidades que temos de, propondo um **novo** modelo cultural, eliminar essas dificuldades; e, particularmente, o relevante papel que pode caber à Biodanza nesse sentido (“Desatando os Nós”); e a enorme urgência que existe em implementarmos essa radical alteração do modelo cultural, e assim, da nossa interação com o mundo (“Nós e a Noz sem Nós”), ou, infelizmente, a sua “Evolução complementar” (“Os Nós sem Nós”).



## PRÓLOGO

Para nos “inspirar” nessa missão que nos cabe (antes que, num futuro próximo, algum jovem nos aponte o dedo para o nariz, com o questionamento de “por que, quando talvez ainda havia tempo, vocês se esconderam dentro de um imobilismo incrédulo e não fizeram nada ?!”) vou lhes apresentar a tradução de um vídeo curto “*Climate change is simple*” (17.43min), no qual David Roberts nos coloca diante de previsíveis desastres ambientais, trazidos, a curto prazo, pelo crescente Aquecimento Global.

Antecipando já, para os ainda incrédulos (alem de outro vídeo curto no final do capítulo 1), um conjunto de vídeos mais longos e fartamente documentados, cuja apresentação deixo para o final (oxalá não epitáfico...) do texto, com a sua respectiva tradução. Havendo interesse é só antecipar a leitura das traduções ou a referência aos vídeos no epílogo da sexta parte (“Os Nós sem Nós”).

### CONFERÊNCIA TEDx – David Roberts “Climate Change is Simple” (17:43 min.)

<https://www.youtube.com/watch?v=A7ktYbVwr90>

- 0:11 – Esta palestra se iniciou a partir de uma conversa por *twitter*.
- 0:20 – Um proeminente senador levantou a questão “ *‘Alterações Climáticas’ não parece ser um tema tão complexo. Qual a razão de tantas pessoas evitarem estar falando disso?’*”
- 0:35 – E um outro também proeminente político interveio e disse “*De minha parte a razão pela qual eu não falo “sobre este tema é que ele me parece realmente complicado; eu não me sinto qualificado e sair por aí e dizer coisas publicamente.”*”
- 0:53 – Qualquer pessoa que tenha simplesmente mencionado “alterações climáticas” na televisão ou na internet entenderá porque esta pessoa pensa do modo que pensa.
- 1:05 -Toda vez que você menciona esse tema as hordas cétricas despencam trazendo temas complicados como as Eras Glaciais Medievais, as Manchas Solares, o Vapor d’Água. E, vocês sabem, há uma porção de mitos sobre Alterações Climáticas criadas por esses Céticos Climáticos.
- 1:24 - Mas para derrubar esses mitos você tem que se dedicar, procurar informações, aprofundar-se e ler, para estar apto a responder-lhes em detalhes. E muitas pessoas acham essa perspectiva fatigante.
- 1:37 – E isso, evidentemente, me enraivece.
- 1:44 - Então eu (David) entrei na discussão no *twitter*, afirmando que Alterações Climáticas nem é um tema tão complexo e que eu poderia explicar tudo em quinze minutos. Que isso então sirva de lição a todos nós para não nos gabarmos de saber falar de modo simples sobre algo complexo. Então vamos ao trabalho, iniciando os meus quinze minutos com uma pergunta:
- 2:16 – “Por que a Terra não é uma rocha fria e morta no Espaço?”
- 2:23 – E a razão é que ela está envolvida por uma fina, fina camada de gases e substâncias químicas que nós chamamos Atmosfera. E assim, em vez de a energia do Sol nem chegar a aquecer o planeta por ser logo refletida de volta para o espaço, ela fica presa próximo à superfície da

Terra durante um certo tempo, para só então ser radiada de volta. E este processo simples é o porque de nós termos evaporação, precipitação, fotossíntese e Vida no planeta.

- 2:53 – Cientistas descobriram há mais de um século que a Atmosfera e os Sistemas na Terra estão nessa relação dinâmica. E assim, você pode alterar a composição química da Atmosfera e segurar a energia solar por um período mais longo. A energia certamente tem que escapar, mas entretantes ela vai causar alterações nestes sistemas biofísicos da Terra.
- 3:17 – Você ouve pessoas dizendo: *“Mas o clima sempre se alterou”*
- 3:25 – É verdade, ele sempre se alterou. Essa relação entre a Atmosfera e esses Sistemas passa por ciclos. Mas esses ciclos tem levado centenas de milhares de anos, milhões de anos.
- 3:34 – A questão chave a entender primeiro é:
- 3:38 – SLIDE: “ Nos últimos 10.000 anos, o clima na Terra tem permanecido relativamente estável, com flutuações de +/- 1° C”. (Explicações sobre o slide).
- 4:08 – Tudo o que sabemos, tudo o que construímos tem ocorrido nesse período de relativa estabilidade climática.
- 4:18 – E o que nós acabamos fazendo ao longo destas últimas centenas de anos é escavarmos carvão da terra e jogá-lo para a atmosfera e com isso alterar a composição química dela, do mesmo modo que já ocorreu no passado, só que de uma maneira muito, muito, muito mais rápida. Em termos de tempos geológicos, “num piscar de olhos”.
- 4:36 – Nós estamos alterando substancialmente a composição química do ar e o que tem preocupado todos os cientistas é “o que a Terra fará em resposta a isso”. E nós já vimos que o processo está ocorrendo.
- 4:52 – SLIDE: “Observamos um aquecimento de 0.8°C desde o início da Era Industrial” (antes de extrairmos todo esse carvão).
- 5:08 – E isso não parece ser muito, por ser menos de 1°C, mas a coisa para saber a respeito é que esses gases de Efeito Estufa, que nós jogamos para cima, permanecem na atmosfera por um tempo bastante longo. Há um intervalo de tempo bastante longo envolvido aqui.
- 5:22 – A alteração de temperatura que estamos medindo até aqui é a resposta do aquecimento que produzimos há 50 ou até há 100 anos atrás. E o que ocorrer na primeira metade deste século será a resposta ao que fizemos nos 50 anos passados. E o que virmos na última metade deste século será a resposta às decisões que estamos tomando hoje.
- 5:41 – Então a questão é: a temperatura está se elevando mas o quanto ela precisa se elevar até começarmos, de fato a nos preocupar, até estarmos em perigo, até estarmos no meio de coisas perigosas começando a acontecer?
- 5:51 – A resposta típica a esta questão é essa preocupação começar em 2°C.
- 5:57- Todas as pessoas que seguiram discussões sobre Aquecimento Global já devem ter percebido  
SLIDE: “O limiar do perigo é 2°C”
- 6:03 – É com este aumento que a maioria dos climatologistas estrutura os seus modelos.
- 6:13 – Mas, o que deve ou não ser considerado perigoso é mais uma questão política do que científica, pois a própria escolha deste valor foi uma decisão política entre “negociadores de clima” europeus há uns 10 anos atrás. E, a partir disso basicamente todos os países concordaram com esse valor como algo que querem evitar.
- 6:49 – SLIDE: “2°C é certamente alto demais para ser seguro e muito baixo para ser possível”

- 7:00 - As notícias ruins quanto a esse valor de 2°C são de dois aspectos: primeiro, que todos os eventos que os dados científicos previram ocorrer a partir de 2°C de aumento, já começaram a ocorrer bem mais cedo.
- 7:13 – O ambiente é mais sensível a estes gases de Efeito Estufa do que nós pensávamos. Então, se estes eram os impactos com os quais estávamos preocupados, o limiar efetivo deveria ser 1.5°C.
- 7:29 – James Hansen um dos climatólogos mais famosos é quem definiu este limite, e já há um consenso crescente de que 2°C é um valor perigosamente alto. E isto é mal, porque quase certamente iremos ultrapassar os 2°C.
- 7:51 – Há um estudo recente demonstrando que, mesmo se parássemos a emissão de gases de Efeito Estufa amanhã, ainda assim passaríamos dos **3°C neste século**, apenas pela inércia das liberações já ocorridas. Mas, mesmo uma tal redução das emissões implicaria num nível de cooperação e coordenação política mundial que em lugar algum se evidencia.
- 8:17 – Assim, enquanto a maioria dos cientistas não divulga esses fatos para não deprimir vocês, eu que sou apenas um blogger não tenho essa preocupação.
- 8:24 – **2°C está provavelmente “fora da jogada”.**
- 8:28 – E a pergunta que então se coloca é “o que acontecerá se a temperatura for além desse limite?” Por exemplo, se o aquecimento for de 4°C. Infelizmente não tem havido muita atenção dos cientistas para essa questão, porque, honestamente, os climatólogos achavam que nós não iríamos fazer isso a nós. **MAS NÓS ESTAMOS FAZENDO.**
- 8:50 – Em 2009, diversos climatologistas e grupos de pesquisa na Inglaterra se reuniram e, pela primeira vez analisaram os dados disponíveis e avaliaram como as coisas ficariam com um aquecimento de 4°C.
- 9:05 – Há um monte de trabalhos, um conjunto de equações e um monte de declarações difíceis de entender. Para ficar mais fácil de entender eu parafraseei este conjunto aqui para vocês:  
SLIDE: “4°C – Inferno na Terra”  
SLIDE: “4°C em torno do ano 2100:  
# a temperatura mais alta em 30 milhões de anos;  
# o nível do mar se elevando de 3 a 6 pés (1 a 2 metros);  
# secas em 40% das terras habitadas;  
# centenas de milhões de refugiados;  
# metade de todas as espécies conhecidas estariam extintas;  
# segundo o Prof. Kevin Anderson: “um futuro de 4°C de aquecimento é incompatível com uma comunidade global organizada”.
- 9:25 – (David descreve os dados do slide, detalhando o desastre) e completa com a afirmação: “A informação final ruim...(e se interrompe) “Não, ainda haverá outras notícias ruins”.
- 10:43 – SLIDE: “**6°C** para onde estamos nos encaminhando (em torno de 2100 de acordo com a International Energy Agency)”. David complementa: “Este é o nosso destino se continuarmos com ‘Business as usual’”.
- 11:10 – Assim, se 4°C é o Inferno na Terra eu deixo a imaginação de vocês preencher as lacunas em relação a um aquecimento de 6°C. Mas um perigo que surge com um aumento de

temperatura desse valor é a possibilidade de que a alteração climática se torne IRREVERSÍVEL.

- 11:30 – SLIDE: “6°C – Ameaça existencial: a alteração climática se torna irreversível”
- 11:33 - Eu acho que, tipicamente, quando se fala em Aquecimento Global, as pessoas pensam “Oh, a temperatura irá se elevar um tanto, as circunstâncias vão se alterar; alguns lugares vão se tornar mais quentes, outros ficarão mais úmidos; nós nos ajustaremos, ou migraremos para uma outra cidade, ou para outro estado; nós nos re-estabeleceremos e continuaremos a vida”.
- 11:51 – A questão realmente perigosa são os diversos assim ditos sistemas de retroalimentação positiva que existem na Terra.
- 11:59 - Por exemplo, na Sibéria existe o ‘*permafrost*’ que contém uma grande quantidade de metano e, à medida em que o permafrost degela ele libera esse metano. O metano então causa mais aquecimento que derrete mais gelo, que libera mais metano... E isso é um processo que se auto-sustenta.
- 12:15 – Ou então que o gelo flutuante derrete. Gelo é branco e brilhante. Reflete a luz solar. Quando o gelo derrete a superfície do mar se torna azul-escura e absorve mais energia, a qual aquece o oceano que derrete mais gelo criando mais superfícies escuras.
- 12:30 - Vocês veem, há uma quantidade de tais sistemas que são auto-perpetuantes. E o perigo, o grande perigo da alteração climática, que supera todos os outros perigos mais específicos, é que estes sistemas de retro-alimentação positiva, adquirirão um impulso por si próprios que se tornará imparável. E as pessoas perderão qualquer habilidade de controlá-los, mesmo se pararmos todas as nossas emissões (de gases estufa).
- 12:54 – Aconteceria isso com 2°C? Provavelmente não, embora haja uma grande debate sobre isso  
*OBS W: De fato, agora (em 2015) com apenas 1°C de Aquecimento já está ocorrendo o derretimento intenso do gelo no Ártico e a liberação substancial de metano do permafrost siberiano.*
- 13:03 – Acontecerá com 4°C? Evidentemente há uma possibilidade bem maior.
- 13:10 – Acontecerá a 6°C? Quase certamente!
- 13:13 – SLIDE: “6°C – Para onde estamos nos dirigindo em 2300.
- 13: 19 – No presente caminho, o Aquecimento Global provavelmente assumirá um curso próprio. Espiralará fora de controle e, de acordo com um trabalho recente, em 2300 teremos um aumento de temperatura de 12°C.
- 13:40 – Se isso acontecer, mais de metade das terras do globo estarão quentes demais para permitir a sobrevivência. E, quando eu digo “quente demais para sobreviver” eu não quero dizer que será difícil plantar feijões ou que as contas de ar condicionado serão inconvenientemente altas. Eu quero dizer que, se você sair para fora, você morrerá de hipertermia. Literalmente quentes demais para que seres humanos possam sair para fora.
- 14:13 – Então a dúvida é, se ainda haverá civilização humana sob essas circunstâncias? Quem sabe. Pode ser que vivam em cavernas subterrâneas de clima controlado; talvez possamos cultivar alimentos em tubos de ensaio. Mas isso não pareceria nada com a Terra assim como a conhecemos hoje. Pareceria mais com colônias lunares. Certamente não haverá humanos suficientes para a sobrevivência da civilização.

- 14:45 – Assim, quando eu digo que Alteração Climática é simples eu sei que estou enganando vocês. Vocês nem estão habituados a pensar em °C.
- 14:55 – SLIDE (todas as informações térmicas transformadas em °F)
- 15:05 – SLIDE escrito: “NOSSO PRESENTE CURSO LEVA À CATÁSTROFE CERTA”  
Há muitas discussões complexas sobre o que fazer a respeito do Aquecimento, quais condutas serão melhores, baseadas em análises de custo-benefício. Há complexidade mais do que complexa, mesmo para vocês que gostam de complexidade. Mas nós agora sabemos com bastante segurança que “SE CONTINUARMOS A FAZER O QUE ESTAMOS FAZENDO, NÓS VAMOS ENFRENTAR UMA CATÁSTROFE INIMAGINAÁVEL”. Esta é a mensagem central, o “adesivo de para-choque”.
- 15:45 - E a alternativa tipo “eu não quero falar sobre isso pois não conheço as saídas” é como ter dito “eu não vou pegar em armas para enfrentar as tropas de Hitler pois eu não sei qual é a ingestão calórica média de um soldado alemão”. Você não precisa responder a esta questão quando o exército (inimigo) está em marcha.
- 16:03 - SE CONTINUARMOS FAZENDO O QUE ESTAMOS FAZENDO NÓS ESTAMOS **FERRADOS**.
- 16:06 – SLIDE “Nossa presente trajetória nos leva à **catástrofe certa**”.
- 16:13 – SLIDE “Para estabilizar a temperatura, as emissões (de gases estufa) tem que atingir um **pico** dentro de 5 a 10 anos e diminuir rapidamente a cada ano seguinte”.
- 16:34 – Cada ano em que não iniciarmos isto, nós adicionaremos (de acordo com a Agencia Internacional de Energia) 500 bilhões de dólares de investimentos futuros.
- 16:43 – Vocês e eu olhamos em torno e percebemos que ações coordenadas de amplo alcance não estão presentes nas agendas dos políticos atuais, nem estão muito plausíveis no futuro. Na realidade, parece impossível que algo assim aconteça.
- 17:20 – É assim que nós estamos: **Emperrados entre o impossível e o inimaginável**. Então, pelo resto de suas vidas, para todos que estão aqui, **sua missão será tornar o impossível, possível**. OBRIGADO.

*OBS W: Uma enorme dificuldade que transparece, mas não é explicitada nesta mini-palestra é o COMO poderia ser feita esta “estabilização e redução drástica da emissão de gases estufa”. Fala-se sempre em “decisões políticas”, “leis restritivas”, mas isto bate de frente com os interesses econômicos das grandes empresas que não querem ver reduções nos seus ganhos. Eu entendo como fundamental, como base para esta “nova realidade”, uma alteração profunda do Modelo Cultural (competitivo-racional-mecanicista) que ainda rege a nossa sociedade e que acaba definindo a visão dos políticos eleitos e as leis ou “mandatos comerciáveis”. O caminho que vejo é assim o de prestigiar e incentivar processos que tendam a levar a uma tal alteração cultural.*





## Cap. 1-NÓS

A Paleontologia, ciência que dá vida aos mortos, embora lide com fatos que ocorreram há milênios, paradoxalmente, é um campo do saber ainda novo.

É bem verdade que no Oriente, já houve sábios – como, por exemplo, Ibn Sina (Avicena) na Arábia (981-1073) ou Shen Kuo, na China (1031-1095) – que, nos seus tratados do século XI abordaram a provável ocorrência de transformações gradativas da Terra. Mas, no Ocidente, isto só ocorreu bem mais recentemente.

Ao contrário do que aconteceu com as ditas “ciências exatas”, as quais já começaram a ser valorizadas no início da Era Moderna (e serviram até de marco de término da Idade Média), a Paleontologia só passou verdadeiramente a ser encarada como ciência, a partir de meados do século XIX. E o marco divisório foi a publicação do livro de Charles Darwin “A Origem das Espécies” em 1859.

Diversas razões devem ter servido de freio para este desenvolvimento.

A primeira, e certamente mais incisiva, foi o papel da Igreja. O dogma do Creacionismo, obviamente não admitia a existência de um processo Evolutivo, nem para a Terra (imóvel e centro do Universo), nem para os seres vivos (todos criados ao mesmo tempo) e muito menos ainda para o ser humano (“feito à *Sua* imagem e semelhança”). De fato, mesmo a Astronomia sentiu esse freio quando Galileu teve que se submeter à Inquisição e abjurar a sua descoberta da Terra móvel. Ainda que à saída do Tribunal tenha murmurado “*Eppur si muove*” e que as descobertas de outros astrônomos tenham acabado por “dar movimento” à Terra...

Mas, efetivamente, ainda em 1658, James Usher, Arcebispo de Armagh (Dublin, Irlanda), “revelou” ao Mundo a data da Creação, “precisamente calculada” (com base na sucessão de eventos bíblicos datados ou de intervalo datável): 23 de outubro de 4004 A.C...

Aceitar então que este evento tenha ocorrido uns 5 bilhões de anos antes e que não tenha ocorrido subitamente, mas como um processo de gradativa concentração de gases cósmicos, só poderia ser uma infâmia daqueles “ateus anarquistas” (que só não eram comunistas porque o comunismo ainda não tinha sido inventado...).

Um segundo fator que certamente levou ao descaso para com a Paleontologia frente às Ciências Exatas, foi a sua potencial aplicabilidade. Certamente as Potências do Mundo Civilizado tinham e têm muito mais uso para a Matemática, a Astronomia, a Química e a Física, do que para as exóticas teorias que um bando de loucos “toupeiras” tentava estabelecer com base em pedaços de pedra e lascas de ossos que encontravam aqui e ali. Aliás, escavar a terra à cata de ossos devia bem mais ser um divertimento de cachorros vadios, do que uma atividade de cientistas sérios e de boa estirpe!

E, de fato, foi essa dificuldade em efetivamente descobrir fósseis “dignos de confiança”, um dos grandes impedimentos para o desenvolvimento da Paleontologia. Excluindo o esqueleto

calcário de pequenos invertebrados, que podem ser encontrados quase intactos, (como todos que já foram crianças e cataram conchinhas sabem...), fósseis ósseos grandes e intactos são praticamente impossíveis de serem encontrados.



Fig. 1.01 – Aula de Paleontologia



Figs. 1.02 e 03 – A realidade “paleontológica”

Animais pré-históricos tiveram que ser “reconstruídos” com base em fragmentos ósseos. E isto só ocorreu recentemente, já na virada do século XX. Assim, o terrível *Tyrannosaurus Rex* só foi “descoberto” em 1874, nos EUA (apropriadamente), a partir de um fragmento de sua mandíbula com alguns de seus poderosos dentes.



Fig. 1.04 – *Tyrannosaurus Rex* (Museu de História Natural, Viena–Áustria)

E foi somente em 1974 que o antropólogo Donald Johanson descobriu e “reconstruiu” o primeiro fóssil de *Australopithecus afarensis*, a famosa “Lucy” como foi apelidada (em homenagem aos Beatles) então no auge da fama.

Mas, falando em humanóides, já estamos falando do finzinho (até aqui) do processo evolutivo e das Eras Geológicas. Se representarmos, como na Fig. 1.05, a história da Terra com seus quase 5 bilhões de anos, numa escala de uma semana de sete dias, começando na madrugada da segunda feira, vemos que a vida começou na noite da 3ª feira; e logo depois, ainda na madrugada da 4ª feira apareceram os primeiros vegetais clorofilados, dando início ao processo de fotossíntese; no entanto, o surgimento efetivo de uma atmosfera de O<sub>2</sub> só ocorreu na 4ª à noite, e ainda assim, animais aeróbicos só se tornaram predominantes no sábado à tarde! Os vertebrados aquáticos surgiram já no início do domingo; e na tarde desse dia apareceram, em sequência, os vertebrados com vida terrestre, os anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Dentre esses últimos, os primatas só foram surgir já tarde da noite do domingo e nós, efetivamente, nos últimos segundos desse longo período...

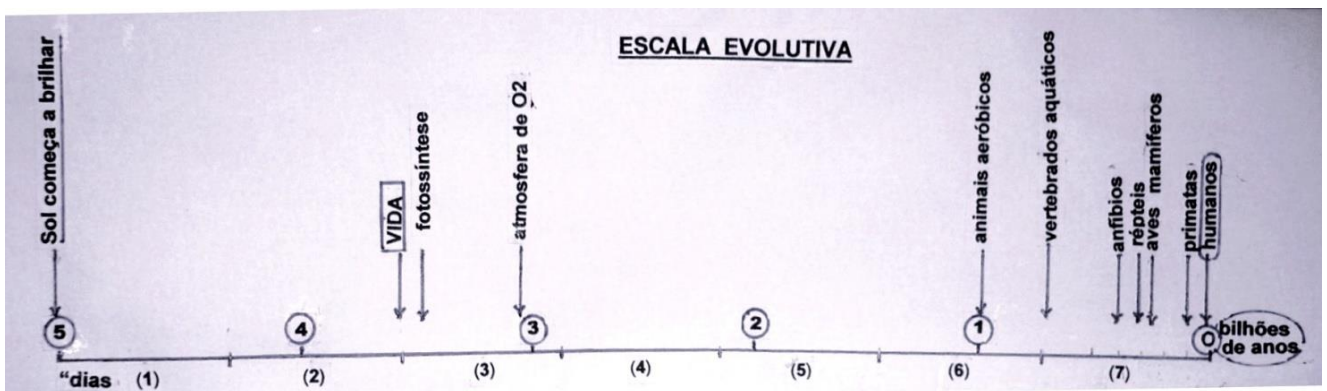
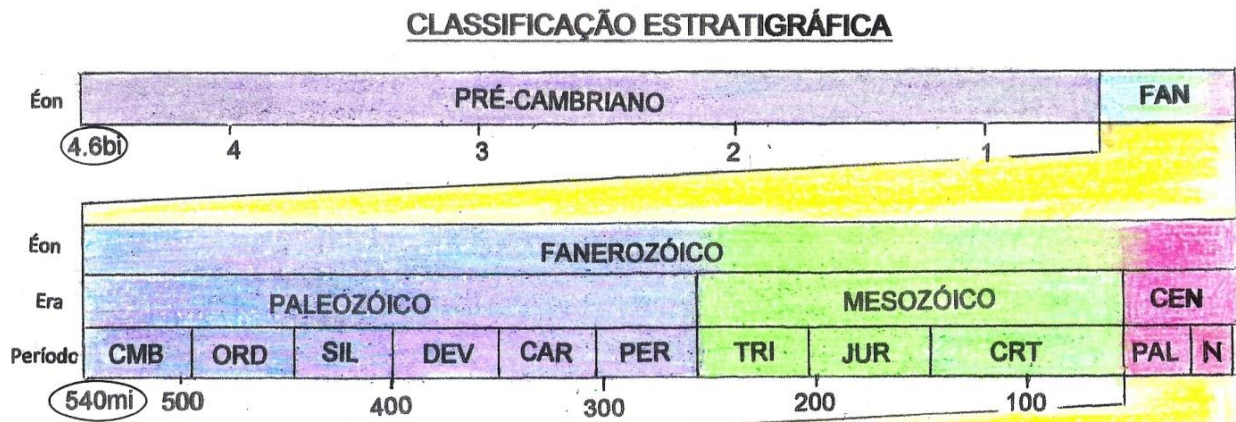


Fig. 1.05 – Eventos marcantes na história da Terra

Analisando agora os 4.6 bilhões de anos de existência da Terra em períodos geológicos, como representado na **Figura 1.06**



**Fig. 1.06 – Períodos Geológicos da Terra**

Teremos, dentro da classificação estratigráfica atual, um longíssimo *Éon Pré-Cambriano* (de cerca de 4 bilhões de anos), seguido de um *Éon Fanerozóico* bem mais curto (de pouco mais de meio bilhão de anos), mas bastante acidentado em termos geológicos, a ponto de merecer, antes de mais nada, uma classificação em *três Eras*. Destas, a *Era Paleozóica* (de cerca de 300 milhões de anos) comporta a subdivisão em *seis Períodos* de durações relativamente equivalentes, de uns 50 milhões de anos: o *Cambriano*, o *Ordoviciano*, o *Siluriano*, o *Devoniano*, o *Carbonífero*, e o *Permiano*. Já a *Era Mesozóica*, um pouco menos longa (de cerca de duzentos milhões de anos) recebe três subdivisões, os *Períodos Triássico*, *Jurássico* e *Cretáceo*, dos quais este último é o mais longo, ocupando mais de 40% do total. Finalmente a “nossa” *Era Cenozóica* é bem mais curta, com “apenas” 60 milhões de anos, mas onde os acontecimentos documentados se sucedem com uma crescente rapidez, recebendo, inicialmente, uma divisão em três períodos: um *Paleógeno* e um *Neógeno* mais longos e um curtíssimo *Quaternário* (que praticamente não se vê na figura).

Analisando ainda mais detalhadamente o surgimento ou a extinção de cada um dos grandes grupos de animais e a ocorrência de alguns fatores ambientais essenciais, como se vê na **Fig. 1.07**, um novo e interessante quadro se apresenta.

Inicialmente revemos que a vida, como tal, já surgiu bem precocemente na história de nosso sistema solar, já existindo há cerca de 3.5 bilhões de anos.

As formas de vida, no início certamente eram anaeróbicas, de vez que a atmosfera era quase toda de CO<sub>2</sub> e outros gases “não tão respiráveis”.

No entanto, não muito tempo depois do surgimento da vida em si, alguns desses micro-organismos que talvez já pudéssemos chamar de “plantas”, descobriram e passaram a sintetizar uma fantástica substância, a enzima Clorofila, que tem a surpreendente propriedade de captar a energia solar e incorporá-la em uma reação química que desfaz duas moléculas, em si bastante

estáveis que são a água e o gás carbônico e rearranja os seus átomos, criando com eles um “hidrocarboneto ou carboidrato” e liberando oxigênio. Esquematicamente:

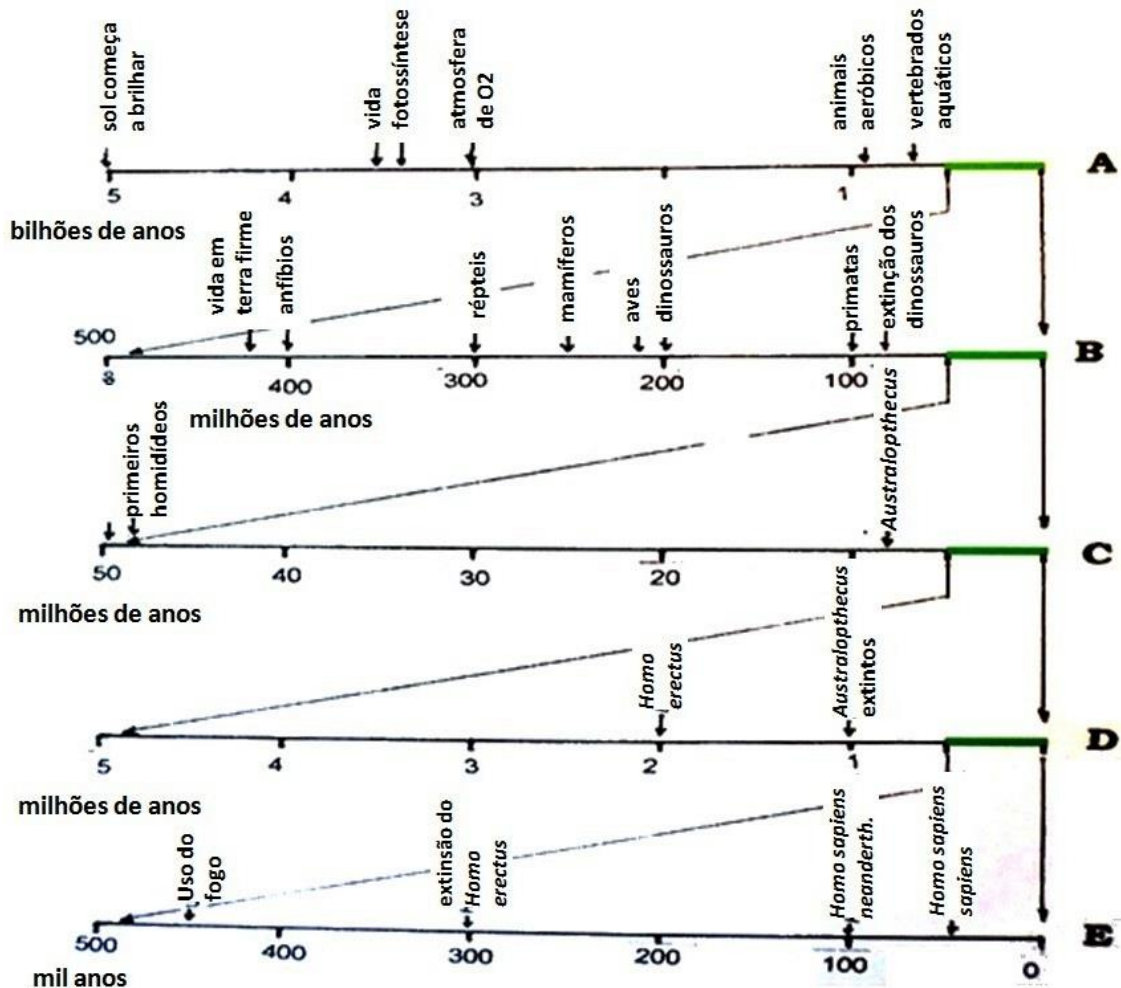
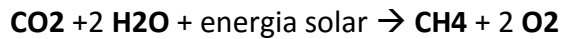
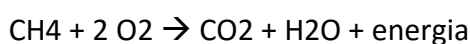


Fig. 1.07 –Surgimento (ou desaparecimento) dos grandes grupos de animais

Este hidrocarboneto simples (metano) que muitos problemas ainda viria a nos causar, pôde então, no interior daqueles ou de outros organismos, ser remetabolizado formando carboidratos maiores ou até ser incorporado em moléculas ainda mais complexas. E estas, por sua vez, havendo necessidade, puderam ser catabolizadas (“oxidadas”), desdobrando-se, no final, a gás carbônico e água e liberando então aquela energia solar inicialmente incorporada:



E o fantástico deste processo não foi apenas a possibilidade dos seres vivos “criarem seus corpos” pela metabolização e remetabolização desses carboidratos, mas também de terem assim, criado “acumuladores energéticos”, possibilitando-lhes então armazenar e transportar a energia solar para mais adiante utilizá-la como, quando e onde houvesse necessidade.

Surgiram também duas possibilidades que transcendem, em si, os corpos desses vegetais. A primeira é a de servirem de alimento para outros seres que não dispõem de clorofila, tornando assim, não apenas a sua matéria, mas, inclusive, a energia solar ali armazenada, disponível “à distância”. E a segunda foi a de desencadearem uma transformação ainda mais radical: eles foram criando gradativamente uma atmosfera de oxigênio, coisa que até então não existia.

Possibilitaram desse modo, embora apenas 2 bilhões de anos depois, o surgimento dos animais aeróbicos.

Raciocinando sobre isso, percebemos que nas fases mais iniciais, a vida animal havia sido certamente anaeróbica e que, para estes animais, como também acontece hoje para as bactérias anaeróbicas, como, por exemplo, o *Clostridium tetani* (causador do tétano), a presença de oxigênio é tóxica e, acima de uma certa concentração, mortal. A atmosfera de oxigênio, embora tivesse assim indiretamente possibilitado a nossa “vinda”, provocou também, ao mesmo tempo, a primeira grande mortandade: a dos seres anaeróbicos, intoxicados agora pelo elevado teor de O<sub>2</sub> do ar!...

Um segundo aspecto é que a descrição acima nos dá a ilusão de que as plantas surgiram “para alimentar os animais”. No entanto também poderíamos dizer que “as plantas estavam muito bem”, até que alguns mutantes apresentaram uma falha no gene de produção de clorofila, e passaram, para sobreviver, a serem “predadores de plantas” (o que, direta ou indiretamente todos os animais são até hoje, sejam eles vegetarianos ou carnívoros; inclusive nós).

O nosso grupo predominante, o dos animais aeróbicos existe somente neste último bilhão de anos, mas nele, já precocemente foram surgindo os diversos subgrupos. Inicialmente, já há uns 700 milhões de anos, vieram os vertebrados aquáticos. Uns 300 milhões de anos depois, iniciou-se o gradativo desenvolvimento de apêndices para a locomoção em terra (ver **Fig. 1.11** adiante). Um aparelho respiratório para as trocas gasosas (recepção de O<sub>2</sub> e eliminação de CO<sub>2</sub>) ao ar livre, possibilitou então a vida efetiva em terra firme, já há mais de 400 milhões de anos. Inicialmente ainda na condição anfíbia, na qual a reprodução e a vida embrionária ainda ocorre no ambiente aquático. Para depois, num segundo ciclo, os anfíbios ganharem a vida adulta em terra firme, vindo daí o seu nome, derivado do grego “*amphy*” (dupla) “*bios*” (vida). Evidentemente, grande parte das espécies de vertebrados, permaneceram (e ainda permanecem) na condição de peixes, sendo assim constantemente aquáticos, ambiente no qual vivem e se desenvolvem muito bem (como já vimos no quadro da pg. 10 da Introdução), onde os peixes cartilaginosos (*Chondrichthyes*), e ósseos (*Osteichthyes*) vem gerando muitas diferentes espécies.

Cem milhões de anos depois, uma nova mutação estava em curso, criando, além de uma cobertura corpórea mais impermeável e resistente, uma diferença fundamental: o processo reprodutor, embora ainda precisasse do ambiente líquido para as primeiras fases do desenvolvimento (como até hoje precisa), ganhou um ambiente líquido “particular”: um ovo de casca impermeável. Deste modo estava criado o passo essencial para a vida permanente em terra firme e haviam surgido os répteis, já no início do período Permiano, “a um passo” da Era Mesozóica, há uns 250 milhões de anos. Esta Era viria então a ser dominada pelos répteis, que apresentaram uma tendência evolutiva muito marcada em direção ao crescimento corporal, ganho em força muscular e em “armamentos” corpóreos. Os répteis caminharam assim em direção aos *dinossauros*. E estes então dominaram a Terra por mais de 100 milhões de anos, (um tempo duas vezes maior que o da existência dos Hominídeos, e 2.000 vezes maior do que a nossa existência como espécie!).

Mas voltando aos répteis, esse ganho do processo reprodutor, manteve ainda o limitante de ter que ser, em boa parte, autossuficiente: o embrião ao ser incluído no ovo, tinha que vir acompanhado de todo o material “alimentar” que iria precisar para o seu crescimento e transformação até a eclosão, já como animal autossuficiente.

Note-se que, ainda durante esse longo processo de evolução dos répteis em direção aos dinossauros, já haviam também surgido quase simultaneamente a partir dos répteis iniciais, os próximos representantes “mais evoluídos” dos vertebrados: os mamíferos e as aves (**Fig.1.08**).



**Fig.1.08 – Aves e mamíferos**

Note-se também, como já vimos na Fig. 1.07, que os mamíferos surgiram efetivamente até um tanto antes das aves, talvez pela bem maior complexidade do controle do movimento destas durante o voo. Isto mostra também que mamíferos e aves vem de linhas evolutivas independentes.

No caso das aves, embora fosse mantido o limitante do ovo de casca impermeável e rígida, uma especialização comportamental adicional, o *choco*, acrescentou um elemento importante no desenvolvimento geral dos vertebrados: a manutenção de uma temperatura elevada e relativamente constante. Aves e mamíferos acabaram incorporando esse novo e essencial processo funcional, a **homeotermia** (isto é, a capacidade de regular e manter relativamente constante a sua temperatura corporal). E assim, tornaram-se protegidos, seja de variações da temperatura ambiental, seja dos efeitos térmicos de variações de atividade física.

Desenvolveram para isso todo um conjunto de circuitos neuronais, um *Centro Termo-Regulador* (situado no *Hipotálamo*, na porção mais inicial do Cérebro anterior) o qual ativa seja processos de *perda calórica* (em temperatura ambiental mais elevada ou atividade física intensa), seja processo de *ganho calórico* (em temperatura ambiental baixa ou inatividade). Assumiram, no entanto, em relação a isso, o ônus de um consideravelmente maior gasto energético para manter constante essa temperatura corórea, independente da temperatura do ambiente.

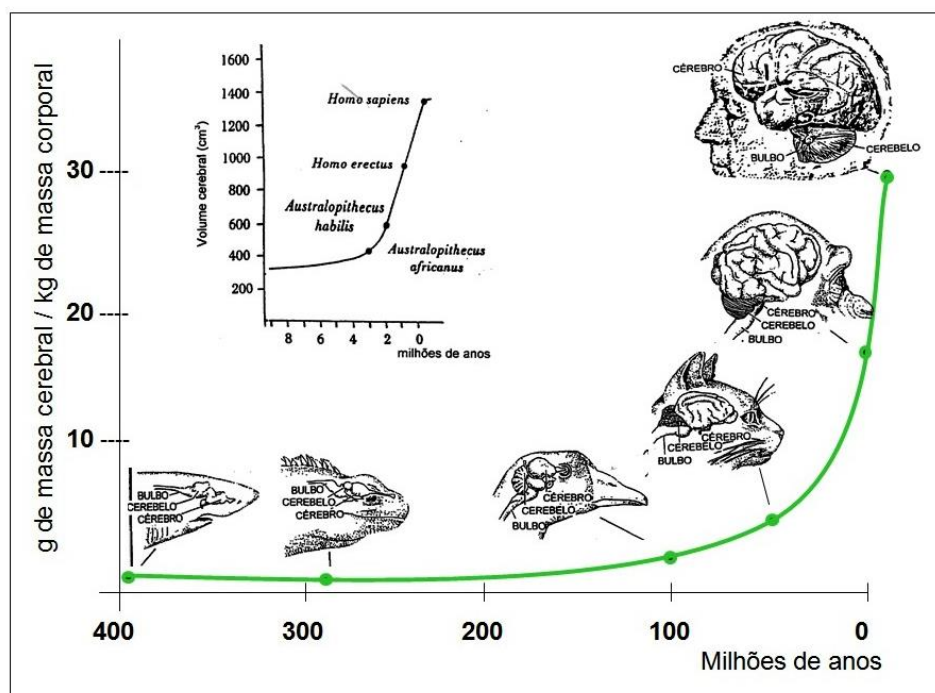
Note-se que a falta desse processo de termorregulação foi, possivelmente, o fator de extinção dos dinossauros num momento geológico de elevação intensa da temperatura do ambiente, como veremos adiante.

No caso dos mamíferos o processo reprodutivo ainda se aperfeiçoou mais, pelo surgimento de um *útero*, para conter, proteger, aquecer e alimentar o embrião. Este útero é revestido por uma *bolsa amniótica*, preenchida por *líquido amniótico*, no qual o embrião flutua (mantendo assim o ambiente líquido!), conectado funcionalmente por um *cordão umbilical* a uma *placenta*,

pela qual o sistema circulatório do embrião está em íntimo contato com o sistema circulatório da mãe, e através da qual pode oxigenar o seu sangue (utilizando o oxigênio do sangue materno), receber os seus elementos nutritivos e eliminar os detritos e o CO<sub>2</sub> que seu metabolismo produz. Graças a estas características e também ao fato de estar contido em um “ovo” altamente distensível, pode assim ficar “encubado” por um tempo  *muito*  mais longo do que as poucas semanas permitidas a um ovo de ave. Um tempo também essencial para, um pouco mais adiante na Evolução, possibilitar aos primatas a tendência crescente a terem um cérebro cada vez maior (que precisa de um tempo de amadurecimento também  *muito*  maior para permitir ao recém-nascido uma vida razoavelmente autônoma). Para sanar qualquer dúvida a esse respeito é só pensar na autonomia de um pintinho recém-eclodido do ovo após apenas 21 dias de “gestação” e compará-la à debilidade de nossos bebês, mesmo após nove meses de desenvolvimento intrauterino...

E incluímos uma peculiaridade essencial em nossa reprodução, da qual até herdamos o nosso nome genérico: passamos a  *amamentar*  os filhotes. Agora, de fato, havíamos nos tornado mamíferos! Mas incluímos nisso também um quesito limitante essencial: a necessidade de uma grande e persistente motivação de comportamento materno. Motivação essa que não se restringe ao ato de amamentar em si, mas se estende à motivação para proteger esse filhote, ensinar-lhe uma variedade de comportamentos e inserí-lo no grupo social, sendo assim também vinculada a uma grande motivação social presente em muitas espécies de mamíferos.

As aves e, mais intensamente, os mamíferos começam a manifestar uma tendência Evolutiva que também os destaca dos demais vertebrados: a do crescimento cerebral (**Fig. 1.09**)



**Fig. 1.09** Massa e volume cerebral nos vertebrados ao longo da Evolução

Dois conjuntos de fatores podem ter servido de pressão seletiva para este desenvolvimento. Um deles, foi possivelmente o das exigências de um controle de movimentos mais preciso (no voo das aves ou nos movimentos de caça de predadores ou de fuga dos predados). O outro, certamente muito intenso e agora exclusivo destas classes foi o desenvolvimento de



relações sociais intensas, exigido pela nova forma de reprodução e principalmente de cuidados com os filhotes e assim, da estruturação de grupos familiares ou para a formação de bandos de caça e de demarcação e defesa de territórios.

Uma característica adicional, possibilitada pela disponibilidade de maior massa cerebral, foi o de ganho em plasticidade comportamental pelo aprendizado. Evidentemente, aprendizado implica em memória e esta, na disponibilidade de circuitos neuronais.

E assim, enquanto o comportamento dos peixes, anfíbios e répteis é praticamente pré-estabelecido e estereotipado, já nas aves (das quais, por exemplo, muitas precisam aprender as vocalizações de sua espécie) a plasticidade começa a se manifestar.

Mas, é certamente nos mamíferos que, paralelamente ao crescimento cerebral, aumenta também a maleabilidade comportamental pelo aprendizado. Dentre os Primatas essa Tendência Evolutiva tem ganho uma força de seleção extremamente intensa como mostra não só a inflexão acentuada do gráfico maior na Fig.1.09, mas principalmente o rápido crescimento entre os hominídeos visível no gráfico interno. Efetivamente, em nossa espécie, este processo pode ter chegado a uma tal intensidade, a ponto de nos apresentar até um desafio à sobrevivência como já veremos adiante.

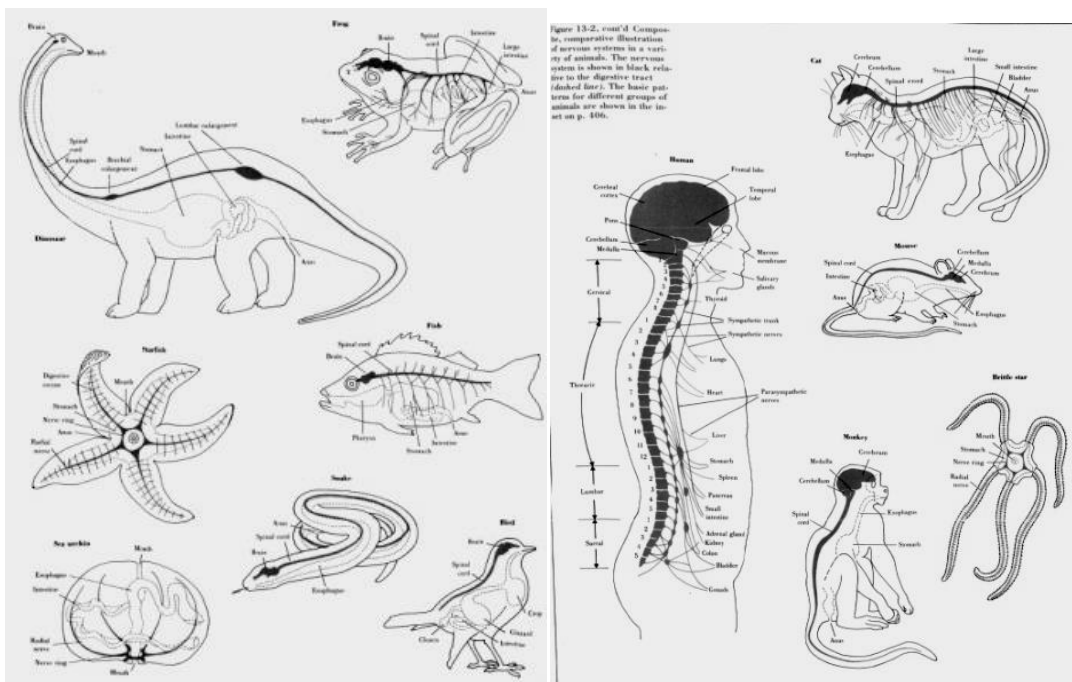
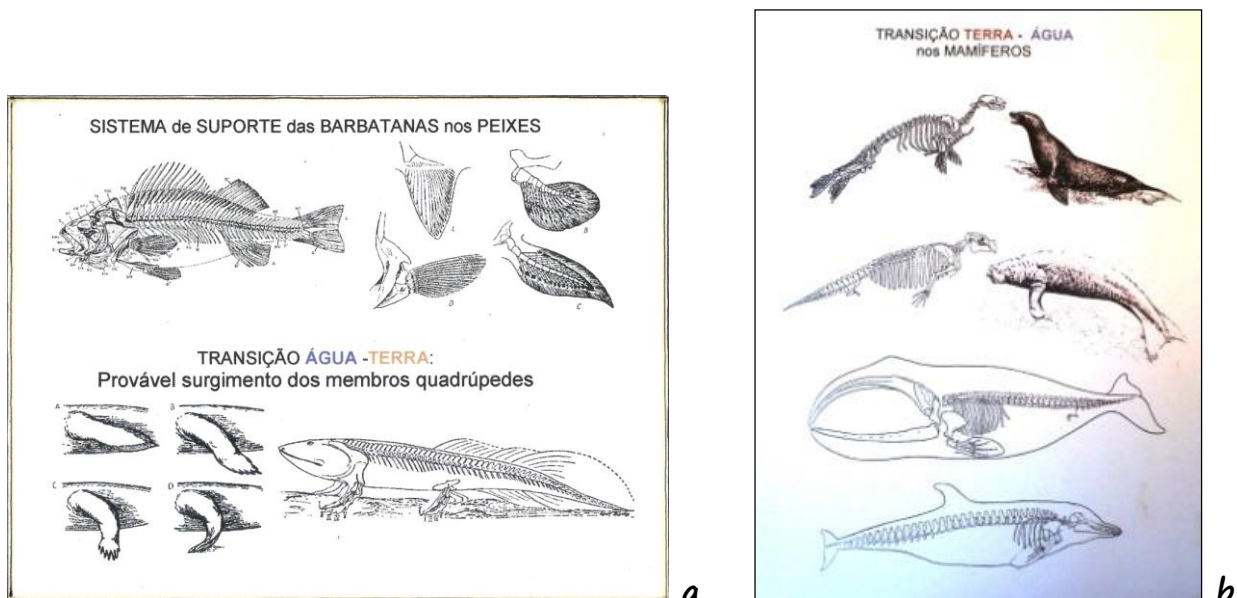


Fig. 1.10

Vale à pena agora assinalarmos, como se vê na **Fig. 1.10** acima, um aspecto muito importante que já comentamos na Introdução: o de que a Evolução, ao contrário do que esse nome sugere e mesmo do que a nossa descrição ao longo do presente capítulo parece indicar, **não** é um processo contínuo, regular e único. Isto é, **não houve uma linha evolutiva única**, indo de unicelulares para invertebrados e daí para vertebrados e nestes de peixes para anfíbios, répteis, aves e mamíferos; e ainda nestes de roedores para ruminantes, para carnívoros e, finalmente, destes para os primatas, havendo, mesmo nesses, uma linha evolutiva **culminando** com o Homem. Assim, como não se pode pensar que aves sejam mamíferos mais primitivos, répteis sejam aves mais primitivas, e assim retroativamente. Mesmo em relação ao Sistema Nervoso, nosso grande

troféu, percebe-se que houve uma *tendência estrutural geral* (com uma ou algumas estruturas centralizadoras e uma rede de coleta e distribuição de sinais). Mas a tendência a um evidente e nitidamente crescente cérebro só aparece nos mamíferos e, mais acentuadamente, nos primatas.

Em outras palavras é fundamental perceber que **não há uma tendência única de Evolução na direção dos seres mais evoluídos que somos nós!** Há sim *em cada* subgrupo uma ou um conjunto de estruturas e/ou funções cujo desenvolvimento constitui ou constituiu uma “Tendência Evolutiva” que orientou a seleção natural naquele subgrupo. Assim, por exemplo, pode se pensar, como já vimos acima, que em algum ponto da pré-história houve um subgrupo, talvez um conjunto de espécies de peixes que, habitando alagados rasos, foi tendo estímulos para a busca de alimento fora da água, surgindo disso a seleção de nadadeiras que mais e mais se assemelhassem a patas (**Fig. 1.11a**). Assim como, por outro lado, em espécies de mamíferos que habitam zonas geladas, onde, no inverno a temperatura fora da água pode chegar muito abaixo de zero e a quantidade de alimento cai drasticamente, uma “alternativa” (alem da complexa migração) pode ter sido a de buscar proteção e alimento dentro da água (a qual, obviamente, sempre se mantém acima da temperatura de congelamento) , surgindo disso a pressão seletiva para a transformação de patas em nadadeiras que tornam o movimento na água muito mais eficiente aumentando a chance de sobrevivida (**Fig. 1.11b**).



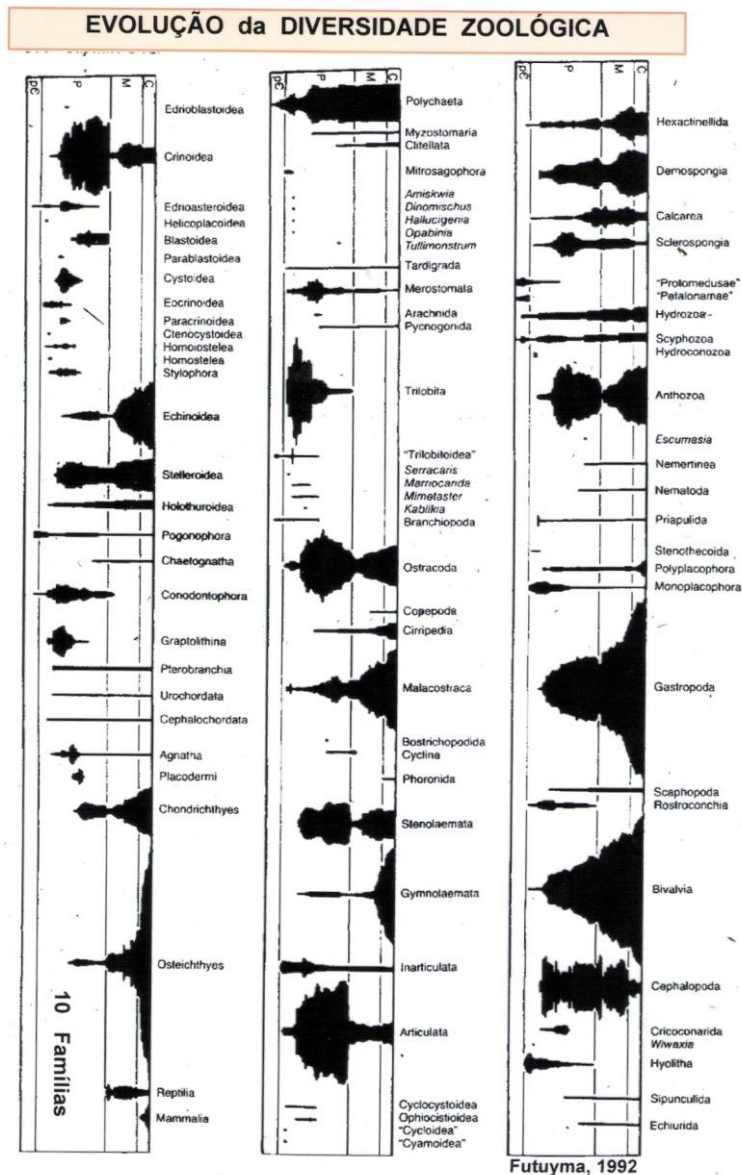
**Fig. 1.11- Transformação de nadadeiras em patas (a) e vice-versa (b)**

Evidentemente esta transição encontra igualmente um obstáculo no processo respiratório, agora pulmonar. Mamíferos em transição para o ambiente aquático, continuam respirando por pulmões e assim precisam voltar à tona para respirar (correndo inclusive o risco de morrerem afogados se não puderem fazê-lo). Além de uma adaptação de seu sistema de transporte de oxigênio pelo sangue, permitindo lhes permanecer submersos por tempos bastante longos, os cetáceos já conseguiram uma adaptação adicional, deslocando as suas narinas para o dorso da cabeça, podendo assim respirar sem precisar “tirar a cabeça da água”.

Mas é claro também, como já discutimos, que a seleção de uma dada característica e com isso o percurso em uma dada rota evolutiva, muitas vezes colide com outras funções ou proprieda-

des do organismo (como é o caso do processo respiratório nestas transições “para fora” e “para dentro” da água), que, necessariamente, terão que ser selecionadas em conjunto.

Devemos então ter claro que cada um desses grupos de espécies que enveredaram por uma dada Tendência Evolutiva, está automaticamente também assumindo as dificuldades e riscos dessa “escolha”.



**Fig. 1.12** Número de espécies em cada classe, ao longo das eras:

**PC:** pré-cambriano; **P:** Paleozóico; **M:** Mesozóico e **C:** Cenozóico

E esta escolha pode ter sido muito eficiente em um determinado ambiente e período geológico, mas em que, uma mudança até pequena desse ambiente, pode passar a criar sérios problemas de sobrevivência, principalmente se essa mudança ambiental ocorrer de maneira mais brusca. Por vezes, até a própria tendência a selecionar uma dada característica pode aparentemente chegar a um tal extremo, a ponto de conduzir a riscos de sobrevivência da espécie.

Essa característica geral fica bem evidente se olharmos para a **Figura 1.12**, onde percebemos que a “Evolução” é um processo com acentuados altos e baixos, **peculiares** a cada grupo!

Dentre os inúmeros fatos muito interessantes que vemos neste quadro, quero apenas destacar que: 1. Os dois grupos animais que efetivamente vem tendo mais sucesso evolutivo desde o seu surgimento no início do Paleozóico, são os Gastrópodes e os Bivalvos (os caramujos e conchas); 2. Dentre todos os vertebrados, apenas os peixes ósseos (*Osteichthyes*) parecem estar se dando bem; 3. Há grupos, como os Trilobitas que, no início de sua existência, nos primórdios da Era Primária, pareciam estar se dando muito bem, e então, subitamente, “murcharam” e logo desapareceram; 4. É regra geral, em todos os grupo, a irregularidade de desenvolvimento, sendo muito poucas as espécies como os *Polichaeta* (poliquetos, vermes anelídeos marinhos) que existem desde o Precambriano e se mantem “firmes” ao longo de todas as Eras, superando inclusive aquele estrangulamento geral que já se percebe na transição entre as Eras Paleozóica e Mesozóica!

**Fica evidente assim que a evolução não é um processo regular, contínuo e homogêneo!**

E, procurando bem nesta **figura 1.12**, descobrimos também na base da primeira coluna (de maneira surpreendente e quase depressiva) a classe dos mamíferos, zoológicamente insignificante. E é óbvio que, se dentro dela fossemos procurar a posição de nossa espécie não a iríamos encontrar a não ser com uma potentíssima lupa. Tal fato em si, evidentemente, já nos “convida” a uma revisão profunda da nossa ufanista postura de Ápices da Criação; e a ter um olhar de autocrítica quanto a considerar nossas tendências evolutivas (e em particular o crescimento desmesurado do nosso cérebro) como o objetivo de toda a Evolução. E nos impõe também um grande respeito para com as outras formas de vida e um cuidado muito grande com as consequências da nossa interação com a vida na Terra! Confrontando agora os dados da **figura 1.12** com aqueles das **figuras 1.13 e 1.14**, um outro importantíssimo aspecto do processo evolutivo se impõe.

Nestas Figuras 1.13 e 1.14 nota-se claramente que, não há apenas flutuações isoladas da viabilidade de determinados grupos. Há sim, superposta a essas variações independentes, marcantes episódios de **Extinções Globais**. Pelo menos cinco de tais episódios podem ser facilmente identificados. E a maioria destas flutuações, ao menos das maiores, foram devidas a alterações climáticas e ambientais marcantes. Mas, ao contrário do que se dizia até algum tempo atrás, não foram todas devidas a glaciações, a “Eras do Gelo”. Bem ao contrário. O fator predominante na maioria dos casos, principalmente das extinções mais intensas, parece ter sido o **aquecimento global**.

No caso daquela que foi a maior das extinções já havidas até aqui, e em que houve a **extinção de mais de 95% de todas as espécies terrestres e de mais de 80% das marinhas**, marcando a transição entre o Período Permiano e o Triássico (e assim, o final da Era Paleozóica e o início da Era Mesozóica), o fator determinante foi, ao que tudo a ciência atual indica, um tal “Fenômeno Estufa” fora de controle. Desencadeado inicialmente por um fator de aquecimento até passageiro, a eclosão de um conjunto de vulcões, devido ao deslocamento continental no Cáucaso, com grande e súbita liberação de CO<sub>2</sub> nas erupções. O gás carbônico assim liberado criou uma cobertura térmica retendo o calor aqui produzido e o calor do sol, criando assim uma elevação da temperatura do globo acima de um limite. Ocasionalmente então o derretimento dos depósitos de metano congelados no Ártico e possivelmente na Antártida. Tais depósitos haviam resultado da

decomposição de amplas florestas que existiram naqueles locais e que acabaram virando turfa quando o clima naquelas regiões mudou. O metano liberado pelo metabolismo da decomposição dessa turfa acabou “sequestrado pela água em congelamento” (cada molécula de metano sendo como que englobada por um conjunto de moléculas de água e o conjunto acabando congelado, “aprisionando” assim o metano). Estes conjuntos (“claratos de metano”) se mantiveram estáveis enquanto a temperatura do ambiente era relativamente baixa e a pressão sobre eles era grande. Mas, assim que houve um aquecimento global inicial, a tendência destes conjuntos foi a de se desestabilizarem; e de então o metano acabar, como gás, escapando livre para o ambiente; e ali, mais pesado que o oxigênio, permanecer nas camadas mais baixas da atmosfera. Como, no entanto, o seu efeito isolante é inúmeras vezes maior que o do CO<sub>2</sub>, sua tendência foi a de adicionar um intenso e duradouro Efeito Estufa e assim um aquecimento ambiental adicional.

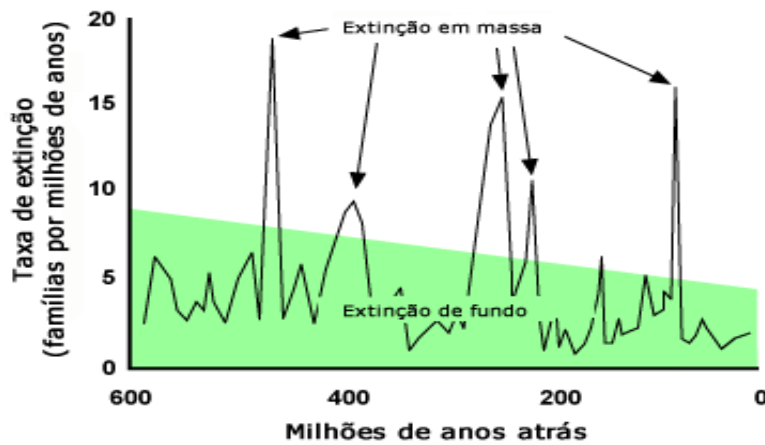


Fig.1.13

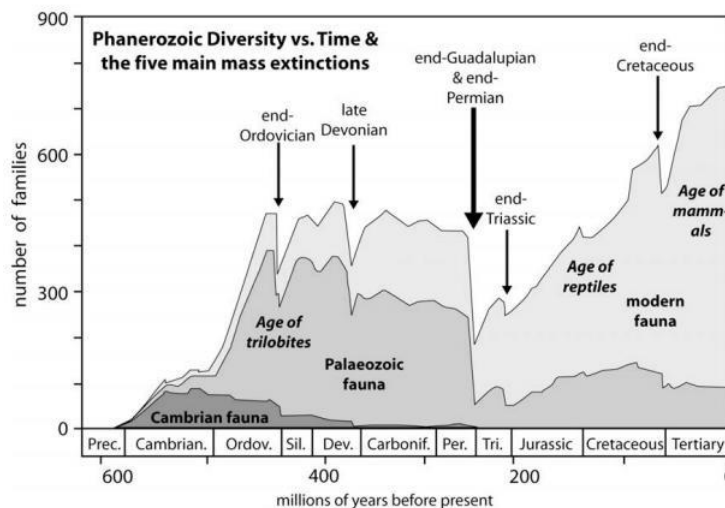


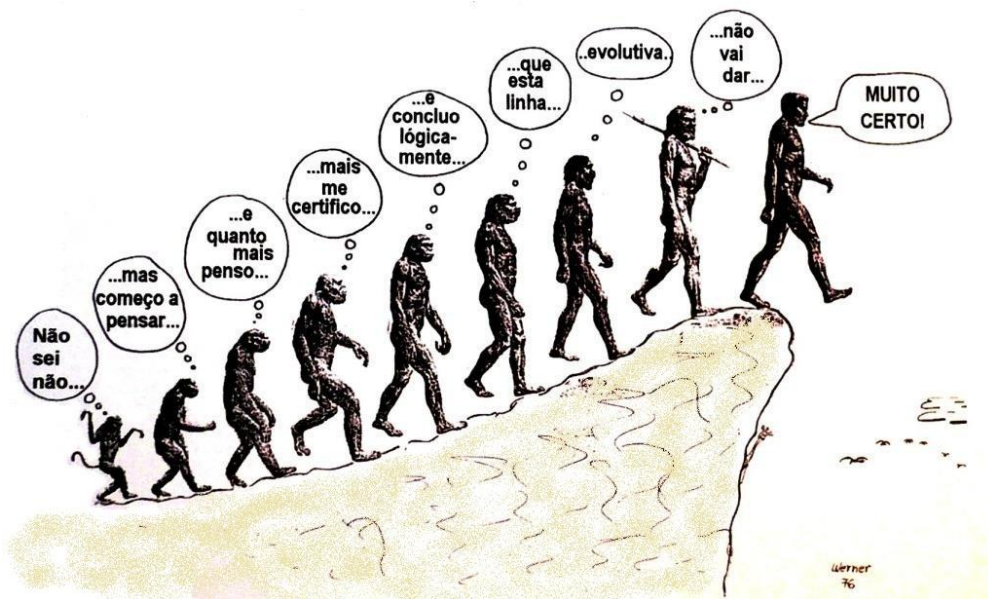
Fig. 1.14

A partir de certo ponto de aquecimento, um processo assim sai do controle natural: todo aquecimento adicional do ambiente é convertido em fator de libertação de mais moléculas de metano, as quais, por sua vez, vão amplificando exponencialmente o próprio Efeito Estufa. E, ao que a ciência atual admite, um aquecimento ambiental de 6°C, foi (e é) suficiente para fazer as regiões polares entrarem num tal ciclo. E a intensidade deste fenômeno é quase imprevisível dada a enorme quantidade de metano “aprisionada” naquelas regiões.

Acredita-se assim com convicção, que particularmente naquela extinção global maior que eliminou mais de 95% das espécies terrestres e 80% das marinhas, o fator causal foi este. E a sua prolongada recuperação (que continua até os dias atuais, como se vê na figura 1.15) substituiu quase completamente a fauna Paleozóica por uma fauna “Moderna”, da qual nós também fazemos parte.

Feliz ou infelizmente... Seguindo as mesmas regras que as demais espécies: tendências evolutivas como, por exemplo, o crescimento e aumento de massa muscular e a agressividade que levou ao surgimento dos dinossauros há 200 milhões de anos, levando à falsa aparência de perfeição e de domínio sobre o ambiente, marcado na Fig.1.14 como “Age of reptiles” (domínio esse que perdurou por 120 milhões de anos, muito, muito mais tempo do que a existência dos hominídeos, como já sabemos e vimos na Fg. 1.07). Apenas para então, em seguida e quase subitamente, se extinguirem. E a desaparecerem. (ou então, para estarem apenas disponíveis para morder meu braço no Museu!...).

Oxalá não sigamos as suspeitas (e a certeza final) da **Figura 1.15** abaixo...



*Fig.1.15 – Escala evolutiva de nossa capacidade racional*

Ao que nos mostra a escala zoológica, a “escolha” de uma dada tendência evolutiva nunca é a certeza de uma **persistentemente melhor adaptação ao meio**, mas, apenas, o aumento da probabilidade de conseguir **se impor** nesse meio, **num dado** período e por um **certo tempo**.

Não estamos tendo até aqui, os mesmos vulcões eclodindo, ou então até meteoros gigantes caindo e explodindo no Golfo do México (como parece ter ocorrido como causa inicial da outra extinção global enorme e súbita que marcou o final do Cretáceo e o encerramento da Era Mesozóica, há uns 60 milhões de anos atrás, e que acabou resultando na extinção dos dinossauros). Mas sim, estamos nos encarregando rapidamente de produzir o nosso próprio Aquecimento Global de partida com a poluição ambiental colossalmente crescente que estamos criando. Não só

poluição no sentido de “lixo jogado na rua”, mas sim, muito, muito mais, como consequência da queima de combustíveis fósseis e produção de CO<sub>2</sub>; adicionado ao calor liberado diretamente pelos processos de produção industrial e transportes crescentes de material básico e produtos resultantes. Estaríamos precisando urgentemente de um controle intenso desta poluição, mas infelizmente notam-se evidentes dificuldades de incorporar um tal limitante em nossa presente cultura...

E já há indicações bastante claras e assustadoras de um aquecimento e degelo das regiões polares e um início sério e crescente de liberação de metano nessas regiões!

Para ilustrar minimamente essa alarmante questão, proponho a visão de um vídeo com algumas entrevistas de cientistas renomados. Para simplificar a sua compreensão realizei uma tradução, o mais literalmente possível. Peço assim, antecipadamente desculpas por eventuais falhas do meu inglês.

“**LAST HOURS OF HUMANITY**”(\*) duração total 12:14min. Diretora do vídeo: Leila Connors  
<https://www.youtube.com/watch?v=21D3ByfPTx8>

Título completo: “*Last Hours of Humanity: Warming the world to extinction*”.

Em português: “Últimas horas da humanidade: aquecendo o mundo à extinção”.

Entrevistador e Coordenador: **Thom Hartman** (que será referido como **TH**)

(\*) O texto abaixo representa a tradução de um conjunto de depoimentos de cientistas entrevistados pelo Coordenador . Recomendo não deixar de ver o original por conter diversas imagens muito marcantes. Edição ~**Jul. 2013**

(#)Na parte final do livro abordaremos novamente o tema com um conjunto ainda mais amplo de depoimentos, coordenado por outros cientistas.

0:00 – TH: “Até agora, a maior parte das discussões a respeito do Aquecimento Global tem sido sobre o seu impacto destrutivo no clima, sobre o derretimento do gelo oceânico, sobre as grandes falhas na colheita e sobre a crescente quantidade de desabrigados, fugindo dos níveis crescentes do mar. Mas, ainda que todos estes fatos sejam aterrorizantes por si mesmos, ninguém, a não ser um reduzido grupo de cientistas, começou recentemente a falar sobre a “*Palavra E*”: EXTINÇÃO. No entanto, é tempo de falarmos abertamente sobre Extinção, pois se nós continuarmos no caminho em que vamos, se continuarmos a bombear na atmosfera, resultados da queima de combustíveis fósseis, isto não apenas significará o fim do gelo oceânico no Ártico e o final de milhas e milhas de terras à beira-mar; mas poderá vir a significar o final da maior parte das grandes e complexas formas de vida na Terra. E isto iria incluir a NÓS. A possibilidade de que o Aquecimento Global possa levar a uma Extinção em Massa, como o nosso planeta já testemunhou cinco vezes no seu amplo passado geológico é então assunto de nosso novo documentário “As Últimas Horas” que nós temos o prazer de apresentar (#)

1:48 - TH: “Pense sobre a possibilidade de que quase toda a vida na Terra poderia ser extinta por causa das alterações climáticas causadas pelo homem. É difícil imaginar a Terra sem vida. Nós tomamos a vida como algo garantido, mas nem sempre a vida floresceu aqui. A Terra já experimentou tremendas perdas de vida, aquilo que chamamos de *Extinções em Massa*, cinco vezes no decorrer da história geológica. Cada um desses eventos resultou na perda de mais da

metade de toda a vida na Terra. E o maior e mais devastador de todos eles foi a *Extinção em Massa do PERMIANO*.



Fig.1.16 – Variação do número de espécies presentes em diferentes Era Geológicas

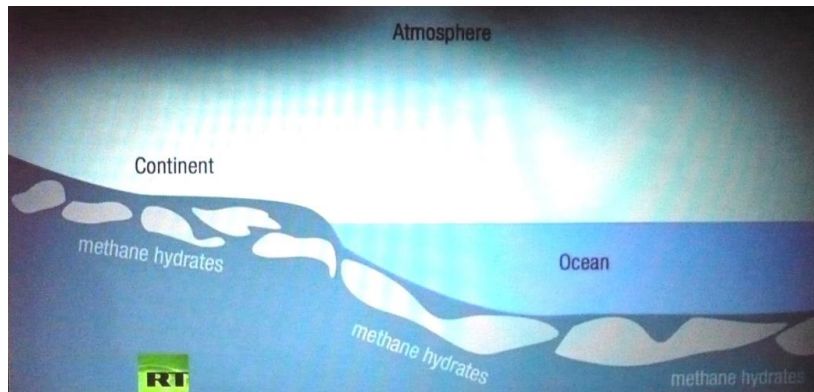
2:32 – PAUL WIGNAL (Universidade de Leeds): “A Extinção em Massa do Permiano foi a maior crise que a vida na Terra já sofreu!”

2:39 – TH: “No final do período Permiano e da Grande Extinção que então ocorreu, **95%** de toda a vida no planeta estava morta! E, por que isto é importante hoje? Porque hoje uma 6ª Grande Extinção está a caminho. Uma que irá testar não apenas a sobrevivência da civilização humana, mas possivelmente da própria *espécie* humana. E está ocorrendo uma horrorosa semelhança com outros eventos causados por um Aquecimento Global, como foi o caso da Extinção em Massa Permiana.”

3:07 – PAUL WIGNAL: “É certamente muito significativo e com óbvias implicações sobre os eventos dos dias atuais, o fato de que boa parte dos principais eventos de extinção do passado estavam associados com o Aquecimento Global.”

3:17 – TH: “Quando pensamos em extinção, usualmente pensamos nos dinossauros que foram extintos na chamada *Extinção em Massa K-T*, a qual foi desencadeada, inicialmente, por um evento catastrófico súbito, a colisão de um enorme meteorito com a Terra. Mas a força mais mortal subjacente a todas as grandes extinções (inclusive desta) não vem do Espaço Sideral. Vem, isto sim, do subsolo. Vem do fundo do oceano congelado e do fundo de geleiras, onde trilhões de toneladas de carbono estão acumuladas sob a forma de **metano** congelado. Se este metano derreter e for liberado como gás na atmosfera ele produzirá um súbito e muito intenso Aquecimento Global.





*Fig. 1.17 Depósitos de metano congelado sob a forma de hidratos, sob o solo congelado dos continentes Árticos e sob o fundo oceânico Ártico*

Durante a Grande Extinção do Permiano, gases de Efeito Estufa foram liberados por seguidas e intensas erupções vulcânicas numa área que hoje é denominada Escadarias Siberianas (*"Siberian Traps"*). Estes gases, além do calor liberado pelo próprio fluxo da lava, aqueceu a temperatura do globo por, ao menos, 6°C. Só este aquecimento já representou uma grande pressão sobre plantas e animais, mas, muito pior, ele aqueceu os oceanos o suficiente para que o metano, congelado no fundo do mar e abaixo de camadas de gelo, derretesse e fosse liberado na atmosfera. Esta intensa liberação de metano, um poderoso gás de Efeito Estufa, praticamente duplicou o nível do Aquecimento Global e assim, matou 95% de toda a vida, tanto em terra, quanto nos oceanos."

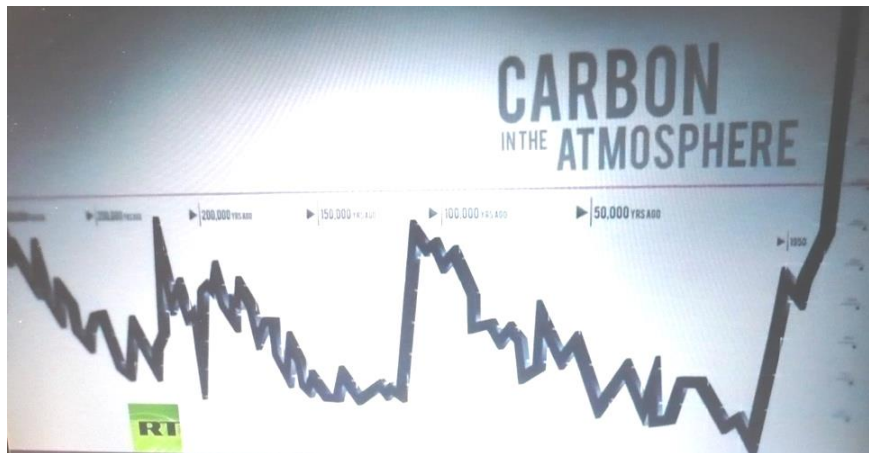
4:36 – BENJAMIN BLACK (Participante de Expedição Siberiana): "Pode ser um pensamento assustador mas talvez um dos melhores análogos geológicos para os padrões das alterações climáticas rápidas e elevações de CO<sub>2</sub> na atmosfera que estamos testemunhando agora e que ocorrerão nos próximos séculos, é este período Permiano terminal que culminou com a mais intensa Extinção que já ocorreu."

5:06 – MICHAEL BENTON (Prof. de Paleontologia da Universidade de Bristol): "Olhando para estes eventos antigos, eles nos mostram períodos de Aquecimento Global e nos chamam a atenção de que a atmosfera não diferencia se o CO<sub>2</sub> vem da atividade humana ou de vulcões. Ele tem o mesmo efeito."

5:22 – PAUL WIGNAL: "A quantidade de CO<sub>2</sub> liberada pelo fluxo gigantesco de lava vulcânica no Permiano é muito similar àquela liberada pela queima de combustíveis fósseis que estamos produzindo décadas após décadas nos dias de hoje."

5:36 – TH: "Hoje a concentração de CO<sub>2</sub> é de aproximadamente 400ppM, um nível nunca visto em todo o período de vida humana na Terra."

5:44 – MICHAEL MANN (Pennsylvania State University): "Estamos elevando esses níveis de maneira muito mais rápida do que no passado geológico. Não há precedente para o que estamos fazendo com a Atmosfera. É como um experimento não controlado." (Fig.1.18)



*Fig.1.18 - Variação das concentrações de carbono (principalmente CO<sub>2</sub>) na atmosfera ao longo dos últimos 250.000 anos.*

6:01 – CHARLES MILLER (NASA-Jet Propulsion Laboratory): “À medida em que você aquece o ambiente, isso causa a liberação de mais carbono, o qual é, ou metano ou CO<sub>2</sub>, na atmosfera; e isto, por sua vez aumenta a taxa de aquecimento, que então libera mais carbono e você pode ver como isso começa a causar uma assim chamada retroalimentação positiva, isto é então uma constantemente crescente quantidade de aquecimento.



*Fig. 1.19 – Esquema de um circuito de retroalimentação positiva*

No final de 2012 o Banco Mundial enviou um alerta a todos os governos do mundo de que um aumento de 5°C na Temperatura Global é provável a não ser que ações drásticas sejam tomadas para reduzir as emissões de carbono. E um aumento de 6°C foi, segundo alguns cientistas, tudo o que se necessitou para ultrapassar um Ponto de Virada na Extinção em Massa do Permiano.”

6:45 – TH: Parece haver um consenso de que 6°C também foi tudo o que precisou ocorrer para desencadear o PETM (Paleocene-Eocene Thermal Máximo), evento em que foram extintos os dinossauros. E, em ambos os casos, isto envolveu liberações massivas de metano.



**Fig. 1.20 – Evolução prevista para a temperatura média do globo (em graus Celsius) nos próximos 100 anos (valores calculados com diferentes equações)** ( Obs W:Embora pelo gráfico esta elevação de 5°C seja atingida apenas em 2100, há outros cientistas que, com base em cálculos mais recentes, mostram que o intervalo de tempo para uma tal variação térmica provavelmente será bem menor).

- 6:55 – GERALD DICKENS (Prof. of Earth Sciences, Rice University): “Sabemos que no assoalho dos oceanos frios, grandes partes das margens contem metano em estado sólido; e o que acontece é que quando se eleva a temperatura do local, o metano pode se dissociar, saindo dessa fase de metano congelado. De modo que, o que se admite é que naqueles eventos anteriores (de Extinção em Massa), houve algum fator desencadeante, uma causa inicial que forçou as temperaturas oceânicas a se elevarem, e isto derreteu ou dissociou este metano sólido, que então, transformado em gás, penetrou na água do oceano e, a partir daí chegou à atmosfera.”
- 7:35 – PETER WARD: “Metano é muito pior do que CO<sub>2</sub>. No momento ele ainda está congelado, preso no solo sem afetar ninguém; mas quando o aquecemos, transforma-se em gás e, na atmosfera, torna-se imediatamente um gás de Efeito Estufa, transformando-se assim numa ameaça para a civilização planetária.”
- 7:48 – MICHAEL BENTON: “O risco é o assim chamado Efeito Estufa em que o mecanismo de auto-correção cessa de entrar em ação. A liberação de metano causa aquecimento global, o que, por sua vez causa mais liberação de metano, e assim por diante.”
- 8:05 – JASON BOX (Climate Survey of Denmark and Greenland): “A alteração do nível do mar é um problema grande; difícil e caro para manejar. Mas, provavelmente, o principal desafio que enfrentamos é a liberação de metano pela tundra. Uma vez que isto entra em ação nós podemos atingir um ponto em que perdemos a opção de ter uma efetiva estratégia de controle. Nós sempre poderemos abandonar as regiões de beira-mar, mas se nós ativarmos o reservatório de carbono em nossa biosfera, isto se tornará um ‘*doomsday scenario*’ (um princípio de catástrofe real). E é para esta direção que a nossa trajetória está apontando.”
- 8:46 – TH: “Mais desconcertante é o fato de que a camada de gelo Ártico (que mantém o metano estável), está derretendo rapidamente. Em julho de 2013 o Ártico perdeu **a cada dia** 41.000 milhas<sup>2</sup> de gelo (uma área equivalente a quase um quinto daquela do Kansas - que é de 213.100 Km<sup>2</sup>)! E cientistas testemunharam colunas de mais de um quilômetro de diâmetro de bolhas de liberação de gás metano, já borbulhando a partir do solo oceânico, sugerindo que o ponto de

virada (*'tipping point'*) para a perda do controle do clima está “perigosamente próximo”. Por enquanto parece que já ultrapassamos o ponto de virada para um Mar Ártico sem gelo no verão.



**Fig.1.21 – A linha representa a redução da área do Oceano Ártico recoberta por gelo nos últimos 22 anos** (Obs. W: cálculos recentes indicaram que já em Setembro de 2015 poderíamos ter, pela primeira vez de que se tem registro, um Mar Ártico SEM gelo flutuante; tal fato felizmente ainda não ocorreu, mas quase com certeza ocorrerá nos próximos anos).

Outros pontos de virada podem estar a cem anos, a gerações ou apenas a poucos anos adiante. O grande perigo para pontos de virada é que só os reconhecemos quando estão fora de controle e assim já é tarde para fazer algo a respeito...

Assim, por que deveríamos correr o risco de tais eventos catastróficos? No caso de alterações climáticas o sistema de suporte da vida em nosso planeta está em risco. Então é nossa obrigação fazer todo o possível para estancá-las. Nós precisamos reduzir dramaticamente as emissões de carbono. E, no entanto, neste momento estamos encarando uma grande crise de liderança mundial. Poderosas corporações de combustível fóssil estão lutando para transformar em lucro os trilhões de toneladas de petróleo que já possuem, mas que ainda estão no subsolo.

A comunidade mundial, cidadãos globais, governos, líderes, ONGs e corporações precisam chegar a um acordo, dar um passo adiante e por em andamento ações decisivas. Continuemos as pesquisas, mas não esperemos até ultrapassarmos mais pontos de virada. **Este é o mais urgente dos tempos e a mais urgente das mensagens.**

POR FAVOR, ENCAMINHE ISTO PARA TANTAS PESSOAS QUANTO VOCÊ PUDER

[www.lasthours.org](http://www.lasthours.org)

Um processo de transformação de nosso Modelo Cultural teria assim de se iniciar quase imediatamente, começando, não apenas com as crianças, mas sendo incorporado, de súbito e de vez, em **TODA a nossa sociedade!!** Voltarei a este tema na segunda parte desse livro (Cap. 6) com a apresentação de outros vídeos com depoimentos ainda mais extensos, densos e tensos.

OXOXO

## Cap. 2-A NOZ

### a. A Noz e os seus “periféricos”



*Obras do ilustrador e anatomista germânico oitocentista Werner Spalteholz e*

*Trabalhos recentes do médico, cientista e artista plástico Van Hagens*

Fazendo novamente uma caricatura maldosa com as imagens acima, poderíamos dizer como já dissemos, que não somos nada mais que um montão de ossos compridos que terminam no topo por uma bola óssea oca. E nos gabamos (quase nos auto-idolatrados) por ter, embutido naquela bola óssea oca, uma massa mole-mole que nós admiramos muito e que consideramos nossa maior contribuição para o mundo!!

Mas isto certamente não nos caracterizaria como “*seres VIVOS*”, fato que nos encaminha para uma dúvida bem maior e mais complexa: **O que é estarmos vivos?** Ou então, **o que é Vida?**

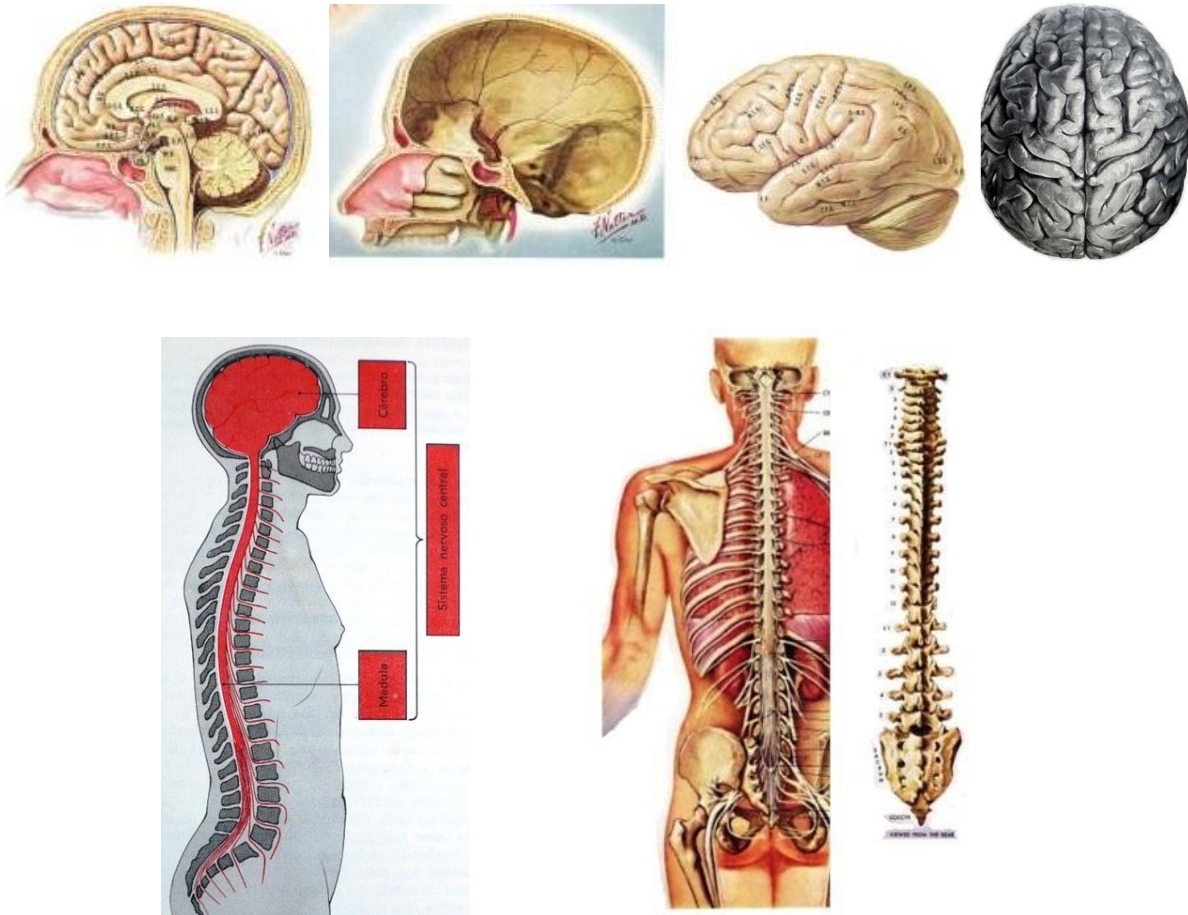
Sem pretendermos responder *de fato* a essas questões (e sermos internados em um hospício como paranoicos com delírio de grandeza), vamos nos ater a algumas características da vida que podem nos ajudar a entrar de fato neste capítulo 2.

Começemos com uma pergunta boba: “O que diferencia um sapo de uma pedra?”

1. Seres vivos AGEM. Sapos imóveis e pedras, podem, a uma certa distância, ser quase indistinguíveis. Mas então, subitamente, o sapo pode nos assustar dando um salto, o que não acontece com a pedra, a não ser no início de um terremoto ou explosão subterrânea. Mais do que isso: se olharmos atentamente a distância menor, veremos que “o corpo do sapo se expande e se contrai”, o que também não acontece com a pedra (ainda bem!). O sapo respira! Indo agora para “a intimidade”: se pudéssemos, com um mini-estetoscópio auscultar o peito do sapo, ouviríamos um discreto “rum-tum” rítmico: é o ruído de seu coraçãozinho “batendo” (contraíndo e relaxando e bombeando o sangue); e este coração ativa, simultaneamente, dois processos circulatórios: por um lado, bombeando o sangue para o pulmão afim de eliminar o

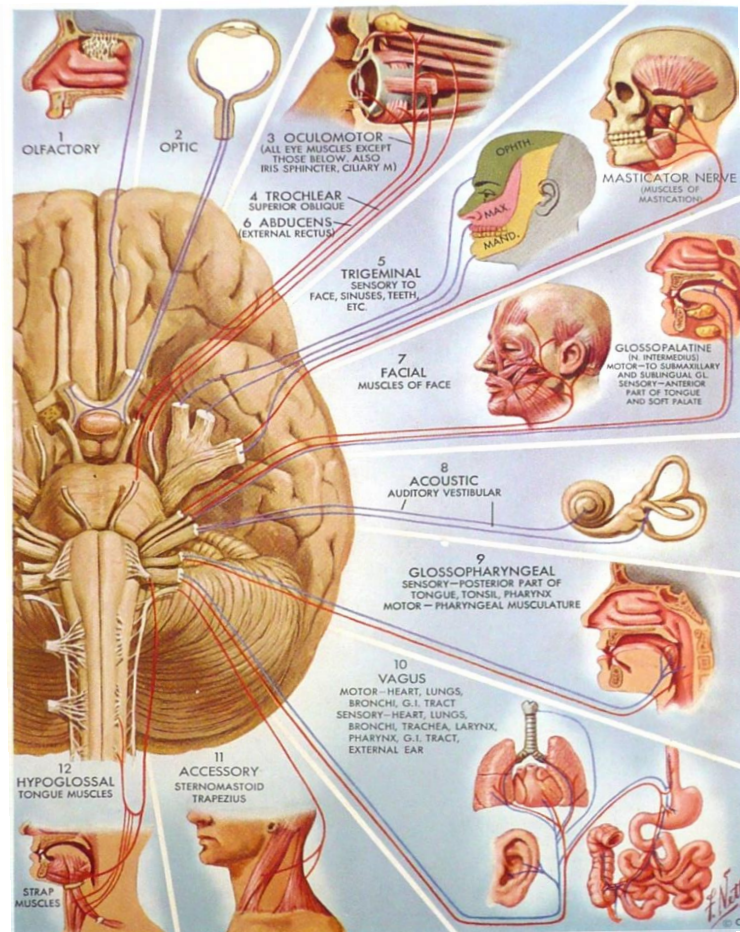
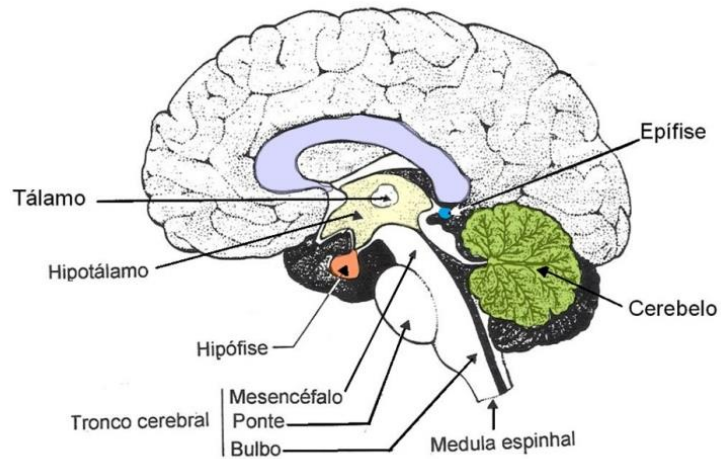
CO<sub>2</sub> que o sapo produziu, e incorporar o oxigênio de que ele precisa; e, por outro lado, para fazer esse sangue “renovado” circular pelo seu corpo. Se então descêssemos um pouco o nosso estetoscópio até a barriguinha do sapo e ele tivesse há pouco ‘linguado’ uma mosca, ouviríamos o som de seu estômago e intestinos digerindo a mosca. (Ouviríamos os, assim chamados, “ruídos hidro-aéreos” – cuja volta e presença tanto alegra os nossos cirurgiões quando estamos no pós-operatório de cirurgias abdominais).

2. Integrando tudo isso, podemos agora implementar a descrição: Seres vivos AGEM, e agem SOBRE O SEU EXTERIOR e também SOBRE O SEU INTERIOR; e, mais do que isso, AGEM POR MOVIMENTOS ou POR SECREÇÕES. E se buscarmos informações sobre como estas ações são produzidas, vamos perceber que MOVIMENTOS são produzidos por MÚSCULOS, dos quais, como ainda veremos em detalhe, há três tipos, os assim chamados MUSCULOS ESTRIADOS, que atuam sobre o ambiente externo, os MÚSCULOS LISOS que atuam sobre o ambiente interno, e o MÚSCULO CARDÍACO que forma o coração. E que as SECREÇÕES, estão a cargo de múltiplos tipos de GLÂNDULAS.
3. Veremos também que boa parte dessas ações, principalmente aquelas sobre o exterior, dependem **sempre** de um controle pelo SISTEMA NERVOSO CENTRAL (SNC). Já aquelas sobre o interior do organismo, são em boa parte desencadeadas e reguladas por processos locais e automáticos, apenas modulados por controles mais gerais do organismo, originários desse sistema nervoso.
4. Que as ativações destes processos de controle, em condições de saúde, não vem assim “do nada”, do “simples desejo”, do “súbito estalo” de nosso cérebro. Elas são, em grande parte desencadeadas e depois moduladas por um conjunto de informações que se originam em RECEPTORES SENSORIAIS.
5. Que a ligação entre os Receptores e o SNC, assim como entre este e os efetores é feita por NEURÔNIOS, células nervosas que são bem incomuns, não só por terem prolongamentos (AXÔNIOS) de grande comprimento (em alguns casos de mais um metro), como também pela sua propriedade de gerarem e transmitirem com grande fidelidade, pulsos elétricos, ao longo de todo o seu comprimento. Estes axônios, fora do SNC, se juntam formando como que cabos condutores, os NERVOS, havendo nervos *sensitivos* (trazendo informações de diferentes tipos de receptores de certa parte do organismo), quanto nervos *motores* (que levam informações de controle para os efetores), quanto ainda nervos *mistos*.
6. Neurônios também interconectam as diversas partes do próprio SNC e criam “redes”, nas quais as diversas informações são trabalhadas. São analisadas as informações de entradas, comparando-as com informações já armazenadas (seja, de maneira inata, seja aprendida); e são organizadas as informações de saída, conectando, em associações variadas, conjuntos de efetores às vezes bem diversos. E isto também de maneira inata ou aprendida.
7. Finalmente, que o SNC é formado por uma sequência de partes de complexidade crescente, que foram sendo acrescentadas ao longo da Evolução Filogenética; começando por uma MEDULA ESPINAL, à qual se ligam a maioria das entradas e saídas, através dos NERVOS ESPINAIS (**Fig.2a.01**).



*Fig. 2a.01 – Cérebro no interior do crânio, mostrando o exíguo espaço intracerebral, continuando-se com a Medula Espinal e esta com sua localização no interior da coluna vertebral e com os Nervos Espinais saindo pelos espaços intervertebrais*

E esta Medula se continua, já na cavidade craniana, com o CÉREBRO formado por um TRONCO CEREBRAL, que contem a maior parte dos Centros para as regulações básicas de funções internas (como Respiração, Frequência Cardíaca, Pressão Arterial, Ciclo Sono-Vigília e outras); um DIENCÉFALO (que contem o HIPOTÁLAMO e a grande maioria das regulações de funções Hormonais). E, a partir daí, divide-se em dois HEMISFÉRIOS CEREBRAIS, de enorme volume e pouco conectados um com o outro (exceto pela estrutura marcada em azul, o CORPO CALOSO que veremos em mais detalhes adiante). E cada um desses hemisférios termina em um CÓRTEX CEREBRAL, onde se realizam a maior parte dos processos neurais mais complexos e dependentes de aprendizado e memória. Além dos nervos espinais, doze pares de Nervos Cranianos fazem a conexão do Sistema Nervoso Central com o nosso corpo (**Fig. 2a.02**) .

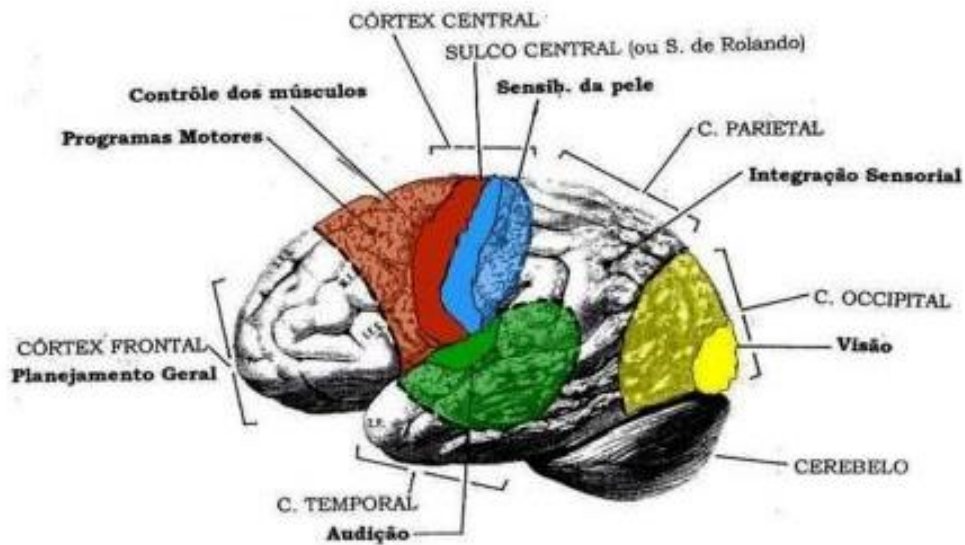


*Fig. 2a.02 – Acima, cérebro em visão medial com a nomenclatura das diversas partes, assim como, na representação inferior, os doze pares de nervos cranianos.*

Nos vertebrados mais complexos, o funcionamento do Córtex Cerebral deixa de ser automático e pré-programado geneticamente, para incluir agora áreas com funções de ANÁLISE, APRENDIZADO e MEMÓRIA específicos de cada modalidade sensorial; uma área cortical cada vez mais ampla disponível para INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES de setores

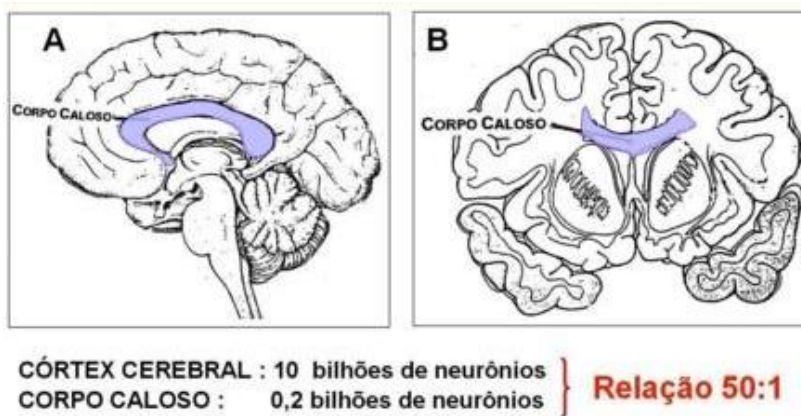


diversos e uma região ainda mais nova e ampla, de PLANEJAMENTO GERAL DE AÇÕES. (Fig.2a.03)



*Fig. 2a.03 – Especialização funcional das diferentes regiões neocorticais*

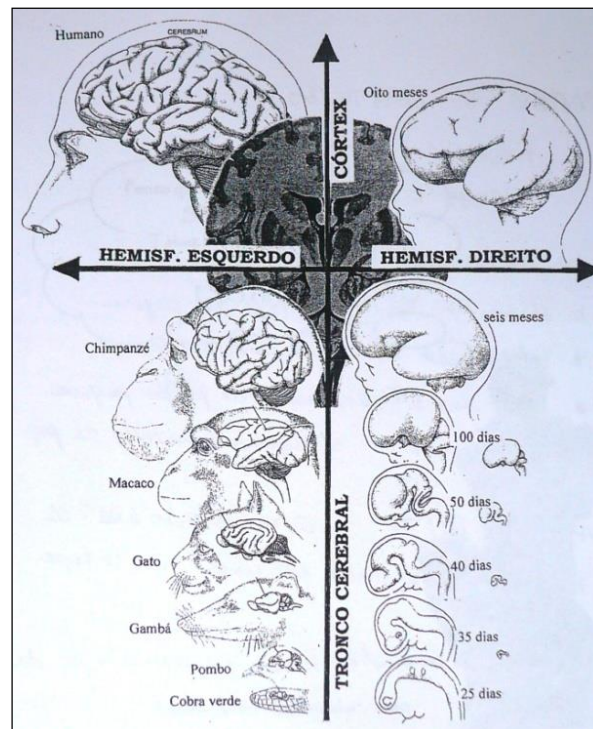
8. -Mas, em meio a todas estas maravilhas neurais, veremos também que o desenvolvimento excessivamente rápido e intenso desse cérebro nos trouxe uma dificuldade de comunicação entre os hemisférios (**Fig.2a.04**); e com isso a “alternativa” de utilizar efetivamente apenas metade da competência de seus hemisférios corticais; a tendência (peculiar de nossa espécie) à ESPECIALIZAÇÃO HEMISFÉRICA. Isto é, a escolha de um dos hemisférios como DOMINANTE, para o qual são transferidas todas as funções e modos de ação que a CULTURA NA QUAL CRESCEMOS considera importantes e o deslocamento, para o “outro lado”, de funções às quais essa cultura não atribui relevância e às quais até dificulta o nosso acesso, deixando-nos assim como que inválidos comportamentalmente.



*Fig. 2a.04 – Comunicação extremamente limitada entre os hemisférios cerebrais*

Mas, querendo ou não, todos esses grupos de células têm que dar um jeito de viverem em conjunto e de ajustarem o seu funcionamento entre si. E, mais do que isso, precisam dar um jeito de ajustarem o seu funcionamento em relação a um mundo externo muitas vezes complexo e pouco previsível, com o qual precisam conseguir “conversar”. Precisam saber “ouvi-lo” e “se fazerem ouvir” por ele.

E tudo isso vai exigir um trabalho danado dessa nossa “Noz”! Essa Noz que, em nosso grupo de Primatas e, principalmente na nossa espécie, teimou em crescer, crescer (Fig. 1.09, que já vimos e **Fig. 2a.05** abaixo), a ponto de nos tornarmos um ser com uma cabeça enorme, que teima em ser bípede e assim acabar sendo um dos mais desequilibrados que já surgiram. (Não só fisicamente!)



*Fig. 2a.05 – Crescimento do cérebro (tanto ao longo das várias classes de vertebrados, quanto no próprio desenvolvimento individual).*

E, no entanto, caricatamente, poderíamos afirmar que apesar de todo o seu tamanho, sua história evolutiva e seu longo período de crescimento e desenvolvimento, “o cérebro é cego, surdo, mudo e paralítico”. E nós nem poderíamos saber se ele afinal é inteligente, criativo ou tem sentimentos.

Para todos esses eventos existem *dispositivos ou funções de codificação e de decodificação*. Dispositivos (“**Receptores Sensoriais**”) que, por um lado, extraem algumas (realmente apenas “algumas”) informações sobre as energias que nos cercam e preenchem; tanto em termos dos tipos de energias, quanto de suas intensidades (ou até presenças). Essas recepções são então repassadas a estruturas condutoras (“**Neurônios**”) as quais, codificadamente as transferem para o Sistema Nervoso Central. Chamamos a atenção para a **eficiência** dos resultados de suas atividades, mas também para as suas **limitações** e **distorções** e das, eventualmente desastrosas, consequências desses fatos. Relembrando sempre que o processo de Seleção Natural

não é a busca “do perfeito”, mas sim “do eficiente”, ou então do “razoavelmente eficiente” (quando não do “provavelmente eficiente”). Com o agravante de que nem sempre estas “concessões à eficiência” nos são “comunicadas” ou nos ficam evidentes ‘a priori’.

## RECEPTORES SENSORIAIS E A ENTRADA DE INFORMAÇÕES

Há genericamente três grandes categorias de Receptores Sensoriais: os **Exteroceptores**, os quais detectam energias existentes no ambiente externo ao nosso redor e em contato mais ou menos intenso com o nosso próprio corpo (seja *energia mecânica* de pressão suave como tato ou carícias, mais intensa como pressão ou tão intensa a ponto de causar lesão e dor, ou ainda as *energias vibratórias* (seja as *mecânicas*, como, por exemplo, aquelas vinculadas à existência e transmissão dos sons, seja as *termoelétricas*, produzindo aquecimento ou produzindo resfriamento da pele, seja a *eletromagnética*, característica da luz); os **Interoceptores**, avaliando a intensidade de energias presentes em nosso interior, seja a *energia mecânica* de variação de pressão em vísceras ocas (participando do processo de sua regulação dos movimentos peristálticos ou da pressão arterial); seja a *energia química* (avaliando as concentrações de diferentes substâncias, como por exemplo, as concentrações dos gases O<sub>2</sub> ou CO<sub>2</sub> no sangue e participando da regulação da respiração; ou a concentração de diferentes hormônios e participando da regulação de sua secreção); seja ainda a *energia térmica* (recepção essencial para o controle de nossa temperatura corpórea); e os **Proprioceptores**, receptores de *energia mecânica* que detectam o resultado da nossa interação com o ambiente externo (como os receptores *vestibulares* que detectam posição e movimento do corpo no espaço, ou os receptores *articulares* que avaliam posições e movimentos das diversas partes de nosso corpo, uma em relação às outras).

Mas, vamos descrever mais detalhadamente apenas três diferentes tipos de receptores e sistemas sensoriais, ilustrando o fato de que a seleção de suas características e das estruturas que os acompanham, ocorre em função da *eficiência*, e não da precisão de sua sinalização e da interpretação cerebral desta.

### SISTEMA VISUAL

Este é certamente o mais complexo de nossos Sistemas Sensoriais, caracterizando-nos indiscutivelmente como seres predominantemente visuais. Além da presença de diferentes tipos de receptores para essa diferentes aspectos dessa modalidade energética, há todo um grande conjunto de estruturas que precedem os receptores, selecionando o local do espaço e o modo como este local será “examinado”.

Na parte dianteira de cada globo ocular (como se vê na **Fig.2a.06**), há duas estruturas que merecem ser descritas, por serem essenciais ao funcionamento adequado da visão: a *Iris* e o *Cristalino*.

A *Iris*, é uma membrana elástica, opaca, com um orifício central; ela contém no seu interior dois conjuntos de fibras musculares, umas dispostas em direções radiada e outras, em disposição circular em torno de um orifício central, a *Pupila*, cujo diâmetro regulam, ajustando assim a quantidade de luz que penetra no fundo do olho a cada momento. Vemos já aí uma concessão à

eficiência (os receptores visuais são utilizáveis dentro de uma gama de intensidades bastante estreita), mas, evidentemente uma distorção involuntária e não consciente da avaliação da intensidade luminosa.

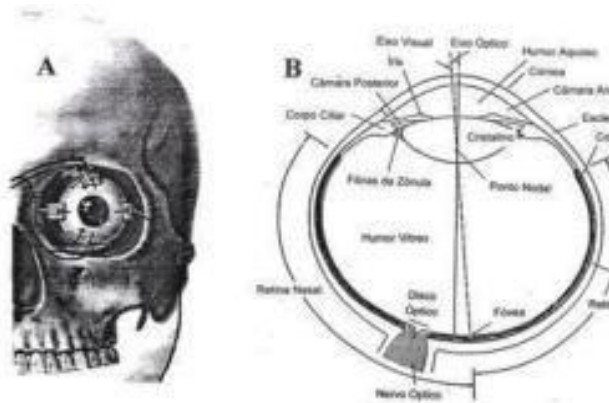
Já o **Cristalino** é um disco biconvexo de material elástico transparente, constituindo assim uma lente convergente de distância focal variável. É preso à parede interna do globo por fibras musculares de disposição radiada, cuja contração distende o cristalino, diminuindo assim o raio de curvatura de suas faces e diminuindo com isso a sua convergência. O cristalino serve para focalizar precisamente sobre a retina a imagem criada a partir dos objetos externos localizados a diferentes distâncias do olho.

Há também prendendo cada globo ocular à parede interna da órbita, seis **Músculos Externos**, estriados, de controle independente (comandados pelos 3º, 4º e 6º nervos cranianos, (como vimos na Fig.2a.02) e contração até certo ponto voluntária, que direcionam o eixo óptico dos olhos, selecionando o campo visual focalizado. Os seguidos ajustes da convergência do cristalino, bem como do grau de convergência dos dois globos (dado pelo grau de contração dos diferentes músculos externos do olho) e, evidentemente o grau de superposição dos diferentes objetos na imagem, nos fornece então uma razoável avaliação das distâncias relativas a que se encontram os objetos localizados nesse campo.

## SISTEMA VISUAL:

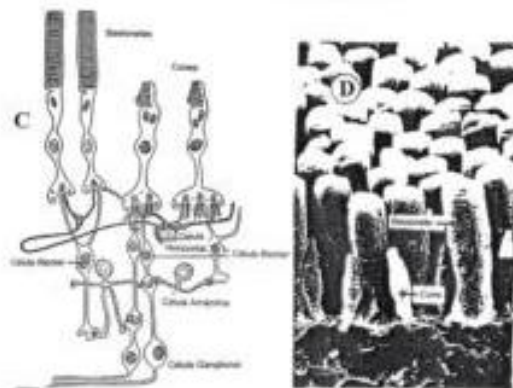
(A) - globo ocular e sua musculatura externa

(B) - estruturas internas do olho



(C) - estruturas da retina em esquema

(D) - foto real da retina



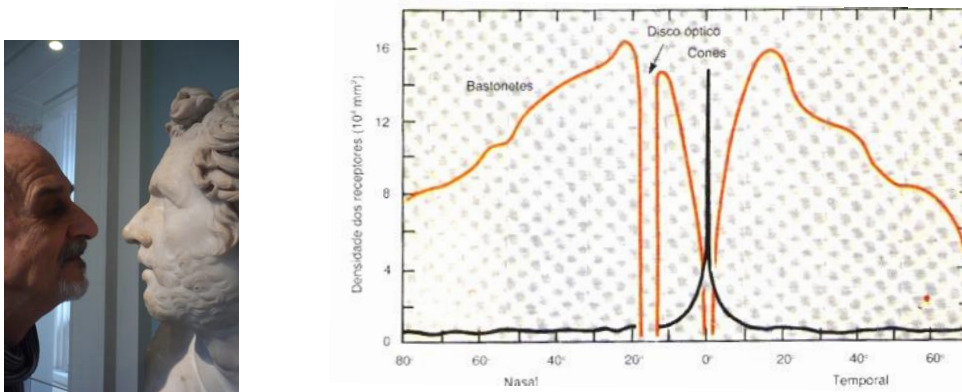


Fig. 2a.06 – Estruturas do olho e da retina

Como também mostrado nesta figura, os nossos receptores visuais encontram-se agrupados em uma região especial no fundo dos globos oculares, a **Retina**, mas em densidades bem diferentes. Há dois tipos de receptores sensíveis à radiação luminosa, os **Cones** (que percebem detalhes e diferenciam cores, mas exigem uma quantidade de luz maior; encontram-se agrupados em uma estreita região da retina chamada **fóvea**) e os **Bastonetes** (que são mais sensíveis e assim sinalizam também na penumbra, mas percebem apenas gradações de claro e escuro e completam o campo visual sem mostrar detalhes).

É interessante assinalar a distribuição diferenciada desses receptores (particularmente dos cones), gerando uma importância essencial para a **fóvea** como região de percepção de detalhes. E também, a notoriedade da região uns 15° mais medial, o **Disco óptico**, também chamado de **Ponto Cego**, região de saída das fibras nervosas que formarão o **Nervo óptico** e assim, região onde não há receptores. Nota-se assim, uma das importâncias da visão binocular (com os dois olhos), permitindo que o campo visual de cada um dos olhos cubra a área do ponto cego do outro olho, dando-nos a imagem de um campo contínuo.

Mas é importante também notar que, mesmo olhando com um olho só, a imagem visual consciente não apresenta, correspondendo ao ponto cego, uma área sem imagem. Isto é, o cérebro *criará*, mesmo para esta região, uma imagem fictícia, correspondendo a uma superposição imaginária das imagens circunjacentes. O exercício abaixo vai lhes demonstrar este fenômeno.



### EXERCÍCIO 2: PONTO CEGO.

- Pegue um cartão que tem desenhados nele, em um local uma cruz, e em outro local, na mesma face, um ponto ou círculo preto grande (ou imprima o modelo acima)
- Feche um olho e olhe para o cartão com o outro, colocando o ponto *lateralmente* à cruz, (de modo que sua imagem caia assim na retina, medialmente à imagem da cruz).

- c. Olhe fixamente para o centro da cruz (isto é essencial) e movimente o cartão, aproximando-o ou afastando-o lentamente do olho utilizado.
- d. A uma certa distância algo acontecerá com a imagem do ponto. **EXPLIQUE O ACHADO**
- e. Por que o efeito “só aparece” naquela dada distância (ou então **QUAL é o real efeito**)?

Um outro aspecto significativo da visão é o fato de que os receptores visuais sinalizam a luz na medida em que esta desdobra o pigmento no seu interior e que este desdobramento altera as características elétricas do receptor e gera sinais nervosos. Assim, ao mesmo tempo em que um receptor está sinalizando a chegada de luz, ocorre o desdobramento de pigmento no seu interior e com isso ele se torna menos sensível. Mas nós não percebemos isso (nosso cérebro compensa esta “falha”). Cores diferentes são sinalizadas na medida em que há três tipos de cones tendo cada tipo um pigmento mais sensível a uma determinada faixa do espectro de radiações luminosas. Pode-se então já pressupor que, se iluminarmos uma determinada área da retina com uma imagem de uma determinada cor, os cones daquela área, sensíveis àquela cor, ficarão menos sensíveis. O que acontecerá então se, durante um certo tempo após esta estimulação colorida, iluminarmos toda a retina com luz branca (que tem todos os comprimentos de onda visíveis)?

O exercício abaixo nos dará a resposta.

### **EXERCÍCIO 3: PÓS-IMAGENS– DESDOBRAMENTO DE PIGMENTOS**

- a. Pegue um dos cartões já preparados, ou imprima o modelo abaixo, com diferentes formas geométricas coloridas nele pintadas, contendo, cada figura, um ponto negro bem evidente no seu centro. E contendo também, em outro ponto do cartão, um ponto negro sobre a superfície branca



- b. Fixe atentamente, com um dos olhos, durante 10 ou 20 segundos, o ponto preto no centro de uma das figura (cobrindo o restante do papel), até que surja um halo colorido em torno da figura.
- c. Mude agora, subitamente, a direção do olhar, fixando atentamente o ponto preto isolado no centro do cartão (cobrindo as outras imagens); após alguns instantes surgirá uma imagem.
- d. Descreva e discuta o achado.
- e. Repense criticamente a frase tantas vezes dita com ênfase: **“Só acredito VENDENDO!”**

## RECEPTORES DE TATO OU DE PRESSÃO,

Detectam e avaliam a existência e a intensidade de estímulos mecânicos em contato com a pele, sendo assim extremamente importantes para a nossa interação fina. Como exemplo, temos as carícias ou a Leitura em Braille.

No entanto, esses receptores nos dão exatamente um exemplo brilhante do caráter de “busca de eficiência”, que a Seleção Natural veio usando, e que podemos testar:

**EXERCÍCIO:** Duas pessoas, sendo uma (que ficará de olhos vendados) o “objeto de teste” e a outra, o “experimentador”, que fará os testes de discriminação tátil.

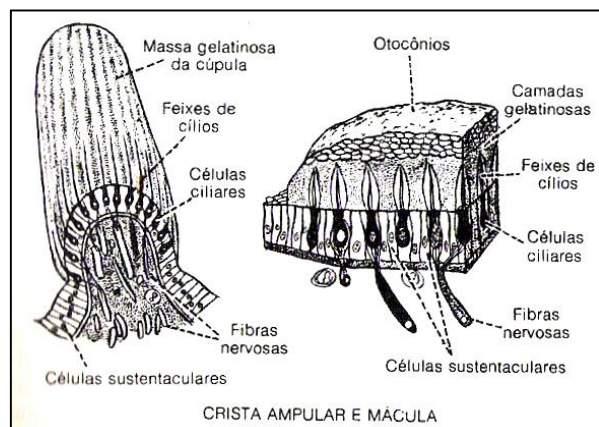
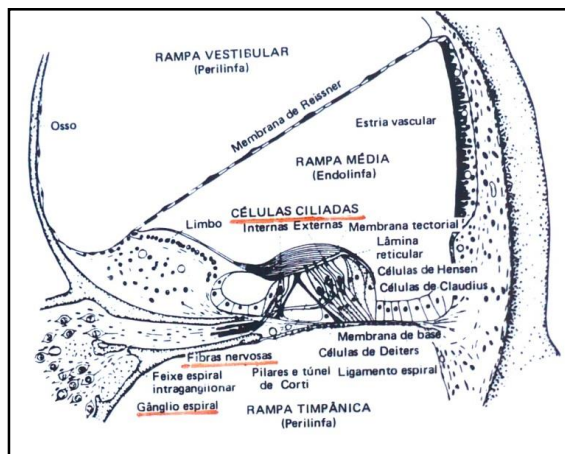
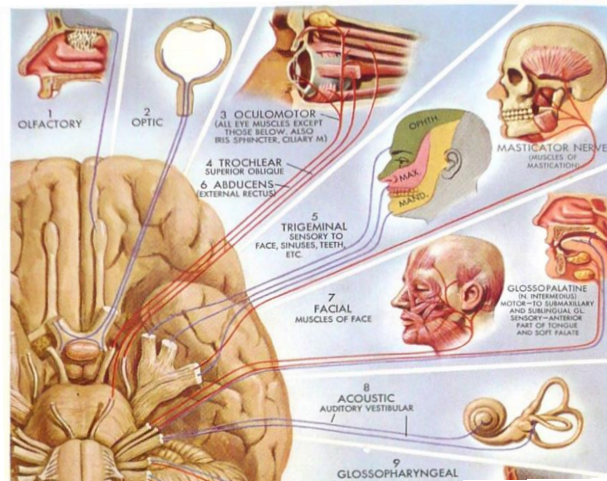
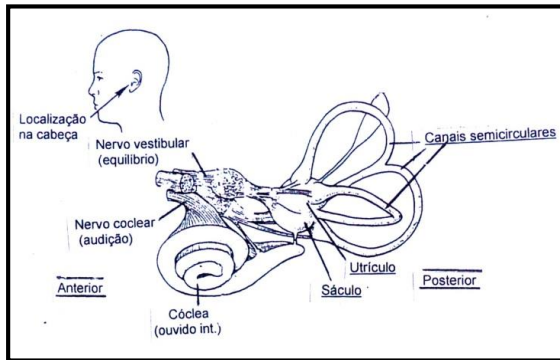
- a. Providenciar uma régua de 20 cm ou mais; e também papel e lápis;
- b. Um pedaço de arame simples, de metal resistente (menos de 1 mm de diâmetro e uns 15 cm de comprimento); um clipe desdobrado, por exemplo.
- c. Dobrar o arame fazendo um “U” e ajustar a distância entre as pontas, para cerca de 1 cm;
- d. O experimentador, encostará suave e simultaneamente as duas pontas do arame na polpa digital de um dedo indicador do sujeito experimental (que estará de olhos vendados), perguntando-lhe “quantas pontas ele (o sujeito experimental), percebe, uma ou duas”.
- e. Caso ele perceba duas, como provavelmente será o caso, o experimentador repetirá o teste, mas agora, ou com as duas pontas do arame um pouco mais próximas, ou então encostando apenas uma das pontas só; e repetirá esses testes, até o sujeito experimental deixar de perceber com segurança o estímulo como duplo ou simples, anotando então na tabela o valor dessa distância e o local do corpo onde ela ocorreu;
- f. Repetirá então o teste em outras regiões do corpo, além da polpa digital (mão, antebraço, braço, ombro, omoplatas, meio das costas); se agora o valor de um cm não for suficiente para a discriminação segura, o procedimento será o de aumentar a distância entre as pontas, até ocorrer a clara discriminação entre o estímulo duplo e o simples, anotando em cada caso o local do corpo e o valor da distância mínima discriminada.

SE POSSÍVEL, COMPARAR OS RESULTADOS OBTIDOS COM DIFERENTES SUJEITOS EXPERIMENTAIS e RESPONDER À QUESTÃO: “Podemos efetivamente confiar naquilo que “é palpável”?”

OBS: na Fig.2b.17 veremos justificativas para esta discriminação...

## RECEPTORES AUDITIVOS E VESTIBULARES

São dois sistemas sensoriais com função bem diversa, localizados na cabeça muito próximo um do outro (**Fig.2a.07**), que se baseiam ambos em receptores de energia mecânica, estruturalmente bastante semelhantes (são células ciliadas que sinalizam deformações de sua superfície produzidas pela movimentação do seu cílio, o qual está imerso em uma substância gelatinosa), que provavelmente tiveram origem evolutiva simultânea (tanto que suas informações são conduzidas para o cérebro por dois ramos do mesmo 8º par de nervos cranianos) mas acabaram sendo eficientes em sinalizações bastante diferentes.



**Fig. 2a.07 – Estruturas da região do ouvido interno**

Os **receptores auditivos** são estimulados pela chegada do som ao líquido da cóclea, causando oscilações rítmicas movimenta a *Membrana Basilar* sobre a qual se assentam os receptores. Isto faz com que os seus cílios (sobre os quais se apoia uma *Membrana Tectória*) sejam deformados, produzindo estímulos nervosos que serão interpretados no córtex cerebral temporal (região verde na figura2a.03) como sons.

Evidentemente o comprimento da cóclea e as suas características de elasticidade, determinarão os limites de frequência sonora ouvidas por diferentes espécies. E mesmo em nós, à medida em que a frequência sonora ouvida se aproxima dos limites audíveis, a sensibilidade auditiva vai diminuindo, dando-nos a sensação de que o som vai ficando cada vez mais fraco, até “desaparecer”. Podemos então também afirmar que, para nós nem todo som é audível. Comparado a um morcego (que “enxerga” no escuro, utilizando o eco dos ultrassons que emite) nós somos semi-surdos (ou “quase cegos”...).

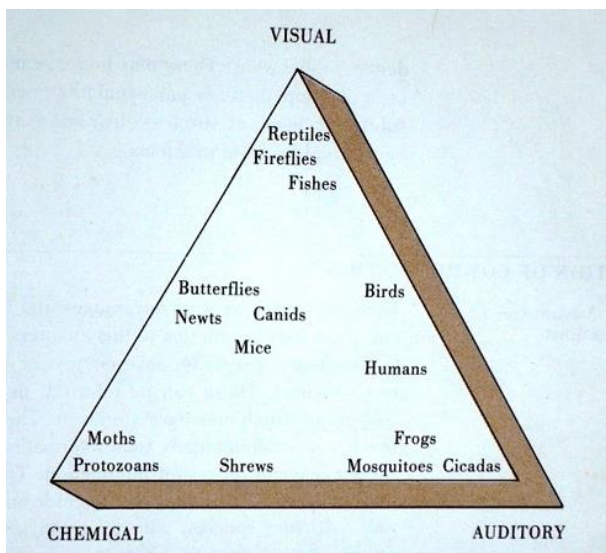
Já os **receptores vestibulares** (fig. em baixo à direita) localizam-se em duas estruturas de função bastante diferente: as *cristas* que existem nas extremidades de cada um dos três *canais semi-circulares* e que são ativadas com a deformação produzida por acelerações angulares no



mesmo plano espacial do canal; já as *máculas* existentes no *sáculo* e no *utrículo* contem *Receptores vestibulares* que contem *otocônios* (cristais com massa e inércia maior), e que são deformados e ativados pela posição espacial e pela aceleração retilínea da cabeça.

## **DIFERENTES NÍVEIS IMPORTÂNCIA BIOLÓGICA DAS VÁRIAS MODALIDADES SENSORIAIS DE EXTEROCEPÇÃO**

O caráter de busca de eficiência também fica evidente quando comparamos diferentes grupos animais, como ilustrado no diagrama abaixo (**Fig.2a.08**), que dispensa maiores comentários, além do elogio que podemos fazer aos cães e camundongos pela sua percepção equilibrada do ambiente.



*Fig. 2a.08 - Diferentes níveis de importância biológica das diferentes modalidades de recepção em diferentes grupos de animais.*

## **NEURÔNIOS E A CONDUÇÃO E INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES**

Como já chamamos a atenção, o valor e o nível de funcionamento de diversas das variáveis internas de nosso organismo deverão ser ajustados o mais precisamente possível às necessidades biológicas nos diversos momentos da vida.

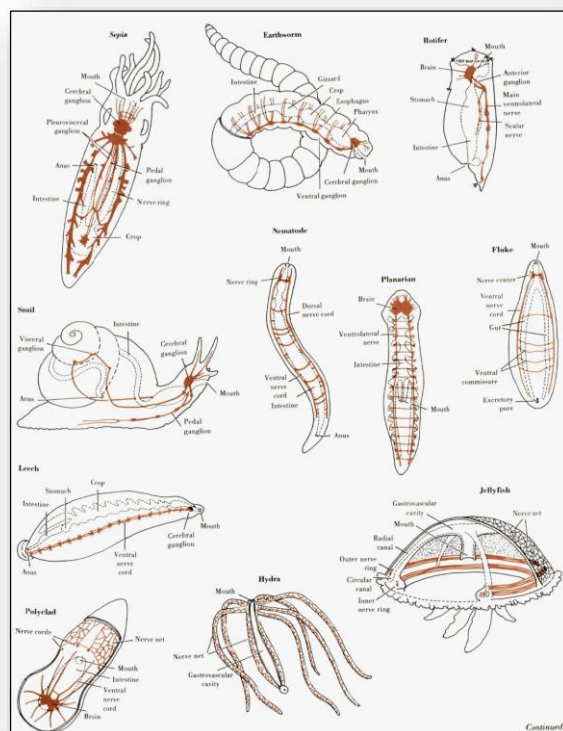
Organismos unicelulares, dadas as suas reduzidas dimensões e meio interno “único”, obviamente sempre reagem como um todo. Sua “preocupação biológica” poderia ser descrita como “comer, crescer e se multiplicar, antes de ser comido ou destruído de outra maneira, permitindo periodicamente o surgimento de mutações genéticas e a adaptação a novos ambientes”. E fazem isso

com muita eficiência, haja visto o número de bactérias e de vírus que continuam existindo, sofrendo mutações e se especializando apesar de toda a nossa tecnologia...

Mas, com o surgimento dos pluricelulares e seu gradativo aumento de tamanho, esta unicidade deixou de ocorrer. As várias partes do seu corpo passaram a existir “em diferentes lugares”, correndo riscos diferentes e “seus vários meios internos” precisando ser continuamente regulados e “unificados”. Mais do que isso, seria muito útil se eles pudessem ter também uma avaliação do mundo a uma certa distância ao seu redor. E, obviamente, eles também tinham que “atuar”. Sobre diversas variáveis em diversos locais de seu interior e também do exterior (como já vimos com o nosso amigo sapo).

E para isso eles precisaram desenvolver, não só “receptores” e “efetores”, mas também “condutores de informações” entre uns e outros; e, idealmente, “locais de integração dessas informações e organização de padrões de resposta”.

Em animais invertebrados primitivos, este quadro ainda é bastante simples, como se vê na **Figura 2a.09**. Ainda assim, embora muitos deles só tenham uma rede de neurônios interconectando receptores e células musculares, alguns mais evoluídos, como os cefalópodos e mesmo a Planária, já têm um gânglio central que poderia quase merecer o nome de Cérebro.



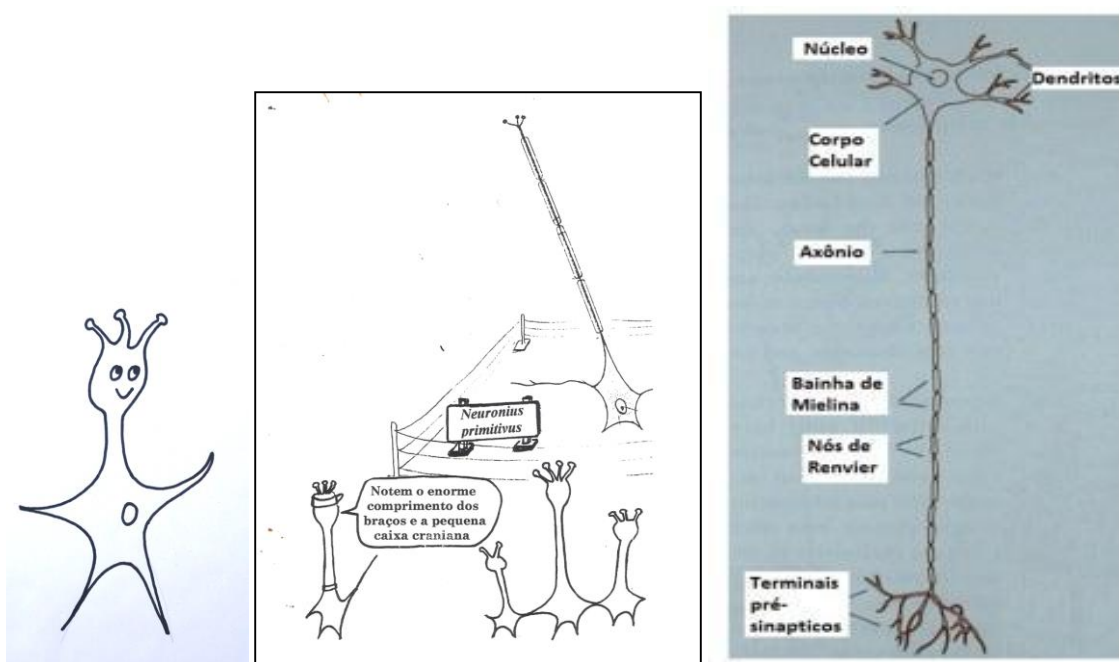
**Fig. 2a.09 – Sistemas Nervosos em diferentes invertebrados**

Mas, com o surgimento dos vertebrados, de dimensões corpóreas mais avantajadas e interações funcionais mais complexas, seja com o seu meio interno, seja com o ambiente externo, um processo de recepção, comunicação, integração e ativação de diferentes efetores se tornou muito desejável.

Genericamente, há duas formas de **Condução de Informações**: ou por meio de substâncias dissolvidas no sangue ou por meio de sinais elétricos conduzidos em Neurônios.

Destes dois, o mais “primitivo” é o de lançar alguma substância na corrente sanguínea e deixar que o sangue leve esta mensagem até os locais de destino. Simples, prático, razoavelmente rápido e eficiente para efeitos globais no organismo como um todo, como, por exemplo, o efeito de hormônios, sendo assim utilizado, mesmo na nossa espécie, com esta função. Mas, mesmo direcionando o fluxo sanguíneo preferencialmente para certos territórios do organismo durante certo tempo e utilizando moléculas mensageiras razoavelmente específicas, ainda assim ele é bem pouco preciso.

Para o encaminhamento desta dificuldade, surgiu então, já desde os invertebrados (como vimos na figura acima) a **Condução Nervosa** baseada em **Neurônios (Figura 2a.10)**.



**Fig. 2a.10** “Muito prazer, Neurônio” (que ainda será muito vosso conhecido)...

Os *Neurônios* adultos são células bastante diferenciadas das outras células do organismo, tanto do ponto de vista morfológico, quanto funcional. Genericamente porém, como todas as outras células, tem um corpo celular com um núcleo e todas as organelas, sejam elas genes, sejam estruturas do aparato do seu metabolismo. Saindo desse corpo celular (**Figura 2a.11**), há um conjunto variável de filamentos menos longos, os **dendritos**, que são os locais de recebimento de informações nervosas; e um prolongamento, geralmente mais longo e mais espesso, o **axônio** (que é a estrutura de saída de informação) o qual termina em pequenas expansões, os **botões terminais**, locais de transmissão dessa informação para outras estruturas; em geral, para outros neurônios, ou então, para células musculares, ou até para glândulas.

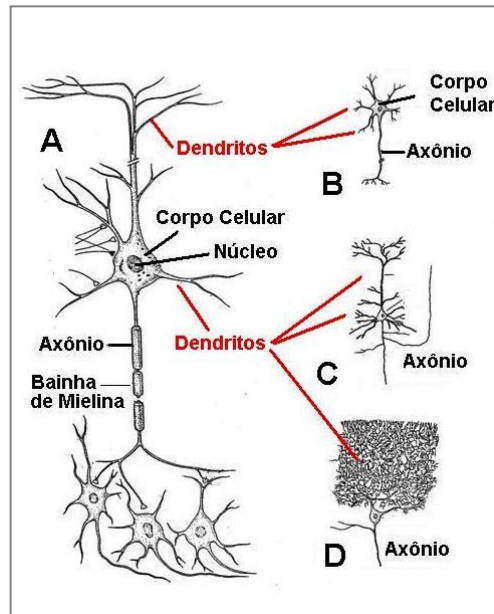


Fig.2a.11 – Diversos tipos de neurônios (B: motoneurônio espinal, C: Célula piramidal

do hipocampo; D: Célula de Purkinje do cerebelo), caracterizando-se principalmente:

1. pela densidade da ramificação dos seus dendritos, diferindo com isso a sua capacidade de integração de informações;
2. pelo comprimento de seu axônio de saída, podendo ser, desde milimétrico, na maioria deles, até atingir o comprimento de dezenas de centímetros em neurônios espinais;
3. pelo fato de terem ou não, um revestimento de mielina no seu axônio, diferindo com isso enormemente na sua velocidade de condução da informação.

Funcionalmente, a Condução Nervosa é baseada na criação e transmissão de pequenos e repetitivos pulsos elétricos, os chamados *Potenciais de Ação*.

Um potencial de ação, uma vez gerado em algum ponto de um axônio, percorre-o rapidamente, sendo recriado de ponto em ponto, sempre com a mesma característica. Ele é, portanto, um *Sinal Digital*.

Cada região do axônio que foi ativada, gerando um *Potencial de ação*, rapidamente volta à condição de repouso, podendo ser novamente ativada. O axônio pode assim, ser percorrido, não apenas por um, mas por uma sequência de sinais (um *Trem de Potenciais de Ação*). (Figura 2a.12).

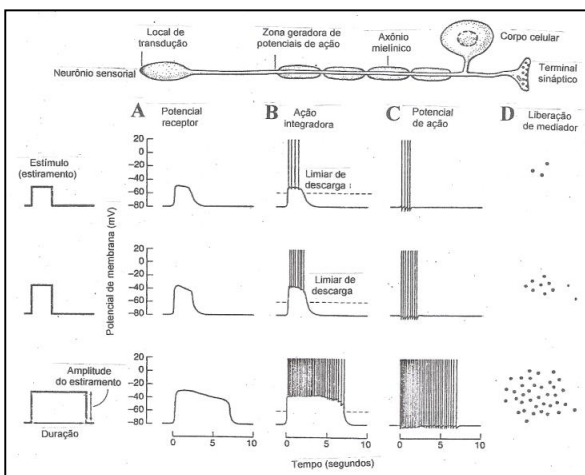


Fig.2a.12

**Fig.2a.12 – Esquema de eventos elétricos em diferentes locais de um neurônio.**

Neste gráfico, estão representados os eventos elétricos gerados a partir da estimulação mecânica de um receptor de pressão, mostrando em **A** as diferentes características de um *Potencial Receptor*, o qual, embora algo instável, tem intensidade e duração proporcionais àquelas do estímulo de pressão aplicando-se assim um  *sinal analógico*. Este Potencial Gerador, como mostrado em **B** e **C**, só se propaga até o segmento inicial do axônio. Mas, se tiver intensidade suficiente, gera um *Trem de Potenciais de Ação*, de duração semelhante à do estímulo, e de *frequência* de potenciais no trem, proporcional à sua intensidade, (sendo, no entanto cada sinal idêntico ao outro, isto é, como já sabemos, um  *sinal digital*). Finalmente, em **D**, descreve-se a intensidade da liberação de *Mediador* pelos botões sinápticos (onde a sinalização de intensidade novamente se *torna analógica*, sendo dada pela *quantidade de mediador liberada*) o qual irá atuar sobre o próximo elemento da cadeia.

Nada como uma boa criatividade evolutiva...

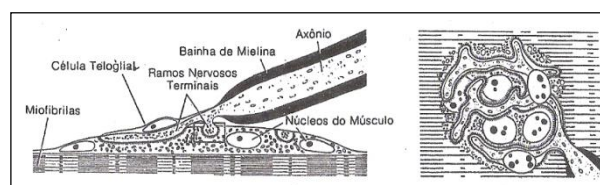
De fato, a solução foi tão eficiente, possibilitando o envio de mensagens a longas distâncias e com muita precisão, (seja quanto ao seu local de origem, sua intensidade e tipo de agente causal), que o organismo desenvolveu mecanismos, no próprio processo funcional da membrana, para acentuar, tornar mais rápido e preciso este modo de variação de voltagem: criou, não só os isolamentos de *mielina*, mas também espaços entre eles, os chamados *nós de Ranvier*, entre os quais o Potencial de Ação salta, a chamada *condução saltatória*, dezenas de vezes mais rápida do que a condução *ponto a ponto*.

**É preciso, no entanto, termos em mente que a transmissão nervosa é sempre uma “codificação da realidade em curso”, não sendo, efetivamente, a transmissão dessa realidade.** Voltaremos a esse ponto e às suas possíveis consequências mais adiante no texto.

Fica-nos então a indicação de que, aquilo que caracteriza morfo-funcionalmente um neurônio são, na realidade, **as suas conexões**, principalmente o lado pelo qual *recebe* as informações. Seja a conexão com um receptor sensorial (do qual ele recebe diretamente estímulos elétricos, os Potenciais Geradores), seja o local de contato com botões sinápticos de outros neurônios, (dos quais ele recebe estímulos químicos, vesículas com mediadores). E esses estímulos poderão então gerar novos Potenciais de Ação que irão percorrer o seu axônio, acarretando também o transporte do mediador produzido pelo seu corpo celular, até a sua “outra extremidade”, onde, durante o desenvolvimento, se formaram botões sinápticos, os quais foram atraídos e se ligaram a outros elementos excitáveis (dendritos ou corpos celulares de outros neurônios, placas motoras de células musculares, membranas de células glandulares).

Terminais de neurônios podem assim ter diversos destinos, ações e funções.

Quando o elemento pós-sináptico é uma célula muscular estriada, a junção (uma *Placa Motora-Figura 2a.13* ) tem sempre o caráter de um acoplamento intenso e pleno; o mediador liberado é sempre *Acetilcolina* e o seu efeito é sempre o de produzir também um Potencial de Ação na célula muscular causando uma ativação do seu mecanismo contrátil.



**Fig. 2a.13**

**Fig. 2a.13 – Terminal de um neurônio motor sobre uma célula muscular estriada**

(Placa Motora), mostrando a intimidade e riqueza em botões terminais dessa junção, os quais, à chegada de um estímulo pelo axônio irão liberar uma grande quantidade do mediador Acetilcolina, cuja função será sempre e inevitavelmente a de produzir Potenciais de Ação na célula muscular.

Quando o elemento pós-sináptico for uma célula marca-passo do músculo cardíaco, o efeito dependerá de qual for a procedência do neurônio de chegada. Se ele provier do componente Simpático de Sistema Nervoso Autônomo, o seu mediador será sempre a noradrenalina e o seu efeito será o de acelerar a frequência de descargas da célula marca-passo e assim, também do coração. Se a procedência for do componente Parassimpático desse Sistema, o mediador liberado será a Acetilcolina e o seu efeito será o de retardar o marca-passo e diminuir a frequência de batimentos cardíacos.

Quando o elemento pós-sináptico for uma célula muscular lisa, o efeito dependerá também de qual setor do Sistema Nervoso Autônomo provier o neurônio (e assim, de qual for o mediador liberado, noradrenalina ou acetilcolina). Dependerá também do setor do organismo em que esta musculatura lisa se situa, podendo ser um efeito *tônico*, isto é, de contração graduada e mantida (como por exemplo na musculatura da Iris do olho) ou de uma contração *fásica* isto é, intensa, rápida e menos duradora (como por exemplo na musculatura do útero durante o parto).

Se agora o elemento pós-sináptico for um outro neurônio, o efeito será bem mais complexo: dependerá do número de botões sinápticos que estiverem em contato, do tipo de mediador que for liberado e, obviamente, também da frequência de Potenciais de Ação que estiverem chegando e do intervalo de tempo entre os trens de Potenciais (isto é, da quantidade de mediador liberada a cada intervalo de tempo), levando em conta que na membrana da célula pós-sináptica, próximo a cada botão sináptico, há a produção e liberação de enzimas específicos para inativar rapidamente o mediador liberado, restringindo assim o seu tempo de ação. E levando em consideração que além dos mediadores propriamente ditos podem também ser liberados “Neuro-moduladores”, os quais, ao invés de atuarem apenas sobre o Potencial de Membrana (facilitando ou inibindo a geração de Potenciais de Ação naquele momento), podem atuar sobre o próprio metabolismo do neurônio pós-sináptico aumentando ou diminuindo a sua intensidade.

Levando então em consideração os fatos de que: (a) os efeitos do mediador sobre o Potencial de Membrana são analógicos (isto é, são variáveis e proporcionais à quantidade e tipo de mediador liberados); (b) a quantidade de mediador liberada pelo neurônio pré-sináptico é proporcional à frequência de potenciais de ação que chegam aos seus botões terminais (como já vimos na Fig.2a.12); (c) é grande a densidade de botões sinápticos que frequentemente recobre os dendritos e o corpo celular do neurônio pós-sináptico, como ilustrado moderadamente na **Figura 2a.14** abaixo; (d) é enorme a quantidade de dendritos característica de alguns neurônios, como foi ilustrado pelo neurônio D, na Fig.2a.11 que vimos acima; (e) há uma grande intimidade do contato entre os dois elementos sinápticos, conforme nos mostra a **Fig. 2a.15**; percebemos que **a região sináptica é então um grande “processador algébrico” de efeitos químicos sobre o Potencial de Membrana do neurônio pós-sináptico**. Como resultado, momento a momento, dessa “soma algébrica”, podemos ter, desde a produção de um trem de frequência máxima de Potenciais de Ação, até um estado de inibição intensa desse neurônio ou qualquer estado intermediário entre estes dois.

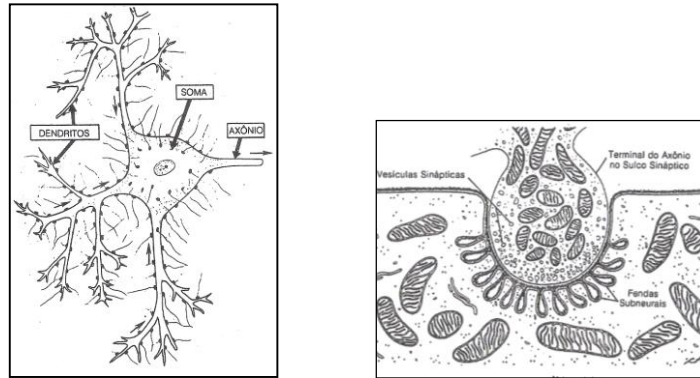


Fig.2a.14 e 2a.15 Contatos sinápticos

Dessa maneira, podemos afirmar que todas as informações que chegam a um dado *neurônio pós-sináptico* em um tempo próximo, serão então somadas algebricamente, desencadeando ou não um ou mais Potenciais de Ação. Essa nova resposta digital será então o resultado da somatória de todas as informações de chegada, levando em consideração: a) o seu **tipo** (ativador ou inibidor), atribuindo assim, um significado ao seu local de origem; b) a sua **intensidade**, função da quantidade de mediador liberada a cada momento, em resposta à frequência de Potenciais de ação no trem que chega; c) o **encadeamento temporal** dos trens de potenciais que chegam, em função da duração limitada do efeito de cada liberação de mediador.

Esta aparente explicação final de todas as dúvidas sobre o fenômeno de integração de informações é na realidade apenas uma supersimplificação, que parte de uma situação definida de vias neurais e interconexões **já estabelecidas**. Mas não nos diz **nada** sobre as energias que estão em jogo no **estabelecimento** destas ligações durante o nosso desenvolvimento individual. Nem nos diz algo sobre as energias em jogo para se manterem estas ligações e, nem para se modificarem no caso de um aprendizado; ou até, de se refazerem com conexões alternativas em casos de lesões.

Assim, por exemplo, como é que **cada** um dos neurônios que estão se desenvolvendo num embrião “sabem” **qual** o receptor sensorial (tipo e localização) que devem procurar para se conectar (E a mesma dúvida, com os mesmos níveis de dificuldade, se coloca em relação à inervação de unidades motoras em diferentes músculos, ou até inervação de fibras em diferentes tipos de músculos).

Mas tudo isso se torna exponencialmente ainda mais complexo quando entramos “para dentro do Sistema Nervoso”: para quais outros neurônios (tipos, locais, procedências) “cada um daqueles cavalheiros deve se apresentar e propor casamento”. E a questão não se restringe a responder “quem” são estes candidatos a contato. Ela é muito mais complexa do que isso, pois exige a definição sobre “com que nível de intensidade e de ‘significância’ deve ocorrer a conexão”. Assim, quantos botões terminais cada neurônio deve “oferecer” a cada um dos “contatáveis”. E também, quantos e “de quem” **ele** deve aceitar botões (que em última instância irão determinar os seus “caminhos de vida”). E essa questão dos botões sinápticos é ainda mais sutil e complexa, na medida em que um mesmo tipo de botão terá “valor” diferente em função da posição dele no corpo do neurônio pós-sináptico. Assim, por exemplo, o “significado” de um botão

sináptico em contato com a extremidade distal de um dendrito longo, será totalmente diferente do que a desse mesmo botão em contato com o segmento inicial do dendrito.

Tudo isso, levando em consideração que TODOS esses neurônios provêm de uma ÚNICA célula ovo e carregam em si por toda a sua vida IDÊNTICOS PATRIMÔNIOS GENÉTICOS.

Simplesmente NÃO DÁ para supersimplificarmos tanto assim, se não quisermos ser considerados, inclusive por nós mesmos, como INTEIRAMENTE TAPADOS. Certamente deve haver conversas bem mais sutis e profundas entre todos esses elementos. Infelizmente em uma “língua” que nós (ainda?) não conseguimos entender.

Talvez um bom modelo para esta dificuldade seja a linguagem das baleias que até pouco tempo atrás apenas nos pareciam “arrotos ou peidos marinhos” e que hoje sabemos constituírem dialetos cheios de detalhes e com sutis variações de ano a ano.

E, provavelmente, estejamos falando de fatos que dificilmente serão entendidos e, mais ainda, aceitos por nossa cultura racional-analítico-mecanicista...

## OS EFETORES

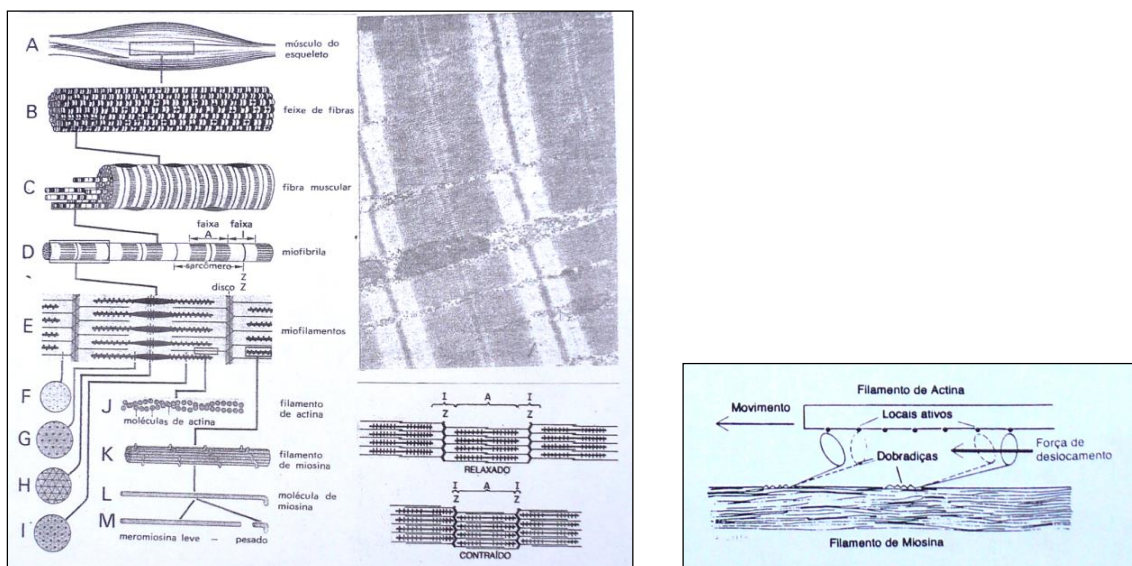
Entrando então em maiores detalhes sobre os nossos “produtores de ação”, iniciaremos falando sobre as **células musculares**, que também constituem o “lado de saída” de nossa vida de relacionamento.

Vejamos os

### **DIFERENTES TIPOS DE MÚSCULOS.**

#### **Músculos Estriados** (Células musculares estriadas)

São formadas, tendo no seu intracelular, camadas ordenadas de dois tipos de proteína: filamentos de **Actina** que são mais finos, criando, no seu conjunto, áreas mais claras; e filamentos de **Miosina** mais grossos e, no seu conjunto, mais escuros, criando assim o característico aspecto estriado que dá o nome a este tecido (**Figura 2a.16**)



**Fig. 2a.16 Músculos Estriados** Imagem à esquerda: Célula muscular estriada mostrando o seu aspecto histológico estriado e os filamentos finos de actina e grossos de miosina que a compõe; e



também o processo de imbricamento entre eles, seja em repouso, seja ativada a contração; **Imagem à direita** processo de contração, pelo imbricamento gradativo entre os filamentos de actina e de miosina quando da formação de pontes ativamente móveis entre eles.

Esses dois tipos de filamento se encontram, durante o repouso, apenas ligeiramente imbricados e atados uns aos outros por pontes proteicas. Quando a célula muscular estriada é ativada, ocorre a formação temporária de pontes adicionais entre os dois tipos de filamento que os atraem entre si, imbricando-os gradativamente e encurtando a célula muscular como um todo.

Diversas células dispostas em paralelo e ativadas simultaneamente, somarão as suas tensões, aplicando esta energia mecânica nas suas extremidades às quais se ligam, de cada lado, os tendões do músculo. Os tendões, por sua vez, se fixam a pontos específicos de diferentes ossos, ossos esses que, interligados por articulações, tenderão a se movimentar entre si quando da contração muscular.

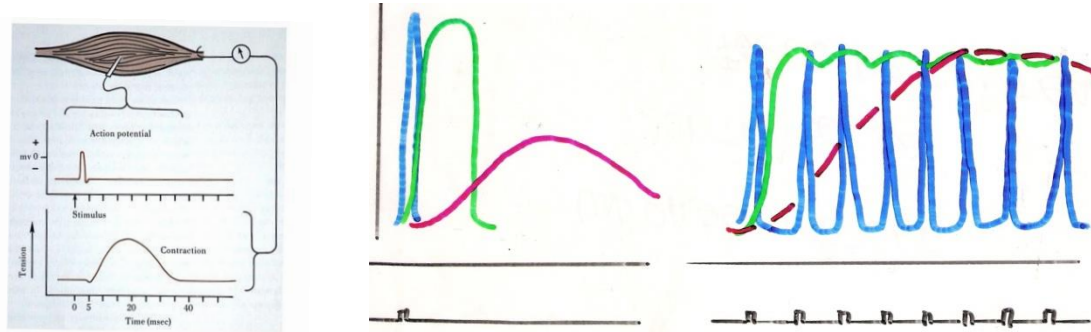
Os músculos estriados tem uma conexão funcional essencial: a sua inervação motora. Cada célula muscular estriada, em repouso, normalmente **só** irá contrair ao receber impulsos nervosos, vindo por “seu” neurônio motor, impulsos estes que gerarão, Potenciais de Ação também nela, desencadeando a ativação das pontes móveis e a contração.

Mas, cada neurônio motor irá inervar não apenas uma única célula muscular estriada, mas sim um conjunto delas, que assim sempre funcionarão em grupo, como unidade, recebendo por isso o nome de *Unidade Motora*. O número de fibras musculares inervada por motoneurônio (isto é o tamanho das unidades motoras) é variável dependendo do tipo de músculo, caracterizando o grau de fineza com que ele pode ser controlado. Assim, por exemplo, na musculatura externa do olho que exige um grau de controle muito preciso e sutil, cada neurônio motor inerva apenas algumas poucas fibras musculares (o tamanho das unidades motoras é muito pequeno). Já num músculo de controle mais grosseiro, como, por exemplo, o quadríceps da perna este tamanho é grande (cada motoneurônio inerva muitas fibras musculares).

Os neurônios motores dos músculos do tronco e dos membros, tem o seu corpo celular no interior da Medula Espinal. Os seus axônios, em conjunto com os axônios de outros motoneurônios, que irão para o mesmo músculo, formam um Nervo Motor. Nervos Motores são então conjuntos *de axônios* os quais se estendem, sem interrupção, desde o Sistema Nervoso Central até o músculo em questão, às vezes por distâncias consideráveis de 50 cm ou mais.

A condução de um único potencial de ação em um neurônio motor (ou a condução simultânea de um potencial de ação em diversos deles) e a chegada desses estímulos em cada uma das células musculares estriadas que eles inervam (nas suas Unidades Motoras), levará então, com uma pequena latência, a um súbito encurtamento, seguido logo de um relaxamento dessas células musculares: um “abalo muscular” (**Figura 2a.17** no meio). Nota-se já nesta figura que a tensão registrada no tendão não ocorre ao mesmo tempo que a ativação dos elementos contráteis. Isto assim ocorre pela elasticidade do tecido conjuntivo interposto entre os filamentos de actina e miosina e a inserção dos tendões (isto é, as bainhas que envolvem conjuntos de fibras e os próprios tendões), acrescentando assim uma latência à resposta, tanto no encurtamento quanto no alongamento. Esta aparente falha é, na realidade, uma característica funcional essencial. Assim, havendo, um trem de potenciais de ação vindo pelos mesmos moto-neurônios, e,

especialmente, se esses potenciais de ação não estiverem vindo todos ao mesmo tempo (sincronizados), mas fora de fase, haverá, não contrações e relaxamentos sucessivos no músculo, mas sim uma contração parcialmente mantida (**Figura 2a.17** à direita). A tensão efetivamente feita pelo músculo na extremidade dos seus tendões dependerá então do número de unidades motoras ativadas, da frequência de ativações de cada uma delas e da somação de seus efeitos.



**Fig. 2a.17 – Contrações no músculo estriado– Acontecimentos associados a um estímulo único (um único potencial de ação) ou a uma sucessão de estímulos (um “trem de potenciais de ação), vindos pelos neurônios motores, e sua relação com a tensão desenvolvida pelo músculo.** Nos gráficos coloridos, os registros em azul são os impulsos elétricos (os potenciais de ação); em verde a ativação do processo contrátil; e em vermelho a tensão efetivamente desenvolvida na extremidade do tendão.

Percebe-se assim, novamente aqui, a ocorrência de uma “falha útil”: a presença do tecido conjuntivo, que, teoricamente atrapalha, impedindo uma resposta mais rápida do músculo (que, na realidade seria sempre um “abalo”, isto é, uma contração, imediatamente seguida de relaxamento) na realidade acaba sendo útil, possibilitando a somação das ativações e a produção efetiva de uma tensão mantida (como no esquema da direita).

Quando falamos em músculos estriados, pensamos quase sempre em movimentos voluntários, isto é em ativações voluntariamente produzidas e controladas. E deixamos de levar em consideração a existência de numerosas ativações reflexas, extremamente importantes na nossa vida quotidiana, como, por exemplo, nos *reflexos de retirada*, pelos quais afastamos rapidamente (e antes mesmo de tomarmos consciência) um local do corpo em que os receptores de lesão foram ativados.

Um outro tipo de reflexos que quase constantemente ocorre em nossas pernas quando estamos em pé ou andando (mas que existe, em princípio em todos os músculos estriados) é o chamado *Reflexo Miotático* (**Figura 2a.20**). Há no interior de todo músculo esquelético, receptores de estiramento, os chamados *Fusos Neuro-musculares* cuja ativação, assim que o músculo é subitamente estirado, desencadeia, reflexamente, a ativação de várias Unidades Motoras. Serão ativadas tanto mais unidades quanto maior for a força de distensão e assim a contração de um número proporcional de fibras musculares se opõe à distensão. É evidente o papel essencial que este processo desempenha em situações como quando saltamos de diferentes alturas, ou durante a simples marcha ou corrida, liberando-nos de exercer continuamente ordens voluntárias finamente reguladas aos músculos antigravitários.

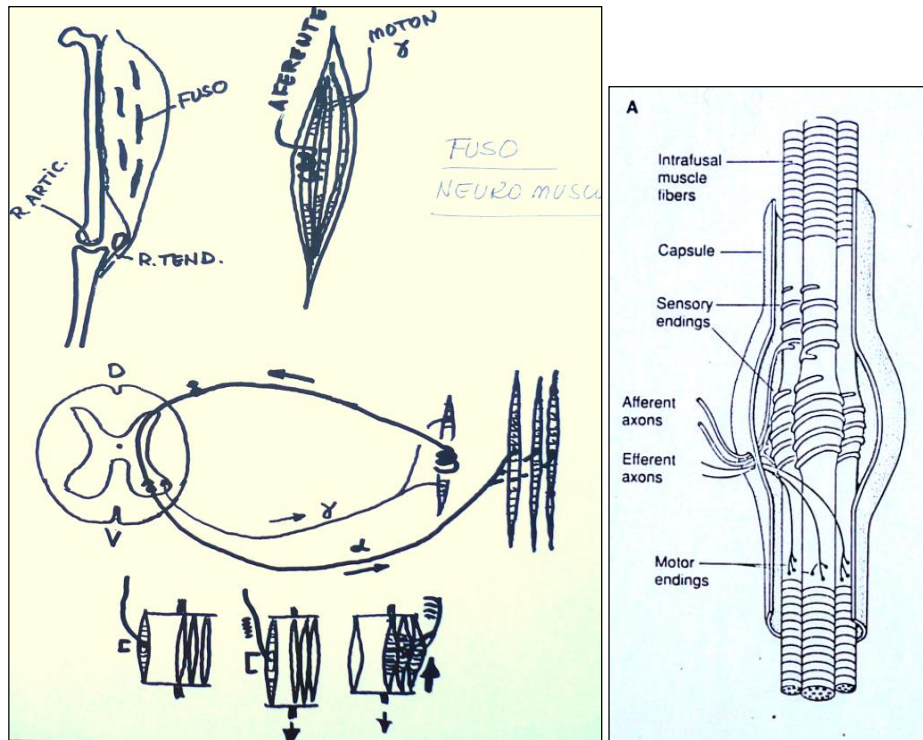


Fig.2a.18 - Reflexo Miotático e à direita, estrutura de um fuso neuromuscular

Na parte de cima da figura à esquerda e na figura da direita, estão representados receptores de estiramento (*Fusos neuro-musculares*), mostrando vários localizados no interior de um músculo e um deles em detalhe.

Na parte de baixo dessa figura, representação esquemática de uma *Unidade Motora*, mostrando a existência de um receptor de estiramento (célula isolada à esquerda dos conjuntos, que manda informações pelo seu neurônio sensorial em direção à medula espinal, onde este se liga diretamente a um neurônio motor que volta ao músculo, innervando um conjunto de células musculares estriadas. A sensibilidade do receptor de estiramento é regulada por um outro tipo de neurônio motor cujo corpo celular também está na medula. (Outros detalhes deste processo reflexo serão descritos mais adiante).

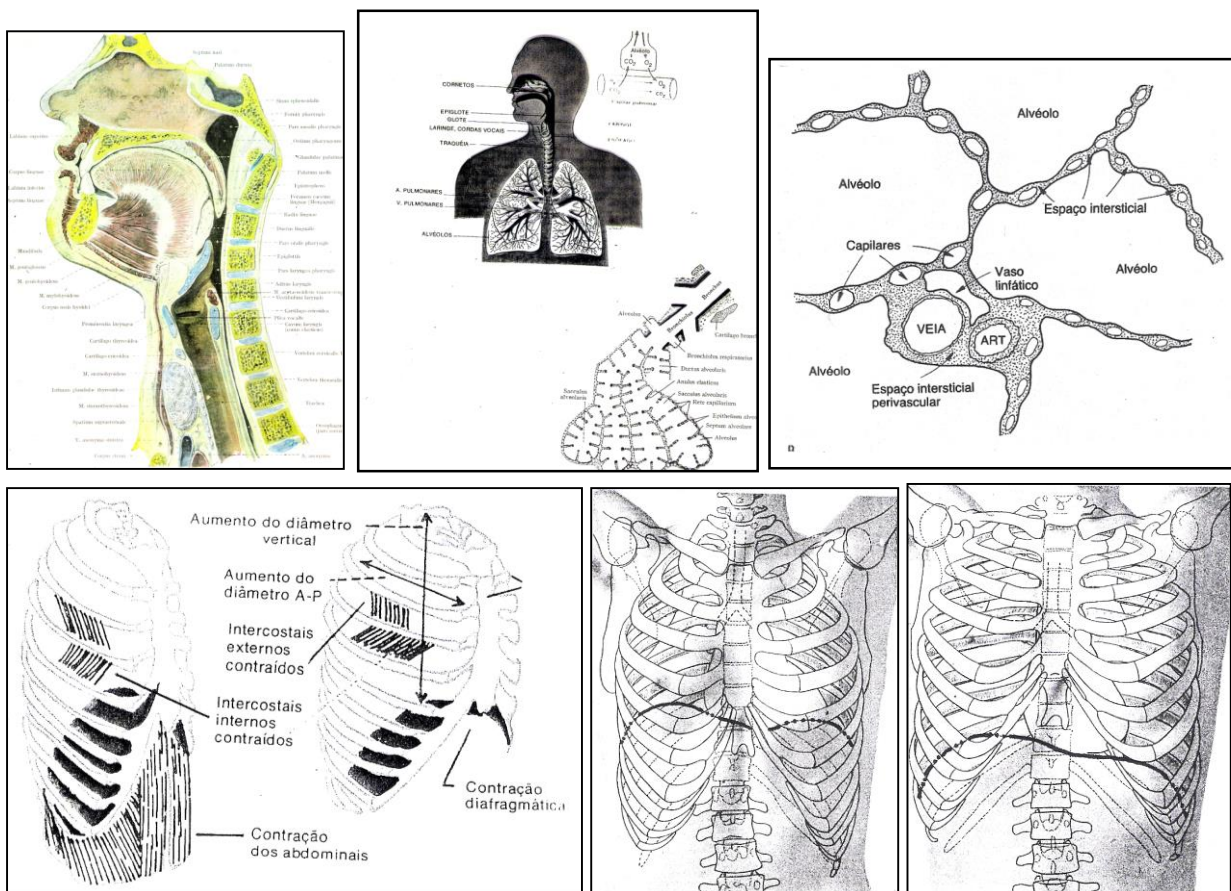
Note que quando falamos de músculos estriados pensamos quase sempre em movimentos de pernas e de braços, em atividade física, locomoção, desempenho (eventualmente “musculação”). Atividades sem dúvida importantes, mas certamente quase nunca essenciais para a sobrevivência imediata.

E esquecemos com isso dois tipos de músculos estriados absolutamente essenciais à vida: os músculos torácicos e abdominais e o diafragma. Na falha ou paralisia deles, imediatamente nossa respiração cessa e em poucos minutos, se tanto, estaremos mortos. Acontece que o pulmão é o único órgão do tronco, necessariamente móvel e que não tem um sistema de movimentação interno. Todo o seu movimento, e assim, todo o movimento do ar dentro dele, é feito por sucção e o de saída, por compressão.

Excluindo o controle exercido pela musculatura lisa em torno dos brônquios e brônquiolos e que tem funções de defesa, embora por vezes crie problemas (as pessoas com asma que o digam!...), todos os demais eventos na via respiratória ocorrem por ação de músculos estriados.

Já nas próprias vias de entrada do sistema (**Figura 2a.19**), regulando e subdividindo a passagem entre a via digestiva e a respiratória (causa de tantos engasgos...), lá está a musculatura dos lábios, da língua e da glote. Útil, não apenas como simples regulação da passagem de ar, mas também, como moduladora de suas passagens, dado os estranhos sons que esta passagem de ar é capaz de produzir, sons nos quais baseamos grande parte de nossa cultura!

Todo o restante da via respiratória também é passiva. Precisa “ser movimentada”. Exige a atividade da musculatura torácica. Nos movimentos respiratórios normais, participam os músculos *intercostais externos* (os quais são inspiratórios por elevarem as costelas aumentando o diâmetro anteroposterior e transversal do tórax e) e, inversamente, os *intercostais internos*, que são expiratórios. Neste movimento suave participa moderadamente também o *diafragma* cuja contração abaixa a sua cúpula e assim, expande o espaço intratorácico aspirando o pulmão. Seu relaxamento, ao contrário, permite a expiração, a qual, por sua vez é ainda facilitada pela contração da musculatura abdominal, aumentando a pressão intra-abdominal e pressionando o diafragma para cima. Um auxílio da musculatura mais externa, (tal como a musculatura peitoral, a musculatura abdominal e, se necessário, até a musculatura cervical, immobilizando a primeira costela e a clavícula e permitindo assim a atuação mais intensa dos intercostais) vai sendo gradativamente solicitado à medida que o metabolismo e a necessidade de trocas de gás carbônico por oxigênio vão aumentando.



**Fig. 2a.19 – Sistema Respiratório.** Acima à esquerda, comunicação do sistema com o exterior, mostrando o papel de destaque de lábios, língua e glote; no centro, subdivisões

crescentes do sistema até chegar aos alvéolos em íntimo contato com os vasos sanguíneos (à direita). Na parte **de baixo**, a musculatura respiratória e os movimentos respiratórios: a contração dos músculos intercostais externos e do diafragma, produzindo o aumento do volume interno do tórax e criando assim, (dado a sua impermeabilização pela pleura) uma pressão negativa que “aspira” e expande passivamente o pulmão. E o inverso acontece pela contração dos músculos intercostais internos, relaxamento do diafragma e pressão adicional feita pelos músculos abdominais, se necessário..

### **MÚSCULO CARDÍACO**

O segundo tipo é o *Músculo Cardíaco* (Fig. 2a.20) que forma o coração. Suas fibras tem uma constituição muito semelhante à dos músculos estriados, mas sua atuação é sempre conjunta e seu controle é sempre involuntário. Há um mecanismo chamado **marca-passo**, localizado no próprio coração, no qual um conjunto de células geram ritmicamente impulsos elétricos os quais ativam, em sequência, as quatro câmaras do coração. Na realidade há duas destas estruturas. A primeira, chamada “**nó sino-atrial**”, na entrada do átrio direito (ou aurícula direita), o qual gera, ritmicamente, impulsos elétricos (potenciais de ação) que vão ativando as células musculares de ambos os átrios, produzindo a sua contração e o esvaziamento do sangue nelas contido para os ventrículos. Quando então esse processo de ativação atinge um segundo conjunto de células na transição entre átrios e ventrículos, o chamado “**nó átrio-ventricular**” (ou aurículo-ventricular), gera-se um novo processo de ativação, o qual agora, por meio de um sistema de condução especializado (o chamado **Feixe de Hiss**), se espalha rapidamente por toda a massa muscular dos ventrículos, ativando-a, praticamente toda, ao mesmo tempo, produzindo uma muito potente contração. Potentes válvulas “átrio-ventriculares” de tecido conjuntivo (as chamadas “Válvula Tricúspide” no lado direito e “Válvula Mitral” do lado esquerdo), localizadas no orifício de transição entre cada um dos átrios e seu correspondente ventrículo, são impulsionadas para cima, ocasionando o seu fechamento, impedindo o refluxo do sangue para os átrios; garante-se assim, simultaneamente, um jato de sangue do ventrículo direito em direção à artéria pulmonar (e à circulação pulmonar) e do ventrículo esquerdo para a aorta (e para a circulação sistêmica, ocasionando aí a chamada “pressão arterial sistólica”, de, idealmente, 120mmhg); passado esse fluxo grande, a pressão arterial diminui cerca de um terço, para a “pressão arterial diastólica”, idealmente de 80mmhg).

Na realidade, o que se percebe, dado o processo sequencial de ativação é que o coração “bate em dois tempos”: primeiro contraem (mais suavemente) os átrios, impulsionando o sangue para os ventrículos (os quais neste momento estão relaxados); a seguir, contraem potentemente ambos os ventrículos, fecham-se as válvulas átrio-ventriculares (impedindo o sangue de refluir para os átrios) e este é assim impulsionado fortemente (contra a resistência da pressão arterial diastólica) para o interior desta circulação.

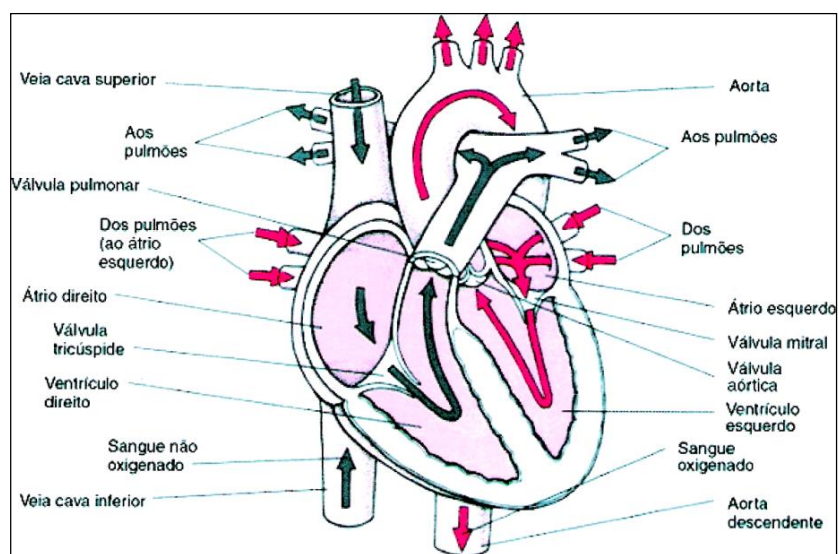
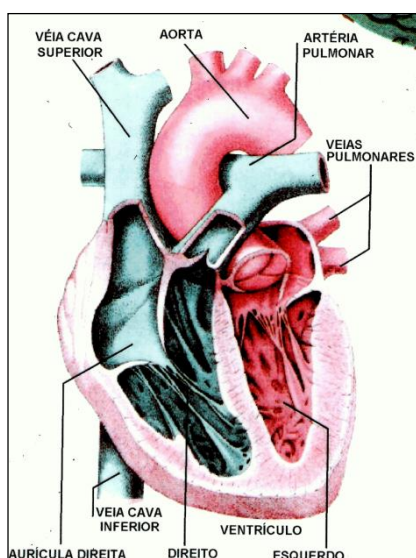
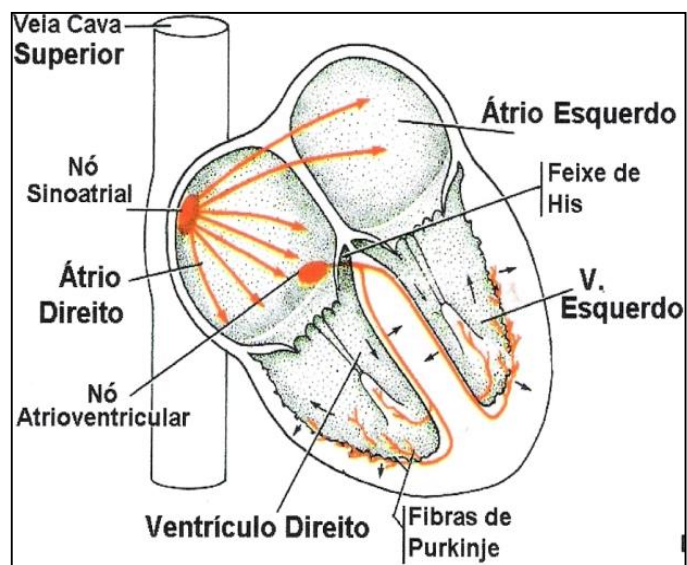
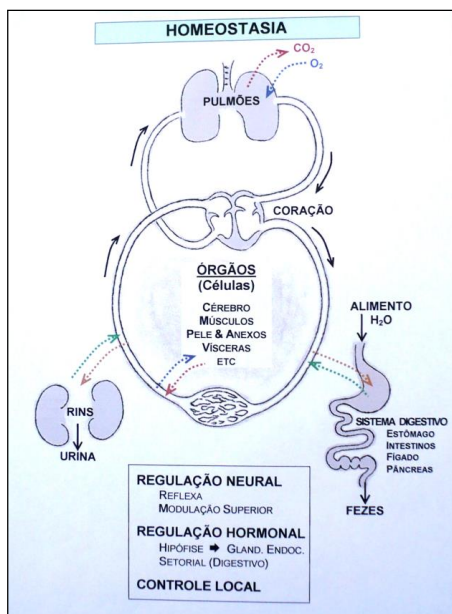
Mas, a atividade do primeiro marca-passo, o nó sino-atrial, e, portanto, de todo o coração, é também modulada por um conjunto de neurônios motores, do *Sistema Nervoso Autônomo* (como será visto adiante), havendo neste conjunto dois subsistemas funcionais, um ativador, o chamado *Sistema Simpático*, acionado em situações de exercício físico e em situações de estresse, que atua

acelerando a frequência de batimentos cardíacos e gerando um maior fluxo de sangue e, às vezes, uma maior pressão arterial. E o outro subsistema, o *Parassimpático*, que é ativado em situações de repouso, e tem efeito inverso, desacelerando o coração e diminuindo o fluxo de sangue.

**EXERCÍCIO 1:** com auxílio de um estetoscópio (ou mesmo com o ouvido colado ao peito de um “voluntário”), tente ouvir os dois ruídos bem característicos dos dois tempos cardíacos: “rum-tá”.

**EXERCÍCIO 2:**

1. Providencie um cronômetro ou relógio com ponteiro de segundos e, se possível, um medidor de pressão arterial; e diversos voluntários;
2. Meça pulso e pressão arterial dos voluntários em repouso;
3. Peça então um a um, todos fazerem algum exercício padrão;
4. Meça agora (um a um e **logo após** o término do exercício) seu pulso e pressão arterial.



**Fig.2a.20- Coração e circulação.** No topo à esquerda deste conjunto de imagens, esquema das “duas circulações” (a pulmonar e a sistêmica); no topo à direita, os “marcapassos” e o caminho da ativação; **em baixo** à esquerda imagem real das quatro câmaras, das veias que a elas chegam e artérias que delas partem (mas recoloridas em função do tipo de sangue que veiculam); à direita, o mesmo modelo, mas agora com os fluxos sanguíneos esquematizados. Note-se, retendo cada uma das válvulas átrio-ventriculares, um conjunto de fibras, que são essenciais para evitar o impulsionamento das válvulas para cima, quando da contração dos ventrículos permitindo assim o refluxo do sangue para os átrios, ocasionando as, assim chamadas, “insuficiências” (mitral ou tricúspide).

E o terceiro tipo de musculatura é o **MÚSCULO LISO**

Este tipo de músculo tem funções bastante diversificadas em diferentes setores do organismo.

Assim, por exemplo, todo o trato digestivo, exceto os seus “contatos com o mundo externo”, são formados por músculos lisos. Cabe a estes músculos, não só movimentar o bolo alimentar por meio dos *movimentos peristálticos*, levando-o ao longo dos diversos setores; mas também em determinados pontos, como, por exemplo, antes e após o estômago, formar esfíncteres, que possibilitam reter o bolo alimentar naquele setor durante o processo de digestão mais longo e intenso que ali ocorre; ou ainda, novamente com movimentos peristálticos, mas agora de vai-e-vem, movimentá-lo, misturando e triturando-o, para um trabalho de digestão mais intenso e específico.

Do mesmo modo, grande parte da parede das artérias tem músculo liso incorporado, cuja função é a de manter um tônus nestes vasos, determinando com isso a pressão arterial a cada momento. Mesmo nesse setor, a existência dos chamados esfíncteres arteriolares e pré-capilares limita, potencialmente, o fluxo em setores menos vitais do organismo, quando isso se faz necessário.

Um terceiro exemplo de função bastante distinta acontece no olho, onde, na íris, como já sabemos dois conjuntos de fibras musculares lisas, um circular e um radial, garantem, através de contrações apropriadas, o diâmetro da pupila e assim a entrada de quantidade de luz adequada ao funcionamento dos receptores visuais a cada momento. Também no olho, separando a câmara anterior da posterior, o cristalino, com características de lente convergente, muda a sua curvatura através de contrações adequadas da musculatura lisa que o prende à parede do olho, e assim ajusta a nitidez, na retina, das imagens de objetos a diferentes distâncias.

Uma característica funcional específica das fibras musculares lisas é que além de respostas à estímulos locais eles são controlados pelos dois setores do Sistema Nervoso Autônomo (veja **Fig.2a.21**), sendo sempre um deles ativador e o outro, inibidor das contrações.

Outra características importante da fibras lisas é a sua resposta “tônica”, isto é, cada fibra tem respostas de encurtamento de intensidade variável em função da intensidade da estimulação

(da frequência de potenciais de ação vinda por seus neurônios motores). E também, por sua capacidade de manter uma dada tensão por tempos longos.

Isto é bem diferente, como já sabemos, daquilo que ocorre com as fibras musculares estriadas e mais ainda com as cardíacas que tem sempre resposta “fásica” (isto é, cada fibra, quando estimulada efetivamente, responde sempre tipo “tudo ou nada”, isto é, com contrações totais seguidas de relaxamentos também completos).

No caso do coração, como já vimos, esse tipo de contrações e relaxamentos completos é essencial para a manutenção adequada do fluxo sanguíneo. E no caso de músculos estriados, quando o objetivo não é o de produzir contrações parciais mantidas ao invés de contrações completas seguidas logo, de relaxamentos, isto é conseguido pela ação amortecedora do tecido conjuntivo de fascias e tendões e pela ativação assíncrona das fibras (como já discutimos acima).

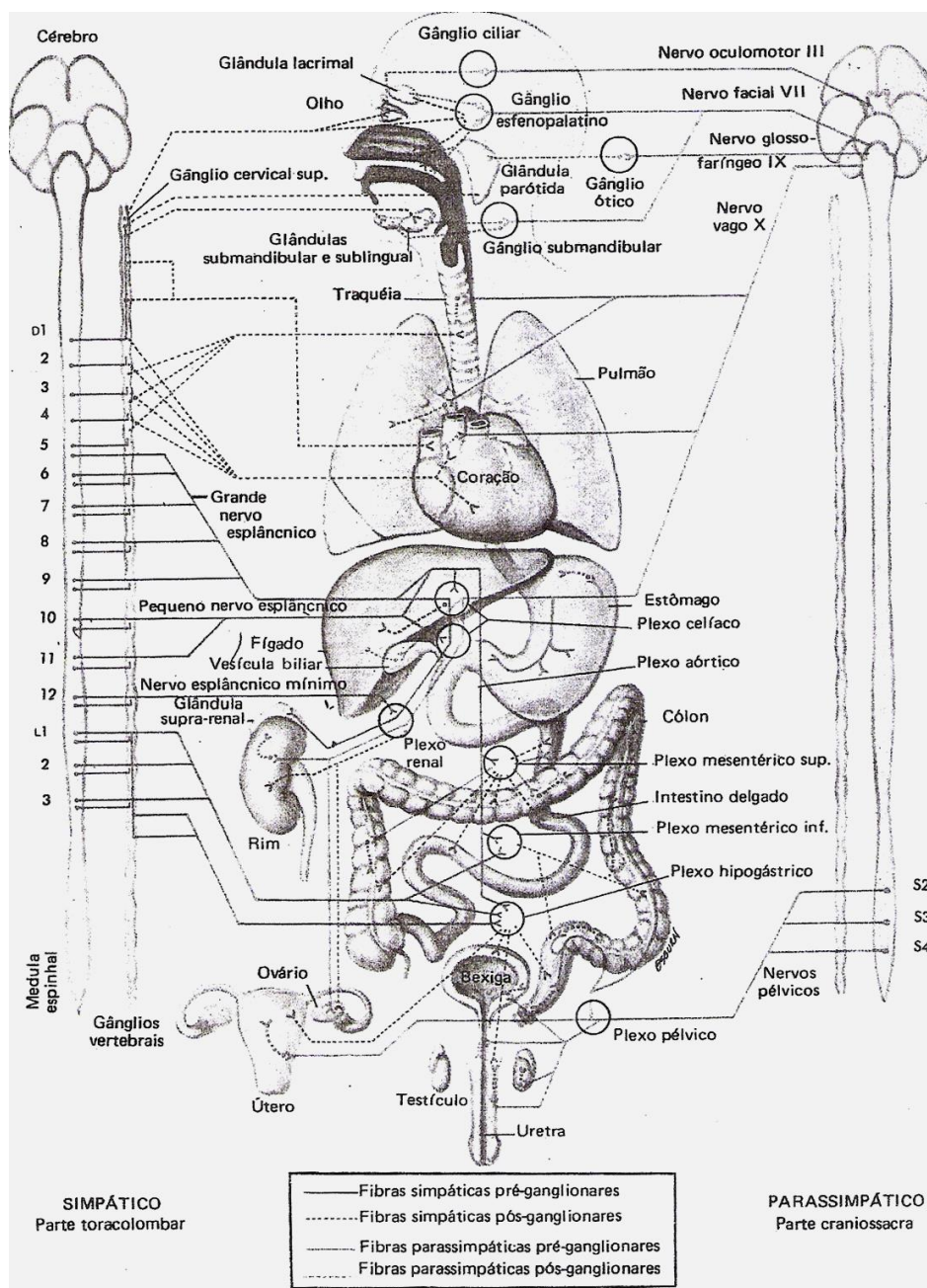


Fig.2a.21



**Fig.2a.21**–Anatomia das vias de saída simpática e parassimpática, e a inervação do músculo cardíaco e dos músculos lisos; Note-se que estão sendo aqui representadas apenas as vias de saída desses subsistemas já fora do SNC, levando informações já organizadas em outros setores, como veremos adiante.

### **EXERCÍCIO 3:**

1. A auscultação abdominal com estetoscópio, detectando a presença dos chamados “ruídos hidroaéreos”, resultados da movimentação do bolo alimentar e assim da atividade da musculatura lisa intestinal. (Notar que esta auscultação é uma parte importante do exame físico de pacientes, seja no atendimento de emergência, seja no pós-operatório de cirurgias abdominais).
2. Com auxílio de um pequeno farolete, ligando e desligando a luz defronte um olho do sujeito experimental, pode-se efetivamente ver a pupila fechando e depois abrindo (o movimento é relativamente lento). Se possível, escolher uma pessoa de olhos claros, cuja pupila é mais fácil de ser observada.

Globalmente, uma comparação de características dos três grupos de músculos é apresentada na **Tabela 2a.01** abaixo, onde se mostra não só as diferenças entre os dois tipos de músculos com filamentos de actina e miosina “organizados” (o Estriado e o Cardíaco), mas também, e principalmente, as diferenças entre estes e aquele com filamentos “desorganizados” (o Liso).

	MÚSC. ESTRIADO	M. CARD.	M. LISO
<b>Filamentos</b>	A+M organizados	A+M organiz.	A+M desorganiz.
<b>Membrana</b>	isolam. funcional (U.M.)	sincínio funcional	sincínio func.
<b>Pot. Membr.</b>	85 mv	80 mv	60 mv
<b>Pot. Ação</b>	1-5 ms	150-300 ms	variável
<b>Contração</b>	10-90 ms	150-300 ms	~1000 ms
<b>Encurt. Máx.</b>	~30%	~30%	~400%
<b>Plasticidade</b>	não	não	sim
<b>Fusão contraç.</b>	sim (>50/s)	não	sim (>1/s)
<b>Ativação</b>	motoneurônio	marca passo	m.p. + estim.local
<b>Modulação</b>	não	SNA + adrenalina	SNA + hormônios

**Tab. 2a.01** – Comparação entre as características dos três tipos de músculos

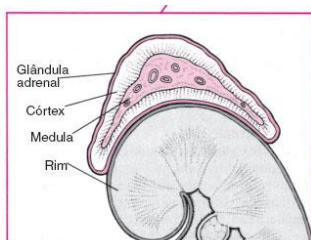
O músculo esquelético (Estriado), pelo fato de ter um isolamento funcional entre os subgrupos (Unidades Motoras), permite, obviamente, um controle fino da intensidade da tensão desenvolvida. Isto, por sua vez, nem é desejável no músculo cardíaco, cuja função será sempre contrair por inteiro, ao máximo e, em seguida, relaxar o mais possível. Já o músculo liso beneficia-se de sua desorganização estrutural por esta possibilitar uma variação muito mais ampla do seu comprimento (mais de 400%!) sem grande variação de tensão, a qual, de qualquer modo, nunca necessita ser muito grande. Já a velocidade da contração do músculo esquelético chega a ser 15 vezes maior que a do músculo cardíaco e até 100 vezes maior que a do músculo liso, o que também é muito bom (por exemplo quando estamos perdendo o equilíbrio e temos que, o mais rapidamente possível, recuperá-lo, contraindo diversos setores de musculatura estriada). A tensão produzida pela ativação das células musculares que se funde no músculo esquelético apenas a mais de 50 impulsos por segundo, no músculo liso já se funde a mais de 1 por segundo (e, no músculo cardíaco nem se funde – ainda bem!). Finalmente, o músculo esquelético não é especificamente modulável, nem por Hormônios nem pelo Sistema Nervoso Autônomo. Afinal bastam já os efeitos desses sistemas sobre o comportamento e o tremor muscular que isto frequentemente ocasiona !!

### GLÂNDULAS

Finalmente, algumas palavras sobre o outro conjunto de nossos grandes “produtores de efeitos”, as **Glândulas**, estruturas que, na nossa espécie fundamentalmente produzem efeitos internos no organismo, mas que em outras espécies além desse efeito podem também atuar intensamente sobre o ambiente.

Constituem provavelmente os sistemas de controle mais antigos dos seres vivos, mesmo naqueles que ainda nem tem sistema nervoso. E, embora haja muitos diferentes tipos de glândulas, o funcionamento básico delas obedece a dois tipos de padrão:

(a) Um conjunto de células específicas que se agregam em torno de vasos capilares, dentro dos quais, em momentos específicos, despejam quantidades determinadas da(s) substância(s) que produzem, as quais são então carregadas pela circulação para atuarem à distância sobre diversos pontos do organismo. Um bom exemplo desse tipo de glândulas é a **Adrenal (Fig.2a.22)** Ela, tem duas partes com funções bem distintas: a camada **Medular**, que produz **Adrenalina**, a qual é liberada na circulação em situações de atividade intensa do componente Simpático do Sistema Nervoso Autônomo, e que tem função, até certo ponto, semelhante à da **Noradrenalina** produzida pelo Sistema Simpático e liberada em pontos específicos do organismo. E a outra camada da Adrenal é a **Cortical**, a qual produz diversos hormônios dentre os quais os **Corticosteróides**, que também são liberados diretamente no sangue e atuam sobre diversos aspectos de nosso metabolismo interno e de nossas defesas.



**Fig. 2a.22** - Esquema da glândula Adrenal (ou Supra-Renal)

O outro tipo de glândulas são aquelas que já tem uma via de escoamento própria para a sua secreção, atuando assim em pontos específicos do organismo, ou até do ambiente. Um bom exemplo de tais glândulas são aquelas do sistema digestivo, como, por exemplo, as Glândulas Salivares, o Fígado, o Pâncreas e as glândulas locais da própria parede do tubo digestivo (como por exemplo, as estomacais, produtoras de ácido, ou as que lubrificam as porções terminais do intestino grosso). Mas, como dissemos acima, há também aquelas glândulas que atuam fora do organismo. Muitas espécies tem assim, por exemplo, glândulas produtoras de veneno, para a sua defesa ou para a predação. Seja nos vertebrados, como, por exemplo diversos ofídeos (cobras venenosas), seja nos invertebrados, como aracnídeos (aranhas peçonhentas) ou escorpionídeos.

Mas, mesmo na nossa espécie, há efetivamente glândulas de “ação externa”. Só que, ao contrário de serem mortais, são até essenciais para a vida e, em parte dão nome à nossa Classe zoológica. Afinal, somos “Mamíferos”, por tê-las! E as glândulas mamárias, não somente têm sido fundamentais para a sobrevivência dos bebês já nascidos, como, até certo ponto, para incentivar a sua geração...

E uma classe de tecido biológico, com funções até certo ponto de “glândulas excretoras” e também essenciais à nossa sobrevivência, são as que formam os rins. Constituído por um agregado repetitivo de **Néfrons**, (Fig.2a.23)

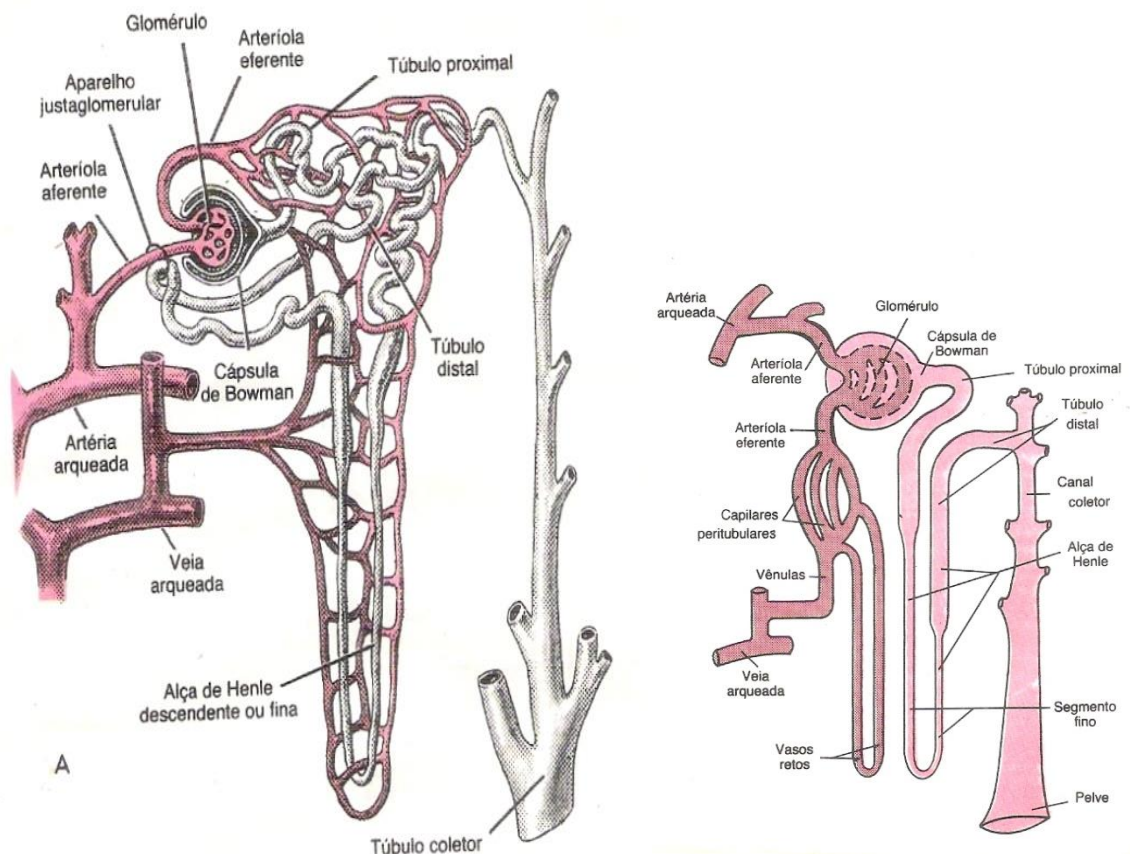


Figura 34-3. O néfron funcional.

### Fig.2a.23 – Néfrons e rim. (descrição no texto)

Cada Nefron é constituído por uma estrutura ultra-filtrante o Glomérulo dentro do qual circula o sangue através de um vaso capilar enovelado. Este ultra-filtrado passa então por um

conjunto de tubos, formados por um Túbulo Contorneado Proximal, uma Alça de Henle e um Túbulo Contorneado Distal, ao longo dos quais o néfron vai extraindo determinados íons (ainda úteis para o organismo, que são então acrescentados de volta à circulação venosa) eliminando outros, para criar assim, aquilo que efetivamente terá a composição da urina e cuja retenção no organismo, rapidamente causaria uma intoxicação interna e a nossa morte. A saída de vários néfrons desemboca então em Dutos Coletores, que se juntam formando em cada lado um Ureter, o qual acaba desembocando na Bexiga Urinária; e, a partir desta, ocorre periodicamente, após o desbloqueio do esfíncter de saída da bexiga, a emissão de urina pela Uretra, um controle que no recém-nascido ainda não é eficiente.

E, para complementar, temos um complexo conjunto de órgãos (ovários e testículos) produtores de células reprodutoras, dutos condutores para estes gametas (trompas; canal deferente, uretra), produtoras de substâncias nutritivas para estas células (vesículas seminais, próstata), meios de cultura e proteção para conjuntos organizados delas, ainda no interior do organismo (útero) e mecanismos de transportá-las para o exterior (colo do útero, vagina). Isso sem precisar mencionar e descrever os complexos e altamente motivacionais, atos motores, que acompanham as diversas etapas deste processo. Estamos obviamente falando do **Sistema Reprodutor** e do próprio processo de Gestação e Parto em si. (Figs.2a.26 e 27)

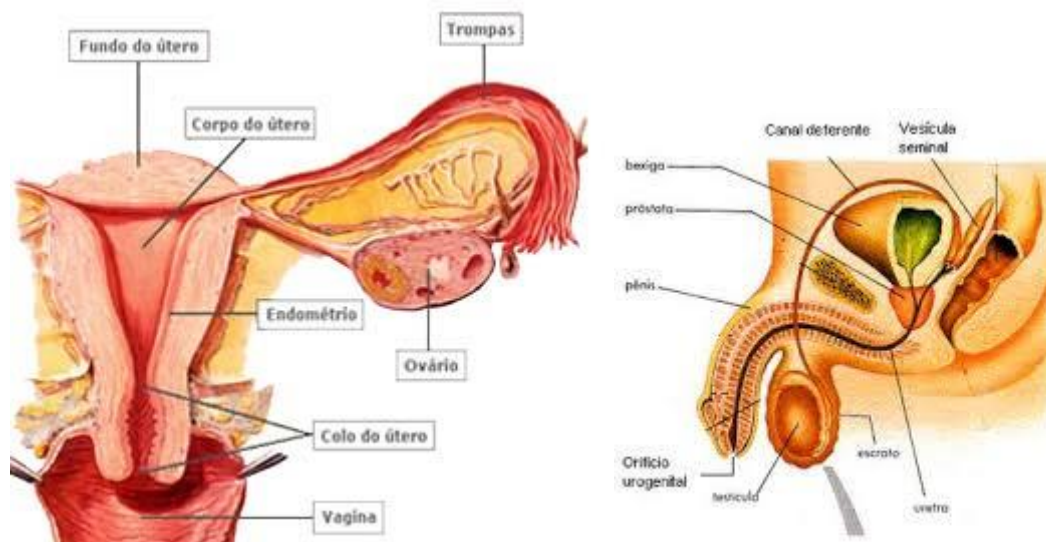


Fig. 2a.26 – Gônadas femininas e masculinas e glândulas anexas

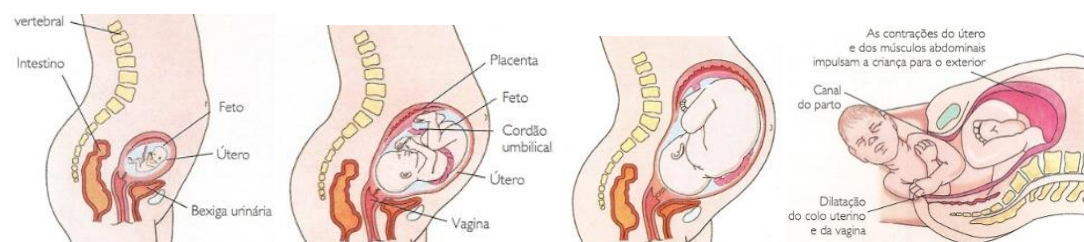
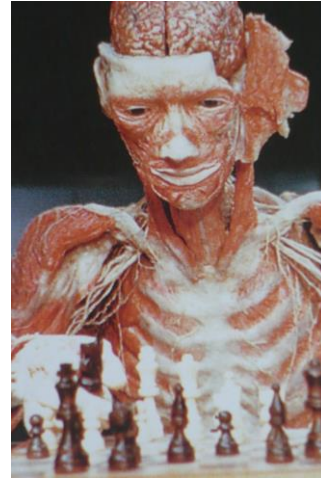


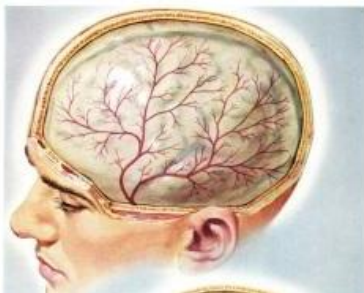
Fig. 2a.27 – Gestação e parto

Oxoxo

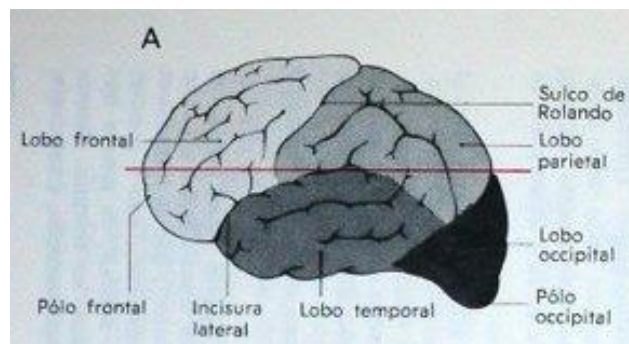
## Agora sim, A Noz



Como já sabemos, ela mora aqui dentro



E é assim



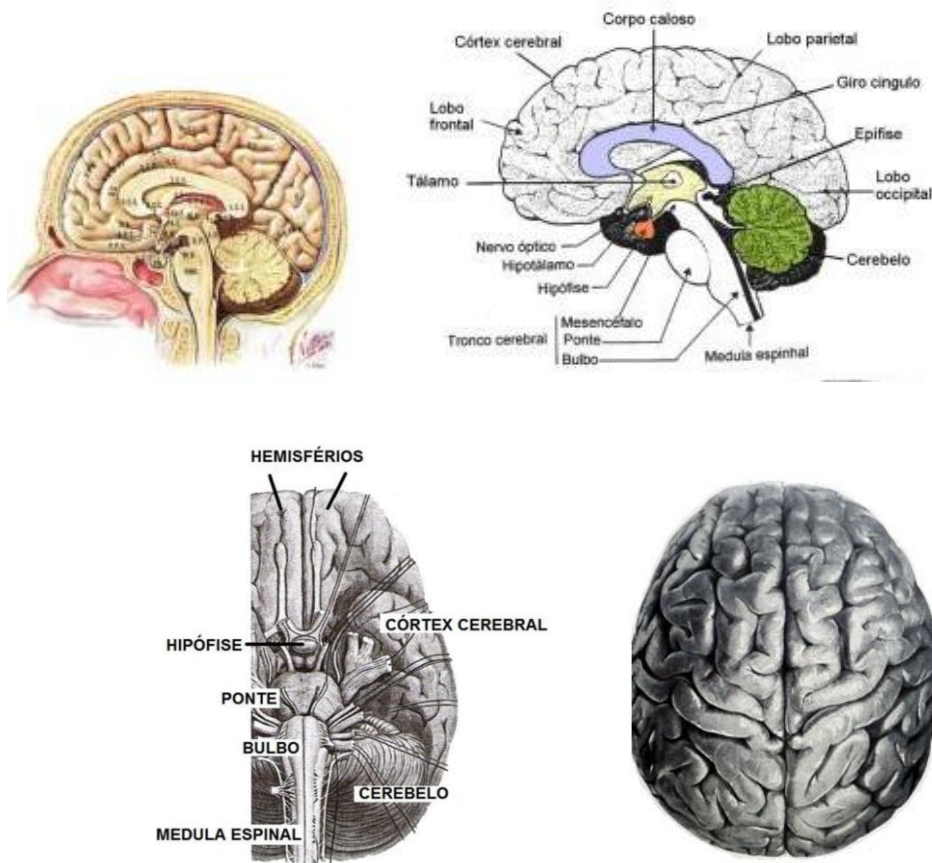


Fig. 2b.01 (ampliação da Fig.2a.02) – O Cérebro visto por diversos ângulos

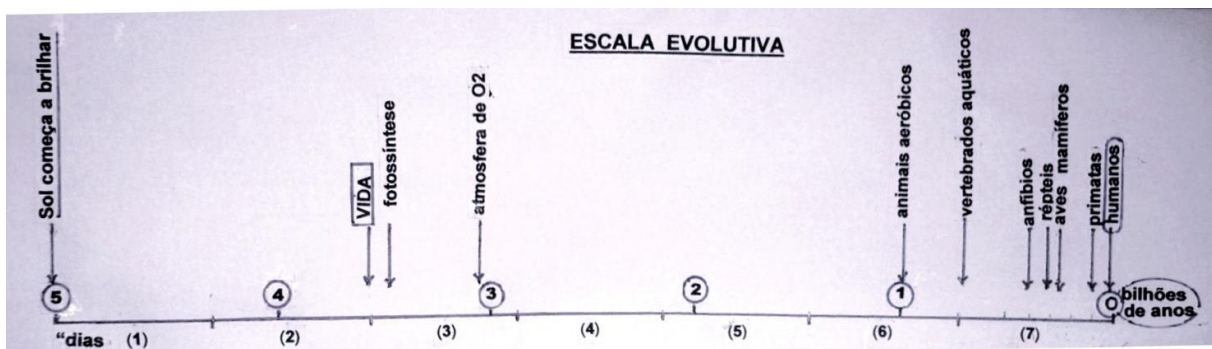
### Mas, nem sempre ela foi assim...

Nem sempre fomos assim.

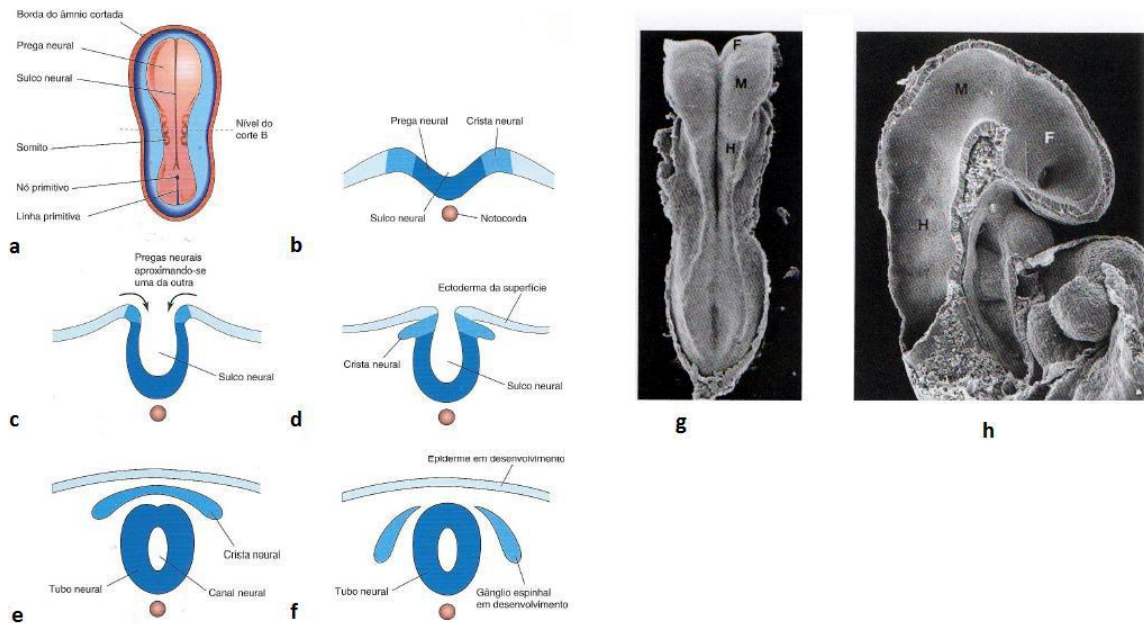
Nem tão bonitos, nem tão inteligentes (como nos achamos), nem tão cabeçudos!

E nem tão significativos na história do planeta (como infelizmente poderemos vir a ser)...

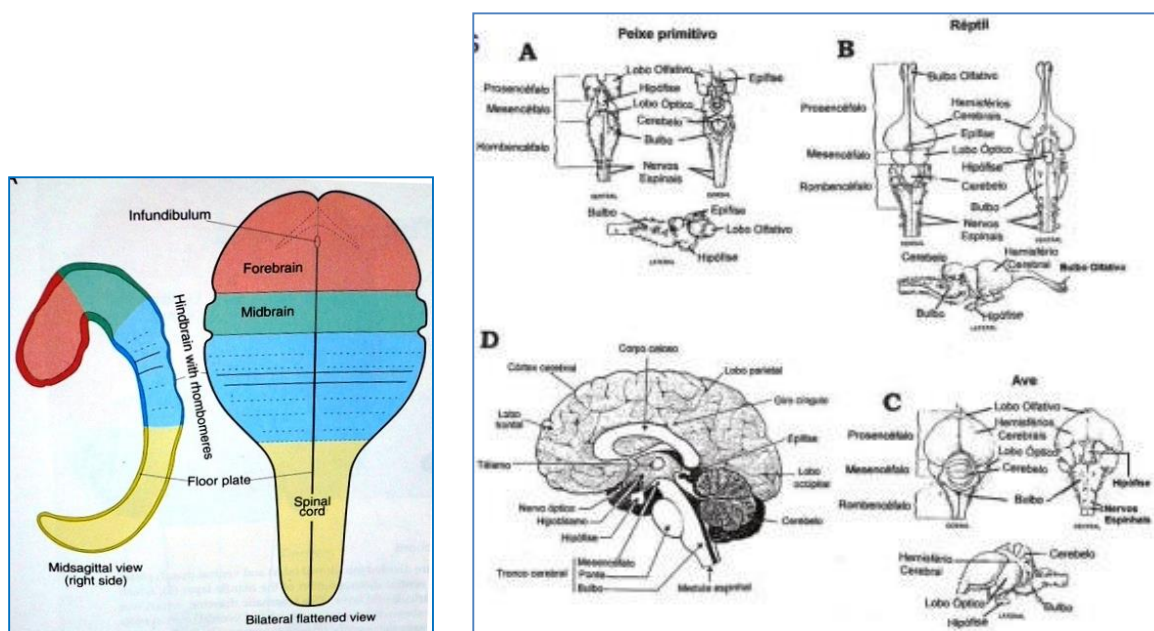
De fato, como já havíamos visto lá no começo do capítulo 1 (Fig. 1.05), no nosso jogo de imaginação, se a o Sol tivesse começado a brilhar no início do primeiro “dia” da semana, a vida teria surgido no final do segundo, os animais aeróbicos, só no meio do sexto, os vertebrados, já no início do último. E nós mesmo, então, no **derradeiro segundo...**



Também em nosso desenvolvimento embrionário, de maneira abreviada, este ciclo se repete. Começamos como unicelulares e, mesmo passando logo ao estágio pluricelular, só ganhamos um primórdio de Sistema Nervoso Central durante a quarta semana de vida embrionária (**Fig. 2b.02**). A formação do tubo neural começa em torno do 22º ao 23º dia, induzido pela ectoderme da região dorsal e pela notocorda. O tubo neural se fecha primeiramente na região medial do embrião. Em (**g**) e (**h**) vemos, “ao natural”, o desenvolvimento inicial do cérebro: (**F= prosencéfalo**, **M= mesencéfalo**, **H= rombencéfalo**). Em (**g**), vemos o Tubo Neural com as extremidades, denominadas *neuroporos*, ainda abertas. O neuroporo rostral (abertura anterior) fechará por volta do 25º dia; e o neuroporo caudal só vai fechar dois dias mais tarde.



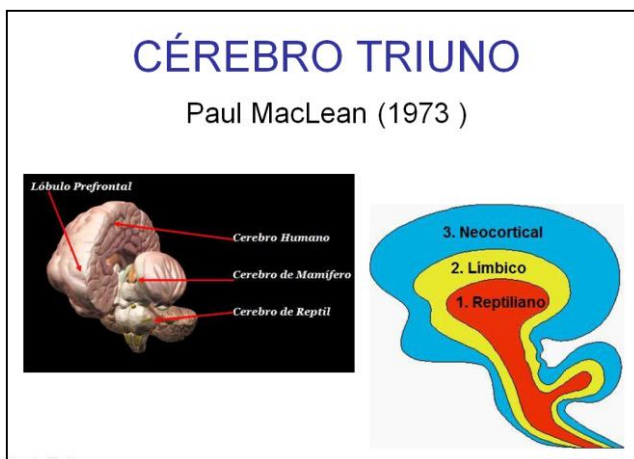
**Fig. 2b.02 – Desenvolvimento inicial do Sistema Nervoso Central durante a 4ª semana de vida embrionária –**



**Fig.2b.03 – Filo- e Ontogênese do Cérebro nos vertebrados**

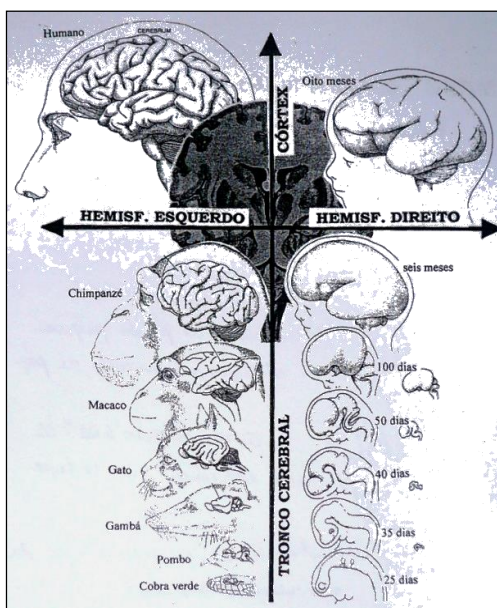
Nota-se, comparando as duas partes da **Figs 2b.03**, que, mesmo já tendo chegado, na 4ª semana de vida embrionária, à condição de “vertebrado”, ainda estamos no estágio de “peixe primitivo”, com um prosencéfalo pouco diferenciado dos demais segmentos cerebrais e totalmente distinto daquilo que nos caracterizará logo adiante.

No entanto, comparando os quatro estágios evolutivos com o nosso estágio embrionário, notamos que as porções posteriores do cérebro (aquilo que no nosso cérebro adulto (D) caracterizará o “Tronco Cerebral”), pouco se alteram. Podemos assim dizer que filogeneticamente, o cérebro vem evoluindo em direção ao prosencéfalo, fato que levou o neurocientista Paul MacLean a falar em “Cérebro Triuno” (**Fig. 2b.04**).



*Fig.2b.04 Cérebro Triuno*

Paralelamente (ou talvez “transversalmente”) a essa evolução “para a frente” (“para o alto” em nossa espécie) pode se notar também um desenvolvimento “para os lados” (**Fig. 2b.05**). Enquanto o Tronco Cerebral permanece único (veja o aspecto na fig.2b.03- acima), é nítida a separação em dois Hemisférios, a partir do Diencefalo (Tálamo e Hipotálamo).



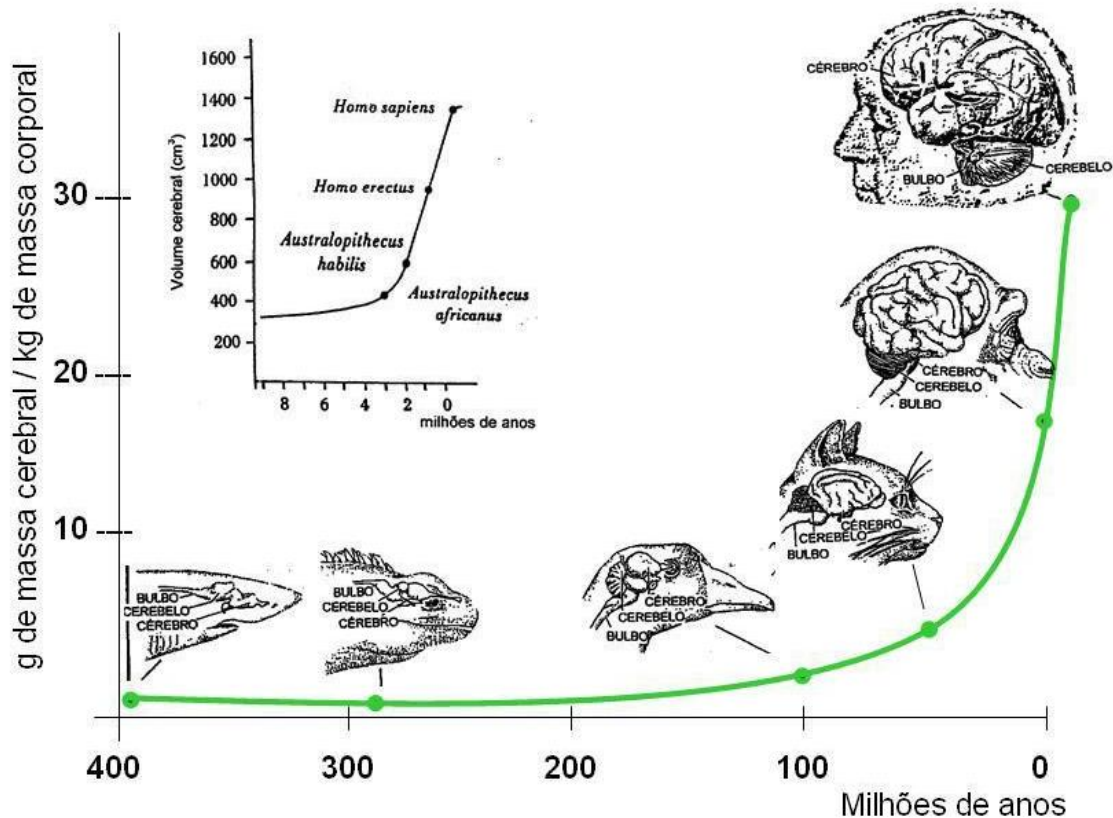
*Fig. 2b.05*

*Fig. 2b.05 - “Direções” de desenvolvimento filogenético e ontogenético do cérebro*



E a comunicação direta entre ambos os hemisférios é bastante limitada. Restringe-se à Massa Intermédia do Tálamo e ao Corpo Caloso (como já vimos em azul numa das sub-figuras 2b.01). Como discutiremos adiante, esta restrição na intercomunicação, mesmo sendo funcional, sob certos aspectos, acabou criando uma marcante limitação sob outros.

Seja como for, somos frutos de uma nítida tendência ao crescimento da massa cerebral (Fig. 2b.06).



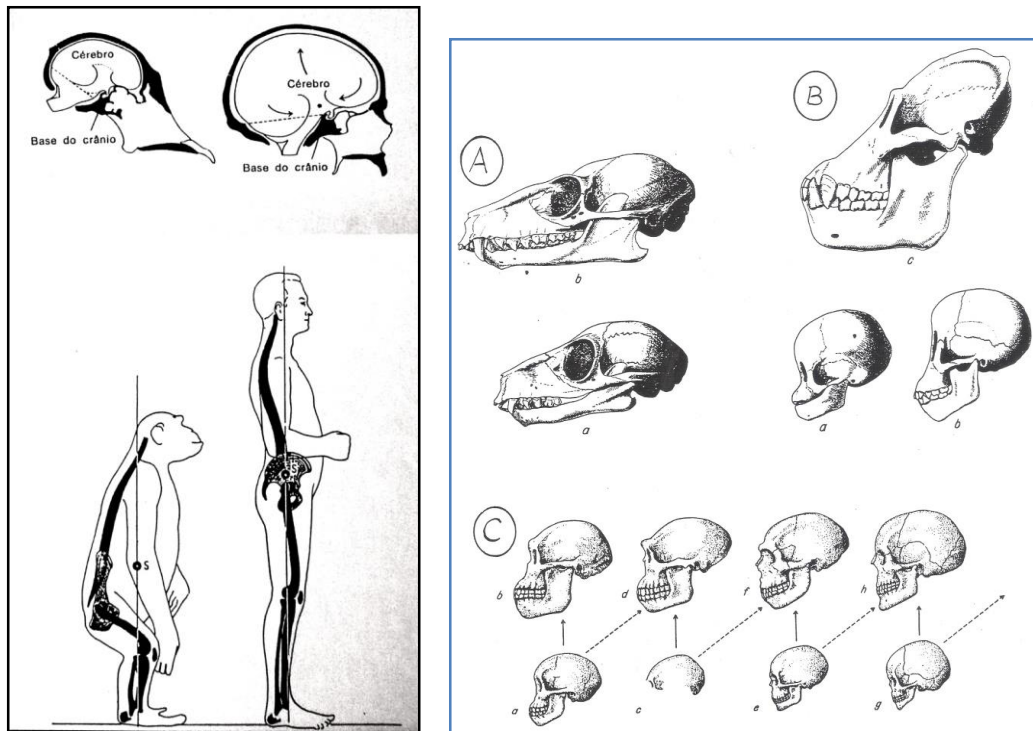
**Fig. 2b.06 – Crescimento exponencial da massa cerebral**

(corrigida em função do peso corpóreo) ao longo da Evolução dos Vertebrados. Em detalhe, a continuidade acentuada desse processo seletivo ao longo da Evolução dos Primatas Hominídeos.

Olhando mais atentamente a conformação craniana de primatas, dois aspectos curiosos merecem ser assinalados (Fig. 2b.07): o primeiro, bem evidente, é que em primatas adultos (ilustração à esquerda), a proporção entre volume do crânio e volume da face se altera bastante ao longo da Evolução. Assim, enquanto no chimpanzé adulto mais de metade do volume da cabeça corresponde à face, no homem esta proporção praticamente se inverte, sendo o volume do crânio o preponderante. Poderíamos então formular a regra de que, “nos primatas, a Evolução vem fazendo crescer a proporção crânio/face”.

Observando agora a parte direita da figura, poderíamos formular uma hipótese complementar de que, se por um lado, como já sabemos, a Ontogênese repete a Filogênese, por outro lado, nos primatas, a Ontogênese como que a **“espelha ao avesso”** a Filogênese, isto é, faz prever os próximos passos da Filogênese.

Se assim for, teremos em ‘C-g’ a imagem do “porta-nóz” do futuro. Vai ser difícil realizar então concursos de beleza!...



**Fig. 2b.07 – Detalhes morfológicos do crânio de antropóides**

Continuando a esmiuçar a anatomia cerebral dos vertebrados superiores, diversos fatos marcantes devem ser assinalados. Como já sabemos, houve ao longo da filogênese, uma “corrida em direção ao prosencéfalo”, com um gigantesco desenvolvimento do córtex. Mas também, podemos assinalar que esta evolução não foi homogênea. Como vemos em **A** na **Fig. 2b.08**, o córtex mais primitivo, constituinte do Sistema Límbico já está bem desenvolvido nos roedores, enquanto que o **Neocórtex** ainda tem um longo caminho de crescimento e desenvolvimento pela frente, como mostram as partes **B** e **C**. As áreas corticais *primárias*, tanto de entradas sensoriais, quanto de saída de ordens para os músculos estriados já estão bem amplas em roedores (**B**), nos quais ainda faltam áreas mais complexas, secundárias e de associação tanto para as percepções sensoriais mais intergradadas, quanto para a criação de ordens motoras mais abrangentes e complexas; Estas áreas secundárias e de associação foram se desenvolvendo nos carnívoros para ocuparem a maior parte do neocórtex nos primatas. Mas, mesmo nestes, o neocórtex ainda não completou o seu desenvolvimento, como se vê pela extensão da Área Frontal (**C**), predominante em nossa espécie e responsável pelo nosso planejamento de ação mais global.

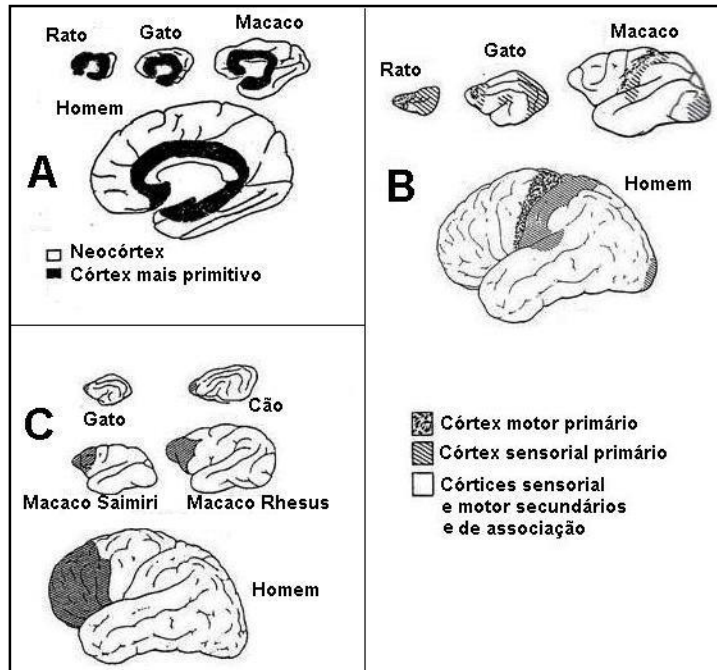
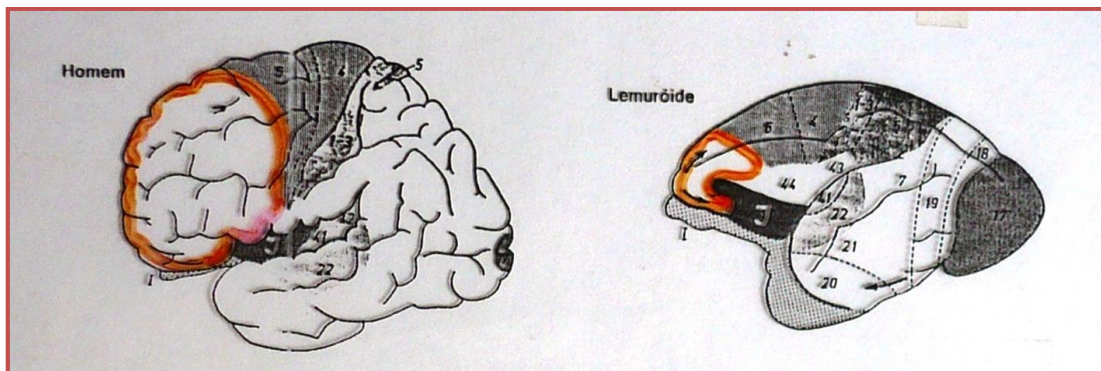


Fig. 2b.08 – Desenvolvimento seletivo de áreas corticais em mamíferos.

A pressão seletiva em direção ao desenvolvimento desta Área Frontal é acentuada pelos dados da Fig. 2b.09, comparando nosso neocórtex com o de um macaco mais primitivo.



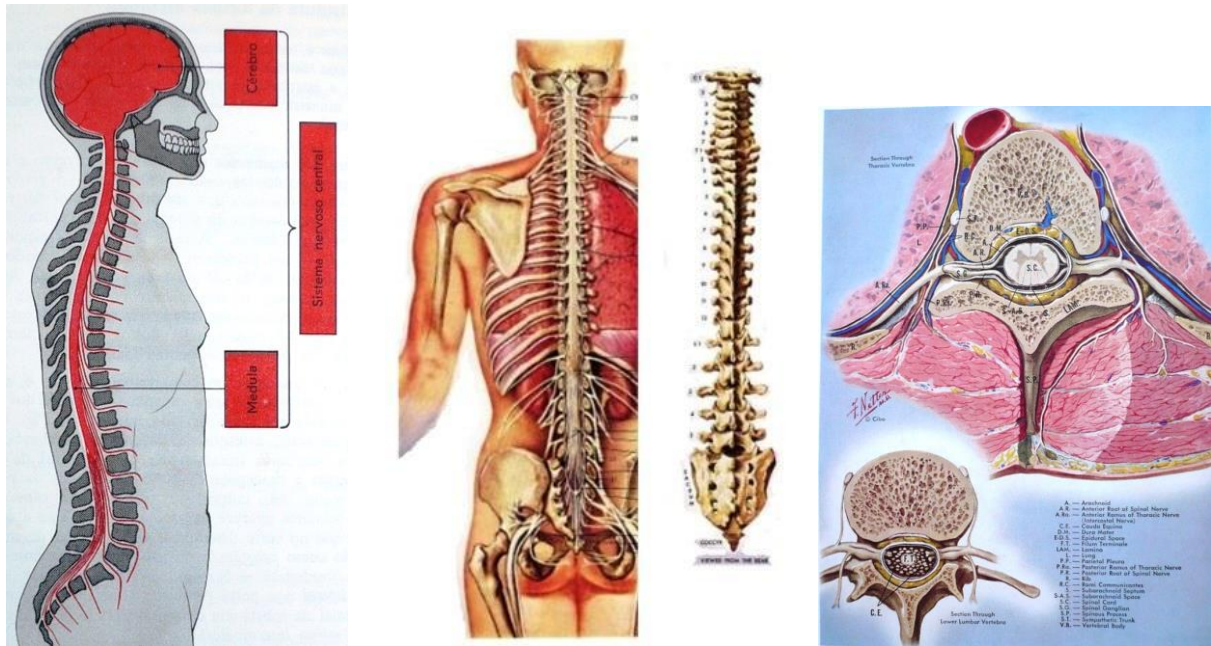
	<u>Humano</u>	<u>Lemuróide</u>
Área total do neocórtex (cm <sup>2</sup> )	1679	561
Córtex visual (em % da área total)	12.0	21.5
Córtex Frontal (em % da área total)	24.4	14.5

Fig.2b.09 – Áreas neocorticais em humanos e em lemuróides

Pode-se assim admitir a existência de 3 níveis de desenvolvimento e hierarquia nas áreas neocorticais: Áreas Primárias, Áreas Secundárias ou de Associação e Área Terciária. Na criança pequena, (em que as áreas secundárias e depois a terciária ainda estão se formando), a hierarquia funcional é de primárias → secundárias → terciária; isto é, lesões ou disfunções em áreas primárias acarretam lesões ou disfunções nas outras. Já no adulto a hierarquia é inversa, podendo lesões em áreas primárias até passarem despercebidas ou terem poucos sintomas, desde que as áreas de ordem superior estejam preservadas.

**Quase esquecemos que a noz tem um cabo (que a acompanha desde o início)**

Como já vimos na Fig. 2b.03, antes mesmo de termos um cérebro evidente já tínhamos uma **medula espinal**. E isso não só na filogênese quanto também na Ontogênese. E, na **Fig.2b.10** abaixo vemos o resultado desse processo.



**Fig. 2b.10 – Medula Espinal e relação com as vértebras**

### **O “cabo da noz” tem ENTRADAS E SAÍDAS**

Já desde “lá em baixo, na ponta do cabo”, há conexões amplas, múltiplas e evidente do Sistema Nervoso Central (SNC) com o restante do organismo!

Ao longo de toda a extensão da Medula Espinal, há, em ambos os seus lados, “raízes” (dorsais e ventrais). Um par correspondendo a cada segmento embrionário e depois, no adulto, a cada vértebra.

As Raízes **Dorsais** (Fig. 2b.11) trazem informações dos diversos setores do organismo para o interior da Medula e as **Ventrais** levam informações de controle para os órgãos efetores (músculos estriados, músculo cardíaco, músculos lisos e diversas glândulas).

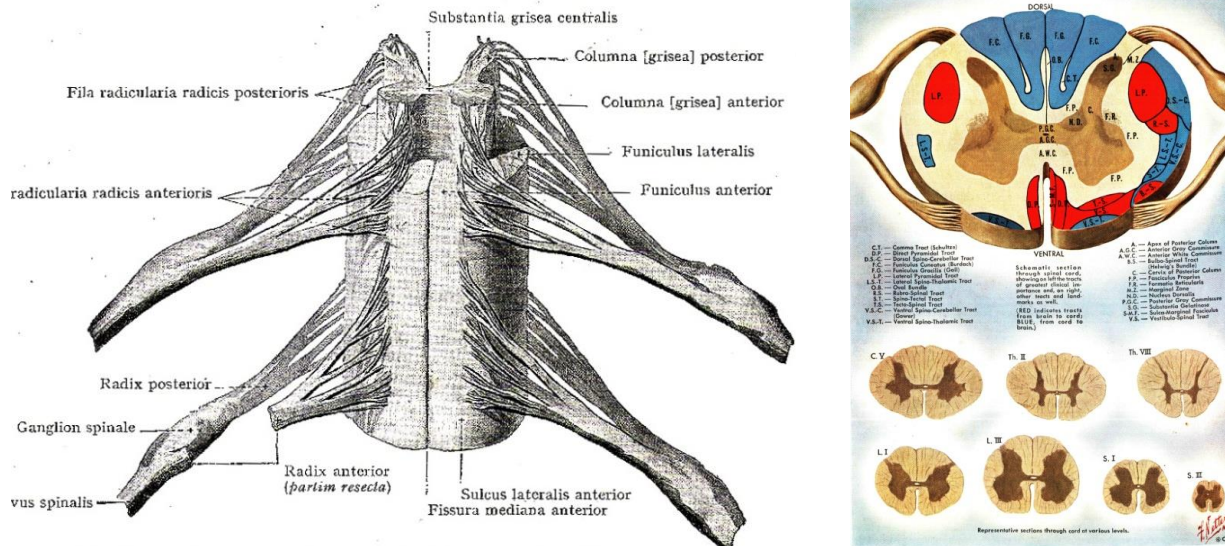
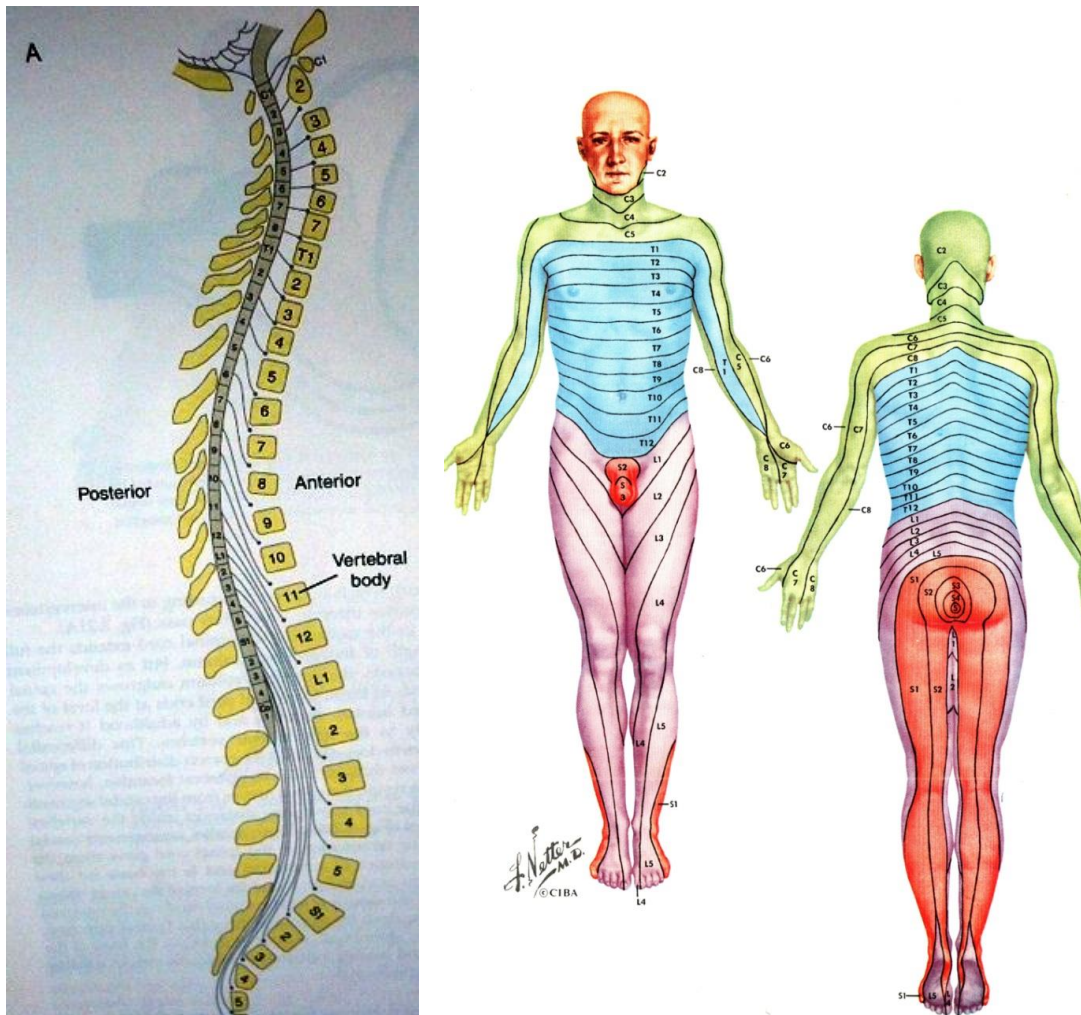


Fig. 2b.11 – Raízes dorsais e ventrais e estrutura interna da Medula Espinal

Internamente, como vemos na figura acima, a Medula contém uma porção central, a Substância Cinzenta, formada principalmente por corpos celulares de neurônios. E esta é envolta por uma Substância Branca, composta essencialmente por tratos de fibras nervosas mielinizada (daí brancas), seja de condução ascendente para o cérebro, tratos sensoriais (marcados em azul na figura da direita) ou descendentes, motores, vindos do cérebro (marcados em vermelho), além de interneurônios, comunicando segmentos próximos da medula e constituindo circuitos locais.

Evidentemente, à medida em que descemos na medula há cada vez menos neurônios compondo os tratos longos e assim, proporcionalmente cada vez maior predomínio da substância cinzenta (como se vê nos cortes na parte de baixo da figura da direita).

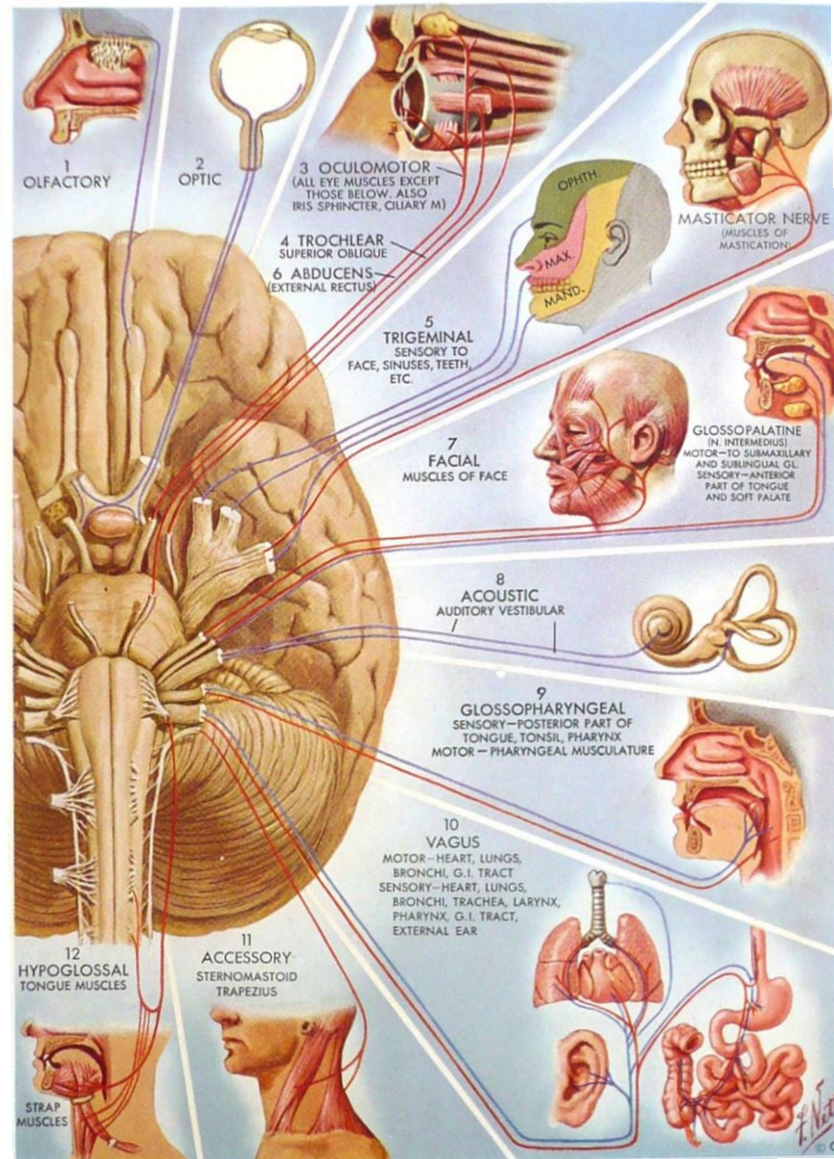
As figuras abaixo mostram dois aspectos interessantes das relações da medula com o corpo, consequências do processo de ontogênese: o primeiro (**Fig 2b.12** esq.) é que o crescimento do sistema nervoso se completa antes de terminar o crescimento do restante do organismo e assim a medula acaba ficando mais curta do que o canal vertebral. Disso resulta um estiramento cada vez maior das Raízes Medulares inferiores, a ponto de, no canal das vértebras lombares haver só raízes, ganhando o conjunto o nome de *Cauda Equina*. E esta é a razão anatômica para que as anestésias raquidianas sejam sempre dadas na região lombar, onde não há perigo de causar lesões traumáticas com a agulha na própria medula. O segundo aspecto é que o desenvolvimento dos membros também ocorre tardiamente na embriogênese, fase em que as inervações periféricas já se estabeleceram. Disso resulta que, embora no tronco as inervações cutâneas preservem bem o caráter segmentar do embrião (constituindo *dermátomos*), nos braços e pernas estas inervações são alongadas e distorcidas (**Fig. 2b.12** dir).



*Figs. 2b.12 – Aspectos peculiares da comunicação entre a Medula Espinal e o restante do organismo (vide texto).*

### **Mas a própria noz também tem entradas e saídas diretas (e muitas!)**

São os chamados **Nervos Cranianos**, mostrados na **Fig.2b.13**. Em número de doze pares (que poderiam também ter sido descritos como sendo treze, como se vê pela subdivisão do 7º par; mas, como a ciência “não é supersticiosa” e “nem tinha medo de entrar em conflito com a Igreja”, no final da Idade Média, época em que eles foram descritos...).



**Fig. 2b.13 – Nervos Cranianos**

Reagrupando funcionalmente esses doze pares, percebemos que temos uns dezenove componentes:

**NERVOS SENSORIAIS:**

**DE SENTIDOS ESPECIAIS:**

(1) Olfatório: Olfato

(2) Óptico: Visão

(7) Facial (componente sensorial do Glossopalatino - parte anterior da língua): Gostação

(8) Acústico com os componentes: Auditório (audição) e Vestibular (equilíbrio)

(9) Glossofaríngeo (componente sensorial - parte posterior da língua): Gostação

**DE SENSIBILIDADE GERAL**

- (5) Trigêmio (componentes sensoriais): sensibilidade da pele da testa e da face  
 (10) Vago (componentes sensoriais): orelha, sistemas respiratório e gastrointestinal;

**NERVOS MOTORES:**

**PARA MÚSCULOS ESTRIADOS:**

- (3) Oculomotor: quatro dos seis músculos externos do olho  
 (4) Troclear: m. oblíquo superior do olho  
 (6) Abducente: m. reto lateral do olho  
 (5) Trigêmio (componente motor): músculos da mastigação  
 (7) Facial (componente motor somático): músculos da mímica  
 (9) Glossofaríngeo: musculatura da faringe  
 (11) Acessório: musculatura do pescoço e ombro  
 (12) Hipoglosso: musculatura submandibular e anterior do pescoço

**PARA O MÚSCULO CARDÍACO:**

- (10) Vago: responsável pela inervação parassimpática do coração (produz bradicardia);  
 OBS: a inervação Simpática do coração vem a partir de saídas medulares;

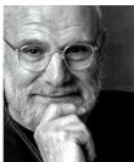
**PARA MÚSCULOS LISOS E GLÂNDULAS:**

- (3) Oculomotor (componente motor visceral): músculos lisos da Iris e do cristalino do olho  
 (7) Facial (componente motor visceral): glândulas salivares  
 (10) Vago: toda a inervação parassimpática do sistema respiratório e do gastro-intestinal;  
 OBS: como também no caso do coração, toda a inervação Simpática desses territórios vem a partir da Medula Espinal.

**E afinal, para que tudo isso?**

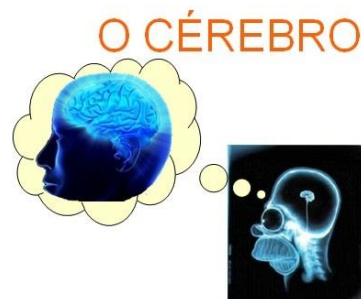
**Esses mais de 2 kg de miolo? Esses mais de 1500 cm<sup>2</sup> de neocórtex?**

“Se o cérebro fosse tão simples que conseguíssemos compreendê-lo nós seríamos tão burros que não conseguiríamos compreendê-lo”



Oliver Sacks  
Médico, neurologista

**BEM VINDOS À COMPLEXIDADE**



Essas são perguntas que, já há bastante tempo vem perturbando os cientistas. Muitas vezes com engenhosas ideias (infelizmente nem sempre comprovadas...), como mostra o Mapa Frenológico à **Fig. 2b.14**, no qual transparecem claramente os valores culturais-sociais do Império



Austro-Húngaro da época (propondo, por exemplo, a existência de áreas responsáveis pela Ordem, pela Esperança, pela Prudência e até pelo Patriotismo! E ainda, pelo Amor Conjugal, separado da Sexualidade!!). Assim como a simplificação diagnóstica propondo que, com a simples avaliação da conformação externa do crânio e de suas bossas pudesse se concluir sobre atrofia ou hipertrofias funcionais...

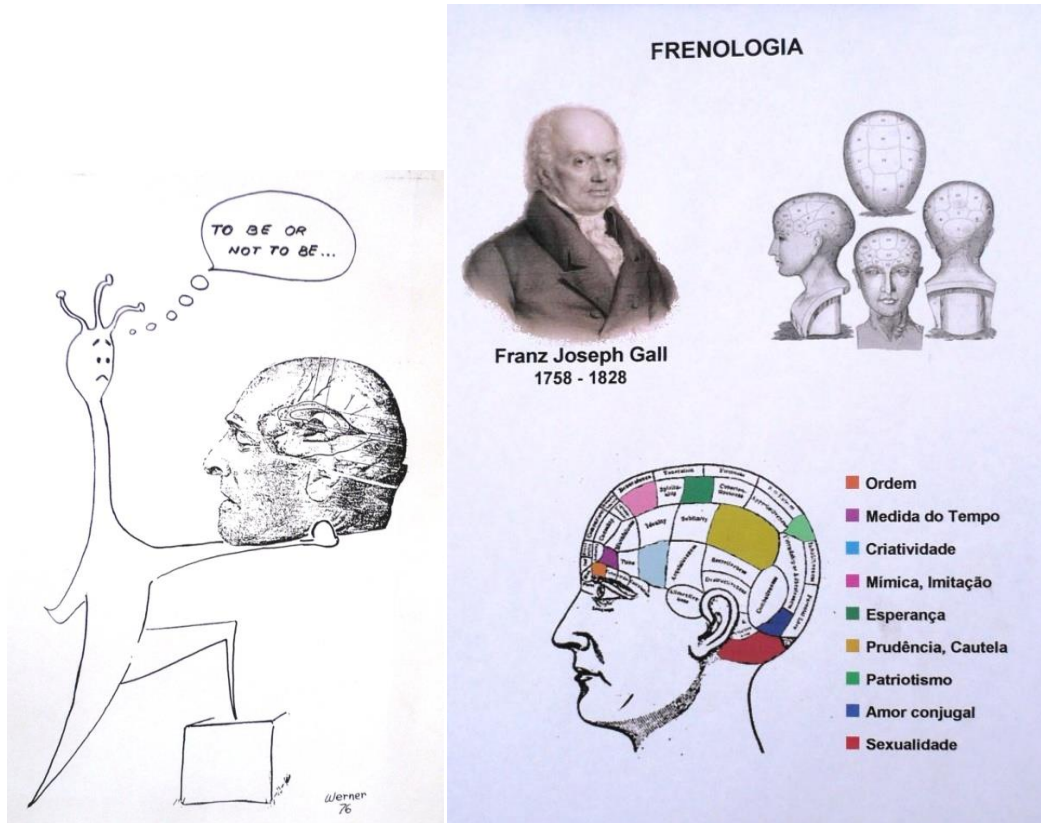


Fig. 2b.14 - Frenologia

Infelizmente (para os frenologistas) a realidade neurológica se mostrou um tanto quanto mais complexa.

Mostrando-nos cada vez com maior clareza os caminhos (e vieses) da rota evolutiva.

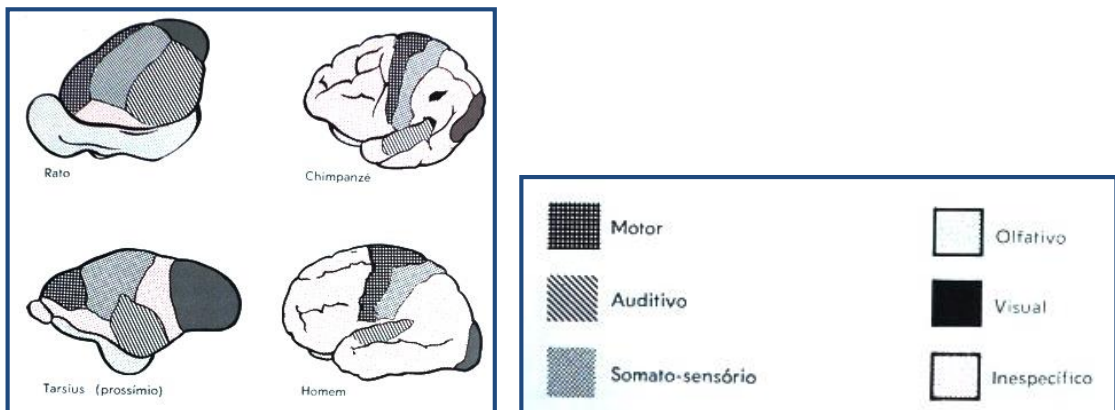
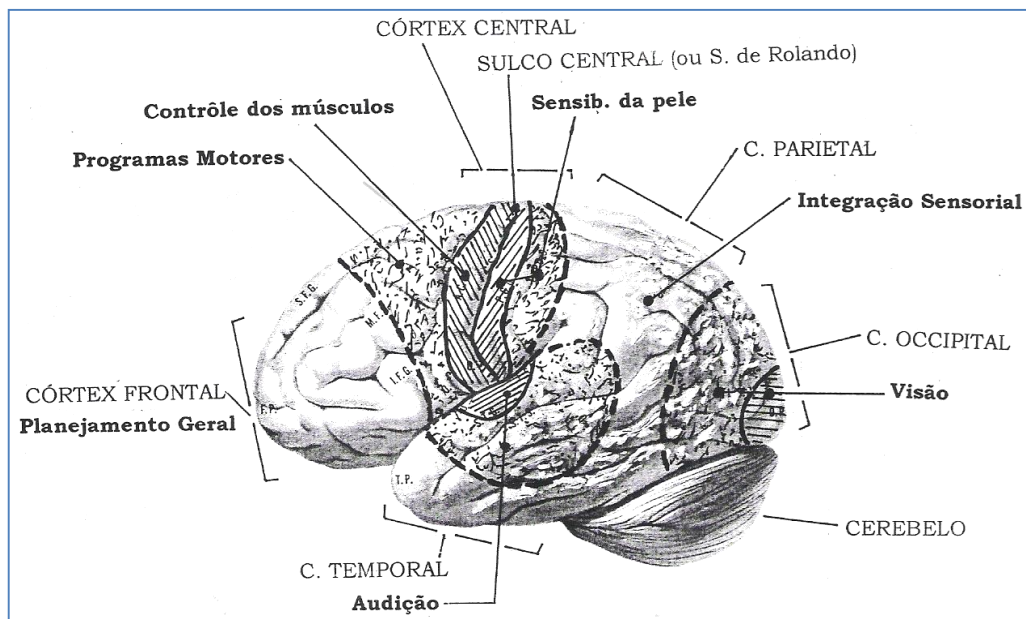


Fig. 2b.15 - Áreas neocorticais em mamíferos.

Particularmente, como já havíamos visto, o neocórtex nos mostra a riqueza e engenhosidade desse processo. Percebemos, como vemos à **Fig. 2b.15** (e já vimos à Fig.2b.08), que a classe dos mamíferos se inicia com um neocórtex dedicado quase exclusivamente às áreas primárias; uma região a partir da qual se originam ordens motoras voluntárias e diversas regiões reservadas para a interpretação e armazenamento de informações sensoriais, cujas áreas são também proporcionais à importância biológica de cada uma das modalidades sensoriais para cada espécie. Apenas uma pequena área (“inespecífica”) é reservada para interações entre modalidades.

Este padrão geral se mantém, de roedores a prossímios. Mas então, com o surgimento dos primatas mais evoluídos, espaços neocorticais cada vez maiores são reservados às análises e percepções interativas mais complexas. E finalmente, culminando na nossa espécie (por enquanto), uma área cada vez maior, o Córtex Frontal, é reservada para o planejamento geral das nossas atividades (**Fig. 2b.16**).



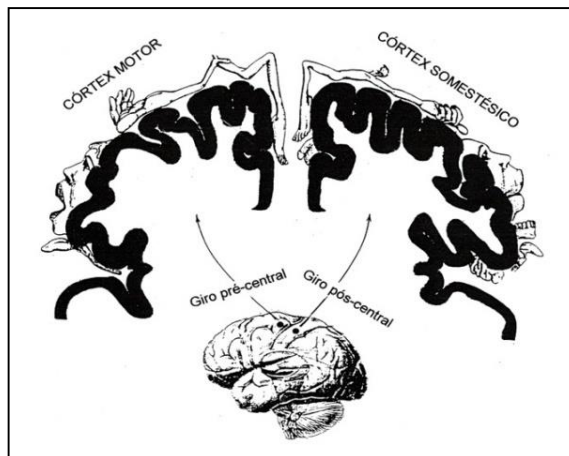
**Fig. 2b.16 – Especializações funcionais no neocórtex humano**

Percebe-se nesta **Fig. 2b.16** (e já vimos na fig. 2a.03), que na superfície dorsal do nosso neocórtex há diversas divisões funcionais. Inicialmente uma, delimitada pelo chamado *Sulco Central* (ou *Sulco de Rolando*) à frente do qual localizam-se as áreas motoras e de planejamento de ação. A grande região atrás do Sulco Central e abaixo do Sulco de Silvius (que margeia por cima o córtex temporal), englobando assim parte do Córtex Central e todos os córtices Parietal, Occipital e Temporal, encontram-se as regiões reservadas às nossas três modalidades sensoriais principais, **Somestesia** (sensibilidade da pele), **Visão** e **Audição**. Cada uma dessas regiões apresenta uma Área Primária, onde chegam, ponto a ponto as informações das diferentes estruturas receptoras (como já começamos a ver no subcapítulo anterior). E áreas secundárias de cada uma, onde são elaboradas as interpretações e guardadas as memórias específicas, além de uma área Terciária em que são confrontadas, a cada momento, todas estas informações dando-nos um quadro geral sobre as características do ambiente naquele momento.

## SOMESTESIA

Na área **Somestésica** Primária (**Fig. 2b.17**), chegam, ponto a ponto, as informações sensoriais dos receptores de tato, pressão e temperatura dos diferentes locais da pele e subcutâneo do corpo. Note-se que a extensão da representação das diferentes partes não é proporcional às suas dimensões, mas sim à sua importância funcional. Ou então poderíamos também, inversamente, dizer que no processo evolutivo foram atribuídas diferentes importâncias funcionais às diferentes partes de nossa superfície, sendo lhes então destinados diferentes densidades de receptores, diferentes números de vias aferentes e de circuitos de representação central. Relembre dos resultados de nossa experiência de discriminação tátil e das enormes diferenças de sensibilidade tátil entre a pele de diferentes regiões. Repita o teste em função das novas informações se houver interesse.

É importante lembrar que a *somestesia* é provavelmente a mais antiga forma de contato dos animais com o mundo, informando-os sobre tudo o que está em contato ou muito próximo à sua pele.



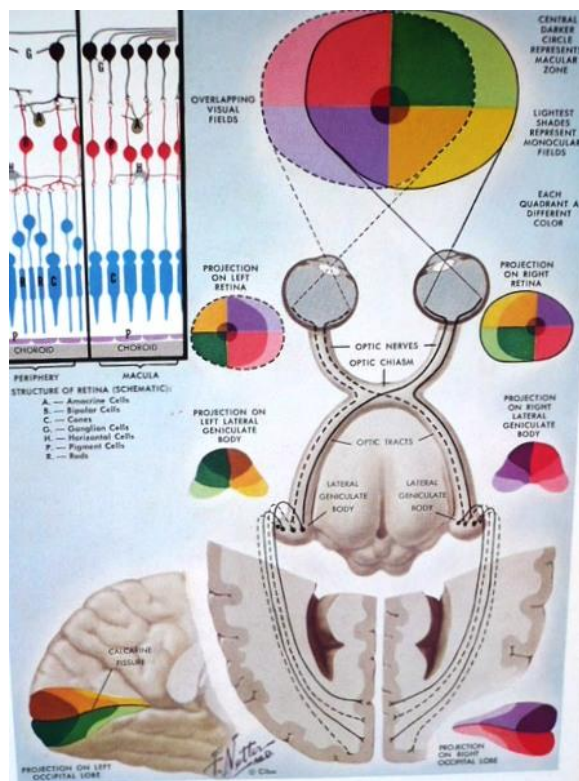
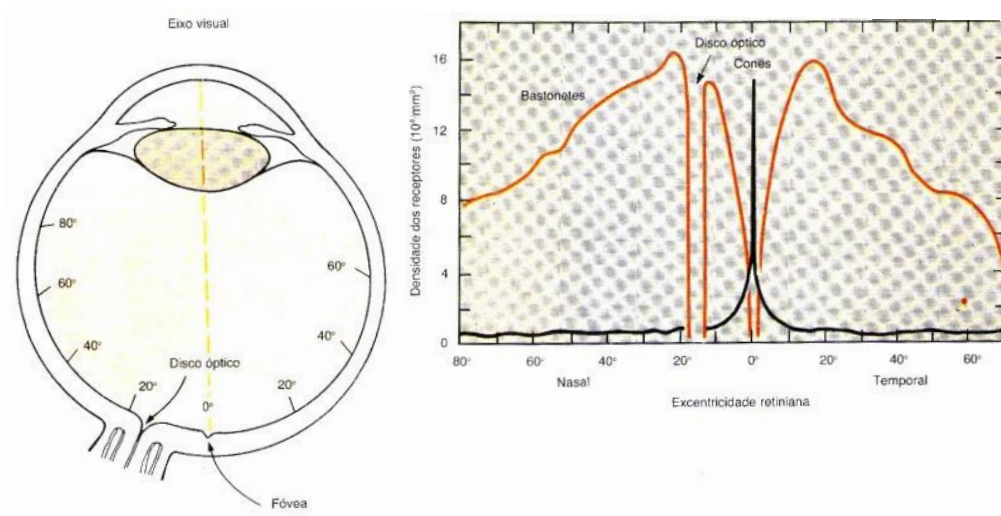
*Fig. 2b.17 – Áreas Somestésica e Motora Primárias do neocórtex humano*

Essas informações neurais que chegaram aos diferentes circuitos da Área Somestésica Primária, são agora retransmitidos para circuitos integradores na sua Área Secundária, adjacente (como vimos na Fig.2b.16), que agrega diferentes características desses estímulos, comparando essas informações conjuntas com outras já armazenadas em momentos anteriores da vida (“memórias somestésicas”) e atribuindo-lhes então um significado que pode ir, desde a simples percepção de um objeto de certa consistência e temperatura em contato com a pele de nossas costas, até a sutil leitura de um poema em Braille com a ponta de nossos dedos. Ou ainda a cabal diferença entre um tapa e um suave carinho que recebemos em nosso rosto. Novas memórias e aprendizados (ou reaprendizados) são também acrescentados continuamente nessa Área Secundária.

## VISÃO

Os mesmos processos gerais acontecem com as outras modalidades sensoriais.

Assim, com a *Visão*, como já sabemos e revemos na parte superior da **Fig. 2b.18**, a distribuição de receptores visuais na retina está longe de ser homogênea. Há a região central (a “Fóvea”) onde se acumula a grande maioria de receptores do tipo “Cone”, sensíveis a diferentes faixas de radiação luminosa (cores), embora necessitem de intensidades luminosas maiores, sendo assim, bem utilizáveis no claro. Periféricamente, distribuem-se os “Bastonetes” mais sensíveis, embora não a diferentes cores, sendo bem utilizáveis para a visão de vultos na penumbra (é por isso que “no escuro todos os gatos são pretos”).



**Fig. 2.18** (cópia parcial da Fig.2a.06)

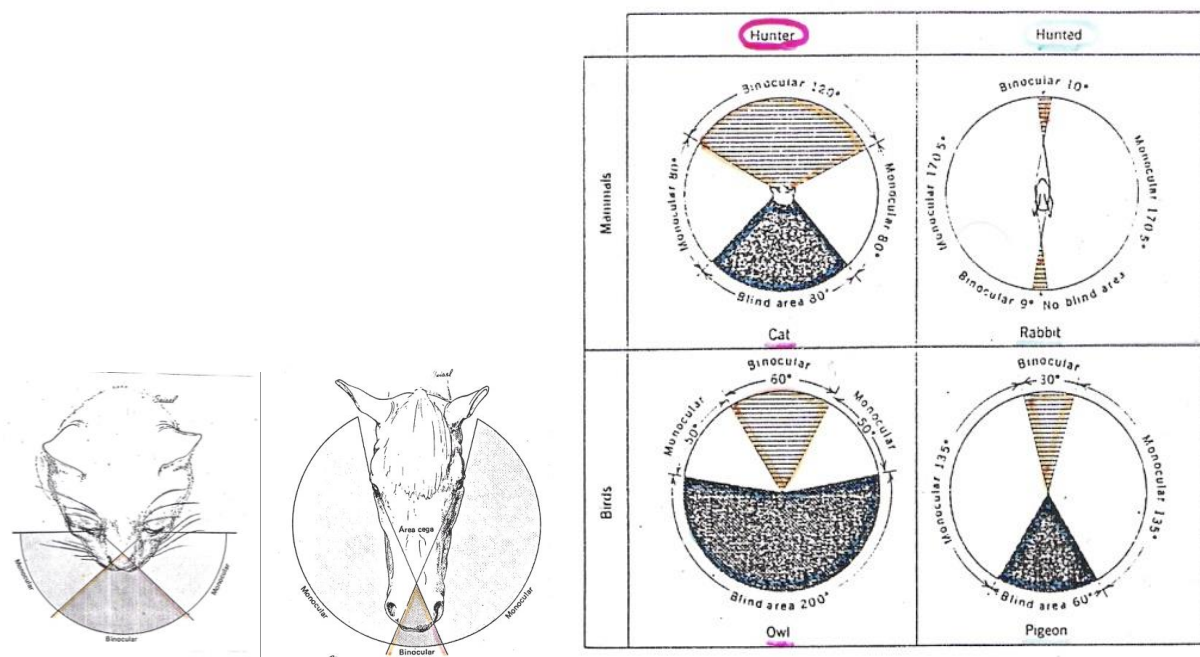
*Distribuição de receptores na retina e Vias visuais*

As informações destes vários receptores (como se vê na parte inferior dessa figura 18 são então encaminhados pelos neurônios que compõe os Nervos Ópticos e transmitidos para a Área Visual Primária do Córtex Occipital (**Fig. 2b.20**)

Note-se, ainda na figura 18 acima, diversos fatos interessantes: o primeiro é que as imagens caem invertidas sobre a retina no fundo dos olhos. O segundo é que, embora ambos os olhos, normalmente focalizam o mesmo ponto do espaço, os campos visuais deles são ligeiramente diferentes. Terceiro é que os nervos ópticos não sobem diretamente para o mesmo hemisfério cerebral. Ao contrário, sofrem, já no interior do crânio, na base do cérebro, um cruzamento parcial (o chamado *Quiasma Óptico*) no qual cruzam as fibras que vem da metade medial da retina. Como resultado disso, chegam a cada um dos hemisférios, apenas as informações visuais da metade contralateral do campo visual, ainda que vistas com ambos os olhos. Esta separação entre as imagens de hemi-campos visuais, possivelmente seja uma herança de ancestrais mamíferos com campos visuais bem distintos, cada olho cobrindo assim exclusivamente um deles. À medida em que a posição dos globos oculares foi se deslocando “para a frente” da face, ao mesmo tempo em que esta “dupla visão” favorecia a avaliação de distância dada pelo grau de convergência dos globos (e assim, grau de contração da musculatura lateral e medial do globo), criava uma crescente dificuldade em sua identificação.

Antes de ser levada ao córtex visual, parte das informações é utilizada nas porções mais primitivas do cérebro, para a organização dos diversos reflexos motores importantes, responsáveis pelo funcionamento adequado da visão (como, por exemplo, o controle da Iris e do cristalino, ou o grau de convergência de ambos os globos oculares para que as imagens importantes a cada momento caiam sobre *as fóveas* de ambos os olhos)

A área de representação no córtex visual primário (como ainda se vê na parte inferior da Fig. 18), assim como aquela da somestesia, não é proporcional à extensão da retina representada, mas é sim, proporcional à sua importância funcional (ou então à densidade de receptores tipo cones). Desse modo, a representação da fóvea é proporcionalmente muito maior do que aquela das porções gradativamente mais periféricas da retina.



### Fig.2b.19 Campos visuais em diferentes espécies

Mas, na realidade, é interessante perceber que a nossa imagem de mundo, é apenas “a nossa” imagem, dada pelo “nosso” campo visual. Assim, nem conseguimos imaginar como será “o mundo” visto por um cavalo cujo campo visual cobre quase 360° ou, mais ainda por um coelho que tem uma “fóvea” à frente e outra “por trás” (muito adequada, certamente para focalizar um animal caçador que o persegue) (Figs. 2b.19).

E tentem abordar criticamente as questões abaixo:

- (a) Quais são as vantagens evolutivas de um campo visual de 360° e quais, por outro lado, as vantagens de um campo com ampla visão binocular?
- (b) Qual será para nós, primatas a vantagem de um campo visual assim, com ampla visão binocular?
- (c) Quais seriam “as cores” do mundo se tivéssemos outros tipos de receptores. Por exemplo, respondendo criticamente às perguntas:
  - À noite realmente todos os gatos são pretos?
  - Por que, quando, vindo de um dia ensolarado, entramos em um cinema com o filme já iniciado, ficamos “cegos” por algum tempo?
  - Do que provem as pós-imagens coloridas, do teste que fizemos no subcapítulo anterior?
  - Os dez tons de branco que os esquimós vêm como cores diferentes, são apenas ilusões de óptica?

Também com as informações visuais acontece a retransmissão das mensagens da Área Visual Primária para a Secundária, adjacente a ela no Córtex Occipital (em amarelo claro na Fig.2b.20). E nesta Área Secundária, as informações são agora integradas, formando conjuntos mais amplos e caracterizados quanto à forma, cor e movimento, comparados com outros conjuntos memorizados, identificando assim objetos e/ou situações visuais que poderão gerar respostas e/ou ser guardados na memória.

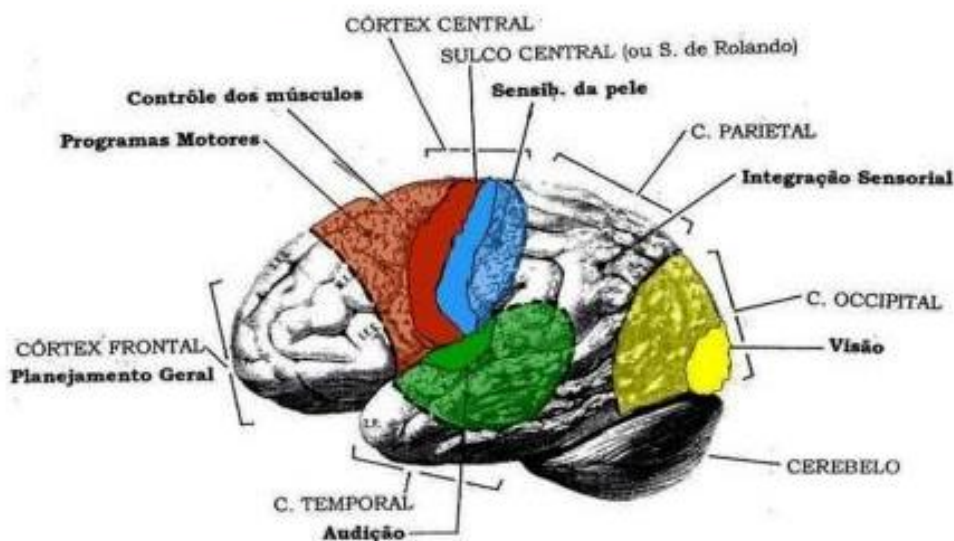


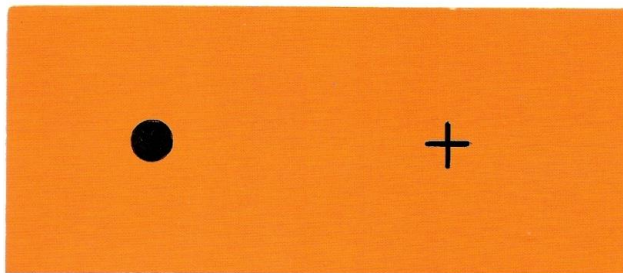
Fig. 2b.20

Fig.2b.20 – Projeções corticais (Visão em amarelo)

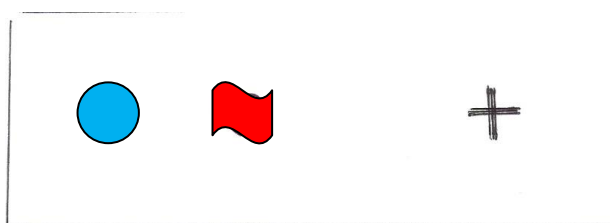
Mas vale notar que, neste processo de identificação, o cérebro “**inventa realidades**”. Assim, por exemplo, como já testamos no subcapítulo anterior, sabemos que há no fundo da retina uma região necessariamente sem receptores (até pelo próprio fato de termos visão, pois é a região de saída das fibras do nervo óptico, as quais, (como se vê na parte inferior da figura 2b.19 à esquerda), saem “por cima” da região dos receptores e se dirigem para o interior do olho, para então saírem por uma área de onde deslocam os receptores. A parte do campo visual que se projeta nesta região, o chamado “Ponto Cego”, obviamente não tem como ser vista. Mas nós não temos consciência disto; não “percebemos” esta falha no campo visual. Dirão vocês que são espertos, “é, mas o fato é que temos dois olhos focalizando razoavelmente a mesma região do espaço; e assim um olho verá aquilo que o outro não tem como ver!”. Mas, nós já testamos, experimentem fechar um dos olhos e vocês continuarão vendo um campo visual completo. E aí, vocês que já leram sobre movimentos oculares diriam “é, mas existe o chamado ‘Nistagmo Fisiológico’, pelo qual, por conta própria, o olho, se não houver algum ponto de fixação, se mantém sempre em movimento e assim ‘cobrirá’ a região do Ponto Cego”. Fantástico! Mas eu que sou chato então lhes digo: “lembrem do que já fizemos com o nosso teste do cartão com o ponto preto e a cruz, com auxílio da qual eliminávamos o nistagmo e vocês continuaram vendo o papel branco *sem falhas*, né?!” Mas, vocês dirão “Espere aí! Como é que aparece papel *branco*? Deveria aparecer um buraco no local!” E eu lhes garanto, se vocês fizerem esta experiência usando agora como base um papel de outra cor, o que vocês verão será um papel inteiro DAQUELA cor!” Isto é, o cérebro INVENTA algo que não está vendo. Ele pega as imagens que estão caindo na retina EM TORNO do Ponto Cego e imagina que elas deverão também existir no local do Ponto Cego!

#### EXPERIMENTO:

-Usando o cartão **colorido** de cruz e ponto, repita o teste de Ponto Cego e “veja” o resultado. (na posição em que está na tela, use o olho esquerdo)



-Usando o cartão **com a cruz e duas imagens** repitam agora o teste de Ponto Cego (ampliando mais a variação das distâncias do cartão ao olho)



- Interprete os resultados!

Assim, nunca mais digam “Só acredito vendo”!!! E entendam também por que é negada a carta de motorista a pessoas cegas de um olho (Imaginem-se, usando um olho só, focalizando a estrada ao longe: haverá todo um cone de espaço, lateralmente ao ponto fixado, que não poderá ser visto, mas do qual vocês não terão consciência; e neste cone poderá estar vindo um caminhão, que então “subitamente surgirá, como que vindo do nada”, assim que a sua imagem ultrapassar a área do Ponto Cego!).

Notem que este processo de simulação interna acontece também para outros pontos da retina, podendo ocorrer até em relação a lesões em grandes áreas desta, sem que tenhamos consciência disto, o que certamente pode ser a causa de acidentes, mesmo em nossos deslocamentos a pé! Falaremos mais disso adiante.

Mas é muito interessante também que graças à nossa “não linearidade visual” podemos “escre-ver” poemas:

*Menino do Mato Escritos em verbal de ave A turma (Manoel de Barros)*

**III**

*Por modo de nossa vivência ponho por caso Bernardo.*

*Bernardo nem sabia que houvera recebido o privilégio do abandono.*

*Ele fazia parte da natureza como um rio faz, como um sapo faz, como o acaso faz.*

*E achava uma coisa cândida conversar com as águas, com as árvores, com as rãs.*

*(Eis um caso que há de perguntar: é preciso estudar ignorâncias para falar com as águas?)*

*Ele falava coisinhas seráficas com as águas;*

*Bernardo morava em seu casebre na beira do rio - moda um ermitão.*

*De manhã, bem cedo ele pegava o seu regador e ia regar o rio.*

*Regava o rio, regava o rio.*

*Depois ele falava para nós que os peixes também precisam de água para sobreviver.*

*Perto havia um brejo canoro de rãs.*

*O rio encostava as margens na sua voz.*

*Seu olhar dava flor no cisco.*

*Sua maior alegria era de ver uma garça descoberta no alto do rio.*

*Ele queria ser sonhado pelas garças.*

*Bernardo tinha visões como esta - ele via a manhã pousada sobre uma lata que nem um passarinho no abandono de uma casa.*

*Era uma visão que destampava a natureza de seu olhar.*

*Bernardo não sabia nem o nome das letras de uma palavra.*

*Mas soletrava rãs melhor que eu.*

*Pelo som dos gorjeios de uma ave ele sabia sua cor.*

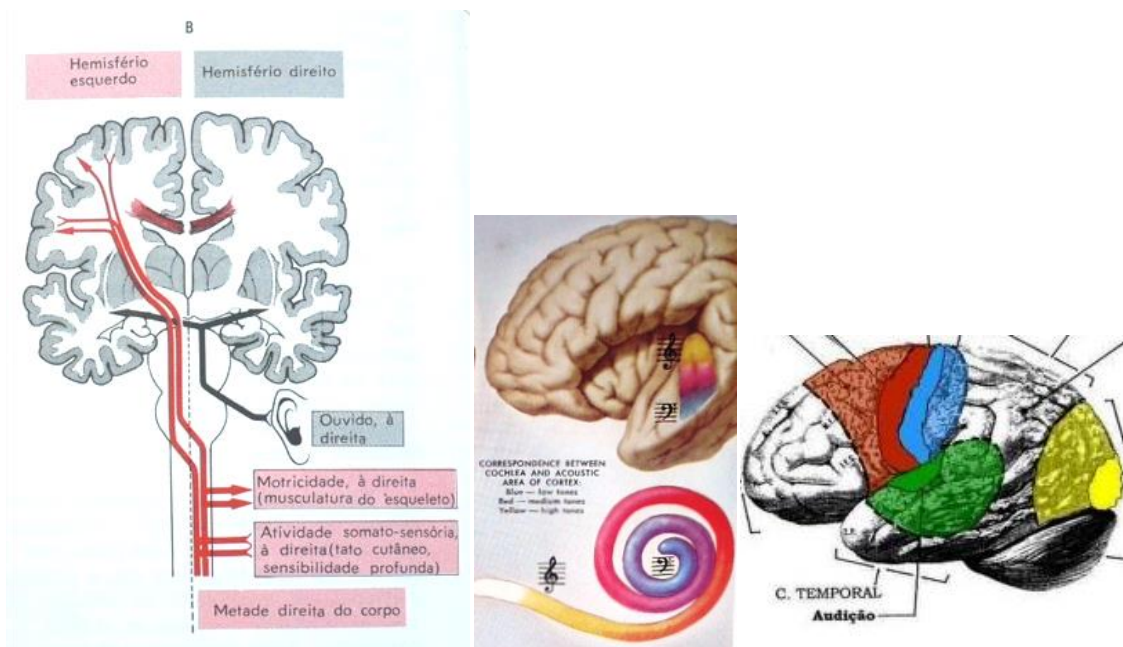
*A manhã fazia gloria sobre ele.*

*Quando eu conheci Bernardo, o ermo já fazia exuberância nele.*



## AUDIÇÃO

Como já sabemos aí entra uma característica do som, que são as notas musicais, isto é, as diferentes frequências de vibração de sons de diferentes tonalidades. Há desde sons agudos de alta frequência e baixo comprimento de onda, que fazem então vibrar mais intensamente a parte inicial da Membrana Basilar, até sons mais e mais graves (isto é com frequência de oscilação cada vez menor e comprimento de onda cada vez maior) que vão fazendo vibrar a Membrana Basilar mais e mais próxima do Helicotrema. Assim podemos dizer que cada nota musical audível fará oscilar mais intensamente um determinado ponto da Membrana Tectória, atritando os cílios dos receptores mecânicos dessa região, criando potenciais de ação nos neurônios sensoriais que daí partem, chegam ao cérebro pelo Nervo Acústico e acabam encaminhando estes sinais para pontos específicos do Córtex Auditivo Primário no lobo temporal, mas **de ambos os hemisférios (Fig. 2b.21)**.



**Fig. 2b.21 – Vias auditivas e Córtex Auditivo (em verde)**

A partir desses pontos, conjuntos de sinais são reencaminhados a diferentes partes do córtex auditivo secundário onde são processados em diferentes conjuntos: (a) quanto à sua simultaneidade (acordes musicais), predominância e sucessão de determinados sons (melodia) e sequência temporal de tais conjuntos (ritmo e andamento). Isso em relação ao córtex auditivo do hemisfério direito que lida com os aspectos musicais dos sons. (b) Já o córtex auditivo secundário do hemisfério esquerdo (em nossa cultura) processa os sons quanto às suas modulações fonéticas sutis, identificando assim “fonemas”, os quais logo adiante são comparados quanto à sua semelhança com os registros de fonemas semelhantes na memória, e associados então a significados comportamentais sociais. Caracterizam assim “palavras”, encadeando-as e possibilitando, desse modo, a comunicação verbal falada.

Evidentemente, toda essa descrição é apenas uma caricata simplificação das potencialidades dessa modalidade sensorial. Basta pensarmos que, do lado musical conseguimos diferenciar o timbre de diferentes instrumentos musicais ou mais do que isso diferenciá-los em meio a uma orquestra sinfônica. Ou então, que conseguimos memorizar sequências musicais em melodias e até transpô-las de escala!

Bem mais do que isso ainda, conseguimos utilizar todas essas elaboradas percepções sensoriais para o controle de nossos músculos laríngeos, faciais e bucais. E, movimentando-os adequadamente com o fluxo variável de ar proveniente do controle do movimento expiratório, emitir assim palavras faladas ou cantadas, ou ainda sons musicais assobiados.

Ou então, num nível ainda mais complexo, criar sutis e loucas associações entre imagens visuais e auditivas como o estupendo poema abaixo:

***Menino do Mato Escritos em verbal de ave A turma (Manoel de Barros)***

**II**

*Nosso conhecimento não era de estudar em livros.*

*Era de pegar, de apalpar, de ouvir e de outros sentidos.*

*Seria um saber primordial?*

*Nossas palavras se ajuntavam uma na outra por amor e não por sintaxe.*

*A gente queria o arpejo. O canto. O gorjeio das palavras.*

*Um dia até tentamos fazer um cruzamento de árvores com passarinhos*

*Para obter gorjeios em nossas palavras.*

*Não obtivemos.*

*Estamos esperando até hoje.*

*Mas bem ficamos sabendo que é também das percepções primárias que nascem arpejos e canções e gorjeios.*

*Porém naquela altura a gente gostava mais das palavras desbocadas.*

*Tipo assim: Eu queria pegar na bunda do vento.*

*O pai disse que vento não tem bunda.*

*Pelo que ficamos frustrados.*

*Mas o pai apoiava a nossa maneira de desver o mundo que era a nossa maneira de sair do enfado.*

*A gente não gostava de explicar as imagens porque explicar afasta as falas da imaginação.*

*A gente gostava dos sentidos desarticulados*

*como a conversa dos passarinhos no chão a comer pedaços de mosca.*

*Certas visões não significavam nada, mas eram passeios verbais.*

*A gente sempre queria dar razão às borboletas.*

*A gente gostava bem mais das vadiações com as palavras do que das prisões gramaticais.*

*Quando o menino disse que queria passar para as palavras as suas peraltagens, até os caracóis apoiaram.*

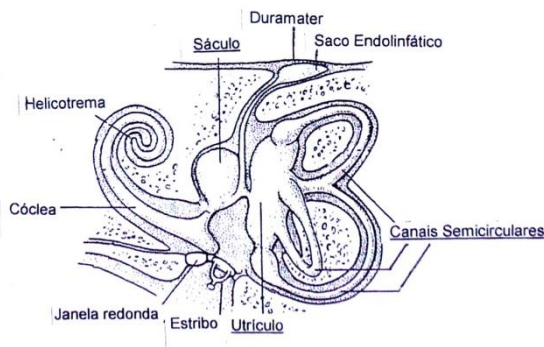
*A gente se encostava na tarde como se a tarde fosse um poste.*

*A gente gostava das palavras quando elas perturbavam os sentidos normais da fala.*

*Esses meninos faziam parte do arrebol como os passarinhos.*

## EQUILÍBRIO

Este é um sentido complexo, o qual recebe informações específicas de nosso *labirinto* (anexo anatomicamente ao nosso ouvido interno), o qual é formado, como já sabemos e revemos na figura abaixo, pelos *canais semicirculares* (os quais, como também já sabemos, detectam acelerações angulares de nossa cabeça e assim, de nosso corpo) e do *sáculo e do utrículo* (que, além de sinalizarem a posição estática de nossa cabeça no espaço, e assim de nosso corpo, detectam também as suas acelerações retilíneas) (**Fig. 2b.22**).



*Fig. 2b.22 – Canais semicirculares, Sáculo e Utrículo que compõem o Sist. Vestibular*

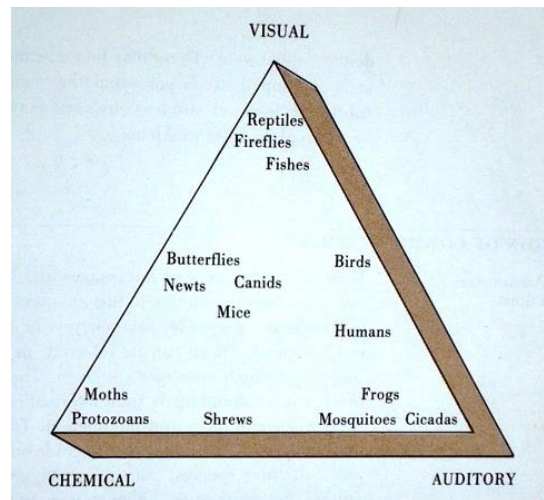
As informações originadas nos receptores vestibulares, ativam neurônios que formam o **Nervo Vestibular** o qual se dirige para o cérebro, atuando principalmente sobre núcleos do Tronco Cerebral relacionados ao controle de processos motores reflexos de manutenção da postura e do equilíbrio. Dirigem-se também ao cerebelo, estrutura fundamental no controle de movimentos, o qual tem uma porção medial, filogeneticamente mais antiga e encarregada exatamente da coordenação de movimentos mais inatos, como são a maioria daqueles de manutenção da postura e do equilíbrio.

No entanto, parte dessas informações vestibulares dirigem-se também a diversos pontos neocorticais, predominantemente no lobo temporal, próximo à área auditiva (que vimos à fig.2b.21). Lá, compondo-se também com informações visuais e até com informações somestésicas provenientes de fusos musculares que sinalizam o grau de distensão de alguns músculos antigravitários, geram informações conscientes sobre perdas e recuperações de equilíbrio e podem reorganizar de maneira consciente e voluntária, as respostas posturais. Possibilitam assim até o aprendizado de novas modalidades de equilíbrio e reajuste postural, seja em situações de deslocamentos não usuais (por exemplo equilibrando-se sobre veículos instáveis, tais como bicicletas, patins, skates ou pranchas de surf), seja inclusive em posturas ou re-equilíbrios corporais inusitados, tais como aqueles de danças ou acrobacias.

Desse conjunto de informações, além ou até precedendo a percepção consciente das alterações do equilíbrio ou das acelerações, são modulados reflexos posturais de preparo ou correção para os desvios desse equilíbrio. Muitos desses processos, como já sabemos, ainda não estão presentes no nascimento, surgindo gradativamente na infância e até adolescência e são bastante influenciados pelo aprendizado.

## OS SENTIDOS QUÍMICOS

Olfação e Gostação estão, também certamente, entre as mais antigas e eficientes forma de contato à distância dos animais com o ambiente, já existindo e sendo importantes inclusive em protozoários e insetos noturnos (como revemos na **Fig. 2b.23**).

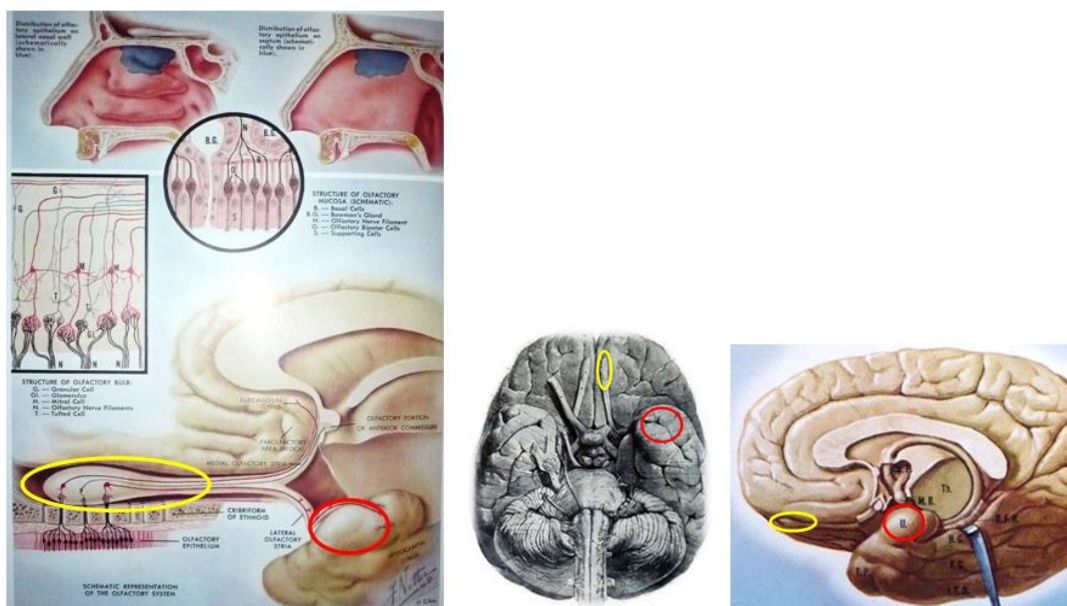


*Fig. 2b.23 – Modalidade sensorial predominante em diferentes animais*

Mesmo sendo muito importantes também em nossa espécie, constituem as modalidades menos conhecidas (até por serem as menos estudadas). Talvez por serem modalidades “mais conectadas com os instintos” e assim não serem tão nobres e utilizáveis pela “razão”...!

## OLFAÇÃO

Receptores bastante sensíveis para substâncias voláteis já existem em mariposas, mas em nossa espécie o processo parece depender de estruturas funcionalmente semelhantes embora de arranjo mais complexo, como se vê na (**Fig 2b.24**).



*Fig. 2b.24 – Sistema Olfatório*

Há no interior da cavidade nasal áreas restritas (marcadas em azul na parte superior da figura à esquerda) que serão atingidas por correntes mais intensas de ar inspirado. Nessas áreas estão dispostas células ciliadas sensíveis a substâncias odoríficas, havendo, ao que se admite, receptores relativamente específicos para tipos diferentes de substâncias (células em maior aumento mostradas no círculo). Axônios de conjuntos dessas células receptoras atravessam, por orifícios, o osso etmóide (na base do cérebro) e terminam em neurônios especiais, já no interior de uma estrutura chamada bulbo olfatório (elipse amarela nas três figuras). Esse neurônios já fazem algum tipo de integração de informações e seus axônios, agora mais longos, formam o **Nervo Olfatório** (primeiro par craniano), dirigindo-se para dois destinos já no interior do cérebro: a *Área Olfatória Medial* situada nas porções mais antigas do cérebro (Tronco Cerebral) onde coordenam reações mais instintivas de aproximação ou evitação em função dos estímulos olfativos; e a *Área Olfatória Lateral* já no neocórtex (elipses vermelhas), onde geram sensações conscientes mais sofisticadas memorizáveis e comparáveis com outras informações já memorizadas.

Admite-se a existência de sete odores “primários”: 1. Canforado, 2. Almiscarado, 3. Floral, 4. Mentolado, 5. Etéreo, 6. Picante e 7. Pútrido. A combinação em diferentes proporções desses odores primários seria a responsável por toda a rica variedade de cheiros que podemos perceber e diferenciar. Embora este raciocínio funcional se baseie nas características da visão, (onde a enorme riqueza de cores diferenciáveis, também se baseia na existência de apenas três tipos de cones), ele pode também ser uma abstração, pois nunca se evidenciaram receptores especificamente sensíveis a esses diversos odores. Também não há estudos neurológicos claros diferenciando áreas corticais primárias e secundárias para a olfação assim como existem para a somestesia, para a visão e a audição.

## GUSTAÇÃO

O segundo dos sentidos químicos também não é muito melhor conhecido.

Olfato e paladar, não obstante anatomicamente próximos (**Fig.2.25**), dependem de estruturas bem distintas. Se o olfato é um sentido “acanhado” cujos receptores se escondem “lá no alto” de uma estrutura cheia de dobras e reentrâncias, a gustação se oferece despudoradamente, sobre uma das estruturas internas mais “abertas ao público”, a nossa língua, como ilustram os cortes anatômicos abaixo.

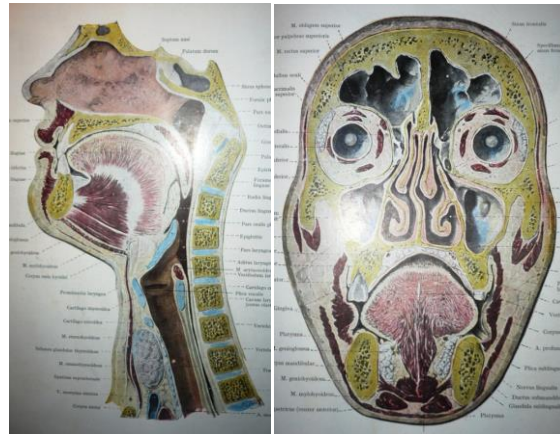


Fig. 2b.25– Cavidade nasal (incluindo seios para-nasais) e oral

Alem de ser um dos conjuntos de músculos mais finamente controlados de nosso organismo, a **língua** também tem um revestimento bastante multiforme e rico em detalhes (Fig. 2b.26).

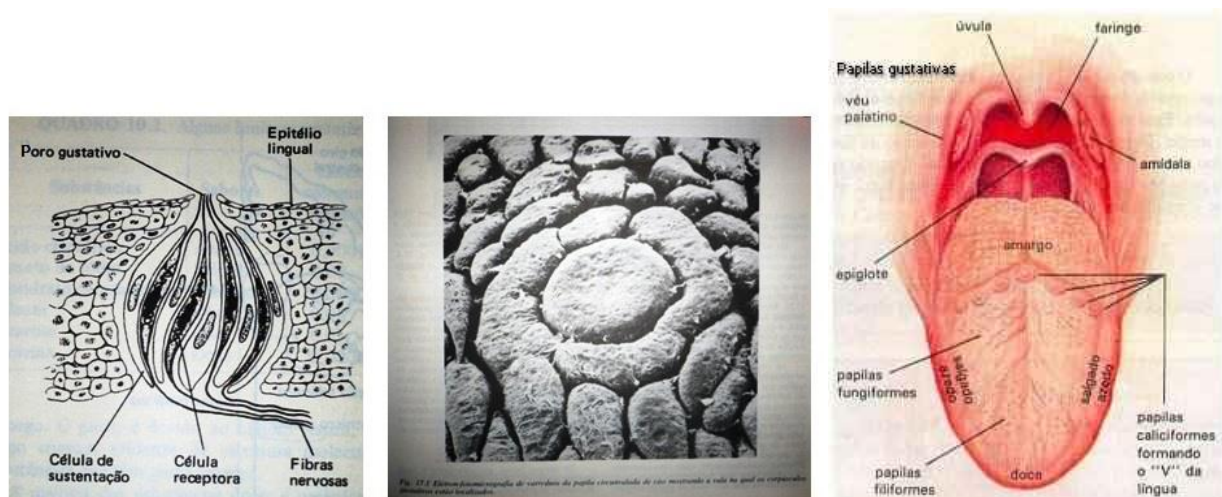
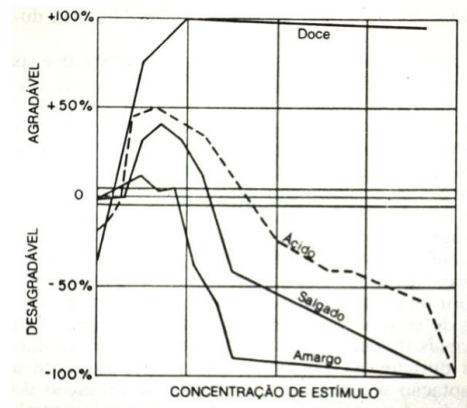


Fig. 2b.26– Diferentes tipos de papilas e superfície da língua, mostrando as localizações das sensibilidades gustativas básicas

Embora não haja dados conclusivos a esse respeito, é notável o paralelismo entre a ocorrência de *papilas filiformes* na porção dianteira da língua e a maior sensibilidade ao sabor doce neste região, assim como a ocorrência das *papilas fungiformes* e a detecção dos sabores salgado e azedo nas suas porções laterais. Como ainda das papilas *caliciformes* (formando o *V lingual* na parte posterior da língua)) e a detecção do sabor amargo.

Essa disposição já demonstra duas funções básicas do processo gustativo: (1) a busca de substâncias com alto valor calórico (quase sempre caracterizadas pelo seu sabor adocicado) e (2), a não deglutição e rejeição de substâncias tóxicas como os alcalóides, notavelmente amargas.

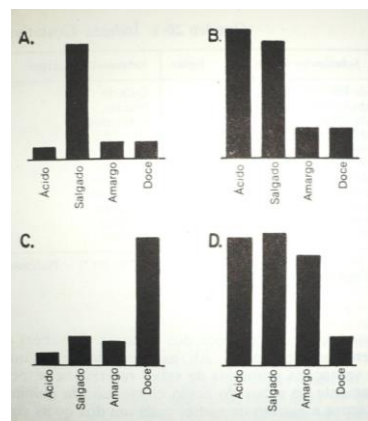
A Fig.2b.27 demonstra um outro aspecto desse mesmo processo:



*Fig.2b.27 – Sensações causadas por sabores em concentrações diferentes*

O resultado afetivo de testes com os quatro sabores básicos em diferentes concentrações, evidenciando que a natureza “agradável” do sabor “doce” se eleva rápida- e intensamente com o aumento da concentração e assim permanece de maneira perene, mesmo em concentrações bastante elevadas. Já o sabor “amargo” a não ser de maneira muito fugaz em concentrações muito baixa, nunca é agradável e rapidamente se torna muito desagradável. E que com os sabores “azedo” e “salgado”, o resultado é intermediário, havendo uma moderada sensação de “agradável” em concentrações relativamente baixas, que gradativamente se torna “desagradável” com o aumento das concentrações (evidenciando o caráter de “tempero” destes sabores).

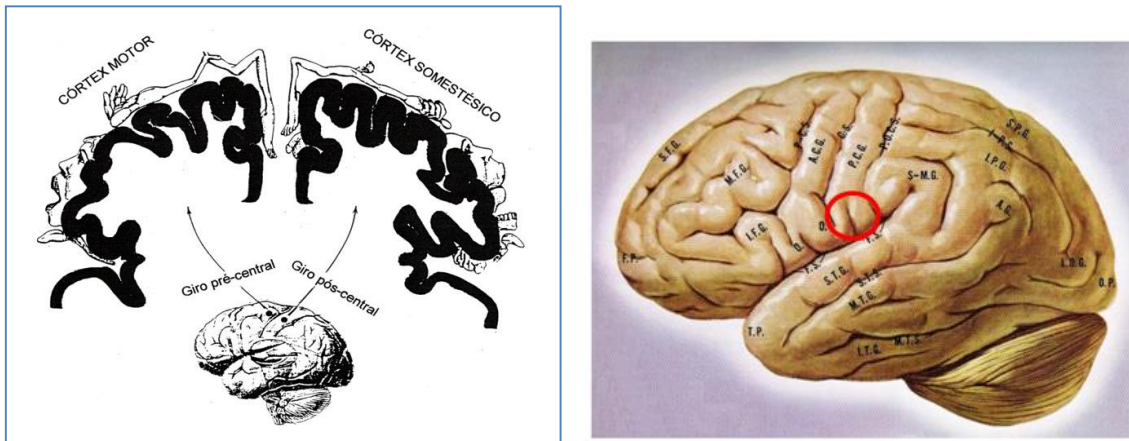
O raciocínio sobre sabores complexos, baseado apenas em quatro sabores puros, no entanto, evidentemente é uma simplificação, como mostra o resultado da experiência representado na **Fig. 2b.28**:



*Fig. 2b.28 – Respostas de quatro diferentes tipos de corpúsculos gustativos*

*(mostrando a não diferenciação obrigatória entre cada um dos quatro sabores básicos)*

As estimulações de corpúsculos gustativos localizados em pontos diferentes da língua, são levadas ao cérebro por fibras do 7º e 9º par de nervos cranianos: o componente Glossopalatino do **N. Facial**, que inerva a parte anterior da mucosa lingual e o **N. Glossofaringeo**, que inerva a parte posterior. Estas informações penetram no SNC a nível do Bulbo, de onde são então levadas ao neocórtex, onde são projetados no sopé da área Pós-Central (**Fig. 2b.29**). Note-se a possível projeção de informações gustativas e olfativas para áreas corticais próximas.



*Fig. 2b.29 – Projeção central das sinalizações gustativas*

Vimos assim numa rápida visão panorâmica a distribuição espacial das atividades essenciais do neocórtex, mostrando claramente a importância das várias percepções sensoriais, cada uma evidenciada pela extensão cortical que lhe é reservada durante o desenvolvimento. Fica também evidente, a partir dessa distribuição diferenciada de espaço, o quanto a nossa noção de que “percebemos a realidade”, ou então de que “o mundo, de fato é assim (como nós o percebemos)”, são ilusões até grosseiras. Ou ainda a não confiabilidade de expressões do tipo “só acredito vendo”

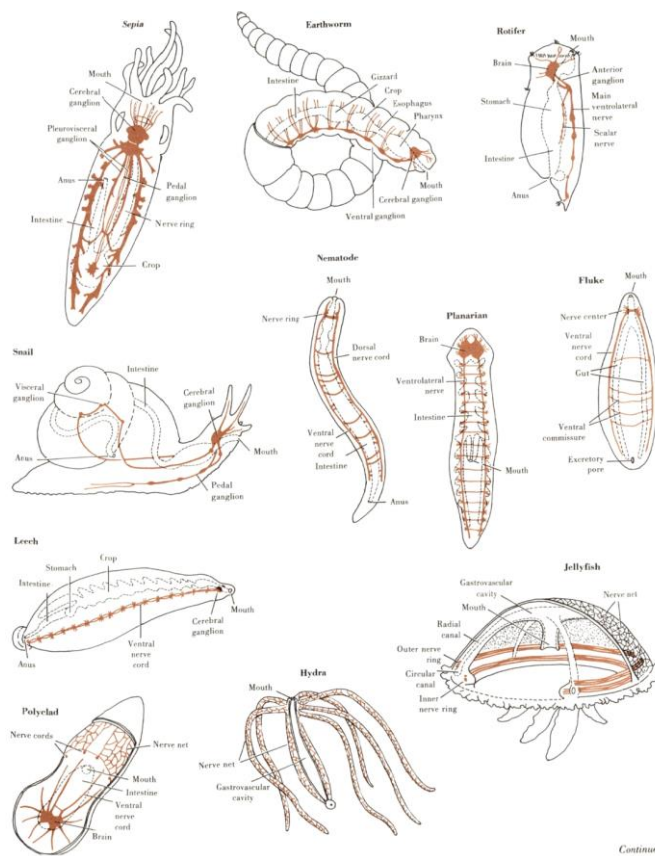
De fato, como já assinalamos, se quiséssemos ter um pouco de modéstia, olhando para o quadro da Fig. 2b.23, como já dissemos, deveríamos aceitar ter aulas de “percepção do mundo’ com os cães e os camundongos...



## c. A Noz e a integração de funções

### INTERAÇÕES com o AMBIENTE

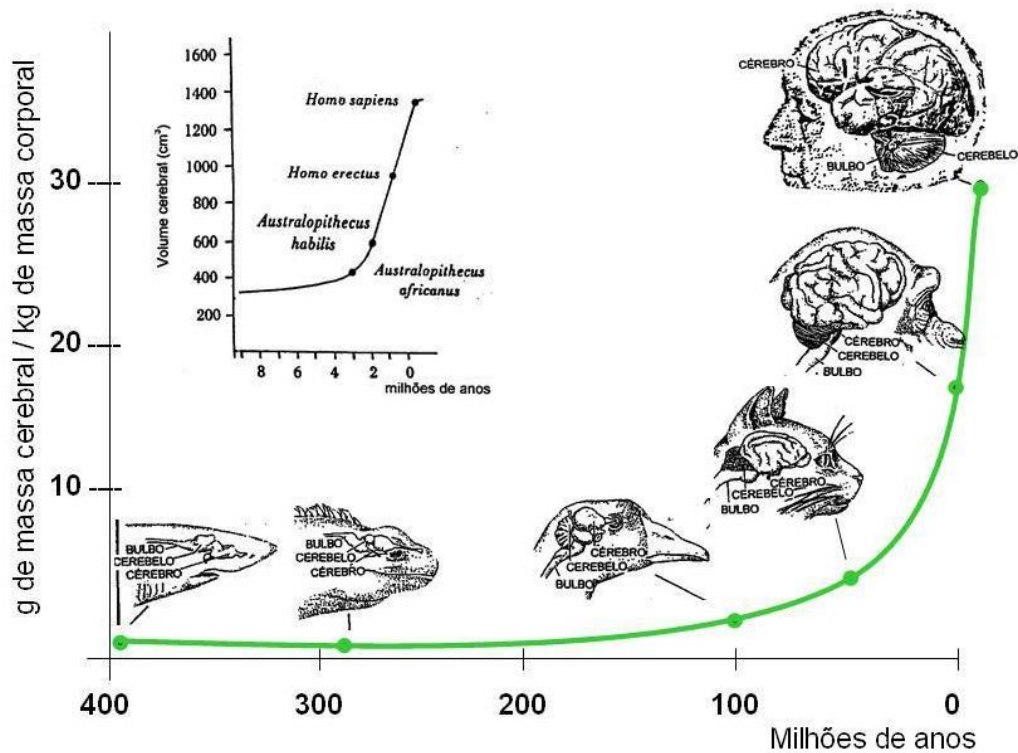
Nossa interação, seja com o nosso ambiente interno, seja com o externo (e sem considerar as possíveis, mas imponderáveis, interações energéticas puras), acontece por ação de nossos Sistemas de Interação: Glândulas Endócrinas e Exócrinas, Músculos Lisos, Músculo Cardíaco e Músculos Estriados. Cada um desses sistemas tem os seus Processos de Controle próprios e Mecanismos de Regulação específicos ou integrados em conjunto. E, na nossa espécie, em todos eles, o Sistema Nervoso Central (SNC) tem um papel importante ou é essencial. Mas, nem sempre foi assim.



(Fig. 2a.09 – Sistemas Nervosos em diferentes invertebrados)

Unicelulares obviamente reagem como um todo. Mas, mesmo muitos invertebrados, que já tem neurônios interconectando receptores e efetores, não tem um SNC evidente, como já vimos à Fig. 2a.09, repetida acima. Embora alguns mais evoluídos, como os cefalópodos e mesmo a Planária, já tenham um gânglio central que poderia merecer o nome de Cérebro, há muitos que tem apenas uma rede difusa de neurônios criando uma razoável coordenação dos movimentos. Mas é apenas nos animais vertebrados que o processo de centralização das interações acontece de maneira mais evidente e diferenciada, com o surgimento (e gradativo crescimento) de um

verdadeiro SNC, encimado e coordenado por um Cérebro como já vimos na Fig.2b.06, a qual também revemos abaixo:



(Fig. 2b.06- Crescimento do cérebro nos vertebrados)

No entanto, mesmo em nossa espécie, agraciada pela Evolução com uma gigantesca “Noz”, boa parte dos processos de controle de efetores ainda é efetuada de maneira instintiva, automática e inconsciente, pela nossa “primitiva” Medula Espinal, ou até por processos locais. E esta é uma decisão de grande sabedoria que a Evolução tomou, garantindo assim respostas mais rápidas de nossos efetores e a liberação do cérebro para processos de regulação e coordenação mais complexos.

Mas, vamos por partes, um conjunto de efetores por vez. Começando com os processos mais básicos e antigos, de regulação de nossas funções internas.

### MODULAÇÃO DA ATIVIDADE DAS GLÂNDULAS

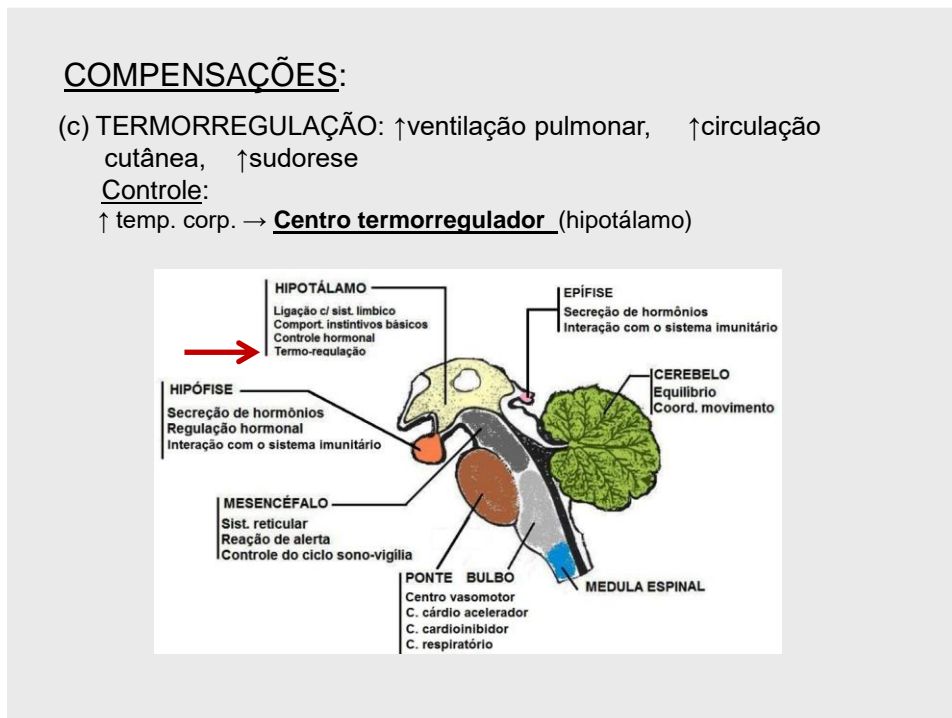
Inicialmente é preciso levar em consideração a multiplicidade de tipos de **glândulas** e de suas funções, prevendo, já aí, a multiplicidade de modos de controle utilizados pelo organismo.

Descrevendo algumas diferenças podemos começar pelo seu local de atuação.

Há então glândulas **Exócrinas**, isto é, de secreção externa, como as glândulas sebáceas, cuja função maior em nossa espécie é a de lubrificar e proteger a pele. Sua secreção é relativamente constante, embora um tanto dependente da temperatura do ambiente, ocorrendo o aumento da atividade dessas glândulas com o aumento da temperatura, que também fluidifica a sua secreção. Vale lembrar que em outras espécies, mesmo de primatas, a importância comportamental desta secreção é grande, não só para a identificação dos indivíduos do grupo,

mas também para assinalar o seu estado reprodutivo, sendo, portanto, a sua secreção afetada pelos níveis de hormônios sexuais circulantes.

Também de grande importância biológica são as glândulas *sudoríparas* que produzem uma secreção mais aquosa, cuja função básica é auxiliar na termorregulação, evitando os riscos de hipertermia. Sua secreção é diretamente afetada pelas “leituras” da nossa temperatura interna feitas pelos termorreceptores do Centro Termorregulador do Hipotálamo (**Fig. 2c.01**). Note-se que a própria temperatura cutânea não serve como bom indicador, pois logo que a sudorese começa, a temperatura cutânea cai, deixando de informar o eventual estado de hipertermia interna.



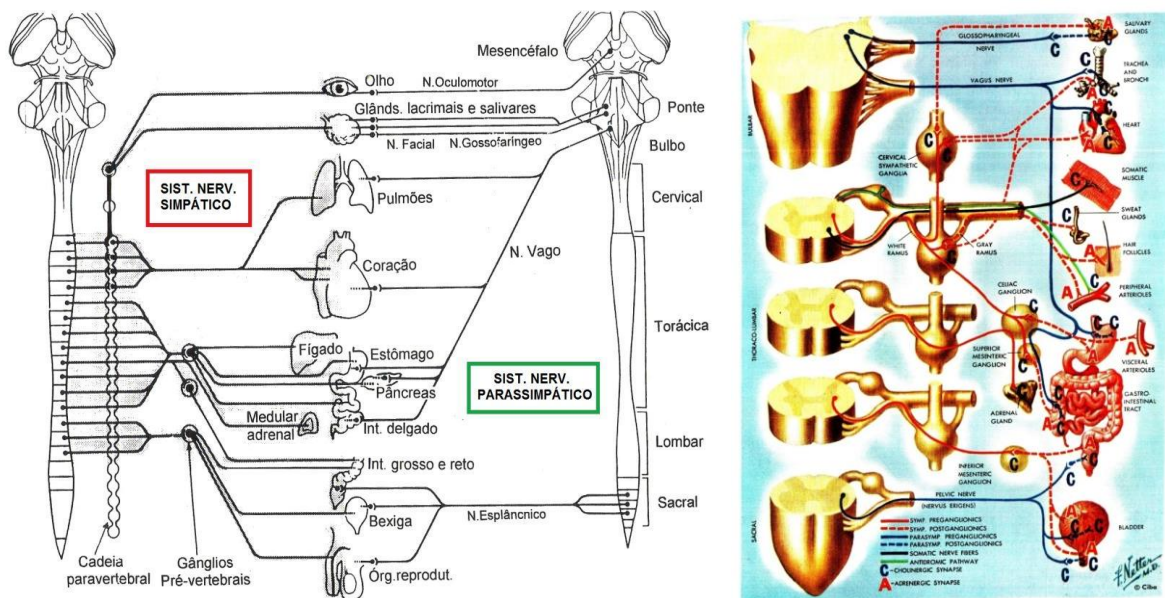
**Fig. 2c.01 – Centro Termorregulador no Hipotálamo**

Percebe-se nesta figura também uma característica mais geral e importante dos processos de regulação interna. O Rombencéfalo (Bulbo e Ponte), o Mesencéfalo e o Diencefalo (Epífise, Hipotálamo e Hipófise), abrigam quase a totalidade dos centros de regulação básicos de nossas funções internas. E isto é compreensível, lembrando que tais funções já eram básicas para a sobrevivência, mesmo em espécies com o cérebro bem menos desenvolvido que o de mamíferos, particularmente quanto ao volume do Telencéfalo (Córtex e estruturas subcorticais).

Já na atividade de **secreção interna**, há uma multiplicidade de glândulas vinculadas a diversas funções. Há as glândulas especificamente catalogadas como **Endócrinas**, dentre as quais a grande reguladora central é a **Hipófise**, controlada por circuitos neurais do Hipotálamo e secretora, só ela, de cinco hormônios reguladores, produzidos pela sua parte anterior e atuantes sobre outras glândulas (os hormônios *Tireoestimulante*, *Adrenocortico-trófico*, *Foliculo-estimulante*, *Luteinizante* e a *Prolactina*) além do *Hormônio de crescimento*, atuante sobre o organismo como um todo; e dois hormônios diretamente atuantes (o *Hormônio antidiurético* e a *Ocitocina*), produzidos e liberados pela sua porção posterior.

E há ainda as muito importantes glândulas *Tireóide* (controlada, como já sabemos, pela hipófise e produzindo hormônios que regulam o nosso metabolismo); e *Adrenal*, esta com uma dupla constituição, tendo uma camada cortical, controlada pela hipófise e produtora dos hormônios *Corticóides*, envolvidos com nossos mecanismos de defesa; e de uma parte medular, controlada pelo Sistema Nervoso Autônomo (Simpático) e liberadora de *Adrenalina*.

E há todo um conjunto de glândulas diretamente vinculadas à *digestão*, dentre as quais, as *glândulas salivares* (parótidas, sub-mandibulares e sub-linguais); as *glândulas gástricas* (secretoras de ácido e de pepsina); e há os especializados órgãos secretores, *pâncreas* e *figado*, com suas secreções enzimáticas próprias; e há ainda as glândulas produtoras de *muco* lubrificando todo o trato digestivo e possibilitando a movimentação livre do bolo alimentar. As regulações de função destas glândulas, afora processos locais, estão principalmente do Sistema Nervoso Autônomo, com seu componente Parassimpático (de função geralmente ativadora de secreções) sendo veiculado pelo *Nervo Vago* (10º para craniano), como também de sinais do *Sistema Simpático* (em geral inibidores – a tradicional “boca seca” das situações de estresse) vindos por ramos de saídas espinais torácico-lombares (como veremos na **Fig.2c.02**).



**Fig. 2c.02 – Sistema Nervoso Autônomo.**

### CONTROLE DA ATIVAÇÃO DE MUSCULOS LISOS

O segundo grande grupo de efetores internos são os **músculos lisos**. Também para este grupo de efetores, cujo funcionamento básico já descrevemos no subcapítulo anterior, o organismo foi encontrando numerosas e diversificadas funções. Para o seu controle, os dois setores do Sistema Nervoso Autônomo também tem efeitos nitidamente opostos, possibilitando assim, pela sua ação simultânea e graduada e pelo fato de a própria musculatura lisa possibilitar contrações graduadas e mantidas, um ajuste funcional fino das tensões produzidas.

Temos assim, como já descrevemos, a modulação funcional altamente específica das estruturas internas do olho, Iris e Cristalino. A *Iris*, controlada pela ativação seletiva e graduada dos seus dois componentes musculares, a musculatura *radial* e a *circular*, ajustando o diâmetro da

*pupila* e a quantidade de luz que penetra na Câmara Posterior do olho; e o *Cristalino*, controlado pela ativação graduada da musculatura lisa de seu ligamento suspensor, ajustando com isso o seu grau de curvatura e a convergência, adaptando a visão para diferentes distâncias.

O controle dessas estruturas é feito pelo Sistema Nervoso Autônomo. O Simpático como que prepara a visão “para situações de emergência”, ativando a musculatura radial da Iris e produzindo assim um aumento do diâmetro da pupila (uma *midríase*), que leva a um aumento da quantidade de luz que entra na câmara posterior, levando momentaneamente a um aumento de sinalização; e leva também a uma ativação da musculatura suspensora do cristalino diminuindo a sua convergência e favorecendo a visão para longe. Já a ativação do Parassimpático tem o efeito inverso preparando o olho para uma condição “mais intimista”: diminui o diâmetro pupilar (produz uma *mióse*) e diminui assim a quantidade de luz junto aos receptores; diminui também o raio de curvatura do cristalino adaptando o olho para uma visão de proximidade.

Ocorre também um processo de regulação da musculatura lisa dos diversos setores do *Sistema Digestivo*, conforme mostrado na **Fig. 2c.02** acima. Novamente aqui os dois Setores do Sistema Nervoso Autônomo participam seletivamente e de maneira antagônica. Enquanto o Parassimpático tende a aumentar a atividade digestiva, ativando a musculatura lisa do trato e as glândulas anexas, o inverso acontece com o Simpático que tende a inibi-las.

Mas, no sistema digestivo, a regulação da atividade da musculatura lisa também é feita a partir de respostas locais devidas a ações diretas dos componentes e características físicas dos alimentos nos diversos locais do Trato.

E a regulação da atividade da musculatura lisa ocorre também nos diversos setores do *Sistema Circulatório*, particularmente pela regulação do grau de ativação de esfíncteres pré-capilares que delimitam o fluxo de sangue arterial para territórios específicos do corpo e regulando assim também a pressão arterial. E isto, novamente aqui, é conseguido pela modulação entre a atividade simpática (que tende a elevar a pressão) e a parassimpática, com efeito geral inverso. Os Centros reguladores Cardio-vasculares encontram-se no Tronco Cerebral mais baixo, Bulbo e Ponte (**Fig.2c.03**)

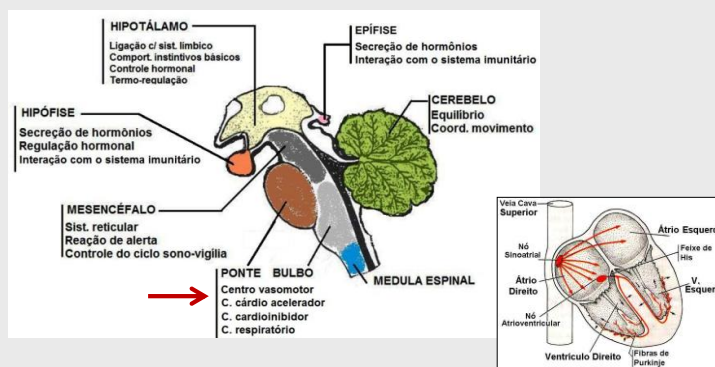
### COMPENSAÇÕES:

(b) CIRCULAÇÃO: ↑ Freq. cardíaca ↑ da pressão arterial

Controle:

↑[CO<sub>2</sub>] sang. → **Centro Cárdio e Vasomotor** (Ponte/Bulbo)

→ ativ. das vias simpáticas torácicas e inib. da via parassimp. → coração



### *Fig. 2c.03 – Centros de regulação cárdio-vascular no tronco cerebral*

#### **CONTROLE DA ATIVIDADE DO MÚSCULO CARDÍACO**

Para o controle da musculatura cardíaca, há, inicialmente, como já mencionamos, a ocorrência de respostas locais. Há uma pequena estrutura “marca-passo”, o, assim chamado, *Nó sino-atrial*, na entrada da aurícula direita, cujas células, ritmicamente geram potenciais de ação que então se espalham pela musculatura das aurículas e assim desencadeiam a sua contração, impulsionando o sangue delas para os ventrículos. O estímulo é então propagado até a transição entre aurículas e ventrículos, região em que existe um segundo marca-passo, o *Nó aurículo-ventricular*. Este então é ativado, gerando um novo potencial de ação que agora se propaga rápida- e quase simultaneamente para toda a massa muscular de ambos os ventrículos, por meio de um conjunto de neurônios, o chamado *Feixe de Hiss*, provocando a contração simultânea e completa, a *sístole ventricular*, responsável pela ejeção do sangue de ambos os lados do coração para dentro de cada um dos subsistemas arteriais (o subsistema pulmonar, o “lado direito”, responsável pela oxigenação e descarboxilação do sangue; e o subsistema somático, o “lado esquerdo”, levando o sangue oxigenado para todo o corpo).

Mas a frequência cardíaca também é modulada por vários mecanismos reflexos. Por exemplo, o reflexo iniciado pelos *quimioceptores* no *Centro Cardiovascular* (**Fig. 2c.03**), os quais monitoram as concentrações de O<sub>2</sub> e de CO<sub>2</sub> do sangue e, quando estas se afastam do normal, caindo a primeira e/ou subindo a segunda, desencadeiam uma aceleração do coração, fazendo mais sangue passar pelos pulmões e bombeando mais sangue para o organismo. E isto ocorre em paralelo ao aumento de frequência respiratória, garantindo também concentrações mais elevadas de O<sub>2</sub> e reduzidas de CO<sub>2</sub> nos alvéolos, por cujas finas paredes o sangue passa.

Um segundo mecanismo reflexo cardiovascular depende da existência de *baroceptores* arteriais, conjuntos de receptores de pressão sanguínea, localizados em algumas das grandes artérias. E suas informações são então conduzidas para o chamado *Centro Vasomotor* (naquela mesma figura) e o controle feito por este, atuará não apenas sobre o coração, mas também sobre os músculos lisos das pequenas artérias.

A detecção de uma pressão arterial considerada como baixa pelos sistemas de regulação do organismo, levará à ativação do coração, bombeando mais sangue para o sistema arterial e, ao mesmo tempo, a uma ativação parcial dos esfíncteres de musculatura lisa em torno das artérias de territórios “não essenciais” do organismo. E o inverso acontecerá se for detectada uma pressão elevada. Evidentemente, como todos sabemos, esse processo frequentemente falha, principalmente por ser influenciado por eventos comportamentais.

Um terceiro tipo de regulação do sistema cardiovascular, depende de processos bem mais complexos de interações neurais, que ocorrem em regiões mais novas do cérebro; estes processos utilizam informações do ambiente e da memória, gerando motivações de regulação do comportamento. Assim, a ocorrência de estímulos alertantes ou de situações estressantes tenderá a levar a respostas de aumentos de frequência cardíaca e de pressão arterial. Servindo assim como

preparo do organismo para possíveis situações de “luta ou fuga” frente a ameaças do ambiente. Percebe-se com clareza o papel negativo que este processo pode ter, quando vivemos em um ambiente e em uma situação social, repetidamente estressantes.

Em todos esses processos de modulação dos controles cardíacos e vasculares, a comunicação entre o Sistema Nervoso Central e os setores periféricos também é feita pelo conjunto especial de nervos que compõem o *Sistema Nervoso Autônomo*, com seus dois componentes, *Simpático* e *Parassimpático* (Fig.2c.02 acima) Estes, liberam mediadores diferentes em seus terminais (Noradrenalina o Simpático e Acetilcolina o Parassimpático) e atuam, em geral, de maneira antagônica. Estímulos do setor Simpático ativam o coração aumentando a frequência de seus batimentos e até a força de contração de suas células musculares. Estímulos do setor Parassimpático, por sua vez, reduzem a frequência das contrações. Obviamente esses setores, em condições normais, serão ativados seletivamente. Seja, o setor simpático, em condições de atividade metabólica já aumentada ou prevista de vir a aumentar. Seja o parassimpático em condições de repouso.

## CONTROLE DA CONTRAÇÃO DE MÚSCULOS ESTRIADOS

### Controles Reflexos

O controle da musculatura estriada pode ser reflexo ou voluntário. Em ambos, a ativação efetiva acontece por impulsos nervosos que vem Sistema Nervoso Central (SNC), seja da Medula Espinal (para a maioria dos reflexos), seja de setores motores do próprio Cérebro. Mas devemos lembrar que cada conjunto de fibras estriadas é inervado por um e um só neurônio motor, constituindo assim uma Unidade Motora que sempre será ativada em conjunto.

Nos **Reflexos Miotáticos** (como o *Reflexo Patelar* a ser testado), que ocorrem em todos os músculos estriados, os receptores que iniciam o reflexo são Receptores de Estiramento localizados no interior do próprio músculo, os chamados *Fusos Neuro-Musculares* (Fig.2c.04).

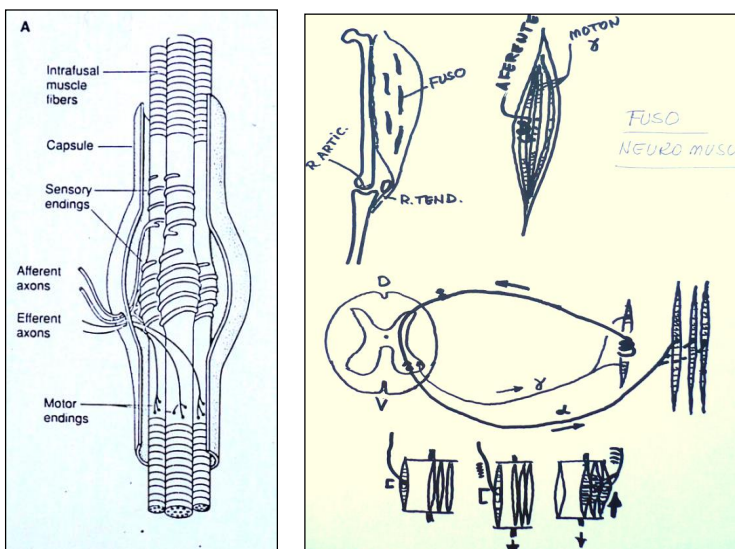


Fig. 2c.04 (que, em parte, já foi

2a.18) – Fuso neuro-muscular, constituição de Unidades Motoras e Reflexo Miotático

O estiramento de cada um desses fusos gera impulsos nervosos que são encaminhados ao SNC por um Neurônio Sensorial, que vai até a Medula, onde ele faz conexão (sinapse),

diretamente com um Neurônio Motor que leva impulsos nervosos de volta ao músculo de origem dos sinais. Lá ele faz sinapse com um pequeno conjunto de fibras musculares (formando assim uma *Unidade Motora*) e produz a ativação simultânea destas fibras. Deste modo, cada estiramento do músculo produzindo a ativação reflexa de um certo número de Unidades Motoras, (proporcional ao grau de estiramento do músculo), leva à ativação de um certo número de fibras musculares, opondo-se, proporcionalmente, a este estiramento. Esse é seguramente o processo de resposta reflexa mais rápida do nosso organismo. Tanto a mensagem aferente (sensorial) quanto a eferente (motora) utilizam neurônios mielinizados grossos (“Tipo alfa”), os mais rápidos do organismo. E, na conexão entre eles participa uma só sinapse (e por isso estes reflexos são ditos *monossinápticos*), diminuindo com isso ao máximo também o tempo de retardo sináptico.

Pode-se perceber facilmente a importância de tais processos, tanto em resposta a situações de estímulos ambientais relativamente constantes e sempre presentes, como, por exemplo, a força da gravidade e a oposição que o organismo precisa fazer para se opor a ela e manter a postura. Mas também como resposta adequada a situações de estiramento mais intenso e súbito (por exemplo, quando saltamos de uma certa altura), na medida em que estiramentos mais e mais intensos produzirão a ativação de mais e mais unidades motoras, gerando assim respostas de contração diretamente proporcionais às intensidades dos estiramentos. E isto sem nenhuma necessidade de participação de processos de decisão consciente.

**EXERCÍCIO: testar o Reflexo Patelar de um voluntário, sentado com as pernas cruzadas percutindo, logo abaixo da rótula, o tendão do músculo da coxa (Quadríceps) da perna não apoiada.**

Mas também é interessante notar que as extremidades de cada um desses receptores (adequadamente chamados de neuro-musculares) é formada por fibras musculares tônicas, isto é, fibras que podem permanecer contraídas por longo tempo em diferentes graus. Essas extremidades, como também se vê na figura 2c.04 recebem uma inervação especial pelo assim chamado *Sistema Eferente Gama*, controlado, agora sim, por mecanismos corticais, que regulam desse modo o nível de sensibilidade de cada um dos fusos.

Controles reflexos adicionais, originados, por exemplo, em receptores do Sistema Vestibular participam desse processo de regulação, modificando a intensidade dos reflexos miotáticos ou também, atuando diretamente sobre determinados músculos, originando movimentos reflexos específicos, os chamados Reflexos Posturais.

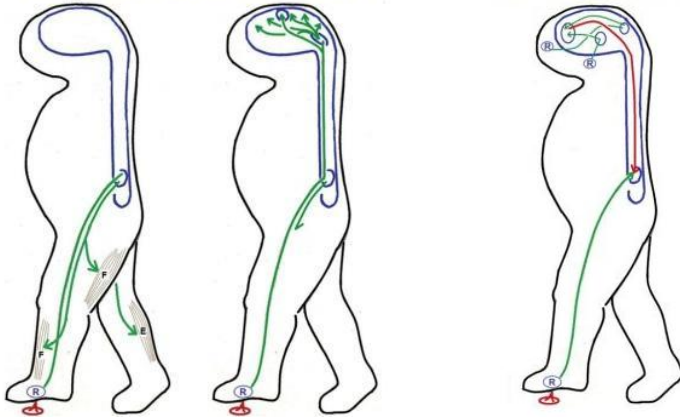
#### ***Fig. 2c.06 – Reflexo de retirada***

Um outro tipo muito importante de controle reflexo da musculatura estriada é o ***Reflexo de Retirada***, pelo qual rapidamente afastamos do local uma região do corpo que está sendo agredida por um estímulo lesivo. É um reflexo que se inicia em Terminações Nervosas Livres, as quais, em resposta ao estímulo lesivo, originam informações que são conduzidas à Medula Espinal por neurônios sensoriais somáticos. Lá, após algumas poucas passagens sinápticas, que distribui a informação por circuitos em alguns segmentos medulares, acabam ativando motoneurônios que irão estimular fibras em músculos flexores do membro afetado, retirando a parte do corpo do



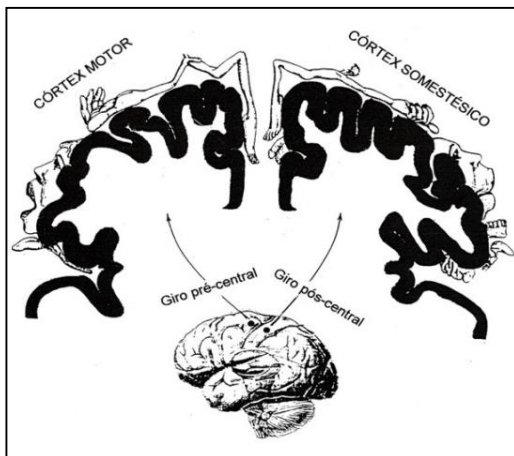
contato com o estímulo lesivo; e ativam também a musculatura extensora contralateral para permitir a manutenção do equilíbrio (**Fig. 2c.06, primeiro esquema**).

Reações ao Estímulo de Dor



**Fig. 2c.06 Reflexo de Retirada**

Ao mesmo tempo, mas com pequeno retardo, estímulos correspondentes chegarão ao cérebro (esquema do meio), levando à estimulação da área do córtex somestésico correspondente à região do corpo afetada, (como foi visto à Fig. 2b.18 que rerepresentamos abaixo), e estimulando também a região do Tronco Cerebral (Sistema Reticular Ativador), responsável pela ativação de todo o cérebro (**Fig. 2c.06, esquema do meio e Fig.2c.07**). Eventualmente ainda, e dependendo da intensidade da lesão, ou de outras informações complementares sobre o agente agressor, será desencadeado também todo um conjunto de reajustes de funções internas, preparando-nos para a situação comportamental de “luta ou fuga” (**Fig.2c.08**).



(Fig. 2b.18 - Áreas Somestésica e Motora Primárias)

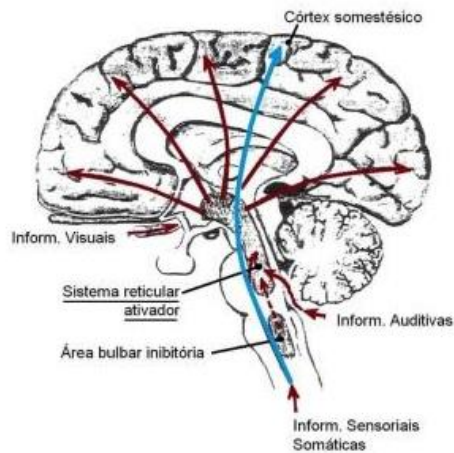


Fig. 2c.07 – Sistema Reticular Ativador

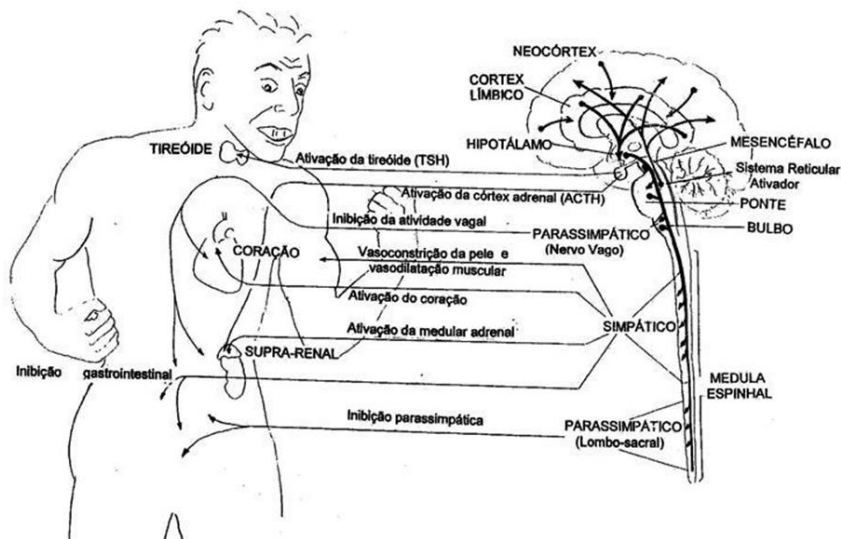
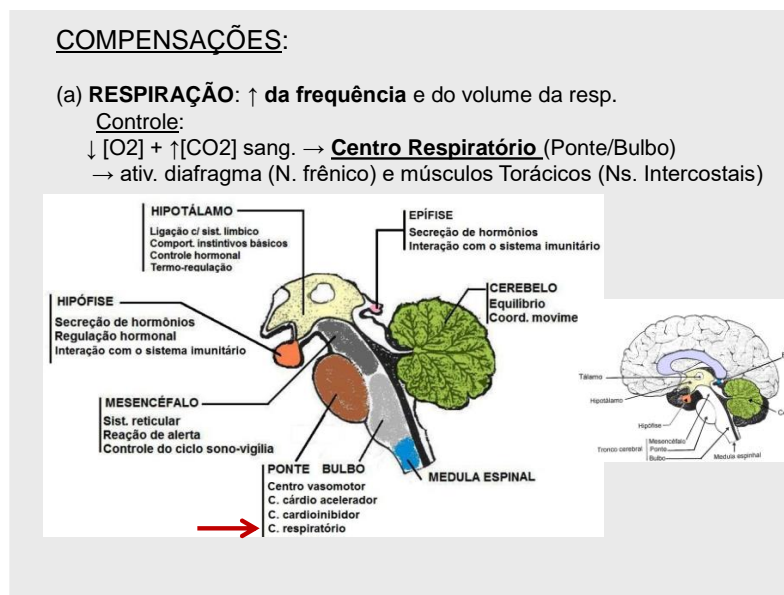


Fig. 2c.08 – Reação de Alerta

Mas também temos a possibilidade de modular a intensidade ou até de bloquear este reflexo, fato que acontece, por exemplo, justamente em situações de estresse intenso em que estamos sendo efetivamente ameaçados ou agredidos (**Fig. 2c.06, esquema da direita**). Neste caso participam circuitos mais complexos, envolvendo opióides como mediadores. E pode então acontecer, em casos de bloqueio extremo, que nem nos conscientizamos da lesão, a não ser depois, quando a reação de alerta amaina.

Um outro tipo muito interessante, específico e de extrema importância, de controle reflexo sobre musculatura estriada, é aquele exercido sobre a **musculatura respiratória** (músculo diafragma, músculos intercostais e músculos respiratórios acessórios como peitorais e músculos do dorso). Existe, mais básico e filogeneticamente antigo, um circuito de controle reflexo originado nos quimioceptores do Centro Respiratório localizado no Tronco Cerebral mais antigo (**Fig. 2c.09**).

Desde que abandonaram a vida aquática, os vertebrados tiveram que se haver com a questão da oxigenação do seu sangue e ao mesmo tempo, da eliminação do gás carbônico produzido no seu metabolismo. Ao contrário do que acontece nos peixes onde, em função do seu próprio deslocamento, a água passa pelas suas guelras e brânquias, oxigenando e descarboxilando o seu sangue, nos animais de vida terrestre o ar tem de ser bombeado para dentro e para fora dos seus pulmões, o que acontece pela ativação adequada de setores de sua musculatura respiratória. E essa importantíssima atividade é coordenada pelos neurônios do Centro Respiratório. Esses neurônios funcionam como marca-passo gerando um ritmo respiratório básico, e também reajustam-no, elevando a sua frequência e/ou intensidade, assim que o teor de O<sub>2</sub> do sangue diminui ou o teor de CO<sub>2</sub> aumenta. Este processo funciona não apenas durante a vida ativa, mas também durante o sono, e até após perda de consciência ou anestesia leve.



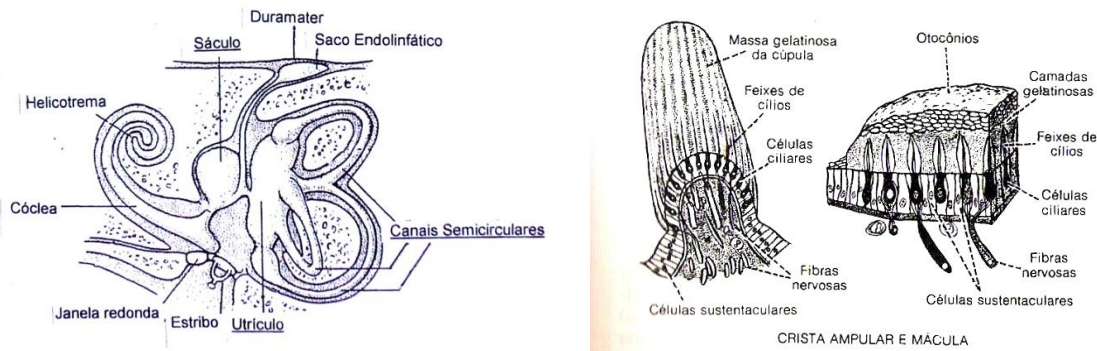
**Fig.2c.09 – Centros regulatórios do Tronco Cerebral, salientando o Centro Respiratório Bulbar**

**PRÁTICA:** Observar este processo de regulação da respiração, em um ou mais voluntários, anotando a frequência respiratória e a profundidade dos movimentos respiratórios antes e imediatamente após um exercício de Vitalidade (lembrando que movimentos respiratórios dependem de ativação da musculatura intercostal e do diafragma).

Um quarto tipo de controle reflexo de musculatura estriada, mais complexo por envolver, potencialmente, músculos de quase todo o corpo, é aquele dos **Reflexos Vestibulares**.

O *Sistema Vestibular*, anexo ao Ouvido Interno, como já vimos e rerepresentamos abaixo (Figs. 2a.07 e 2b.22), é composto por dois setores de função diferente: os *Canais Semicirculares* e o *Sáculo e Utrículo*. Os Canais semicirculares detectam movimentos de rotação (da cabeça e

assim, do corpo), enquanto que Sáculo e Utrículo sinalizam a posição estática do corpo no espaço e as suas acelerações retilíneas.



(Fig. 2a.07 e 2b.22– Sistema Vestibular)

E isto se deve, como já sabemos, aos seus conjuntos de receptores e à localização destes. Nos canais semicirculares, as três **Cristas** (estrutura à esquerda na Fig. 22) que se localizam, cada uma, na transição entre um dos canais e a dilatação existente na sua extremidade (Ampola). Havendo então uma aceleração angular no plano de um dado canal, a endolinfa no seu interior tenderá, por inércia, a se manter imóvel, arrastando consigo uma das cristas. Como há dois conjuntos de canais em posição espelhada, um anexo a cada ouvido interno e, em cada um deles, três canais dispostos em planos ortogonais, este sistema é um sinalizador primoroso de acelerações e desacelerações angulares da cabeça (e assim, previsivelmente, do corpo), informando não apenas o plano e o sentido, mas também a intensidade e o caráter de aceleração ou desaceleração do movimento.

Já no sáculo e no utrículo há as **Máculas**, aderentes a um ponto de suas paredes. Essas estruturas também contêm receptores ciliados imersos em uma substância gelatinosa, mas a qual tem cristais densos e relativamente pesados (as **otocônias**) aderentes à sua superfície. Assim, seja por ação da gravidade, seja em decorrência de uma aceleração ou desaceleração no plano de sua adesão, elas tendem a deformar os cílios dos receptores e assim sinalizar as características desses processos.

As informações oriundas desses dois conjuntos de receptores são então levadas ao cérebro (8º par de nervos cranianos) onde geram não apenas a sensação consciente desses eventos, mas também os eventuais **reflexos posturais** necessários para se opor a estas acelerações e assim possibilitarem a manutenção do equilíbrio. Tais reflexos, como se pode imaginar, são de extrema importância, dada a nossa história arbórea e a nossa presente condição bípede, com deslocamentos rápidos e ágeis.

Embora se originem nos receptores vestibulares, esses reflexos exigem um processo intenso e rápido de coordenação entre as várias contrações e relaxamentos dos diversos grupos musculares postos em ação. Envolvem assim uma outra estrutura cerebral que também vem tendo um desenvolvimento filogenético intenso, o **Cerebelo (Fig.2c.10)** e que não é só importante em processos reflexos, mas também, e até principalmente, na coordenação de movimentos voluntários complexos e precisos, como veremos a seguir.

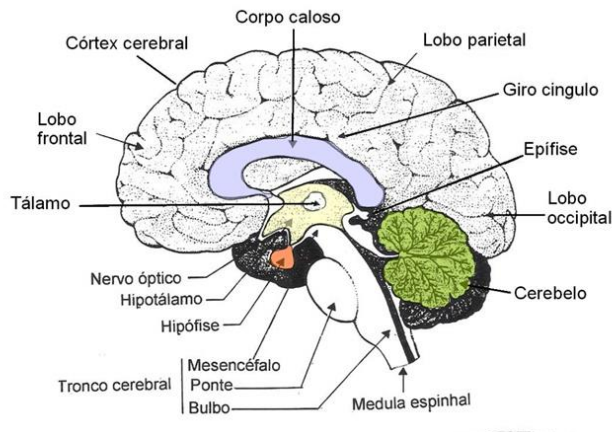


Fig. 2c.10 – Cérebro humano (com o cerebelo destacado em verde)

### Controle voluntário da musculatura estriada

Avaliado atentamente, este é provavelmente o fator mais importante de pressão seletiva que levou ao enorme desenvolvimento de nosso cérebro.

Sáimos da condição quadrúpede, liberando assim nossos braços e principalmente nossas mãos para funções mais complexas, daí advindo a pressão evolutiva pelo desenvolvimento de áreas corticais com representação motora cada vez mais detalhada, mas também o desenvolvimento de estruturas encarregadas da coordenação sutil e rápida das diversas ativações motoras. E dentre essas estruturas coordenadoras de movimento destaca-se também o Cerebelo. Para isso, além da parte central junto ao tronco cerebral, coordenadora de reflexos como os posturais acima descritos, surgiu nele um igualmente amplo **neocerebelo**, formando dois hemisférios cerebelares (**Fig.2c.11**), hemisférios estes vinculados principalmente à coordenação de movimentos voluntários precisos de nossos membros superiores, especialmente de suas extremidades, mãos e dedos.

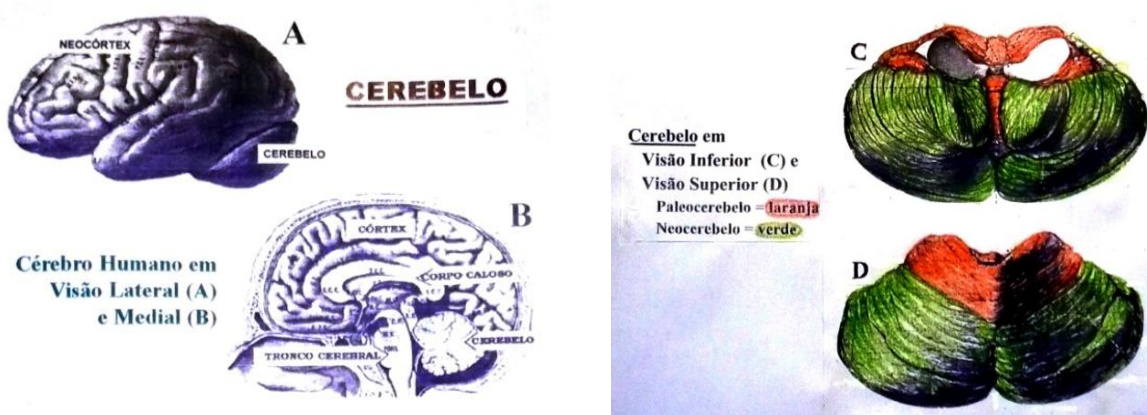
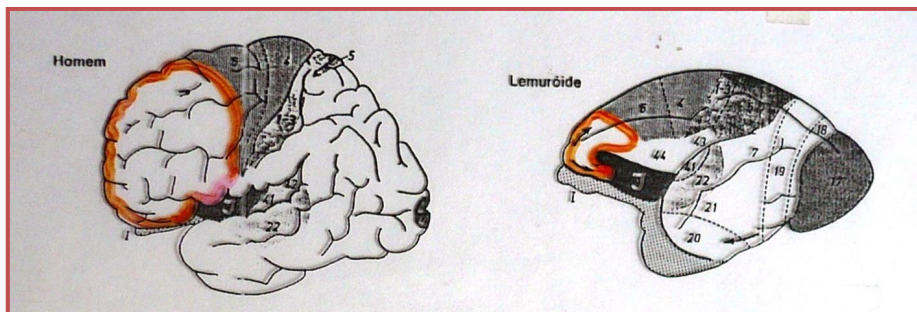


Fig. 2c.11 – Cerebelo (paleocerebelo e neocerebelo)

Mas neste processo evolutivo estava incluído não apenas a execução de atividades e tarefas em si, mas também a vantagem social da transmissão de informações quanto ao seu ‘*modus faciendi*’ e às suas previsíveis consequências.

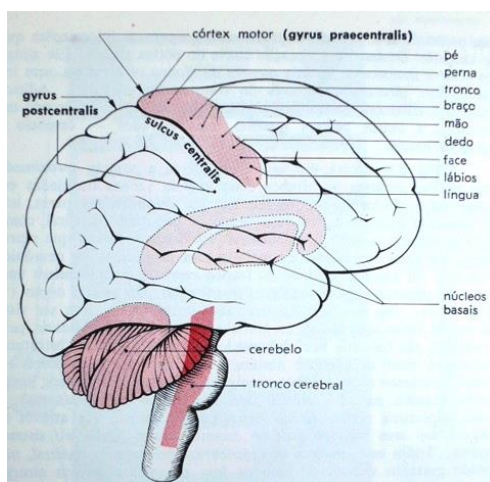
E, a partir dessa potencialidade da comunicação houve também a pressão pelo desenvolvimento não apenas das áreas motoras em si, mas também de áreas sensoriais em diversas modalidades. E o desenvolvimento de áreas corticais secundárias e terciárias, não apenas para a sua percepção mais sutil, mas também para o armazenamento dessas informações ao longo do tempo, possibilitando, além de seu uso exclusivo, também a sua transmissão para coespecíficos.

E, finalmente, surgiu a grande pressão por um sistema de “previsão e planejamento”, o que acarretou mais uma enorme pressão evolutiva para o crescimento de nosso neocórtex anterior (**Fig. 2c.12**).



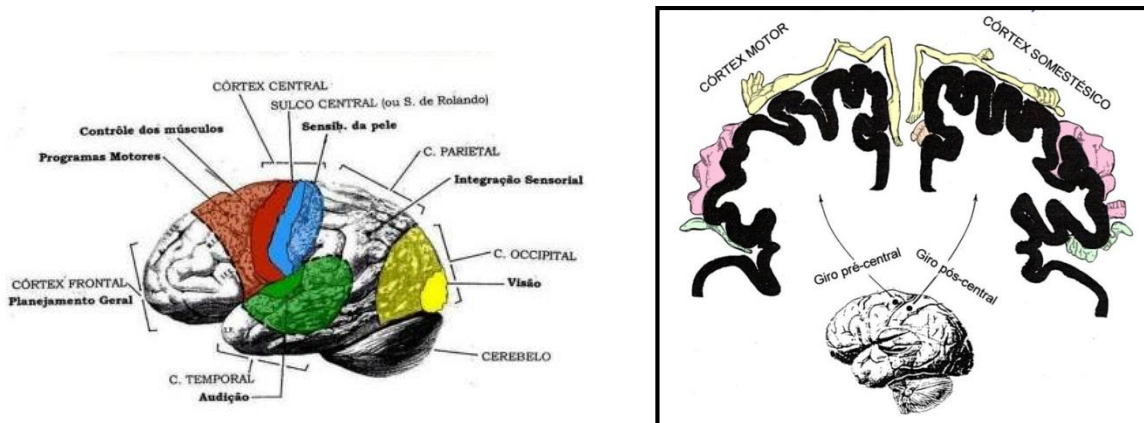
**Fig.2c.12 – Desenvolvimento do córtex frontal em primatas**

Mas, certamente, não se limitou ao córtex cerebral esta pressão seletiva. A fineza e precisão com que os diversos atos motores deveriam ser executados levou à solicitação de sistemas especificamente envolvidos com esta função, o que resultou no desenvolvimento de diversos **centros sub-corticais** do telencéfalo (**Fig.2c.13**) e principalmente, como já comentamos, do enorme **Neocerebelo** (como já foi visto na Fig.2c.11)



**Fig. 2c.13 – Regiões cerebrais envolvidas com o controle de movimentos**

Mas, sem dúvida, como já vimos, toda a porção anterior do nosso neocórtex está envolvida com o controle de nossa musculatura estriada. Não só há um **córtex motor primário** (em vermelho na **Fig.2c.14** à esquerda), contendo uma representação de todos os segmentos do corpo, com uma área cortical proporcional não às dimensões reais desses segmentos, mas sim à fineza de controle motor que o organismo irá ter sobre ela (ver representação à direita).



*Fig. 2c.14 – Áreas corticais com destaque para as áreas somestésica e motora primárias*

Mas este córtex motor primário é apenas a via de saída final das ordens motoras.

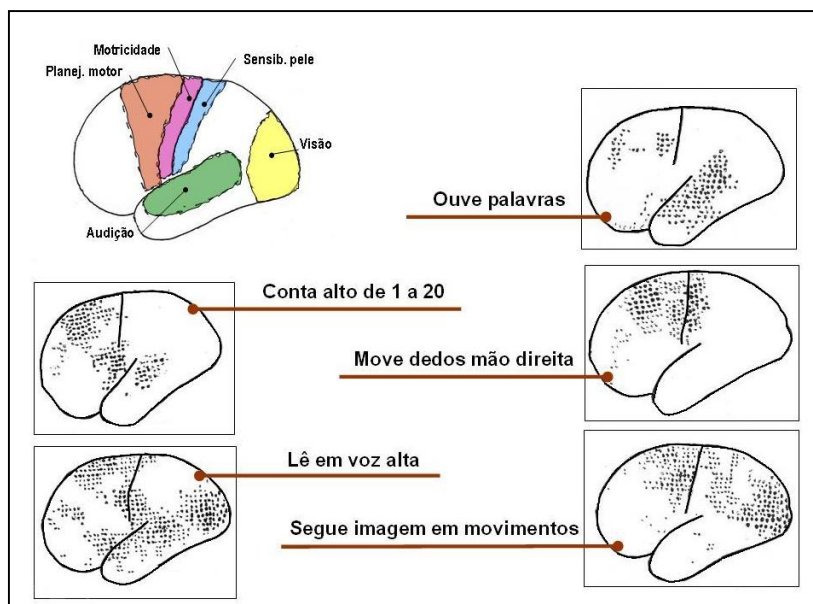
Podemos imaginar que no amplo Córtex Frontal (em branco no esquema), ocorre o Planejamento Geral de Ação, levando em consideração também todas as informações sensoriais disponíveis. A seguir este plano de ação é repassado ao Córtex Motor secundário (em marrom no esquema), onde, inicialmente, na sua parte mais anterior é montado um esquema amplo de movimentos necessários para a concretização do Plano Geral. Gradativamente as informações são então repassadas às regiões mais posteriores desse córtex secundário, onde agora são mais e mais detalhados os movimentos requeridos, até, finalmente, haver como que uma listagem dos músculos a serem ativados e das atividades previsíveis que precisarão ter. Estas ordens são então, agora sim, passadas às regiões específicas de representação de cada um desses músculos no córtex motor primário (em vermelho no esquema da esquerda e detalhados no esquema da direita), a partir do qual sairão então os controles efetivos.

Como já percebemos, para um trabalho excelente do córtex frontal no seu planejamento de ação, ele terá que funcionar de modo integrado com todas as áreas sensoriais (regiões posteriores). Nestas áreas sensoriais o trajeto das informações é ao avesso. Inicia-se em suas áreas primárias, locais de chegada das informações vindas dos sistemas de receptores de cada uma das modalidades principais (no esquema, em azul para a somestesia, em amarelo para a visão e em verde para a audição). E estes sinais, serão então trabalhados em suas respectivas áreas secundárias (em azul claro, amarelo claro e verde claro), momentos em que vão sendo

agregadas as diversas informações em cada modalidade para ir-se chegando a avaliações mais globais de cada conjunto, avaliações estas que também vão sendo comparadas a outras informações já armazenadas em circuitos de memória nessas regiões. Finalmente todos estes conjuntos de informações são transmitidos à área sensorial terciária (em branco entre as várias modalidades sensoriais), região onde então os diversos conjuntos vão sendo agregados e, eventualmente, nomes e significados vão lhes sendo anexados. Estas “conclusões finais” sobre a situação do ambiente são então encaminhados ao neocórtex frontal, fornecendo-lhe elementos para a criação de projetos de ação adequados em função do momento e dos objetivos já anteriormente estabelecidos. Evidentemente este trabalho é cíclico, com o resultado de um conjunto de ações sendo novamente avaliado sensorialmente e o resultado sendo retransmitido ao córtex frontal para então haver, seja a manutenção inalterada, seja o replanejamento, seja o encerramento do plano original.

É interessante notar que nem todo o neocórtex está em atividade máxima a todo momento. É também o projeto de ação e a avaliação ambiental disponível que acaba orientando conjuntos de ativações setoriais, como mostra a **Figura 2c.15**.

Vemos claramente nas várias imagens dessa figura, a diversidade e fineza deste processo de ativação seletiva, agregando especificamente setores corticais importantes no desempenho de cada uma das atividades pretendidas.



**Fig. 2c.15** – *Ativações corticais setoriais em função das atividades comportamentais*

Fica assim bastante claro o caráter psicossomático de todo o processo de vida. Certamente não somos simples “máquinas biológicas”. Não somos simples unidades



respondentes. Temos no mínimo duas características básicas que nos diferenciam radicalmente de qualquer estrutura inanimada.

A primeira que parece óbvia, mas que, pensada de maneira mais crítica e profunda, é bastante estranha e difícil de entender. Chama-se **VIDA**.

Ela tem diversas propriedades bastante estranhas. E uma delas é o fato de existir nascimento e existir morte. Vocês dirão: “estranho por que? Todos sabem que nasceram e todos sabem que um dia vão morrer!”

Será? Todos? E os unicelulares? Cada ameoba que existe hoje é fruto da divisão celular de outra ameoba. E assim “por diante” (ou melhor “para trás”). Até quando? (Levando em conta que as ameobas existentes hoje, provavelmente já são o fruto de mutações de outros unicelulares ou de vírus, e assim sucessivamente...)

E nós? Afinal, cada um de nós vem de um espermatozoide e de um óvulo de nossos pais que também vieram de espermatozóides e óvulos dos seus pais e assim “para trás”, por infundáveis ancestrais, passando pelos homínídeos primatas mais primitivos, outros mamíferos, anfíbios, peixes, invertebrados, sei lá...

Então ao menos em termos de células germinativas os seres vivos são imortais.

E por que há tanta diferença entre os tais “tempos de vida normais”? Por que um Jequitibá Rosa pode ficar vivo por mais de 3.000 anos e há dípteros que “normalmente”, na sua fase adulta reprodutiva não vivem mais do que um dia?

Talvez então a tal de morte deva ser pensada simplesmente, ou como um acidente (somos mortos...) ou então como uma falha do processo de vida. Incluída e aceita por não ser muito letal, ou muito rapidamente letal.

De fato, se pensarmos criticamente, podemos afirmar que qualquer espécie permanecerá “existindo” enquanto suas células germinativas tiverem a *motivação* e a competência de produzirem novos indivíduos semelhantes, os quais, por sua vez, antes de serem mortos, puderem “acasalar” suas próprias células germinativas!

Mas fica ainda inexplicada essa tal “motivação”. Essa tal ENERGIA VITAL!...

E, uma grande questão resultante é a do por que então não permanecemos tranquilamente como vírus ou ameobas?

De onde vem toda essa tendência à “Evolução”, gerando todas estas estranhas, complexas e até perigosas mutações? Retomando e expandindo um pouco as considerações que já fizemos no Cap. 1b, poderíamos “filosofar gratuitamente” o que segue:

Há na origem dos pluricelulares como somos nós, algo que não existe nos unicelulares. Nas ameobas, assim que uma delas se divide, ambas as partes imediatamente se separam e formam novas ameobas semelhantes. Que lutam com o mundo para continuarem vivas e acabarem se dividindo, gerando mais “delas mesmas”.

Mas parece ter havido, em algum momento da nossa história, uma falha do processo: em uma dessas tais ameobas, assim que ela se dividiu, as duas novas ameobas “decidiram não se separar”.

Poeticamente poderíamos dizer que se apaixonaram uma pela outra e “simplesmente não conseguiram viver separadas”.

No começo deste processo romântico apenas formaram um bolo de amebinhas. Mas neste, à medida em que aumentava de volume, ficou evidente uma falha mortal: embora as amebinhas da periferia vivessem bem, tendo acesso à alimentação e ao oxigênio e conseguindo eliminar os seus detritos e o CO2 resultante do metabolismo, o mesmo já não acontecia com as que haviam ficado no meio do bolo, as quais acabaram morrendo.

Previsivelmente sobraram “pedaços” deste primeiro pluricelular que foram reiniciando o processo e falhando.

Até que, em um desses grupos sobreviventes o Amor ganhou uma nova dimensão: as amebinhas pararam de simplesmente se dividir e ficar grudadas. Começaram a fazer “acordos”; (bastante estranhos porque afinal, geneticamente elas eram idênticas); “decidiram” (por sorteio?) que algumas de um lado iriam formar uma dobra “prá dentro”, criando assim uma cavidade. Na qual o alimento podia agora entrar e os detritos sair (criaram um “lado de fora por dentro”). E gostaram desse processo de “diferenciação”. Novos sorteios? E subgrupos de “amebinhas” começaram a mudar de forma e de “jeito de ser e de agir”. Começaram a virar “células” e a formar “órgãos”.

E o Amor era tanto que junto a essas transformações foram também assumidas (alegremente?) diversas limitações, dando consistência a esses órgãos. Houve ex-amebinhas que tinham ficado com um corpo que insistia de contrair e relaxar. E aceitaram a incumbência de contrair e relaxar continuamente (sem período de sono, sem fim de semana, sem férias). E algumas delas ficaram com vontade de se agrupar formando cavidades e túneis que logo se encheram de um líquido estranho. E estava criado um “coração” e um sistema circulatório.

E outras, de tanto Amor, aceitaram ficar do lado de fora desse “organismo”, levando agressões e acabarem morrendo logo, mal conseguindo completar essa superfície com novos filhotes delas.

Por outro lado, em muitos grupos (órgãos), a decisão foi a de deixarem de se multiplicar. Por exemplo, aquelas mesmas que gostavam de ficar contraindo e relaxando. E outras que se sentiam muito importantes; não se multiplicavam, mas cresciam e se alongavam; cem vezes, mil vezes mais do que as outras. E trocavam sinais elétricos (criaram a comunicação digital!).

E, certamente, uma possível base para tudo isso foi essa super-especial energia: o **AMOR!**

Fica evidente a falta que ela faz, quando algumas dessas ex-amebinhas decidem romper o pacto. Se, por exemplo, aquelas do coração decidirem tirar férias “só por uns quinze dias”; ou aquelas da pele decidirem “continuar se reproduzindo, mas mudar de moradia, indo morar num lugar mais tranquilo e seguro - no interior do organismo”. Quão maligno será esse melanoma! Quão mortal terá sido aquela parada cardíaca!

Vemos assim que todos nós e possivelmente todos os pluricelulares, temos em comum essa dupla e até certo ponto contraditória motivação de:

- Por um lado, termos em nós essa Energia Amorosa, que nos faz, quase a qualquer custo, querer ficarmos unidos a nossos semelhantes, (ainda que “precisando ter a motivação” para fazer concessões, eventualmente desagradáveis ou até “pouco saudáveis” para nós mesmos).

- E, por outro lado, temos em nós também essa tal Energia Vital, que nos faz querer, a qualquer custo permanecermos nesse ciclo individualista do “crescer e se multiplicar” (ainda que às custas do espaço e do alimento dos “vizinhos”; ainda que carregando e transmitindo “falhas não mortais”).

Talvez assim a Seleção Natural não seja realmente a busca da perfeição suprema, nem mesmo a busca do caminho “mais saudável”. Talvez as mutações muitas vezes nada mais sejam, do que *falhas que deram certo* (ou até *falhas que não foram mortais*). E que assim **o processo de Evolução Filogenética, seja apenas o caminho de buscar o aperfeiçoamento de falhas que não foram letais**. Criando, no entanto, muitas vezes rumos que acabam por sê-lo...

Nos próximos capítulos deste texto, procuraremos explorar a eventualidade de estar-mos num (des)caminho assim. Particularmente em relação à nossa “avantajada” noz.

