



A DIVISÃO SENSORIAL DO SISTEMA NERVOSO

A nossa *percepção* começa quando uma forma qualquer de energia incide sobre as interfaces existentes entre o nosso corpo e o ambiente, sejam estas interfaces externas ou internas. Nelas há *células especiais* capazes de traduzir a linguagem do ambiente para a linguagem do sistema nervoso (potencial de ação). Tais células são denominadas **RECEPTORES SENSORIAIS**.

São estas células que definem o que chamamos de *sentidos* (visão, audição, sensibilidade corporal, olfação, gustação). Entretanto, o SN é capaz de sentir muito mais do que esses sentidos clássicos. E isso ocorre de forma consciente e inconsciente. Ele pode detectar alterações sutis na posição do nosso corpo quando nem nos damos conta disso; mudanças sutis da pressão; composição e temperatura do sangue que nunca chegam a nossa consciência; movimentos viscerais etc.

Muitas vezes ouvimos as perguntas: *Será que uma fruta que cai de uma árvore onde não há ninguém para ouvir, faz algum barulho? Será que uma fruta que ninguém experimentou tem gosto? A Terra era azul antes que o homem a visse do espaço?* Essas perguntas atormentam os filósofos, os físicos, os psicólogos e os "pobres mortais" a muito, muito tempo. Mas hoje em dia são os neurocientistas que mais têm pensado e avançado no conhecimento do assunto. De acordo com os neurocientistas a resposta para todas as perguntas acima é um grande NÃO! Eles acham que não há som se ninguém o ouvir, que não há gosto se ninguém o provar, que não há cor se ninguém para vê-las.

Por quê? De onde surgiram tais idéias? Pensem um pouco...

As coisas do mundo existem independentemente umas das outras e, porque existem, possuem atributos físicos e químicos que são característicos delas (forma e massa, por ex.). Assim, a fruta que cai da árvore emite vibrações que se propagam pelos meios materiais ao redor (o ar, o solo etc.) até se dissiparem. Porém, estas vibrações somente se transformarão em sons se houver nas proximidades algum ser vivo dotado de um SN com capacidade de senti-las e percebê-las como som. De forma semelhante, a fruta só terá gosto se um sistema sensorial for capaz de perceber como paladar algumas substâncias químicas da fruta (açúcar por ex.); senão o açúcar será somente mais uma substância química.

Assim, existem dois "mundos": o *mundo real* e o *mundo percebido*. Será que eles são iguais, o segundo um reflexo do primeiro? Ou diferentes, um e outro com atributos distintos? Novamente os neurocientistas afirmam que o mundo percebido é diferente do mundo real. Duas pessoas não percebem da mesma forma uma música. E a mesma pessoa perceberá a música de formas distintas, dependendo do momento da sua vida. Isso ocorre primeiro, porque as capacidades sensoriais dos receptores auditivos são ligeiramente diferentes entre indivíduos (devido a diferenças genéticas e até mesmo diferenças de experiências e influências ambientais). Segundo, porque o mesmo indivíduo atravessa diversos estados fisiológicos ao longo do dia e da vida (níveis de consciência, estados emocionais, saúde, doença etc.) que são capazes de modificar as informações, provocando percepções diferentes.

É importante então que compreendamos o que torna o mundo real diferente do percebido e como isso ocorre. O "culpado" de tudo é o Sistema Nervoso, pois é ele que determina quais as regiões neurais responsáveis pelos sistemas sensoriais.

Para compreender tudo isso melhor é importante determinar alguns conceitos:

- **SENSAÇÃO:** é a capacidade que os animais apresentam de codificar certos aspectos da energia física e química que os rodeia, representando-os como impulsos nervosos capazes de serem compreendidos pelos neurônios. A sensação permite a existência dos sentidos.
- **SENTIDOS:** diferentes modalidades sensoriais que têm origem na tradução feita pelo SN das diversas formas de energia existentes no ambiente. Ex. : a energia luminosa dá origem ao sentido da visão; a energia mecânica vibratória pode dar origem ao sentido da audição, mas pode se transformar em tato ou mesmo em dor.
- **SISTEMAS SENSORIAIS:** conjunto de regiões do SN, conectadas entre si, cuja função é possibilitar as sensações.
- **PERCEPÇÃO:** capacidade que alguns animais apresentam (nem todos) de vincular os sentidos a outros aspectos da existência, como o comportamento e o pensamento. Ex.: O sentido da audição é que nos permite detectar diferentes sons, mas é a percepção que nos permite identificar, apreciar e lembrar uma música; o sentido da visão nos permite identificar diversos objetos em uma sala,



mas é a percepção visual que nos permite diferenciar um copo de um pente, pegá-los com a mão e saber usá-los adequadamente. Portanto, a percepção apresenta um nível de complexidade mais alto do que a sensação e, por isso, ultrapassa os limites dos sistemas sensoriais, envolvendo também outras partes do SN.

Para que serve a informação sensorial ?

Normalmente acreditamos que toda *informação sensorial* resulte em *percepção*. Mas não é assim que acontece na prática.

A percepção é apenas *uma* das conseqüências da sensação e nem sempre está disponível para a nossa consciência, pois é filtrada pelos mecanismos de atenção, emoção, sono etc. Por ex. neste exato momento em que você lê este texto pode haver sons no ambiente que não estão sendo percebidos embora estejam ativando os neurônios do seu ouvido (e isso pode ser provado!). Fica claro que a percepção é muito mais seletiva que os sentidos. Isso pode parecer de pouca importância mas pode ser questão de vida ou morte: a presa deve concentrar sua atenção no predador, senão... E você quando dirige precisa se concentrar no que está a frente e não na paisagem que se vê pelos vidros laterais.

A informação sensorial porém, tem outras funções além da percepção: **1.** permite o controle dos movimentos, **2.** participa da regulação das funções orgânicas (dos órgãos em geral e vasos sanguíneos) e **3.** contribui para a manutenção da vigília (**Tabela 3**).

O que sentimos: modalidades e submodalidades sensoriais.

O que sentimos ? Quais as qualidades da experiência sensorial ?

"Sentimos" luz, ou seja, vemos; "sentimos" sons, ou seja, ouvimos; sentimos um toque nas costas ou uma fonte de calor; sentimos dor; sentimos um gosto na boca, ou um cheiro no ar. Os sentidos correspondem à tradução para a linguagem neural das diversas formas de energia (pode-se chamar de estímulos) contidas no ambiente, o que torna possível classificar os sentidos de acordo com essas formas de energia. Assim, em termos técnicos, os sentidos são chamados de **modalidades sensoriais**, que são cinco: visão, audição, somestesia (e não tato), gustação ou paladar e olfação ou olfato.

Essa classificação se refere apenas às modalidades que se transformam em percepção, excluindo aquelas que geralmente não atingem a consciência, servindo apenas para o controle motor e das funções orgânicas. Para cada uma das modalidades sensoriais a forma de energia (o estímulo) é única e característica, com exceção da somestesia.

A visão é propiciada pela luz, energia eletromagnética situada em uma faixa restrita de comprimentos de onda - o espectro visível. O espectro visível é diferente para espécies diferentes. Por exemplo, alguns insetos percebem a radiação ultra-violeta, invisível para os humanos por estar fora do espectro visível para os humanos.

A audição é ativada pelo som, que é uma forma vibratória de energia mecânica que se propaga pelo ambiente. A faixa de frequências percebida pelo sentido da audição também é limitada - o espectro audível. O espectro audível também é diferente entre espécies. O cão e o morcego, por exemplo, são capazes de perceber ultrasons, inaudíveis para os humanos.

A gustação e a olfação são sentidos químicos, isto é, ambas são ativadas por substâncias químicas presentes no meio. A diferença é que as substâncias que podemos cheirar são voláteis (se difundem pelo ar) enquanto as que estimulam o paladar nem sempre o são, sendo veiculadas no meio líquido ou sólido.

A somestesia é a única das modalidades sensoriais ativada por diferentes formas de energia: mecânica, térmica e química. O termo *somestesia* equivale a *sensibilidade corporal* (do grego *soma*, corpo + *aesthesia*, sensibilidade), e inclui toda sensação proveniente da estimulação da *superfície* e do *interior do corpo*.

Quando consideramos as modalidades sensoriais, nos referimos à nossa capacidade de perceber luzes, sons, estímulos sobre o nosso corpo, cheiros e gostos. Entretanto, tudo isso é pouco para dar conta de todos os atributos dos sentidos. É necessário então introduzir



o conceito de **submodalidades sensoriais**. Estas são aspectos qualitativos específicos de cada modalidade.

Em visão são submodalidades: a visão de cores, a percepção de formas, a percepção de movimentos e outros atributos.

Em audição são submodalidades: reconhecimento dos tons, timbres, localização espacial dos sons.

As submodalidades somestésicas são: o tato, a sensibilidade térmica, a dor, a propriocepção (orientação espacial) e outras.

Na gustação aceita-se como submodalidades básicas: sensibilidade a doce, salgado, amargo e azedo (embora alguns cientistas tenham demonstrado a sensibilidade a outro sabor, o *umami*, ou sabor do glutamato - Ajinomoto®).

A olfação é diferente: são tantos os cheiros que podemos perceber (milhares!) que não é possível definir submodalidades básicas como nos outros sentidos.

TABELA 1. Resumo das modalidades sensoriais, seus estímulos específicos e submodalidades.

MODALIDADE SENSORIAL	ESTÍMULO (ENERGIA DO AMBIENTE)	SUBMODALIDADE SENSORIAL
VISÃO	Luz (espectro visível)	Visão de cores Percepção de formas Percepção de movimentos Etc.
AUDIÇÃO	Som (espectro audível)	Tons Timbres Localização espacial dos sons Etc.
GUSTAÇÃO	Químicos	Doce Amargo Salgado Azedo "umami" (glutamato)
OLFAÇÃO	Químicos	Não há submodalidades básicas, podemos perceber milhares de cheiros diferentes
SOMESTESIA	Mecânicos Térmicos Químicos	Tato Sensação térmica Dor Propriocepção (orientação espacial)



Como se organizam os sistemas sensoriais ? Como funcionam ?

Todo sistema sensorial, como qualquer parte do SN, é composto de neurônios interligados, formando circuitos neurais que processam as informações vindas do ambiente. O ambiente - externo ou interno ao organismo - é a origem dos estímulos sensoriais.

Os estímulos, normalmente incidem sobre uma superfície onde se localizam *células especialmente adaptadas para captar a energia incidente*. São essas células os primeiros elementos do sistema sensorial, os chamados **RECEPTORES SENSORIAIS**. Nem sempre tais células são neurônios (os receptores visuais, por ex., e os auditivos, os gustativos, os vestibulares - que avaliam a posição da cabeça - são células epiteliais modificadas). Neurônios ou não, TODOS se conectam através de sinapses. Circuitos em cadeia levam a informação, traduzida do ambiente pelos receptores, a níveis mais complexos do SN.

Tais células distribuem-se em posições estratégicas no organismo favoráveis a captação dos estímulos para os quais são especializados. Por ex., há receptores que informam o SNC sobre os níveis da pressão sanguínea, o melhor local para eles é o interior (a parede) dos vasos. Em algumas situações ficou mais fácil aglomerar receptores em **órgãos receptores** e associá-los a outras células que facilitem a sua função. Ex.: os receptores visuais, estão situados TODOS na superfície interna do olho, esse é o órgão receptor da visão (**Tabela 2**). Enquanto os receptores localizam-se em tecidos específicos, os neurônios subseqüentes, que conduzirão a informação traduzida, localizam-se sempre no SNP ou SNC. As fibras desses neurônios normalmente estão compactadas em nervos ou feixes que compõem as **VIAS AFERENTES** dos sistemas sensoriais. Tais vias, levam as informações até o córtex cerebral, onde serão processadas e isto resultará na percepção, no controle motor ou controle orgânico.

TABELA 2. Os sistemas sensoriais do Homem e seus receptores.					
MODALIDADE	SUBMODALIDADE	ESTÍMULO ESPECÍFICO	ÓRGÃO RECEPTOR	TIPO FUNCIONAL	TIPO MORFOLÓGICO
VISÃO	Todas (Tab1)	Luz	OLHO	Fotoceptores	Cones e Bastonetes
AUDIÇÃO	Todas (Tab1)	Vibrações Mecânicas do ar	OUVIDO	Mecanoceptores auditivos	Células ciliadas da Cóclea
SOMESTESIA	Tato	Estímulos Mecânicos	-	Mecanoceptores	Neurônios ganglionares da raiz dorsal
	Sensibilidade Térmica	Calor e Frio	-	Termoceptores	Neurônios ganglionares da raiz dorsal
	Dor	Mecânicos. Térmicos e Químicos intensos	-	Nociceptores	Neurônios ganglionares da raiz dorsal
	Propriocepção	Movimentos e Posição estática do corpo	Fuso Muscular, Órgão Tendinoso	Mecanoceptores	Neurônios ganglionares da raiz dorsal
OLFATO	Todas (Tab1)	Substâncias Químicas	NARIZ	Quimioceptores	Neurônios da mucosa olfatória
PALADAR	Todas (Tab1)	Substâncias Químicas	BOCA	Quimioceptores	Células das papilas gustativas

(Fonte: Lent, R. - 100 Bilhões de neurônios: conceitos fundamentais em neurociência)



A principal função dos receptores sensoriais é realizar a **TRANSDUÇÃO**, ou seja, transformação da energia do estímulo ambiental (luz, calor, energia mecânica etc.) em **potenciais bioelétricos** gerados pelas membranas dos receptores. O primeiro potencial resultante da transdução é chamado de **POTENCIAL RECEPTOR**. A seguir o potencial receptor pode desencadear **potenciais de ação** na mesma célula ou nos neurônios de condução, tudo através de sinapse. O mecanismo do potencial receptor é resultante da ativação de canais de Na^+ ou Ca^{++} na membrana do receptor pelos estímulos ambientais.

Diversidade de receptores sensoriais:

Já que são inúmeras as formas de estimular o organismo também é grande a variedade de tipos morfológicos e funcionais de receptores sensoriais. Existem **CINCO CLASSES FUNCIONAIS** de receptores, classificados de acordo com a forma de energia que captam e cada uma destas classes possui diferentes tipos morfológicos:

1. Os **MECANOCEPTORES**: sensíveis a estímulos mecânicos, contínuos ou vibratórios. Entre estes estão aqueles que transmitem a modalidade somestésica da percepção com suas diferentes submodalidades; os receptores auditivos e os receptores do equilíbrio. Há também os que transmitem informações sensoriais utilizadas para o controle motor e das funções orgânicas, como os que detectam angulação das articulações e os que detectam distensão da parede dos órgãos internos.
2. Os **QUIMIOCEPTORES**: sensíveis a estímulos químicos, ou seja, a ação específica de certas substâncias com as quais entram em contato direto. Tais substâncias podem ser veiculadas por fontes distantes através do ar, fontes próximas através do alimentos, ou mesmo através do sangue e outros fluidos corporais. Entre esses receptores estão os *receptores olfatórios* (que detectam milhares de substâncias diferentes porém com pouca precisão quantitativa); os receptores que detectam poucas substâncias diferentes mas com grande precisão quantitativa (ex. receptores localizados próximos a capilares sanguíneos do hipotálamo e que detectam pequenas variações nas concentrações de Na^+). Podem estar dispersos ou formando órgão receptores, como é o caso do nariz.
3. Os **FOTORRECEPTORES**: sensíveis a estímulos luminosos e geralmente ligados a modalidade visual.
4. Os **TERMOCEPTORES**: sensíveis a variações térmicas em torno da temperatura corporal. Muitos situados na superfície corporal (acusam variações de temperatura no ambiente) mas alguns localizam-se dentro do cérebro (detectam variações na temperatura do sangue).
5. Os **NOCICEPTORES**: sensíveis a estímulos de diferentes formas de energia, mas que têm em comum uma extrema intensidade, que põe em risco a integridade do organismo causando lesões nos tecidos e células. Representam a submodalidade somestésica da dor. Respondem geralmente a estímulos mecânicos fortes, estímulos térmicos extremos (frio ou calor) e substâncias químicas irritantes ou lesivas.

Os receptores apresentam **SENSIBILIDADE DIFERENCIAL** – cada tipo de receptor é altamente sensível a um tipo de estímulo para o qual foi desenvolvido e é praticamente insensível à outros estímulos. Este conceito se estende a cada um dos sistemas sensoriais, porque cada receptor dá origem a vias específicas até o córtex, as chamadas **linhas sensoriais exclusivas**, encarregadas de processar exclusivamente a informação selecionada do ambiente pela especificidade do receptor. Este é o chamado **PRINCÍPIO DA LINHA ROTULADA** → as fibras nervosas possuem especificidade e transmitem apenas uma modalidade de sensação

Cada trato nervoso termina num ponto específico do SNC e o tipo de sensação percebida é determinada pelo PONTO DO SISTEMA AO QUAL A FIBRA CONDUZ.



TABELA 3. Receptores com funções de controle.				
FUNÇÃO	ESTÍMULO	ÓRGÃO RECEPTOR	TIPO FUNCIONAL	TIPO MORFOLÓGICO
EQUILÍBRIO	Posição e Movimentos da Cabeça	Labirinto	Mecanoceptores	Células ciliadas Do Labirinto
CONTROLE MOTOR	Estiramento Muscular	Fuso neuromuscular	Mecanoceptores	Neurônios Ganglionares da Raiz dorsal
CONTROLE MOTOR	Tensão Muscular	Órgão Tendinoso	Mecanoceptores	Neurônios Ganglionares da Raiz dorsal
CONTROLE MOTOR	Ângulo Articular	-	Mecanoceptores	Neurônios Ganglionares da Raiz dorsal
CONTROLE CARDIOVASCULAR	Pressão Sanguínea	Seio Carotídeo	Mecanoceptores (baroceptores)	Neurônios do Tronco Encefálico
CONTROLE CARDIORESPIRATÓRIO	pO ₂ , pCO ₂ , pH	-	Quimioceptores	Neurônios do Hipotálamo
CONTROLE DA HIDRATAÇÃO (SEDE)	Concentração Sanguíneas de Na ⁺ (osmolaridade)	Órgãos Circunventriculares	Quimioceptores (natriceptores)	Neurônios do Hipotálamo e Tronco encefálico
CONTROLE DA ALIMENTAÇÃO (FOME)	Concentração Sanguínea de nutrientes	Órgãos Circunventriculares	Quimioceptores	Neurônios do Hipotálamo e Tronco encefálico
CONTROLE DA TEMPERATURA CORPORAL	Temperatura do sangue	Órgãos Circunventriculares	Termoceptores	Neurônios do Hipotálamo e Tronco encefálico
CONTROLE DA DIGESTÃO	Distensão visceral	-	Mecanoceptores	Neurônios do Tronco encefálico

(Fonte: Lent, R. - 100 Bilhões de neurônios; conceitos fundamentais em neurociência)

PARA SABER MAIS:

Guyton & Hall. **Tratado de Fisiologia Médica.** (2002) Capítulo 47- Sensações Somáticas: I organização geral; os sentidos do tato e da posição; Capítulo 48 - Sensações Somáticas: II Dor, cefaléias e sensações térmicas.

Lent, R. **Cem bilhões de Neurônios: conceitos fundamentais de neurociência.** (2002). Parte 2- Neurociência Sensorial - Capítulo 7 - Os sentidos do corpo; estrutura e função do sistema somestésico.

Goodman & Gilman. **As bases farmacológicas da terapêutica.** (1996). Capítulo 23 - Analgésicos e antagonistas opióides.