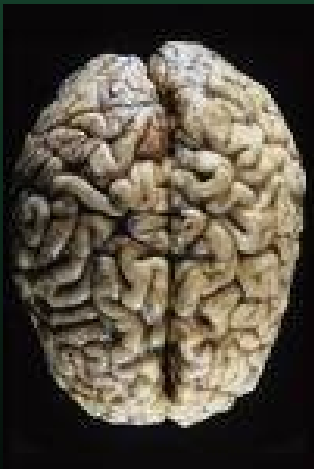




Universidade Federal do Pará - Campus de Bragança
Instituto de Estudos Costeiros (IECOS)
Faculdade de Ciências Biológicas

Sistema Nervoso



**Prof Jonathan
Ready**



Obrevivência Animal no Meio Ambiente: Integração de diferentes SISTEMAS



**Captação de
Informações**

Sistemas Nervoso, Sensorial



**Órgãos EFETORES: MÚSCULOS;
GLÂNDULAS;**

Locomoção

**Busca de
Alimentos**

Reprodução

**Outros comportamentos
complexos**

Sistema Nervoso dos Animais:

✓ **Organização dos Sistema Nervoso: Visão Geral;**

✓ **Neurônios: estrutura e funcionamento;**

✓ **Sinapses Nervosas;**

✓ **Neurotransmissores;**

Sistema Nervoso dos Vertebrados e Invertebrados:

- Estrutura;
- Organização;
- Funcionamento;

✓ **Evolução dos Sistemas Nervosos;**

Sistema Nervoso: Considerações Gerais

✓ Processos Fisiológicos precisam ser controlados (regulação do funcionamento);

Atividade Animal: depende do desempenho de muitas células coordenadas precisamente;

✓ Coordenação: SISTEMA NERVOSO E HORMÔNIOS;

Sistema Nervoso: constituído por células especializadas, os NEURÔNIOS

Neurônios: transmitem informações utilizando uma combinação de sinais elétricos e químicos;

✓ Membranas dos Neurônios: eletricamente excitáveis;

✓ Sinais Elétricos: condução de informações rápida e precisamente;

Organização do Sistema Nervoso: Visão Geral

Tipos celulares:

- ✓ **Neurônios:**
- ✓ **Células Gliais de suporte;**

VERTEBRADOS

- ❖ Sistema Nervoso dos Vertebrados está organizado em regiões identificáveis estrutural e funcionalmente;

Divisão do Sistema Nervoso:

1. Sistema Nervoso Central (SNC);

- ENCÉFALO;
- MEDULA ESPINHAL (cordão nervoso);

2. Sistema Nervoso Periférico (SNP);

- ✓ Nervos (axônios de neurônios sensoriais e motores);
- ✓ Gânglios (corpos celulares da maioria dos neurônios sensoriais);

Divisão:

Sistema Nervoso Somático ou Voluntário

Presença de Neurônios que controlam os Músculos esqueléticos;

- ✓ Produção de **MOVIMENTOS VOLUNTÁRIOS**;

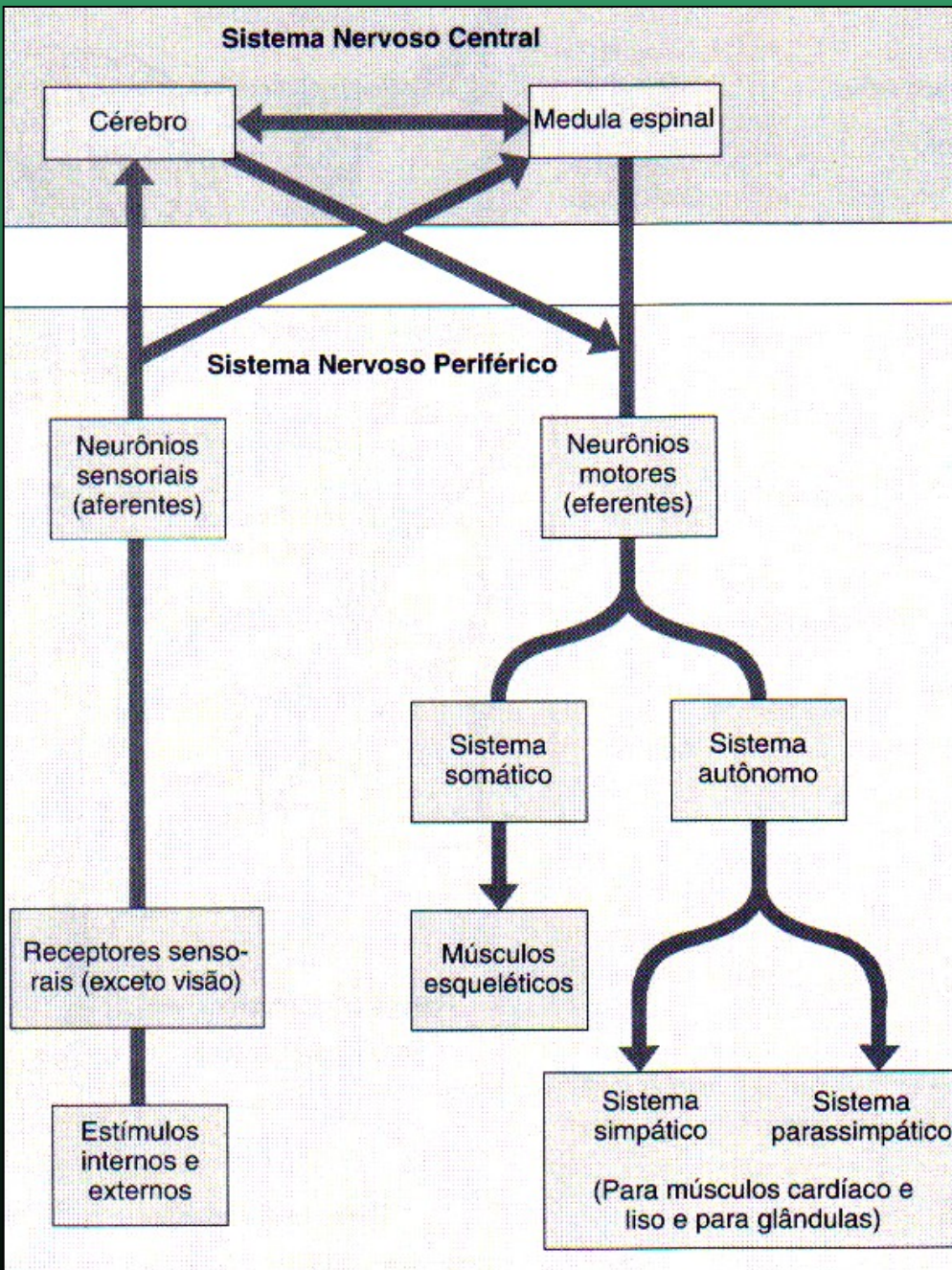
Sistema Nervoso Autônomo (Involuntário) ^{Simpático;} - Parassimpático;

- ✓ Presença de Neurônios que modulam a contração de Músculos Lisos, Músculo Cardíaco e a atividade secretora de glândulas;

- ✓ Controla os **SISTEMAS INTERNOS**;

Ex: batimento cardíaco, digestão, etc;

Organização do Sistema Nervoso dos Vertebrados



Função dos Neurônios do SNC:
Enviam fibras para o resto do corpo (periferia):

- Captar informações sensoriais;
- Emitir informações motoras para controlar a atividades de músculos ou glândulas;



Células Nervosas: Estrutura e Funcionamento

SISTEMA NERVOSO = reunião das células nervosas (Neurônios e Células gliais);

FUNÇÕES:

1. Receber e Processar informações;
2. Analisar as Informações e Gerar respostas coordenadas;
3. Controlar comportamentos complexos;

❖ Neurônios representam o tipo celular mais estudado



Propriedades individuais são muito semelhantes em todos os animais

Mecanismos envolvidos na Transmissão das informações nos neurônios e entre eles são basicamente os mesmos dentro do Reino Animal;

Estrutura DOS NEURÔNIOS:

- ✓ A morfologia geral dos Neurônios pode variar de simples a muito complexa;
- ✓ Variações: FORMA e TAMANHO das células;

Características dos Neurônios:

Tem extensões especializadas chamadas de **DENDRITOS** e **AXÔNIOS**;

Os dendritos são responsáveis pela recepção de informações e o axônio pela sua transmissão;

Os neurônios se comunicam através de processos eletro-químicos;

possuem estruturas específicas (por exemplo, sinapses) e substâncias químicas também específicas (Ex: Neurotransmissores);

Regiões tipicamente observadas em um Neurônio:

1. Soma ou Corpo Celular;
2. Dendritos;
3. Axônios;

CORPO CELULAR

Responsável pela manutenção metabólica da célula;

✓ De onde se originam os prolongamentos: DENDRITOS e AXÔNIOS;

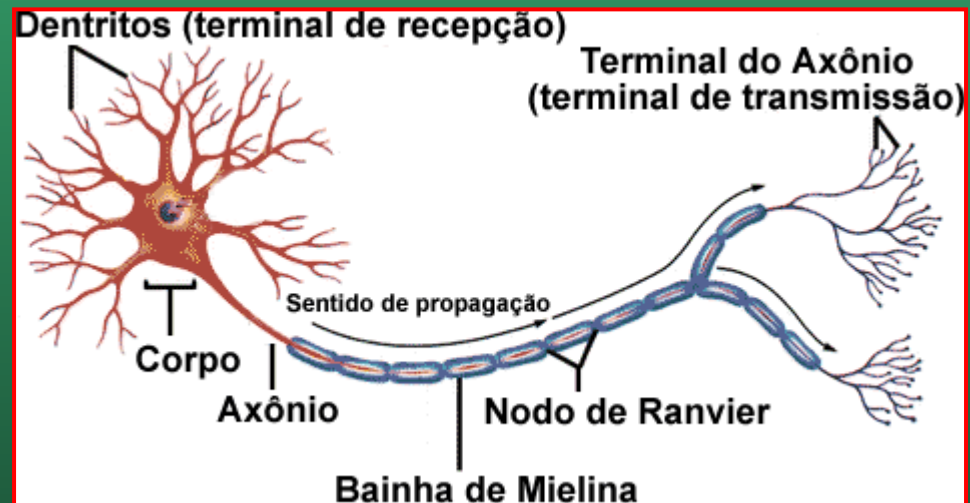
A maioria dos Neurônios possui múltiplos Dendritos e um único Axônio;

DENDRITOS:

✓ Ramificações que se projetam do corpo celular;

✓ Função: superfície receptora que traz os sinais (informações) de outros neurônios para o corpo celular;

✓ Recebem os IMPULSOS AFERENTES (o que chega);



AXÔNIOS:

✓ Chamados de FIBRAS NERVOSAS: prolongamento especializado;

função: conduzem os sinais do corpo celular;

Mecanismos que permitem conduzir informações a grandes distâncias com muita fidelidade e sem perda;

Podem se estender por muitos metros, percorrendo os tecidos do corpo de um animal: NERVOS;

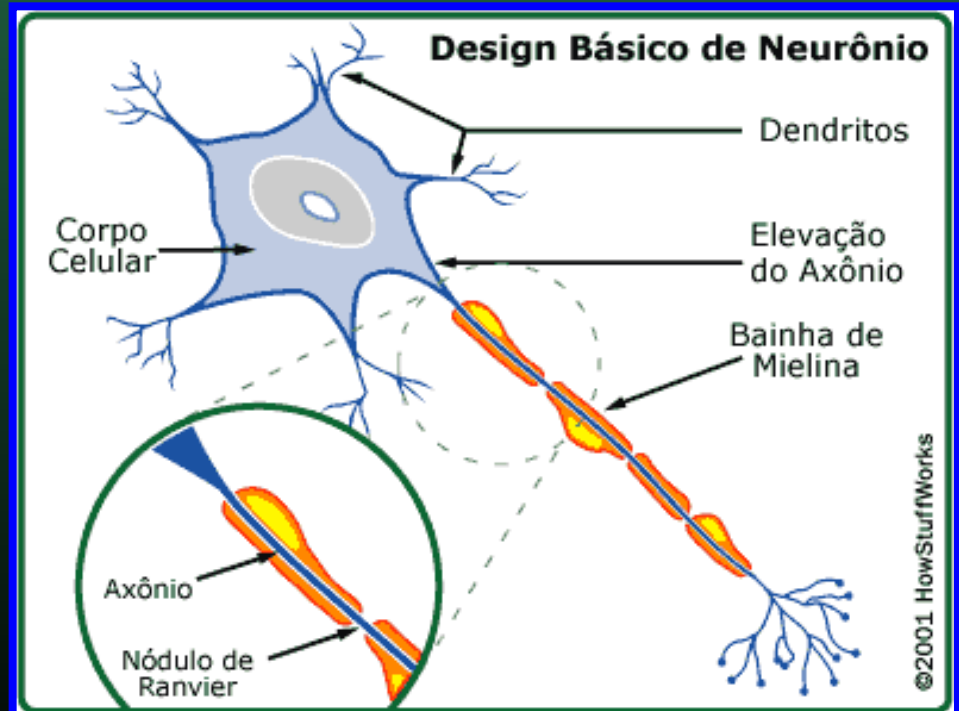
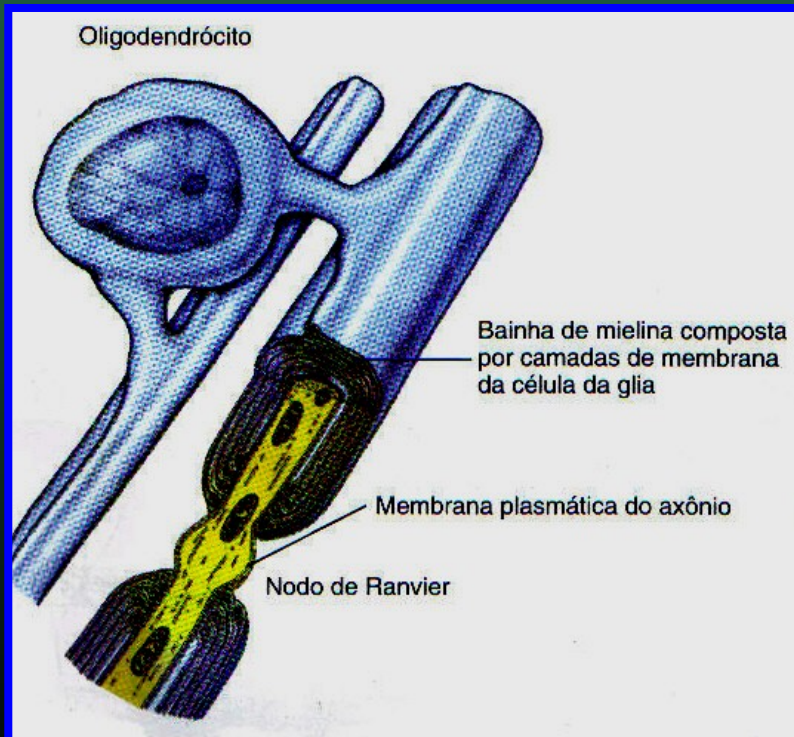
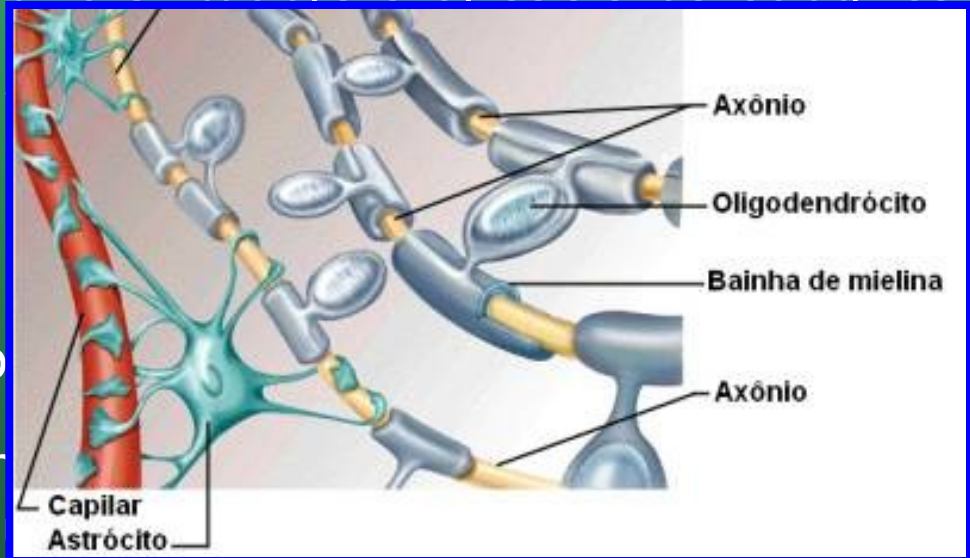
✓ Extremidade do Axônio: numerosos ramos;

Sinais podem ser enviados simultaneamente para muitos outros neurônios, glândulas e fibras musculares;

Axônios das células nervosas dos vertebrados estão cobertos por um material essencialmente constituído por lipídios, chamado mielina,

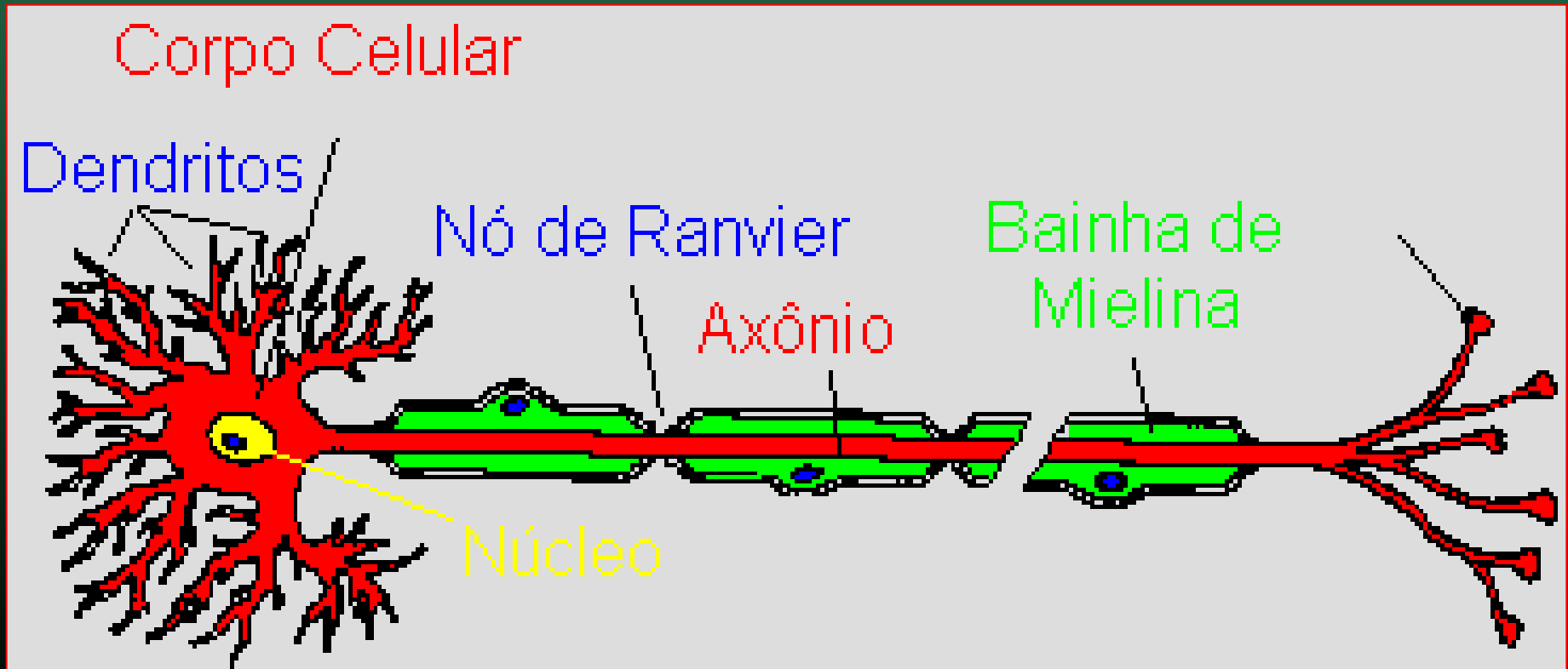
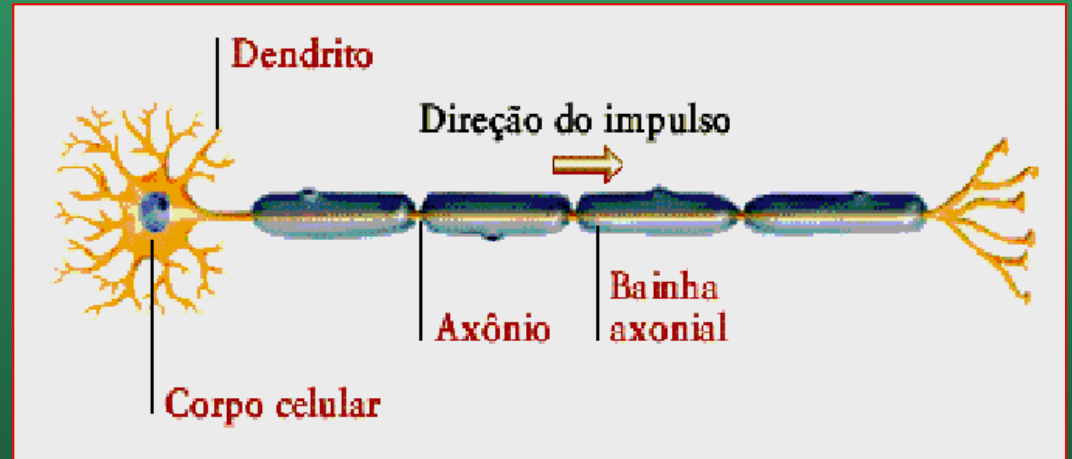
Proteção especial, um **isolante**
formações - a BAINHA DE MIELINA

- ✓ Ajuda a acelerar a transmissão
- ✓ BAINHA DE MIELINA não é cor periódicas designadas por **Nód**

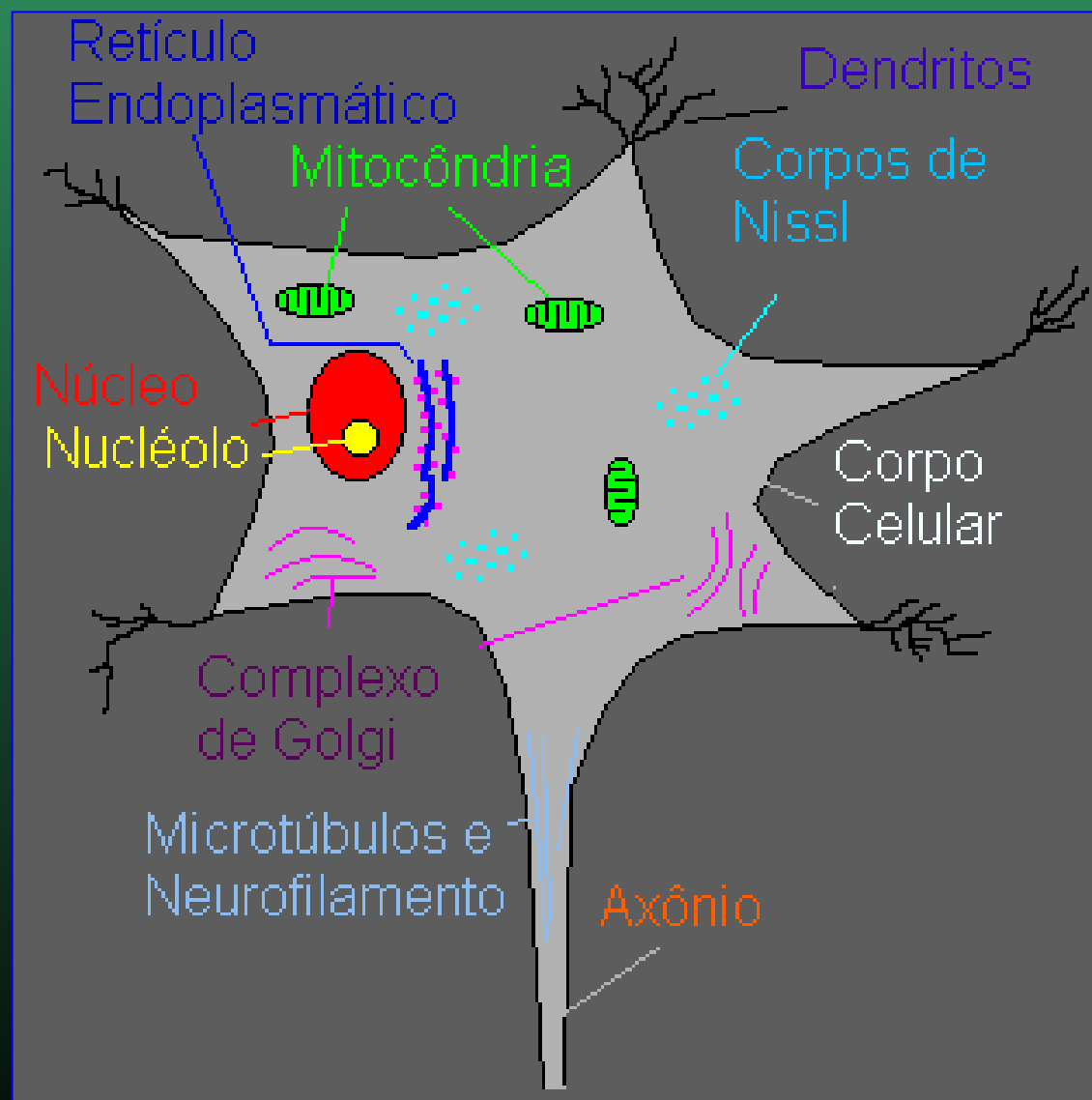


🚩 Sistema Nervoso → NEURÔNIOS:

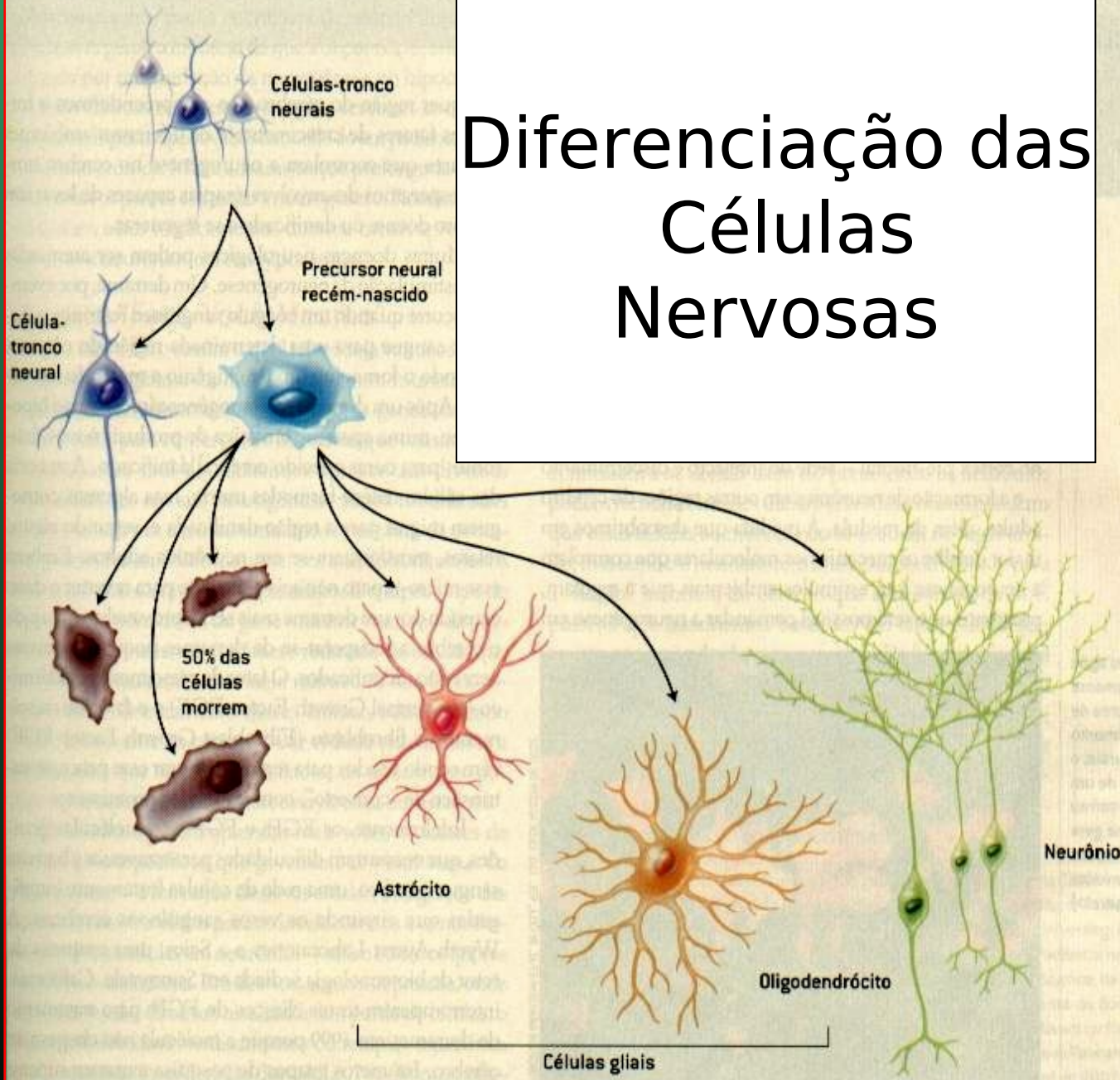
1. Dendritos;
2. Corpo Celular;
3. Axônio;
4. Bainha de Mielina



CORPO CELULAR: SOMA



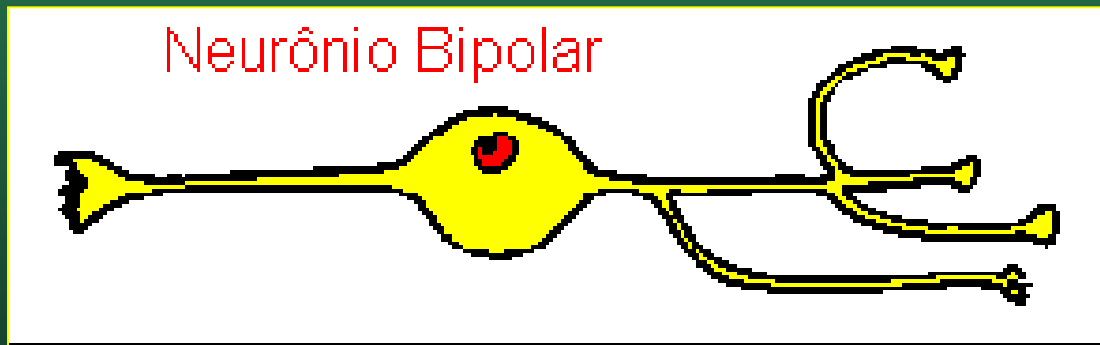
Diferenciação das Células Nervosas



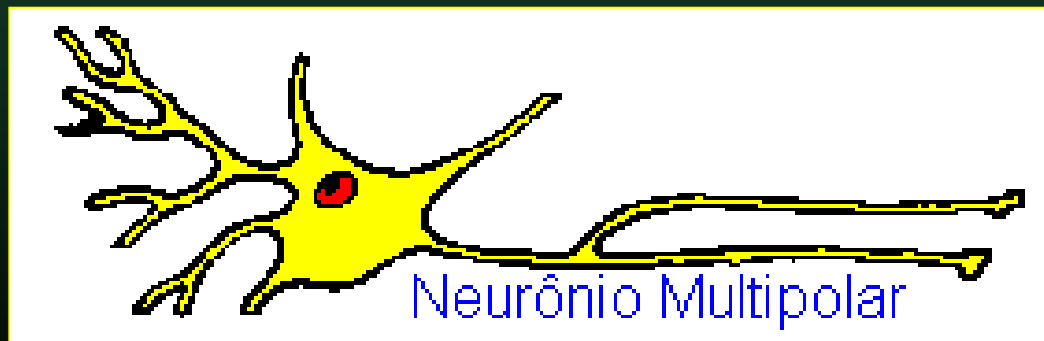
Todos os NEURÔNIOS são iguais?

✓ **Classificação:** morfologia da célula;

Neurônio Bipolar: tem duas extensões saindo do corpo celular (exemplo: células da retina);

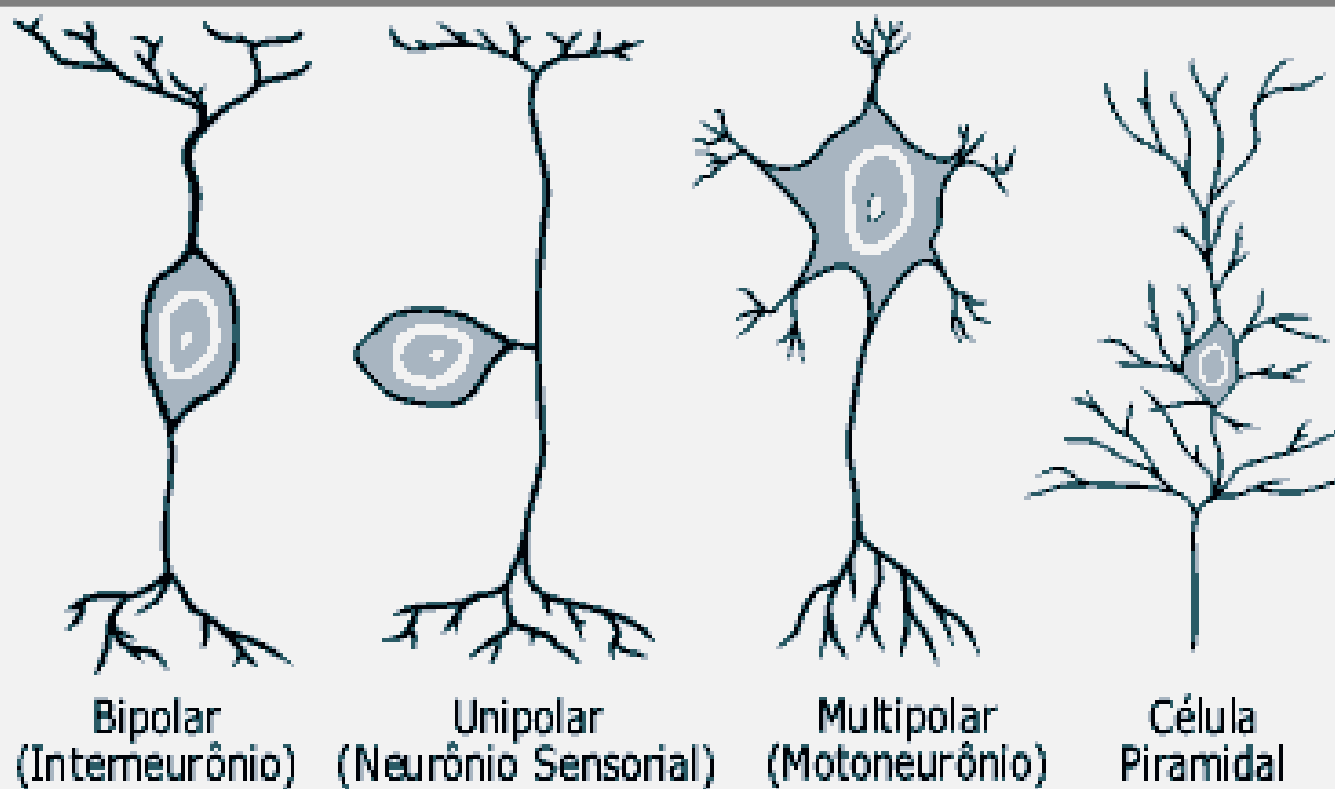
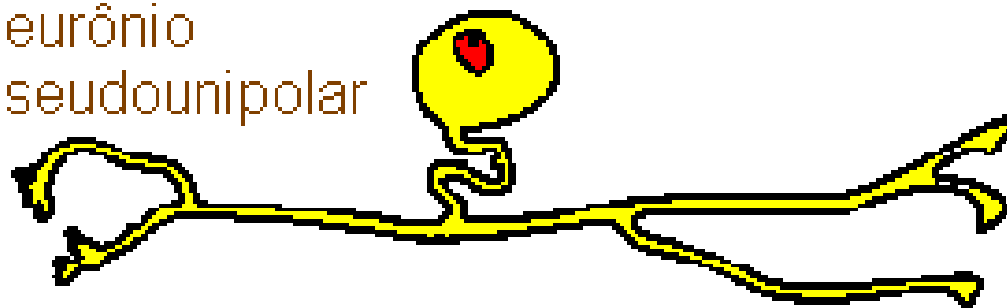


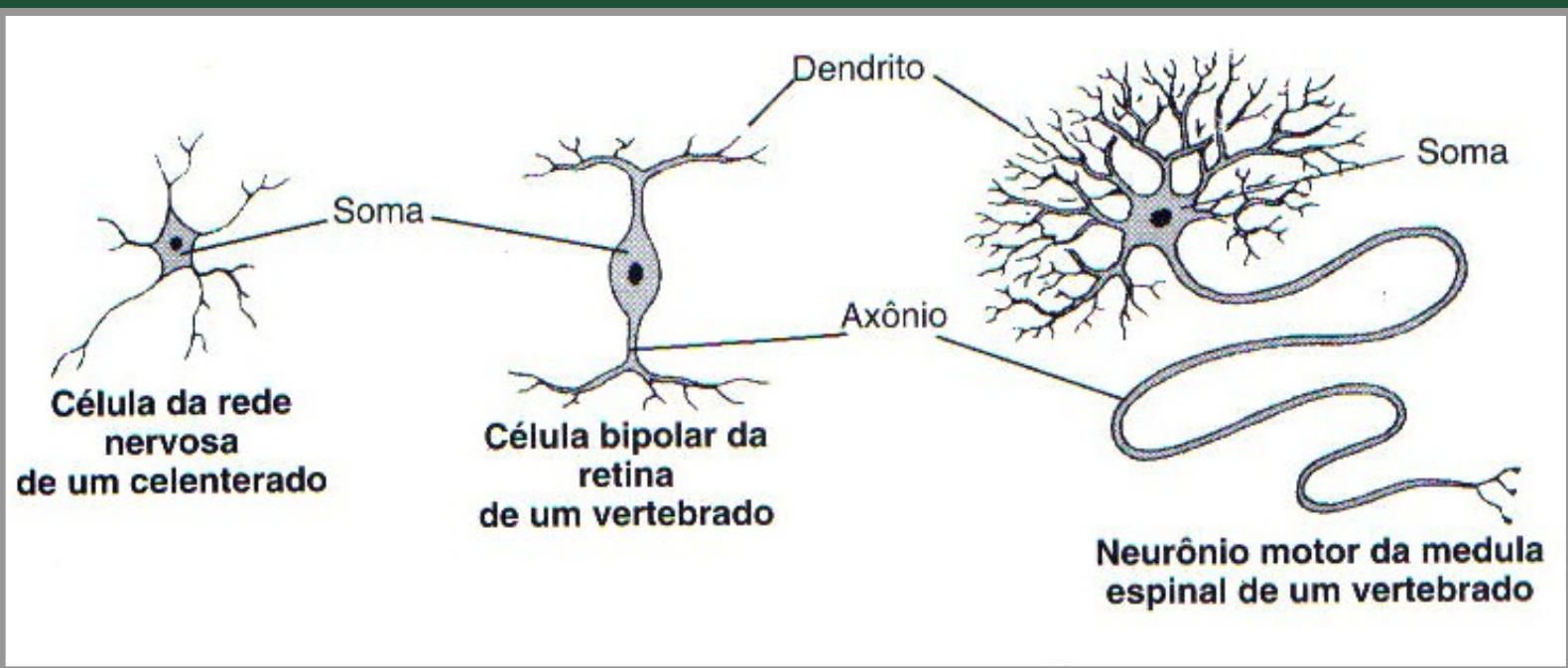
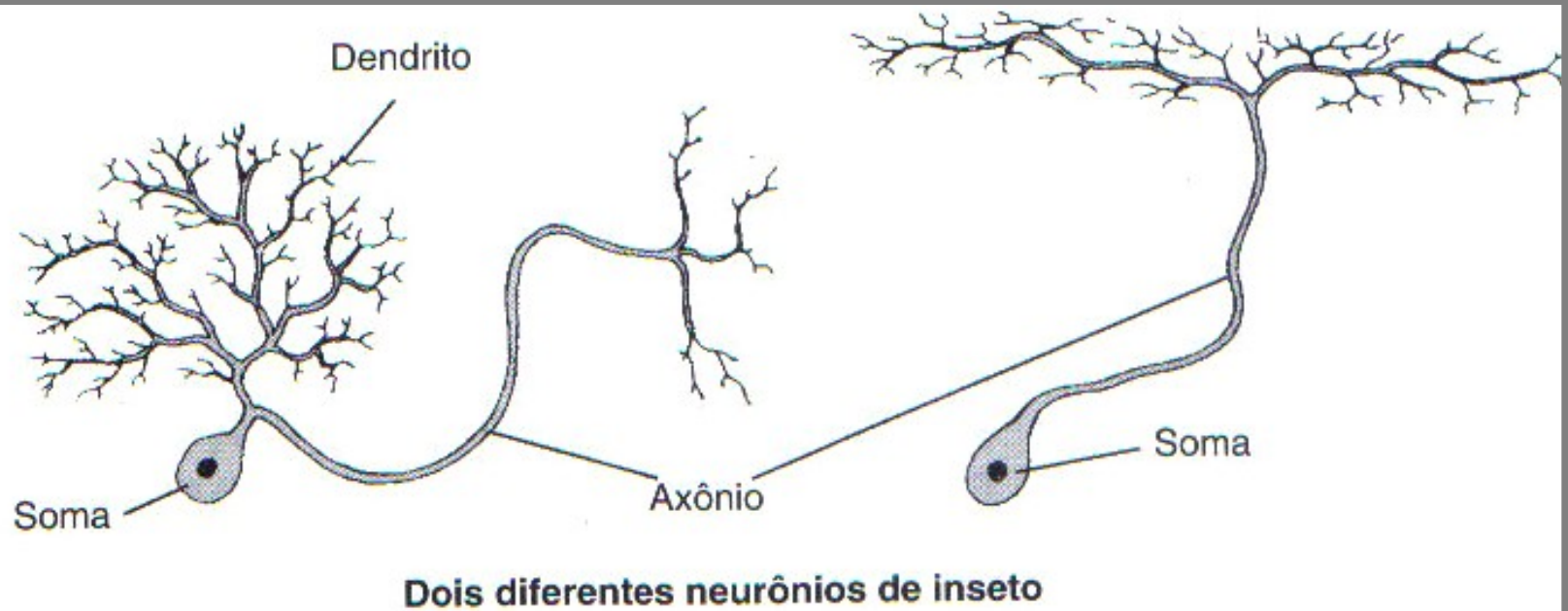
Neurônio Multipolar: tem muitas extensões saindo do corpo celular, embora apenas uma seja o axônio. (Exemplos: células de Purkinje);



Neurônio Pseudounipolar: (Ex: células dos gânglios dorsais). Não é possível distinguir as dendritos, e apenas se encontra um axônio;

Neurônio
Pseudounipolar





DIFERENÇAS ENTRE AXÔNIOS E DENDRITOS

AXÔNI OS	DENDRI TOS
Leva inf ormação do corpo celular	Traz inf ormação para o corpo celular
Superfície Lisa	Superfície I rregular
Normalmente 1 por célula	Muitos dendritos por célula
Sem Ribossomos	Tem Ribossomos
Pode ser recoberto por Mielina	Sem Mielina
Ramifi ca longe do corpo celular	Ramifi cam perto do corpo celular

Todos os NEURÔNIOS desempenham a mesma função?

✓ **Classificação:** função da célula;

- Neurônios Sensitivos ou Aferente;
- Neurônios Motores ou Eferentes;
- Interneurônios;

neurônios sensitivos ou aferentes: levam as mensagens nervosas da periferia para o cérebro. São também chamados de **órgão sensorial** (que recebe uma informação sensorial) para os centros nervosos;

neurônios motores ou eferentes: transportam as respostas dos centros nervosos, conduzindo-as aos órgãos que as podem efetuar - músculos e glândulas;

Interneurônios: neurônios que se situam inteiramente dentro dos centros nervosos, recebem as mensagens dos neurônios sensitivos e comunicam e respondem com neurônios motores.

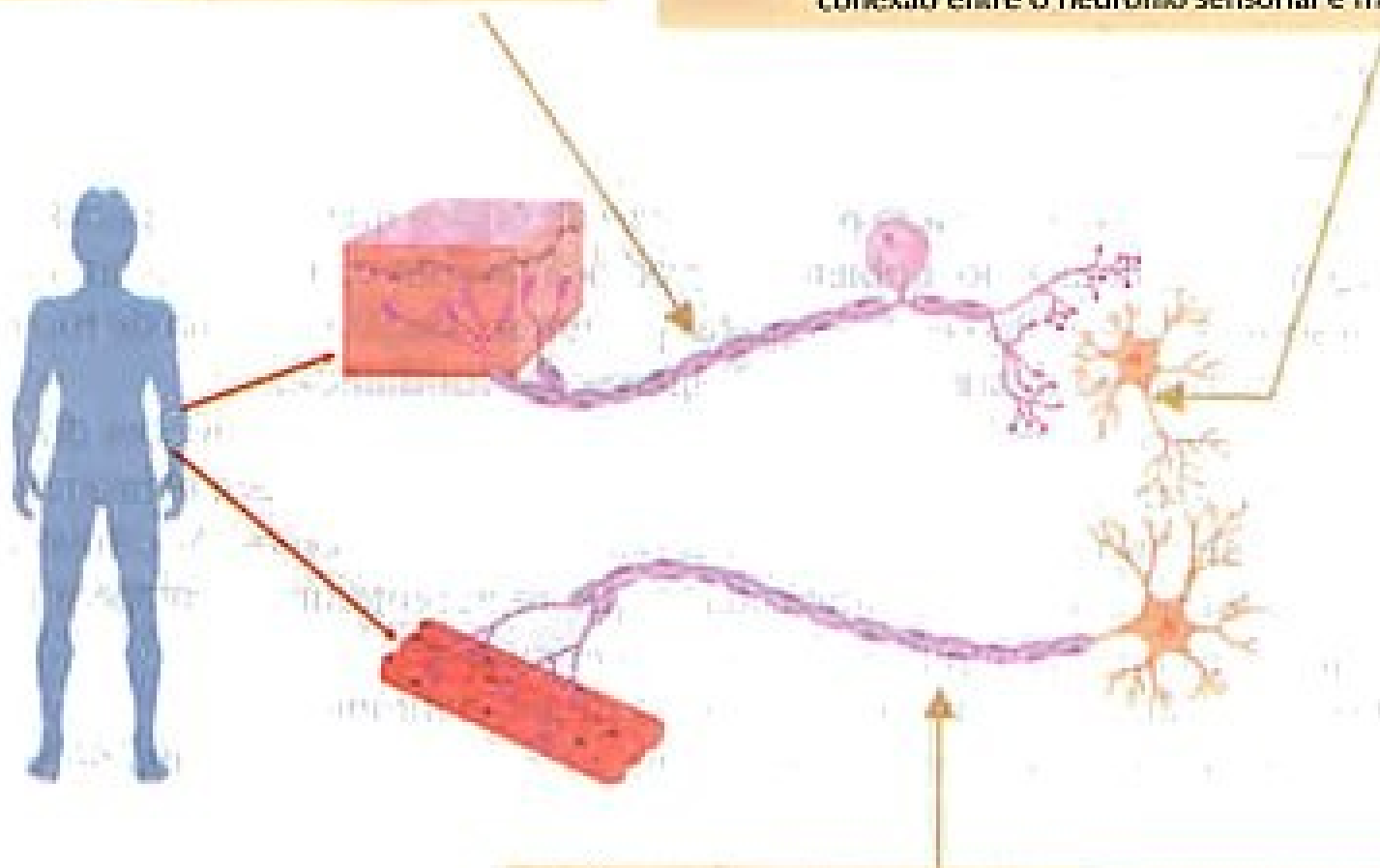
- A função destes neurônios é interligar a parte sensitiva (de recepção das mensagens) e a parte motora (de execução das respostas).

Neurônio sensorial

Capta "informações" dos órgãos sensoriais para o sistema nervoso central.

Neurônio de associação

Presente na medula espinhal e encéfalo. Faz a conexão entre o neurônio sensorial e motor.

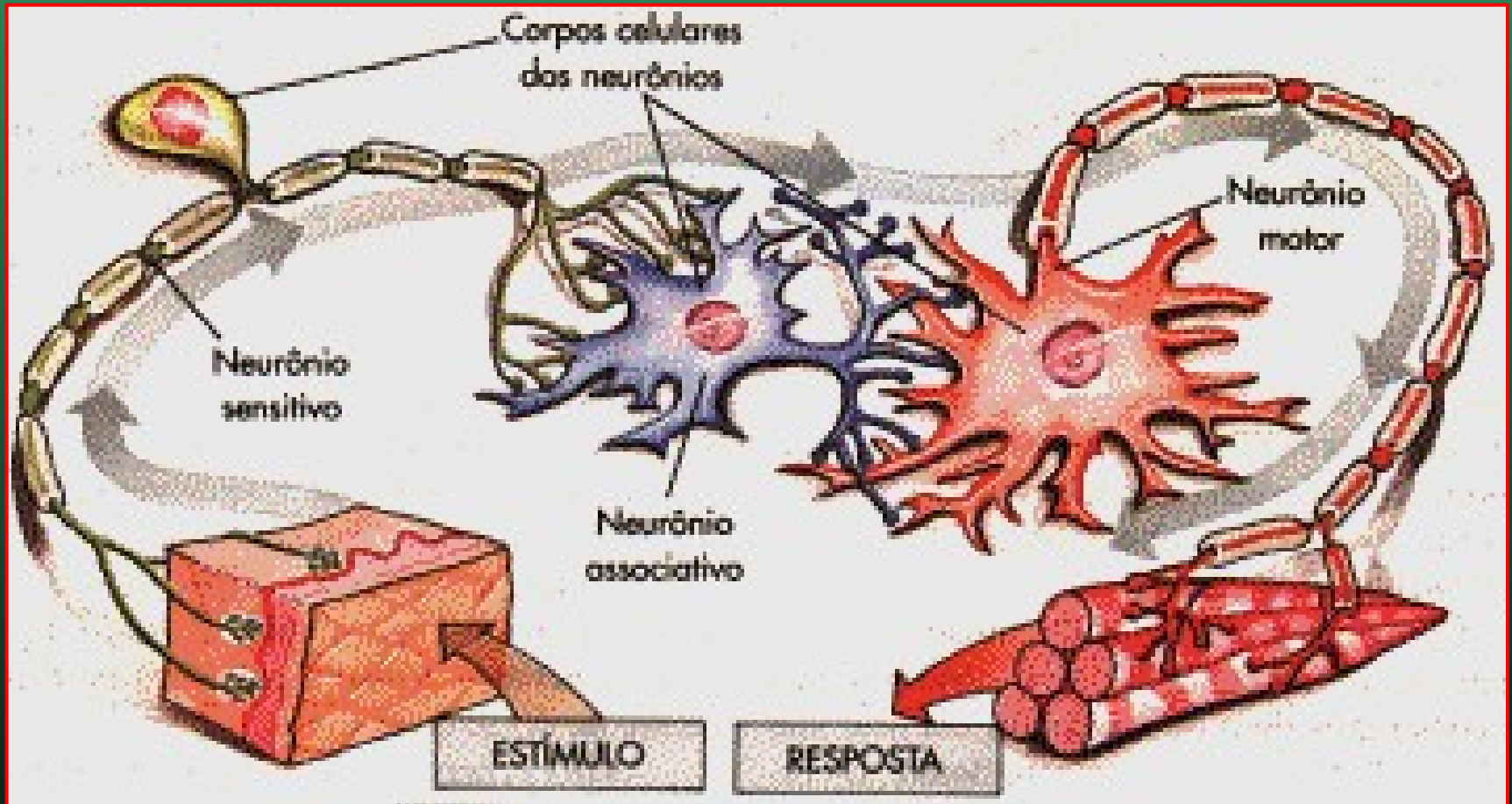


Neurônio motor

Traz do sistema nervoso central as "ordens" aos músculos ou glândulas para serem executadas.

Esquema dos três tipos de neurônios.

Tipos de Neurônios



Alguns CONCEITOS importantes....

O que é uma fibra nervosa? E um nervo?

Fibras Nervosas: conjunto formado pelo axônio e pela bainha envolvente

Podem ser:

- ✓ Fibras Motoras ou eferentes: axônios de neurônios motores;
- ✓ Fibras Sensitivas ou aferentes: axônios de neurônios sensitivos;

Nervos: associações de fibras nervosas;

Podem ser:

- ✓ Nervos Sensitivos ou aferentes;
- ✓ Nervos Motores ou eferentes;
- ✓ Mistos.

A Base Celular do Funcionamento do Sistema Nervoso

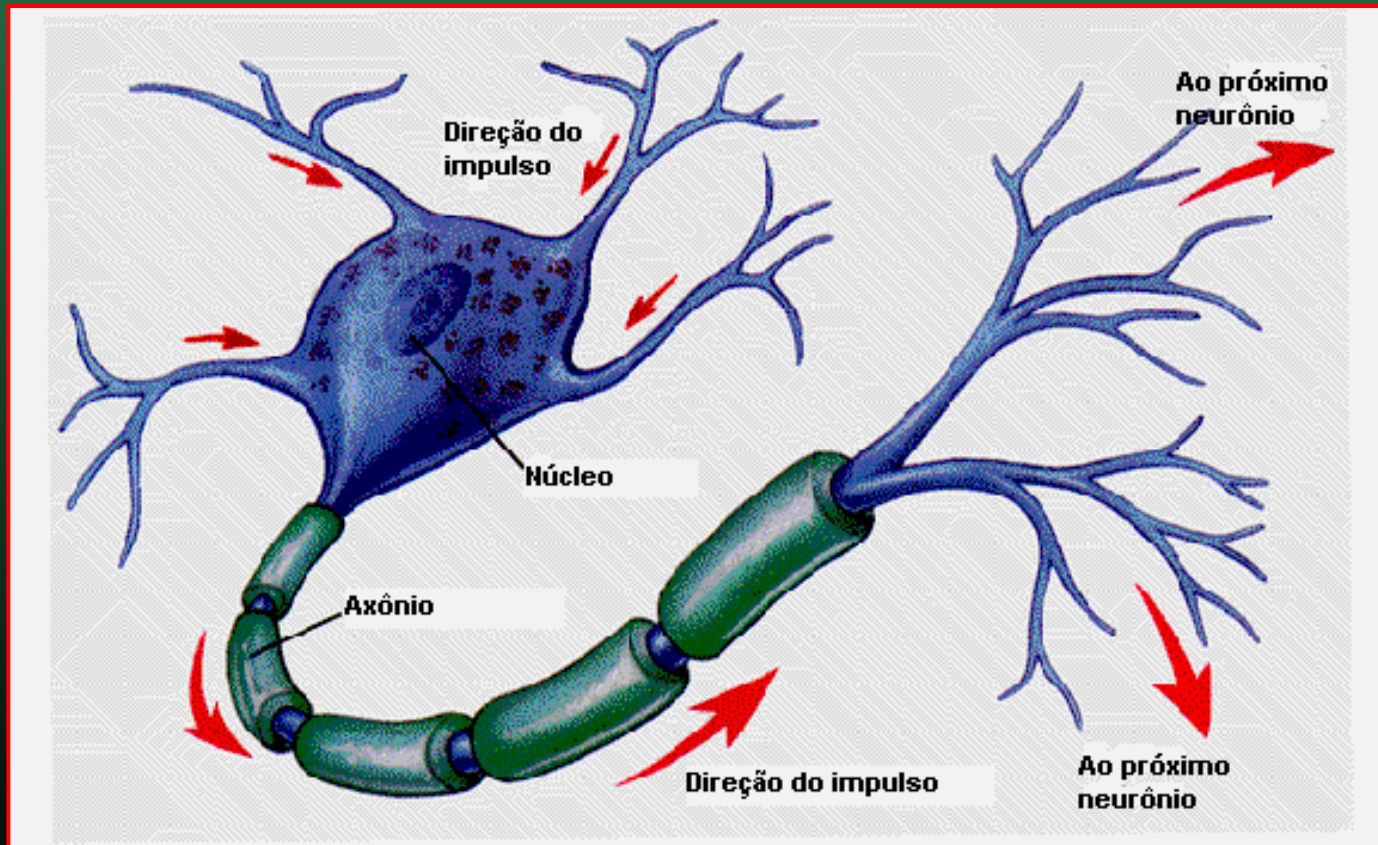
Sobrevivência de todos os animais depende de sua capacidade responder a desafios de outros animais e do ambiente”

- ✓ Respostas: rápidas e bem coordenadas (eficientes);
- ✓ Os animais podem produzir RESPOSTAS somente quando a informação é ANALISADA, ORGANIZADA e rapidamente TRANSMITIDA pelo corpo;
- ✓ Sistema Nervoso: permite a ocorrência dessas respostas rápidas e adaptativas;
- Respostas rápidas e adaptativas: encontradas nos animais – do Celenteraco mais simples ao mamífero mais complexo;
- ✓ Neurônios: **CIRCUITOS NEURONAIS**;

Funcionamento dos Neurônios

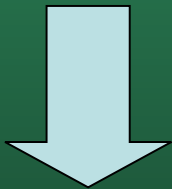
Como os NEURÔNIOS SE COMUNICAM?

1. Como ocorre a transmissão de sinal em cada Neurônio?
2. Como os sinais são transmitidos entre os Neurônios?

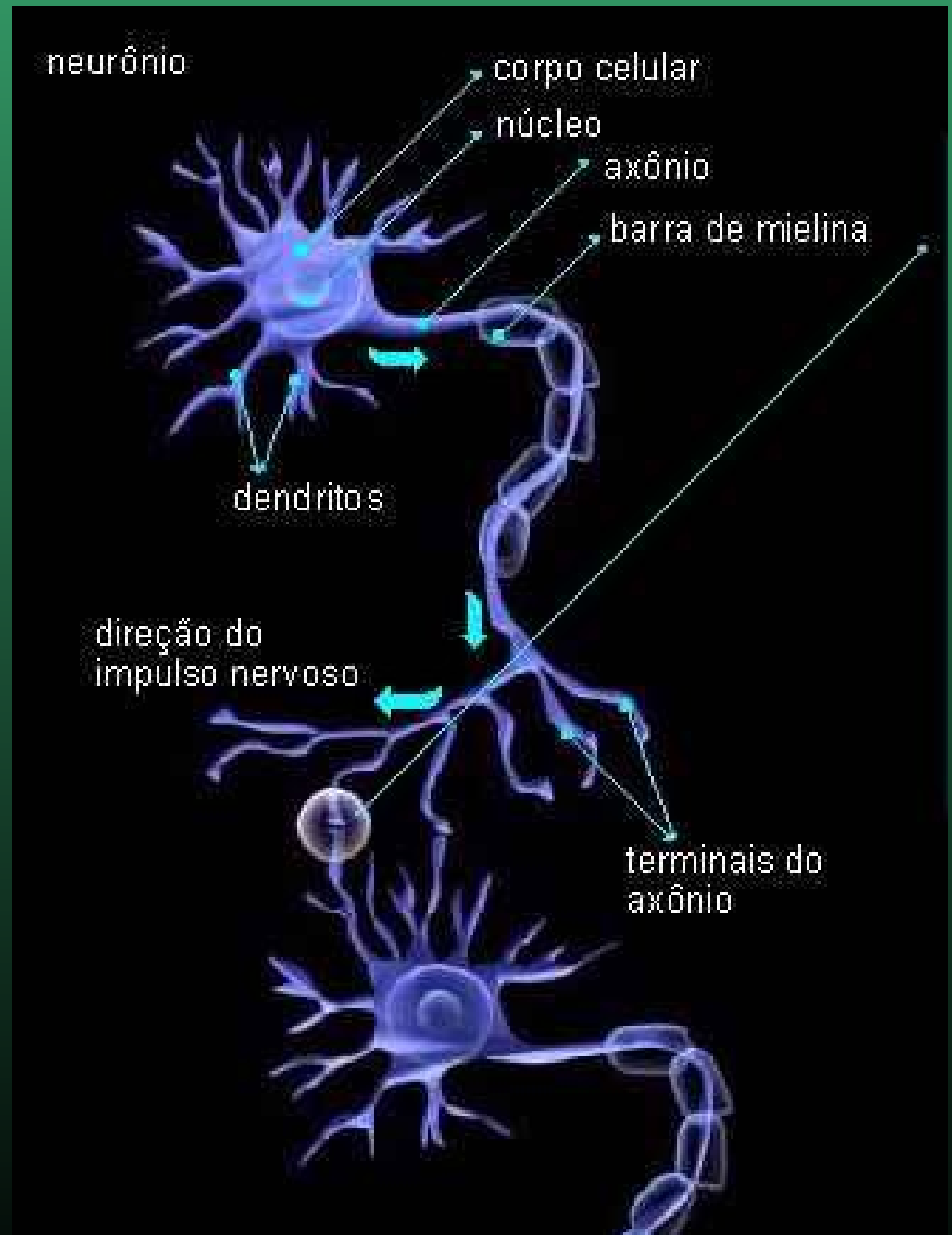


Base de Comunicação:

Impulso Nervoso (elétrico);



POTENCIAL DE AÇÃO



Bioeletricidade

Átomos e Moléculas que constituem os Sistemas Biológicos dificilmente encontram-se NEUTROS, estão na forma de íons;

- ✓ Íons: estruturas eletricamente carregadas;

- ✓ **Seres vivos**: máquinas elétricas;

Células Vivas: apresentam uma diferença de potencial (voltagem) entre os dois lados da membrana;

- ✓ Interior das células (citoplasma): sempre negativo;

- ✓ Exterior das células: sempre positivo;

Qual a origem dessa diferença de potencial nas células?

- ✓ Diferença de concentração de íons presentes no interior da célula e no meio extracelular;
- ✓ Distribuição assimétrica de íons (Ex: Na^+ , Cl^- , K^+ , etc);

Resumindo:

Membrana das células se encontra submetida a uma diferença de Potencial e é chamada Potencial Transmembrana ou Potencial de Membrana;

- ✓ O Potencial de Membrana é resultado da diferença de concentração de íons nos meios intra e extracelular;

Potencial existe sob duas formas principais:

- Potencial de Repouso;
- Potencial de Ação;

Potencial de Repouso

- ✓ Célula em repouso: Potencial de Membrana apresenta valor constante;
- ✓ O citosol da célula em repouso é eletricamente negativo em relação ao líquido celular;
- ✓ Célula encontra-se em um estado não-excitado;
- ✓ O Potencial de Repouso (V_{rep}) fica entre -30 e -100mV (citosol negativo).

Dois fatores governam o V_{rep} :

- ✓ Os canais iônicos na membrana são permeáveis somente a alguns íons;
 - Ex: Membrana em repouso é mais permeável ao íon K^+ ;
- ✓ Distribuição desigual dos íons inorgânicos entre o interior e o exterior das células (mantido por transporte ativo);

Potencial de Ação

Alteração rápida no Potencial da Membrana que se propaga ao longo de todo o comprimento da célula, seguida por um retorno ao Potencial de repouso da Membrana;

Variação e propagação brusca do potencial, podendo conduzir importantes mensagens;

Algumas células podem responder a alterações nas diferenças de potencial;

Apresentam *variações* rápidas do potencial de membrana em resposta a um estímulo;

Células Eletricamente Excitáveis:

- Neurônios;
- Células Musculares;
- Algumas Células Sensoriais;

Células Excitáveis: são usadas para transmitir sinais, rapidamente, a longas distâncias;

Normalmente:

✓ Interior das células é negativo: célula polarizada (maior permeabilidade ao K^+);

Estímulo qualquer:

✓ Quando o potencial intracelular se torna positivo: célula despolarizada (maior permeabilidade ao Na^+);

✓ Quando ocorre o aumento do potencial de repouso (mais negativo) no citosol: célula hiperpolarizada;

Células Excitáveis: uma despolarização local produz um curto-circuito na membrana que gera o Potencial de Ação;

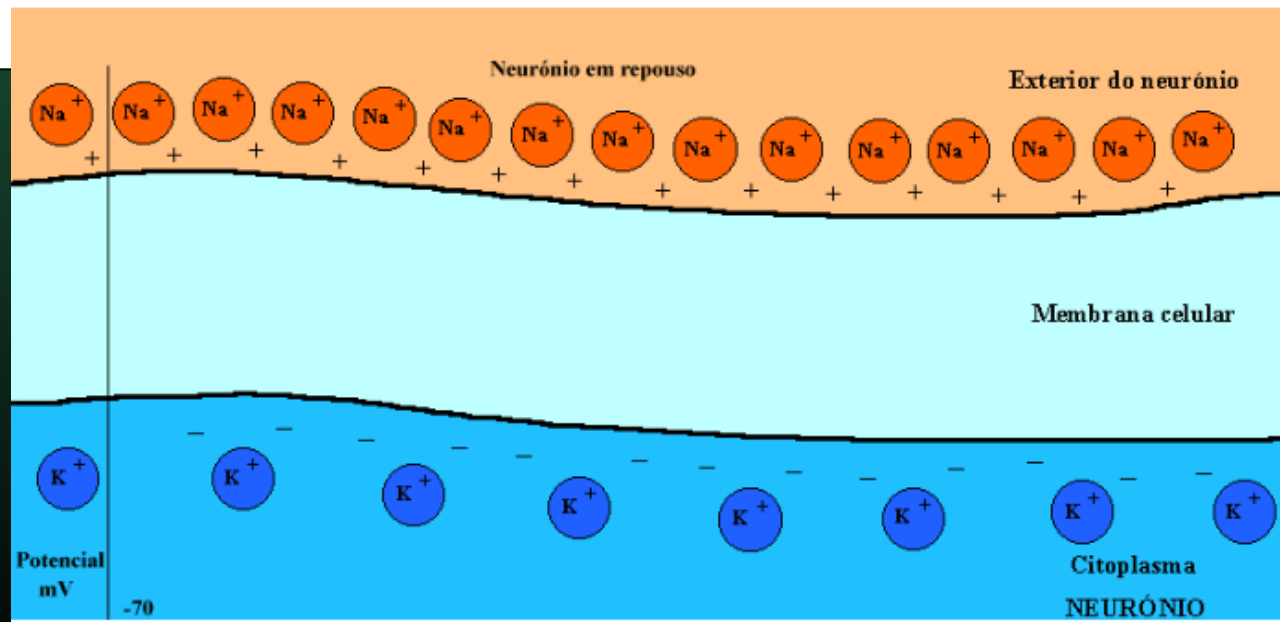
que provoca essas alterações no Potencial de Repouso?

✓ Variação da permeabilidade da membrana a passagem de íons como os íons Na^+ e K^+ ;

Potencial de ação: causador de um desequilíbrio de grandes proporções na carga da membrana (potencial de repouso temporariamente positivo);

Através do Potencial de Ação ocorre a produção dos sinais que algumas células (ex: neurônios) utilizam para comunicação;

Potenciais de ação são à base da comunicação entre as células nervosas



Transmissão de Sinais em um único Neurônio

Ex: **Motoneurônio**

Membrana da superfície dos Dendritos e do soma recebem impulsos de outras células nervosas;

Ou estão inervados (nervos) por outras células;

Soma do Motoneurônio: integra as mensagens dos impulsos aferentes de outros neurônios e determina se o motoneurônio iniciará uma resposta;

Resposta do Motoneurônio: POTENCIAL DE AÇÃO (que é chamado de IMPULSO NERVOSO);

Axônio do Motoneurônio: conduz um PA do seu ponto de origem – ZONA DE DISPARO DO POTENCIAL DE AÇÃO – para o TERMINAL AXÔNICO;

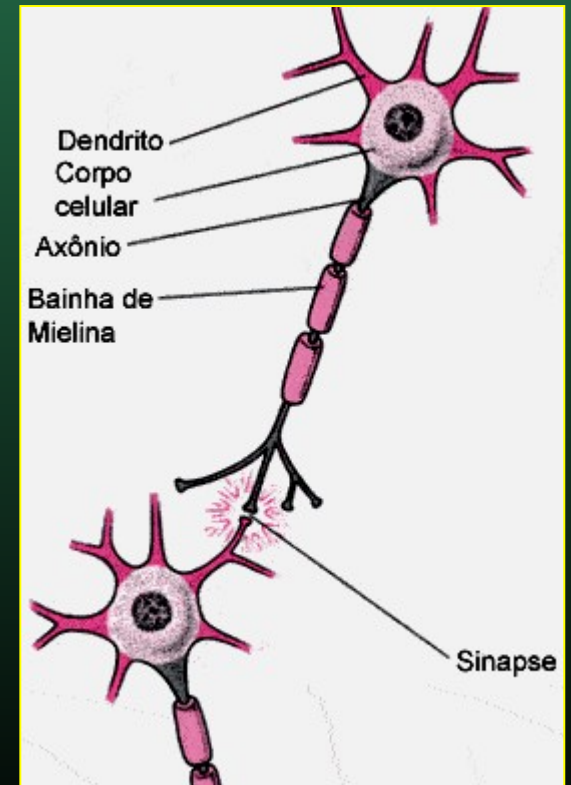
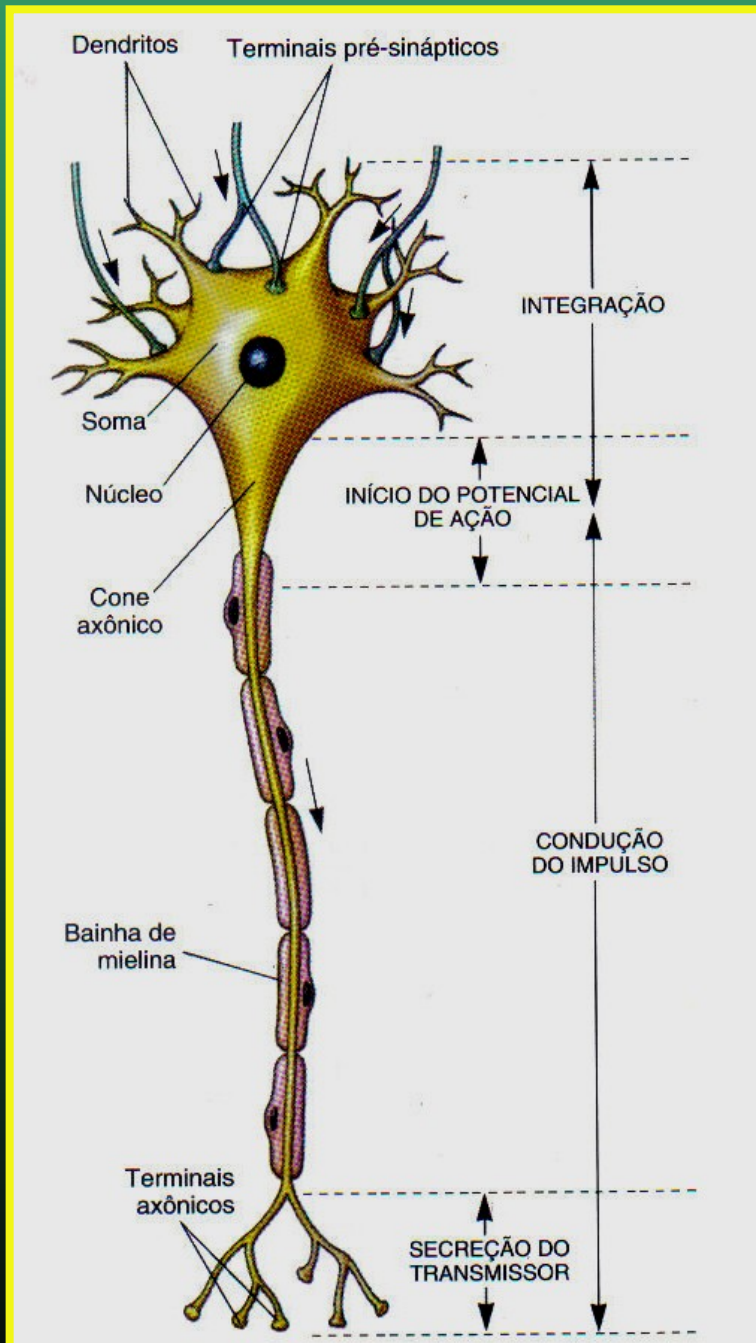
Zona de Disparo do PA: localizada próximo ao CONE AXÔNICO (junção do axônio com o soma);

5. TERMINAL AXÔNICO: realiza SINAPSES com as fibras musculares;

Transmissão de Impulso em um único Neurônio



Transmissão ELÉTRICA



O que são SINAPSES?

As informações são passadas entre neurônios, ou entre neurônios e outras células alvo, em locais especializados: SINAPSES;

Sinapses Nervosas: pontos onde as extremidades de Neurônios vizinhos se encontram;

O estímulo passa de um neurônio para o seguinte por meio de mediadores químicos, os Neurotransmissores;

As sinapses ocorrem no "contato" das terminações nervosas (Axônios) com os Dendritos;

✓ Dos axônios são liberados os Neurotransmissores;

✓ Atravessam a FENDA, estimulam Receptores nos Dendritos e transmitem o Impulso Nervoso de um Neurônio para o outro;

Transmissão de Sinais entre Neurônios

✓ Início do Processamento da Informação pelo SN:

Neurônios Sensoriais captam os estímulos e os enviam para outros neurônios;

- O sinal é transferido de Neurônio para Neurônio no Sistema Nervoso do Animal através das SINAPSES;

Transmissão Sináptica: realizada por Neurotransmissores;

Neurotransmissores: moléculas liberadas pelos terminais axônicos do neurônio pré-sináptico em resposta a PA vindos pelo axônio;

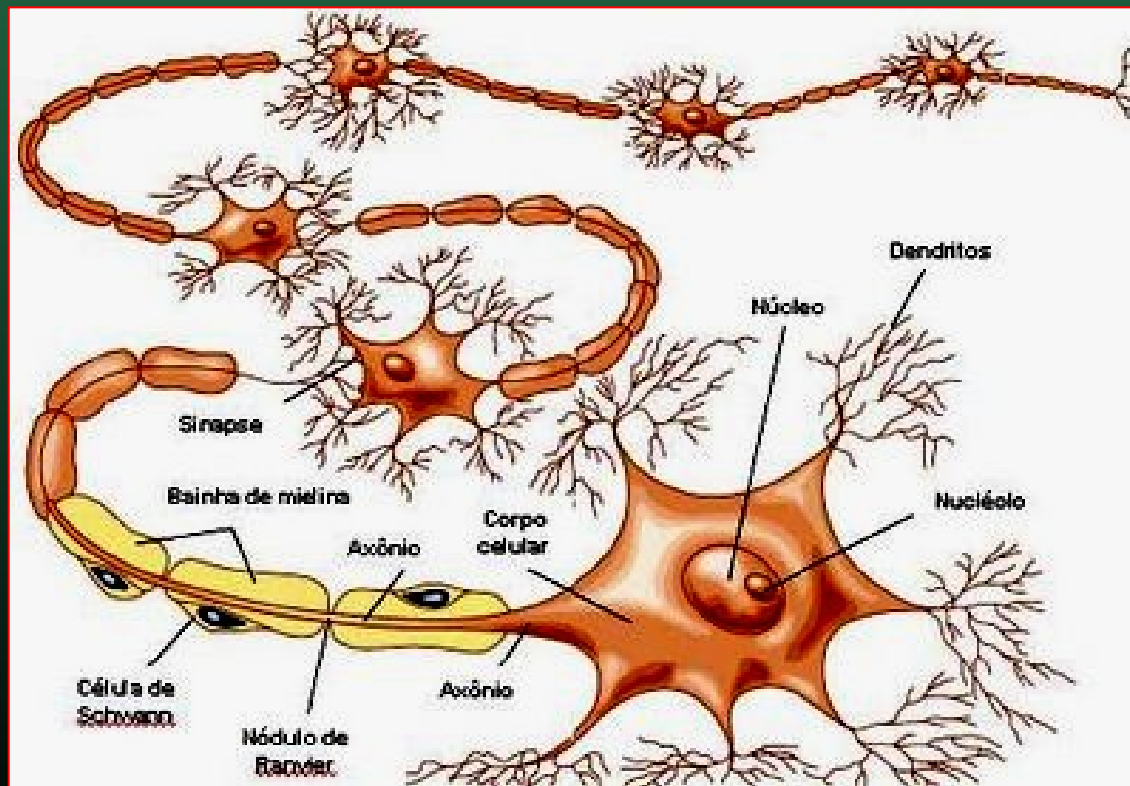
Célula Pré-sináptica: célula que conduz informação para um neurônio articular;

Célula Pós-sináptica: célula que recebe a informação transmitida por uma sinapse;

Resposta do Animal a informação sensorial:

Estímulos recebidos pelos Neurônios Sensitivos precisam ativar Neurônios Eferentes (que controlam órgãos efetores – músculos ou glândulas);

Circuito Neuronal: Neurônios Aferentes e Eferentes ou Interneurônio que participam do processamento da informação;

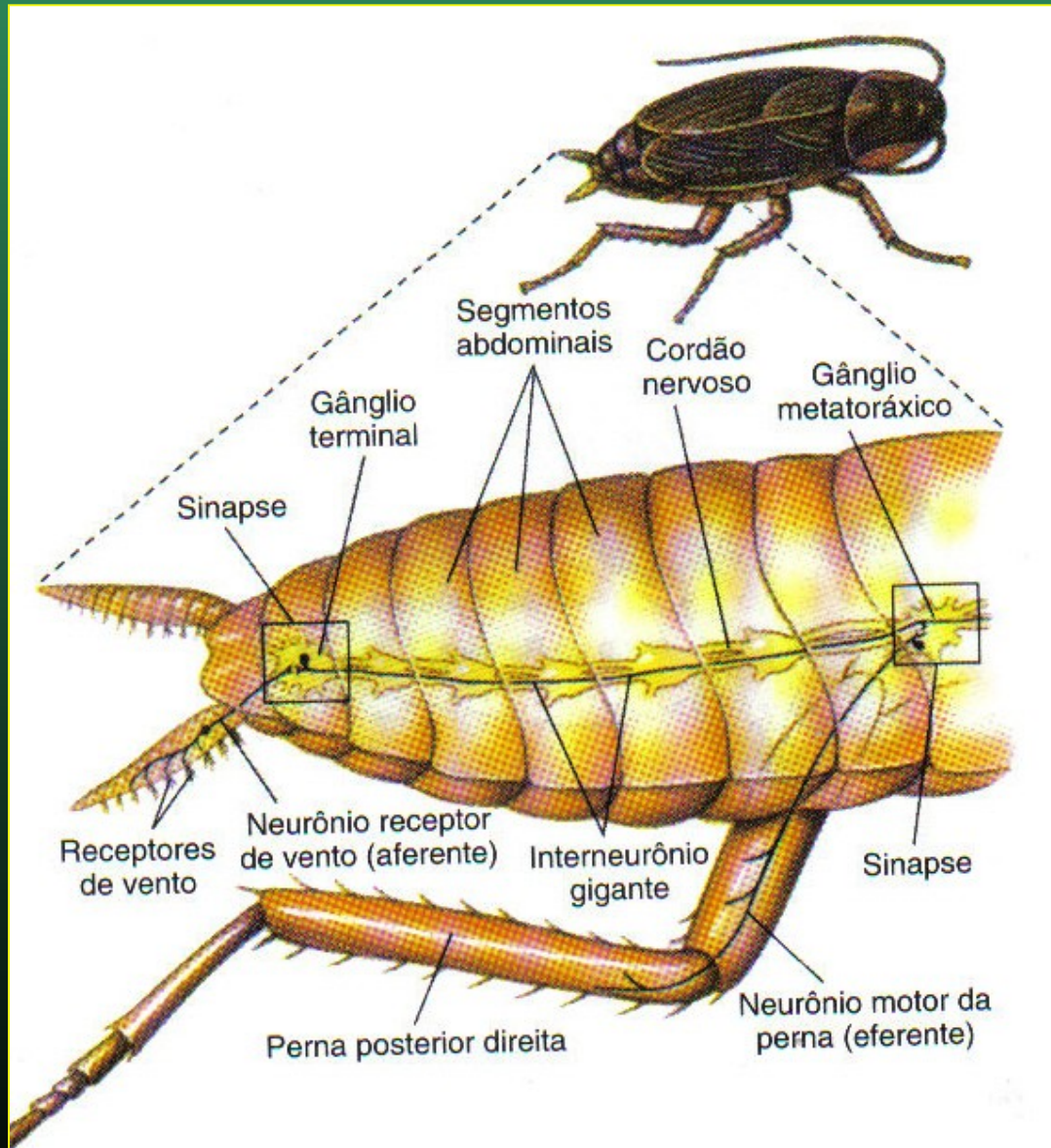


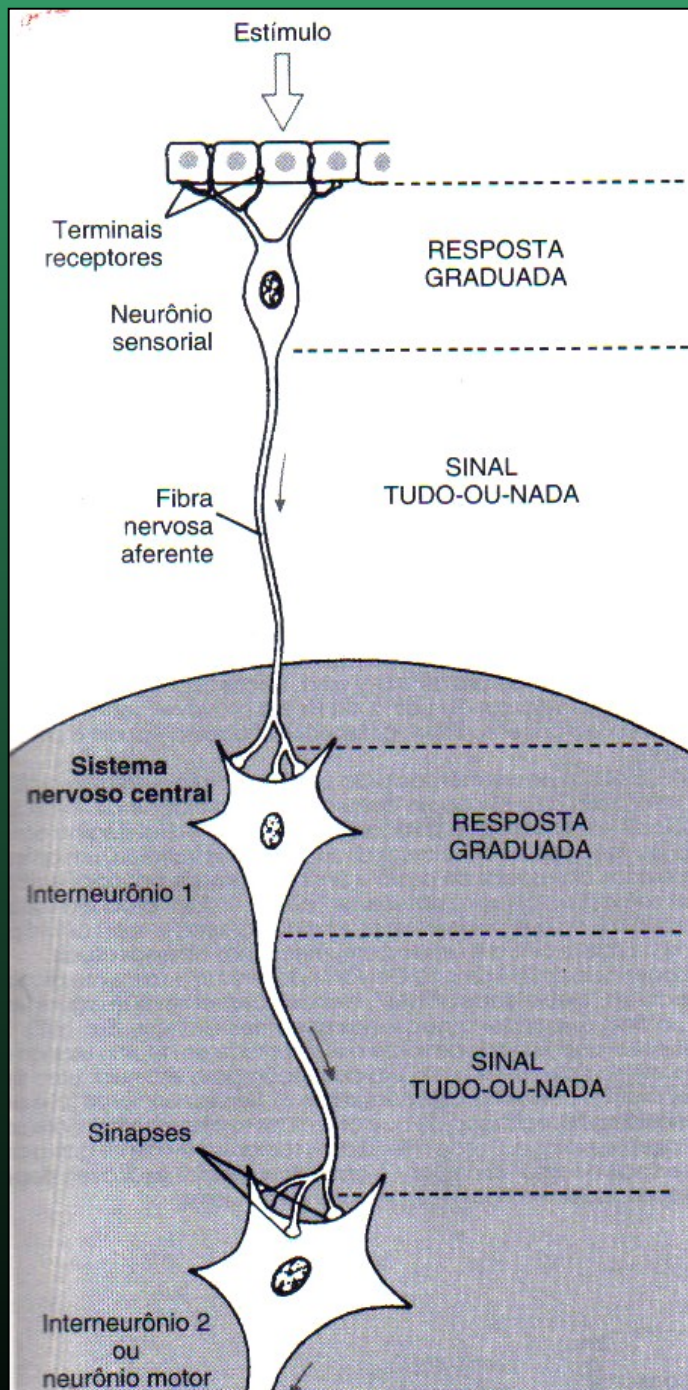
CIRCUITO NEURONAL SIMPLES (Artrópode - Barata)

Neurônio Aferente (receptor de vento) → Interneurônio Gigante



Neurônio Eferente
(neurônio motor da perna)





Transmissão de Sinal em UM
ÚNICO Neurônio



ELÉTRICA

Transmissão de Sinal ENTRE
Neurônios



**ELÉTRICA
ou
ELÉTRICA E QUÍMICA**

Funcionamento dos Neurônios: Impulsos Nervosos

O processamento dos Impulsos Nervosos envolve fenômenos ELÉTRICOS e QUÍMICOS;

Eventos Elétricos: propagam o sinal (a partir de um estímulo) dentro de um NEURÔNIO;

✓ Eventos Químicos: transmitem o sinal de NEURÔNIO a NEURÔNIO ou para uma CÉLULA EFETORA (ex: músculo);

- O processo químico de interação entre Neurônios ocorre através das SINAPSES (liberação de Neurotransmissores);

Analizando um único Neurônio:

A movimentação de sinais ao longo do neurônio ocorre através de dois modos:

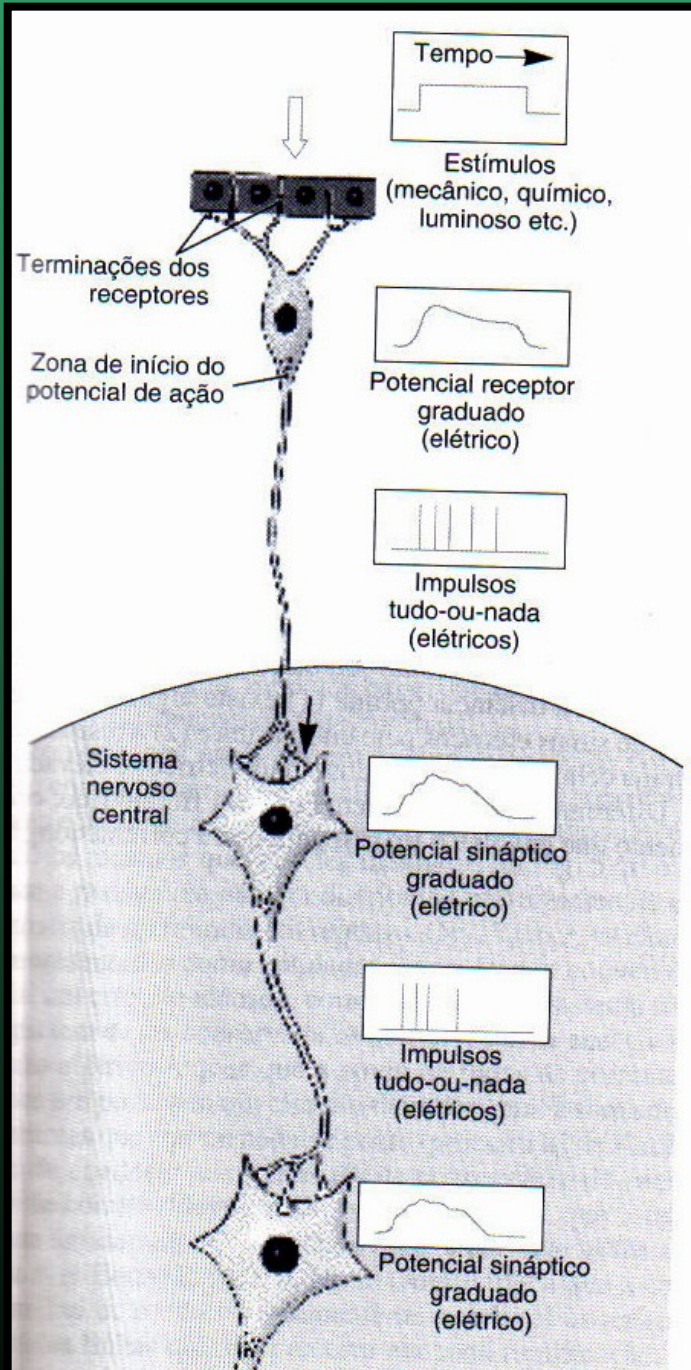
- Potenciais Graduados conduzidos eletronicamente;
- Potenciais de Ação;

- ✓ Alternâncias dos dois métodos de transmissão;
- ✓ Potencial Graduado ou Potencial Receptor: provocam alterações no Potencial de Membrana (Neurônio Sensorial);



TRANSMISSÃO ELETRÔNICA PASSIVA

- ✓ Utilizados para sinalizar mensagens a curta distância;
 - ✓ Para transmissão a longas distâncias: sinais sensoriais devem ser transformados em PA;



✓ A propagação Passiva de alterações no Potencial de Membrana (condução eletrônica) ocorre em todos os neurônios;

✓ Potencial de Ação: ocorre somente nos neurônios com canais iônicos voltagem-dependentes funcionais;

Ex: neurônios muito pequenos;



Neurônios sem Potenciais de Ação

Potencias de Ação nas Membranas dos Axônios

Axônio: (Repouso);

✓ Axoplasma: concentração elevada de Potássio e baixa concentração de Sódio;

✓ Meio externo: pouco Potássio e muito Sódio;

Potencial de Membrana (Repouso) do Axônio:

✓ Gerado pelo gradiente de Potássio nos meios intra e extracelular;

✓ Resultante da PERMEABILIDADE ao Potássio, que torna o meio interno NEGATIVO em relação ao meio externo;

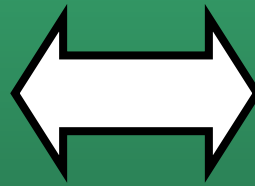
✓ Permeabilidade ao Sódio é muito baixa;

Potencial de Ação do Axônio:

- ✓ Alteração momentânea na MEMBRANA;
- ✓ Permeabilidade ao Sódio se eleva (transitoriamente);
- ✓ Entrada de Sódio na célula: meio interno POSITIVO em relação ao meio externo;
- ✓ Potencial de Membrana: alteração de -70mV (potencial do Potássio) para $+35\text{mV}$ (potencial do Sódio);
- ✓ Potencial de Membrana do Axônio pode ser modificado em 125mV ;
- ✓ Potencial de Ação é transitório: instantes depois a membrana torna-se impermeável ao Sódio;
- ✓ Permeabilidade ao Potássio restabelece o Potencial de Repouso;

POTENCIAL DE REPOUSO

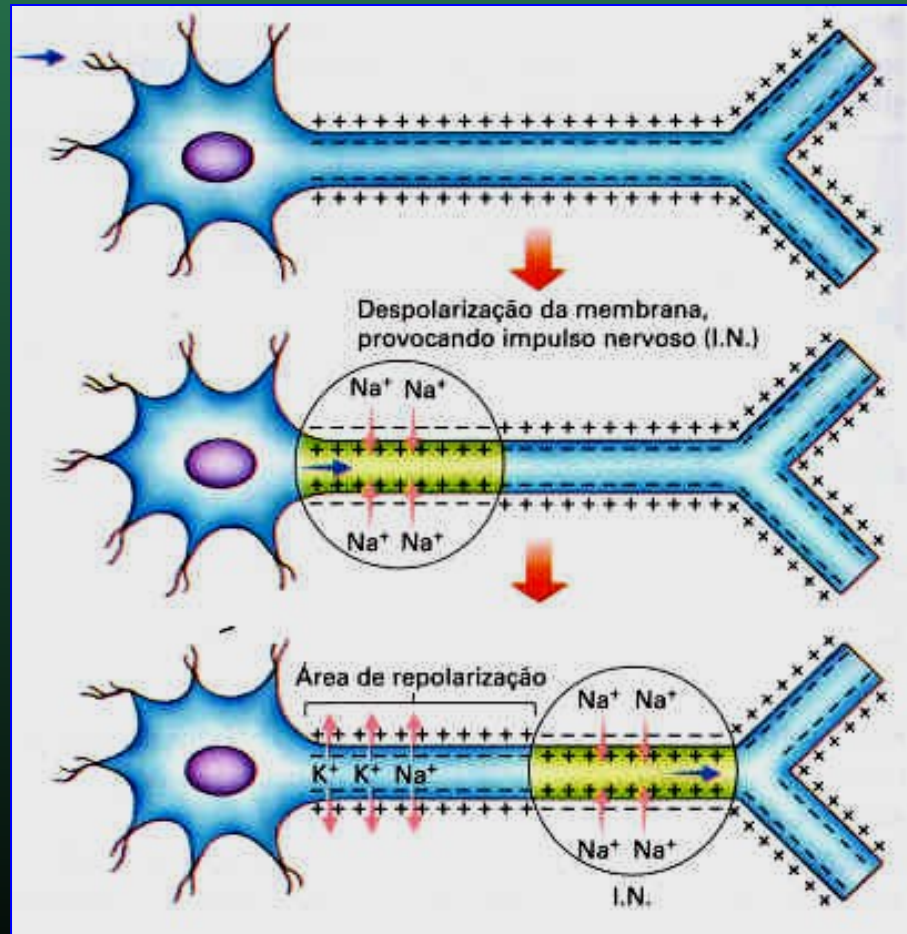
Polarização
Meio interno -



POTENCIAL DE AÇÃO

Despolarização
Meio interno +

❖ Repolarização: trazer a voltagem ao seu valor inicial de Potencial de Repouso;



Neurônio

