



BIOLOGIA

com Arthur Jones

Tecido nervoso

TECIDO NERVOso

O tecido nervoso desempenha um papel vital nos organismos pluricelulares, permitindo a coordenação entre diferentes tecidos e a interação com o ambiente. Ele constitui o sistema nervoso, cujo objetivo é integrar as diversas células do organismo de forma harmoniosa. Os neurônios, células altamente especializadas no tecido nervoso, são responsáveis por gerar e transmitir sinais elétricos, conhecidos como impulsos nervosos. Esses sinais são produzidos em resposta a estímulos específicos e podem ser rapidamente transmitidos entre as células nervosas para serem interpretados. Essa interpretação leva à elaboração de uma resposta adequada, que pode ser enviada para órgãos efetores, como glândulas e músculos. É importante destacar que a coordenação não é uma função exclusiva do sistema nervoso, mas também envolve o sistema endócrino, que utiliza hormônios, e o sistema sensorial, que utiliza receptores sensoriais.

O tecido nervoso é composto por dois tipos principais de células: **os neurônios**, que realizam as funções específicas do tecido nervoso, e as **células da glia**, que desempenham papéis semelhantes aos do tecido conjuntivo, como preenchimento, sustentação e defesa.

Durante o desenvolvimento embrionário, o tecido nervoso se origina completamente a partir do **ectoderma** do tubo neural, uma estrutura formada durante a embriogênese.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

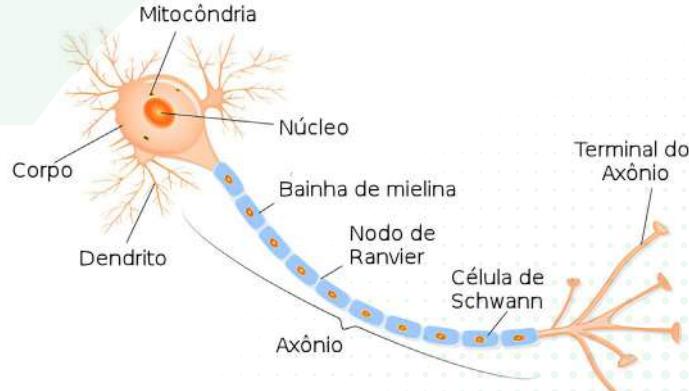
- ▶ Origem ectodérmica;
- ▶ Tecido responsável por receber, interpretar e responder a estímulos, através de receptores;
- ▶ Tecido onde a substância intercelular é praticamente inexistente;
- ▶ Tecido constituído por dois tipos celulares principais: os *neurônios* e as *gliócitos* (neuróglia ou células da glia).

NEURÔNIOS

Principais células do sistema nervoso (e tecido nervoso), apesar de constituírem apenas 50 % do total de células. Têm formato alongado e são responsáveis pela transmissão de mensagens na forma de impulsos nervosos. Um neurônio típico é constituído de três partes básicas:

Os neurônios têm uma aparência característica, composta por três partes principais: o **corpo celular**, os **dendritos** e o **axônio**. O corpo celular, também chamado de soma, contém um núcleo proeminente, ergastoplasma (retículo endoplasmático rugoso) e complexo de Golgi bem desenvolvidos, sugerindo uma intensa atividade de síntese proteica. Essa atividade é essencial para manter a estrutura dos neurônios e realizar pequenos reparos quando necessário. Além disso, os neurônios produzem constantemente neurotransmissores, substâncias químicas que facilitam a transmissão de impulsos nervosos de um neurônio para outro.

O retículo endoplasmático rugoso dos neurônios contém grânulos densos conhecidos como corpúsculos de Nissl ou substância basófila. Quando um neurônio é danificado, os corpúsculos de Nissl se desintegram.



Fonte: Infoescola

DENDRITOS

São prolongamentos ramificados que funcionam como “antenas” captadoras de sinais, recebendo estímulos ou impulsos nervosos provenientes de outros neurônios ou outras células sensoriais. Estes estímulos, geralmente, são enviados ao corpo celular - celulípetos.

PERICÁRIO OU CORPO CELULAR

Parte volumosa da célula, onde se encontram o núcleo, citoesqueleto e várias organelas citoplasmáticas. Local que apresenta um retículo bem desenvolvido. Cuja função é receber e interpretar os estímulos – *centro metabólico (celulifugos)*.

AXÔNIO

Prolongamento único de diâmetro constante, ou seja, é a fibra nervosa responsável por transmitir os impulsos e estímulos para outro neurônio ou para as células de uma estrutura efetora, como por exemplo, células musculares ou glândulas.

O axônio pode ou não ser revestido por uma *bainha de mielina*, estrutura formada pelo enrolamento de parte de outras células do sistema nervoso, e que funciona como isolante elétrico capaz de impedir que o impulso nervoso se propague para neurônios adjacentes. Além disso, a bainha também é capaz de acelerar grandemente a velocidade de transmissão do impulso nervoso. As porções do axônio não recobertas pela bainha de mielina são chamadas *nós neurofibrosos* (nódulo de Ranvier).

O sistema nervoso, juntamente com o sistema endócrino, capacitam o organismo animal a perceber as variações do meio (interno e externo), a difundir as modificações que essas variações produzem e a executar as respostas adequadas para que seja mantido o equilíbrio interno do corpo (*homeostase*). São os sistemas envolvidos na coordenação e regulação das funções corporais.

Para exercerem tais funções, os neurônios, contam com duas propriedades fundamentais: a *irritabilidade* (também denominada excitabilidade ou responsividade) e a condutibilidade.

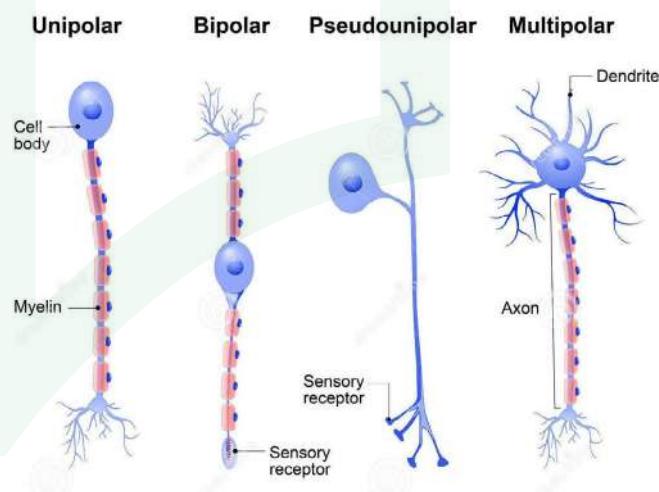
Irritabilidade é a capacidade que permite a uma célula responder a estímulos, seja eles internos ou externos. Portanto, irritabilidade não é uma resposta, mas a propriedade que torna a célula apta a responder. Essa propriedade é inerente aos vários tipos celulares do organismo. No entanto, as respostas emitidas pelos tipos celulares distintos também diferem umas das outras. A resposta emitida pelos neurônios assemelha-se a uma corrente elétrica transmitida ao longo de um fio condutor: uma vez excitados pelos estímulos, os neurônios transmitem essa onda de excitação - chamada de impulso nervoso - por toda a sua extensão em grande velocidade e em um curto espaço de tempo. Esse fenômeno deve-se à propriedade de condutibilidade.

! Se liga mamífero

Os neurônios são células altamente especializadas e diferenciadas no organismo humano. Tão especializadas que não realizam divisão celular, o que significa que não podem se reproduzir. Além disso, no organismo adulto, nenhuma outra célula pode se transformar em neurônios. Quando uma célula nervosa é danificada e morre, o tecido nervoso não pode substituí-la. No entanto, uma célula nervosa danificada ainda pode se regenerar e voltar a funcionar, mas uma vez que uma célula nervosa morre, o tecido nervoso não tem meios de regenerá-la. Em vez disso, o espaço deixado pela célula nervosa morta é preenchido por células da glia, chamadas astrócitos, em um processo conhecido como cicatrização, não regeneração.

No organismo adulto, a formação de novos neurônios é extremamente limitada. Alguns poucos novos neurônios podem ser produzidos em áreas específicas do sistema nervoso central, como o hipocampo, que está relacionado à memória. Esses novos neurônios são derivados da diferenciação de células da glia chamadas astrócitos. Esse fenômeno é conhecido como plasticidade do tecido nervoso.

TIPOS DE NEURÔNIOS – MORFOLOGIA

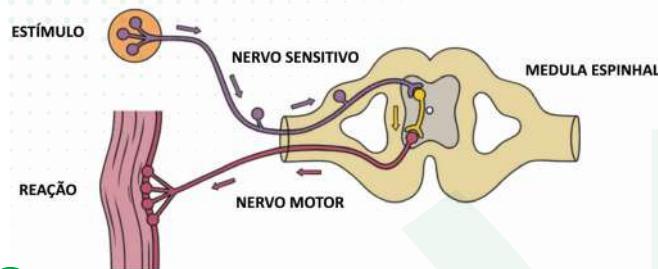


Fonte: Anatomia papelecaneta

- **BIPOLAR:** São aqueles que apresentam apenas um dendrito e um único axônio partindo do corpo celular.
- **UNIPOLAR:** São aqueles que apresentam apenas um axônio.
- **MULTIPOLAR:** São aqueles que apresentam vários dendritos e um único axônio.
- **PSEUDOUNIPOLAR:** Apresentam junto ao corpo celular um prolongamento único que logo se divide em dois, dirigindo-se um ramo para a periferia e outro para o SNC.

TIPOS DE NEURÔNIOS DE ACORDO COM A FUNÇÃO - FISIOLOGIA

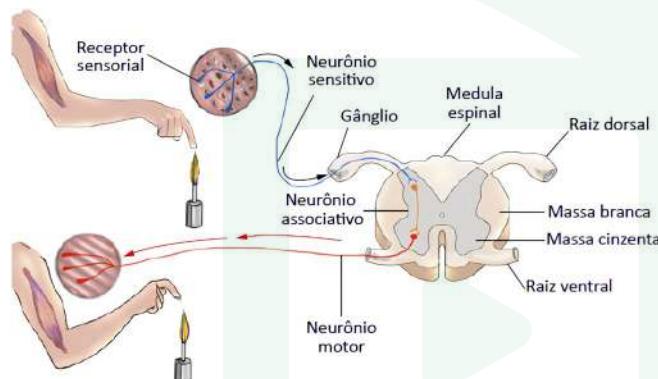
- **Motor ou Eferente:** Neurônio que está ligado ao músculo.
- **Sensorial ou Aferente:** Neurônios que recebem estímulos do meio externo.
- **Associativo ou Interneurônio:** Fica entre os neurônios sensitivos e motores.



Neurônio Sensitivo (roxo), Motor (vermelho) e associativo (amarelo).

Fonte: clinicadojoelho.med.br

Não há neurônios mistos, ou seja, simultaneamente sensoriais e motores. Com os nervos, a situação é diferente, pois existem nervos sensoriais, nervos motores e nervos mistos.



Fonte: Colanaweb

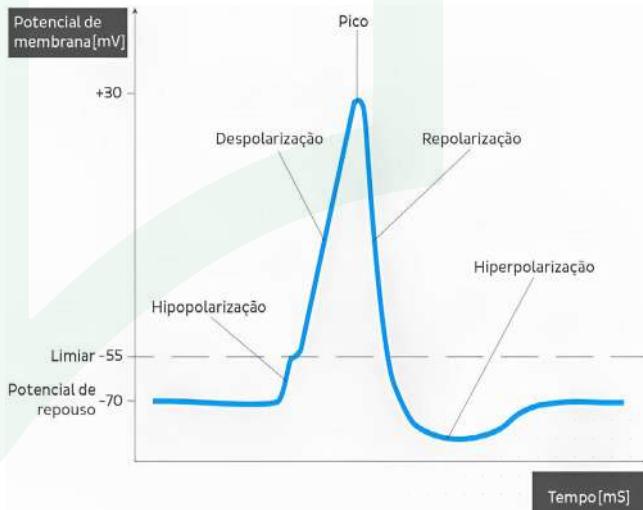
Imagine que você, sem querer, encoste a mão em uma panela quente. Os neurônios receptores (sensitivos) da camada epitelial que percebem estímulos mandaram um impulso nervoso para neurônios associativos e logo após para neurônios motores. Esses neurônios passarão o impulso nervoso a um outro grupo de neurônios, que o transformará em outro tipo de sinal. Esse segundo grupo é composto de neurônios associativos (ou interneurônios). Eles encaminharão um impulso nervoso diferente aos neurônios motores, que se ligam às fibras musculares da região que recebeu o estímulo mecânico. Haverá uma rápida descarga de íons de cálcio no interior das fibras musculares estriadas e, consequentemente, ocorrerá a contração muscular. Antes de perceber, em uma fração de segundo você terá afastado sua mão da panela quente.

Durante a evolução dos mamíferos ocorreu um grande aumento no número e na complexidade dos interneurônios. As funções mais complexas e de mais alto nível do sistema nervoso dependem das interações dos prolongamentos de muitos neurônios.

POTENCIAL DE AÇÃO - IMPULSO NERVOSO

Vimos que o trânsito pela membrana plasmática de íons de sódio (Na^+) não se iguala ao dos íons de potássio (K^+ ; reveja a bomba de sódio-potássio da membrana no item "Transporte ativo". Essa é uma propriedade geral das membranas celulares, que mantém em seu interior maior quantidade de cargas negativas do que no exterior. Essa polaridade é o chamado potencial de membrana. A membrana dos neurônios mantém uma diferença de potencial, entre os lados interno e externo da célula, da ordem de -60 a -70 mV (milivolts; o sinal negativo indica que o lado interno é mais negativo que o externo). Os neurônios se especializaram em alterar essa polaridade de maneira brusca, permitindo a passagem maciça de íons de sódio (Na^+) para o interior da célula, por uma fração de segundo. As proteínas que promovem a passagem de íons pela membrana subitamente permitem a passagem de mais íons de sódio (Na^+), eles irão rapidamente para o interior da célula, pois estão mais concentrados do lado externo. Os íons de sódio entrarão na célula em ritmo mais rápido do que a saída dos íons de potássio (K^+). A permeabilidade da membrana aos íons de cloro (Cl^-) continuará baixa. Assim, haverá inversão da polaridade da membrana. O interior da célula deixará de ser mais negativo do que o lado externo e haverá uma inversão de polaridade, com maior concentração de íons de cloro (Cl^-) no lado externo e maior concentração de cátions (íons Na^+ e K^+) do lado interno.

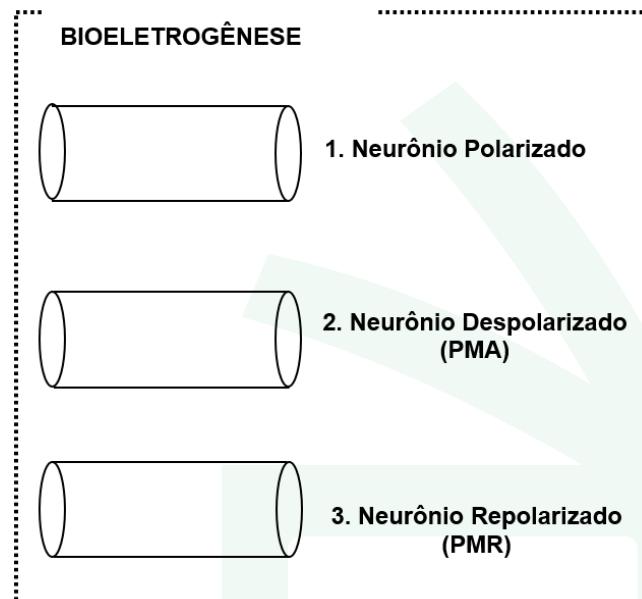
GRÁFICO DO IMPULSO NERVOSO



Fonte: Khenhub

A diferença de potencial entre o lado interno e o externo da membrana é de -75 mV . Com o ingresso repentino de íons de sódio, esse valor chega a quase $+40\text{ mV}$, para de novo diminuir rapidamente, em um intervalo de cerca de 2 milésimos de segundo (milissegundos). Nesse período, a polaridade se restaura, mas a membrana não consegue responder a estímulos, constituindo o chamado período refratário. O impulso nervoso, assim, só pode se propagar em um sentido, pois o axônio é alongado. Em um neurônio não mielinizado de pequena espessura, a

passagem dos íons pela membrana demora a provocar a mudança de polaridade. Assim, ela se propaga ao longo de um neurônio de maneira bastante lenta, ao redor de 2 m/s. Para animais grandes, essa velocidade é muito baixa. Os vertebrados têm neurônios mielinizados, nos quais a velocidade de propagação é muito maior: pode chegar a 120 m/s. Isso porque, em neurônios mielinizados, essa mudança de polaridade não ocorre na membrana recoberta pela bainha de mielina, mas apenas nas partes expostas do axônio (nódulos de Ranvier), onde a membrana celular do neurônio está exposta. Assim, o impulso nervoso salta de um nódulo de Ranvier a outro, acelerando a transmissão do impulso nervoso.



DEFININDO OS ESTADOS

POLARIZADO

- Transporte ativo de sódio e potássio;
- Meio extra celular positivo e meio intra negativo;

DESPOLARIZADO

- Transporte passivo de íons e inversão da polaridade;
- Meio extra negativo e meio intra positivo;

REPOLARIZADO

- Retorno do estado de polarização por retorno do transporte ativo.

HIPERPOLARIZADO

- Estado que a célula se apresenta muito positiva no meio extracelular por conta do fechamento tardio dos canais de sódio.

Se liga, mamífero

A membrana plasmática do neurônio transporta alguns íons ativamente, do líquido extracelular para o interior da fibra, e outros, do interior, de volta ao líquido extracelular.

Assim funciona a *bomba de sódio e potássio*, que bombeia ativamente o sódio para fora, enquanto o potássio é bombeado ativamente para dentro. Porém esse bombeamento não é equitativo: para cada três íons sódio bombeados para o líquido extracelular, apenas dois íons potássio são bombeados para o líquido intracelular.

ALTERAÇÕES DURANTE A CONDUÇÃO DO IMPULSO NERVOSO:

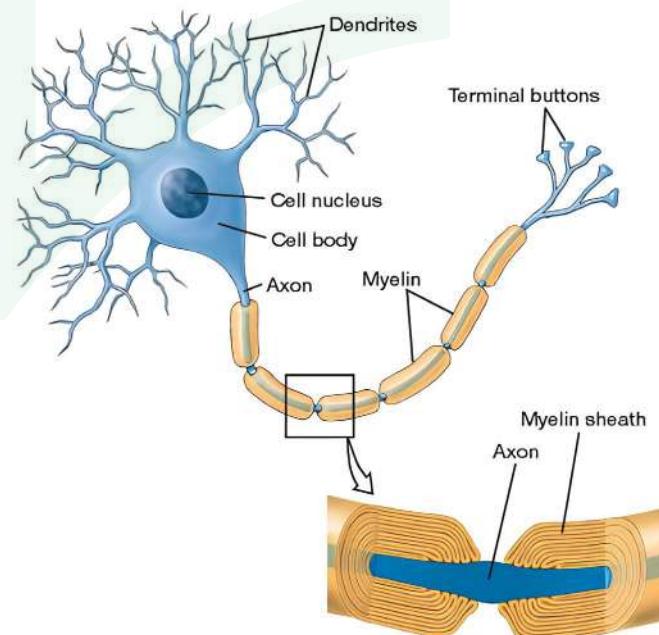
- Modificações elétricas e químicas;
- Alto consumo de oxigênio (O_2) e energia (ATP);
- Aumento na liberação de CO_2 e elevação da temperatura, devido a produção e liberação de calor;
- Maior número de enzimas ativas por ação das vitaminas do complexo B.

Alguns anestésicos, como a xilocaína, fecham os canais de sódio (Na^+) e potássio (K^+) da membrana, com isso o impulso nervoso não se forma e a dor não é transmitida.

CONDUÇÃO DO IMPULSO NERVOSO – TIPO DE FIBRA NERVOSA.

Fibra Mielínica

- Quanto mais espesso o estrato mielínico (bainha) maior a velocidade de condução;
- Condução saltatória e rápida, típica dos neurônios de vertebrados.



Fonte: exercicios-de-portugues.blogspot

Fibra Amielínica:

Condução contínua e lenta, típica dos neurônios de invertebrados e pessoas com doenças degenerativas. Ex.: Esclerose e Leucodistrofia.

Na maioria dos neurônios, o axônio é envolto em grande parte por "bainhas". Ao longo do axônio, superpõem-se três tipos de bainha:

A) A bainha de mielina (ou neurilema) é um envoltório espesso de fosfolipídios representados pela *esfingomielina*, e parece atuar como '*isolante elétrico*' nos nervos. Sabe-se hoje que a bainha de mielina é formada à custa do estiramento e enrolamento da membrana das células de Schwann em torno do axônio. No espaço entre uma célula de Schwann e outra, o neurilema sofre uma interrupção, o que determina um estrangulamento dessa bainha – caracterizando o nóculo de Ranvier (nó neurofibroso).

B) Cada axônio é envolto ainda por uma camada conjuntiva, que é o *endoneuro*. Os axônios se juntam em feixes, e cada feixe é também delimitado por outra camada de tecido conjuntivo denso não modelado, que recebe o nome de *perineuro*. Os feixes de axônios são agrupados paralelamente e, da mesma forma, também há uma camada de tecido conjuntivo envolvente – o *epineuro*. Assim se constitui um nervo.

LEI DO TUDO OU NADA:

Este resultado é explicado pela **LEI DO TUDO OU NADA**:

Esta Lei foi caracterizada por BOWDICH, utilizando o músculo cardíaco do batráquio. Ele observou que independente do estímulo que fosse aplicado a resposta seria sempre a mesma. Ou seja, ultrapassando o limiar de excitação a resposta da célula independentemente do nível do estímulo (2, 20 ou 200 e etc) a resposta será sempre a mesma.

LEI DO TUDO OU NADA

Certas estruturas (as células isoladas, miocárdio e músculos lisos viscerais – tipo II-) quando estimuladas, ou não respondem (resposta aparente), ou se o fazem, dão sempre sua resposta máxima.

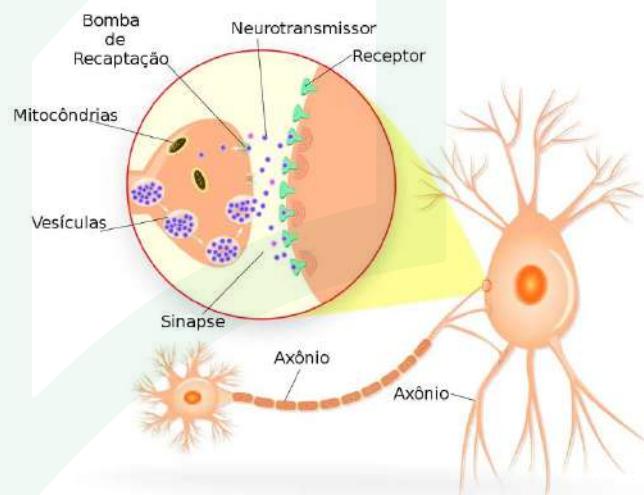
O neurônio é uma célula que sofreu o mais alto grau de diferenciação. Por esse fato, já não tem mais a capacidade de reprodução. Sendo classificada como uma célula perene, não renovável e com precária aptidão para regenerar-se.

No corpo do neurônio, bem como nas suas ramificações, o citoplasma é abundante em *neurofibrilas*, que se dispõem sem muita ordem, além de inúmeras mitocôndrias (condrioma). Ao redor do núcleo, principalmente, o ergastoplasm (RER) bem desenvolvido e, quando submetido à ação de certos corantes básicos, mostra-se como um conjunto de manchas ou granulações conhecidas como *substância basófila de Nissl*, outrora denominada *substância tigroide*.

SINAPSES – E SEUS COMPONENTES

A região de passagem do impulso nervoso de um neurônio para a célula adjacente chama-se *sinapse*. Às vezes os axônios têm muitas ramificações em suas regiões terminais e cada ramificação forma uma sinapse com outros dendritos ou corpos celulares. Estas ramificações são chamadas coletivamente de *arborização terminal*.

No esquema abaixo pode ser observado os componentes da sinapse:



Fonte: Brasilescola

A extremidade do axônio (*telodendros*), membrana pré-sináplica (note as vesículas sinápticas, onde são armazenados os mediadores químicos).

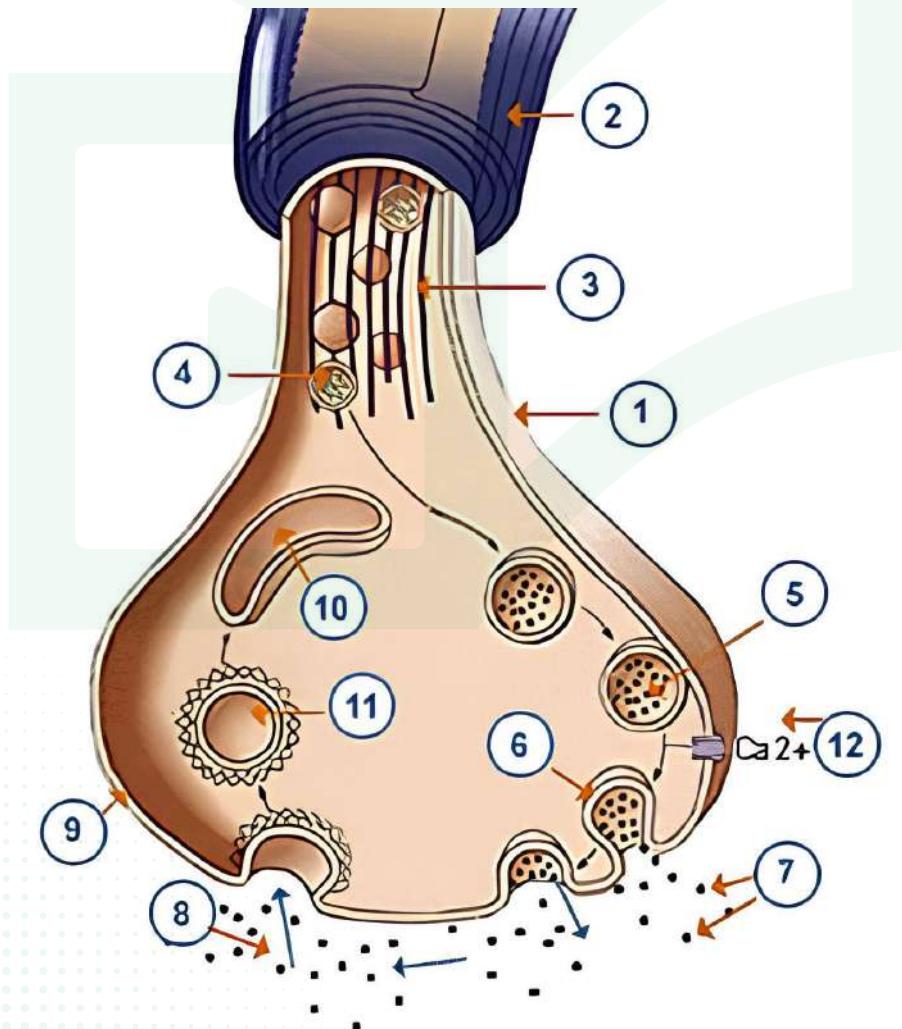
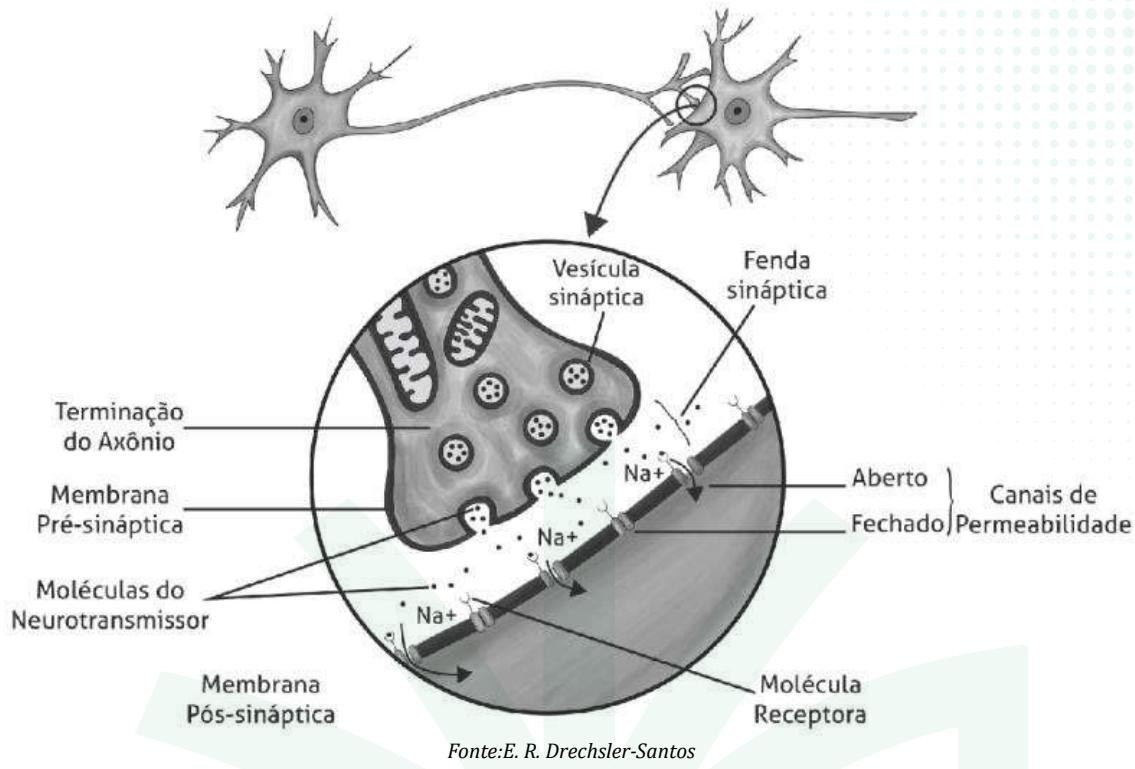
- A fenda sináptica;
- A membrana pós-sinápica com seus receptores (pode ser do dendrito, do pericário ou de uma célula efetora).

Mas há na membrana pós-sinápica produção de colinesterase, uma enzima que promove a imediata decomposição da acetilcolina (neurotransmissor). Assim, a transmissão do impulso nervoso é rápida e prontamente interrompida.



Se liga,
mamífero

A Lei do Tudo ou Nada admite: ultrapassando-se o limiar de excitação (nível crítico de despolarização que deve ser alcançado para disparar o potencial de ação) da estrutura, independente da intensidade do estímulo, a resposta obtida é sempre máxima. Somente em células isoladas (qualquer que seja ela), músculo cardíaco (miocárdio) e músculo liso visceral (intestinos, esôfago, bexiga).



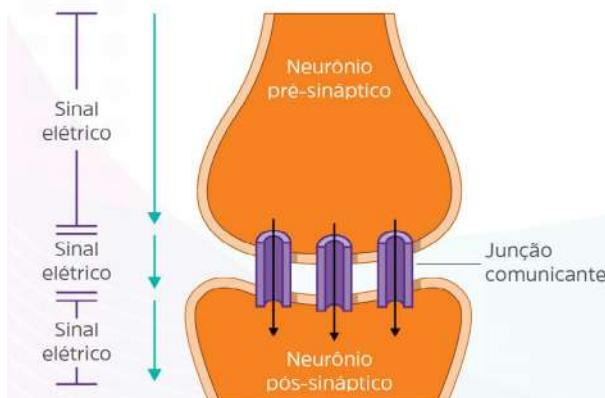
Se liga, mamífero

Muitas substâncias empregadas como inseticidas ou como gases de uso militar agem inibindo a colinesterase. Portanto, a condução do impulso nervoso torna-se descoordenada provocando espasmos e morte.

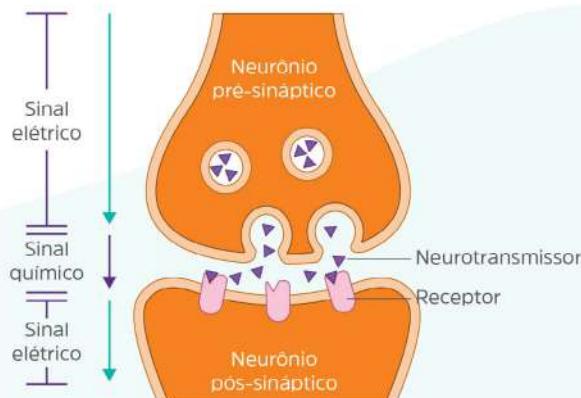
Os neurônios se comunicam via **sinapses**, que podem ser dos tipos:

- a) **Elétricas**, consistindo em junções do tipo gap entre duas células vizinhas.
- b) **Químicas**, em que as ramificações terminais de um axônio não tocam os dendritos do outro. Neste caso, o espaço entre os dois neurônios é denominado fenda sináptica, e a comunicação entre os dois é feita através de moléculas liberadas neste espaço, chamadas de neurotransmissores.

a) Sinapse elétrica



b) Sinapse química



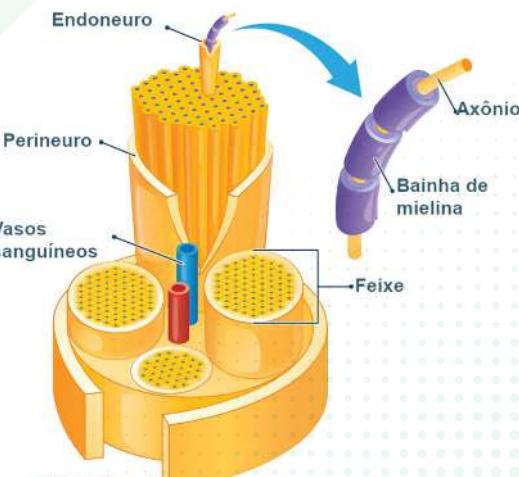
Fonte: Passeidireto

EXEMPLOS DE SINAPSES QUÍMICAS

- **Neuroneurônicas**
 - Neurônio unido com neurônio.
- **Neuroglandular**
 - Neurônio com glândula.
- **Neuromuscular**
 - Tipo de sinapse, que se dá entre um neurônio motor e uma célula muscular, também denominada junção neuromuscular ou ainda placa motora.

DIFERENÇAS	DENDRITOS	AXÔNIOS
Número	Variável por Célula (1 ou Vários)	Sempre Único por Célula
Tamanho	Geralmente Curtos	Geralmente Longo
Condução do Impulso	Celulípeta	Celulífuga

cada axônio é revestido por uma camada conjuntiva chamada endoneuro. Esses axônios se agrupam em feixes, e cada feixe é delimitado por outra camada de tecido conjuntivo denso não modelado, conhecido como perineuro. Os feixes de axônios são organizados paralelamente e, como mencionado anteriormente, também são envolvidos por uma camada de tecido conjuntivo chamada epineuro. O conjunto de axônios e as várias camadas de tecido conjuntivo é denominado nervo.



Fonte: Brasilescola

NERVOS:

Cada axônio é envolvido por uma camada de mielina, formando a bainha de mielinizada das fibras mielinizadas. Além disso,

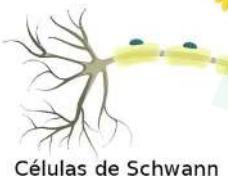
CÉLULAS DA GLIA (DO GREGO = COLA)

Além dos neurônios, o tecido nervoso também apresenta outras células menores com capacidade multiplicativa mitótica, chamadas de células da glia, e que apresentam funções auxiliares: nutrem e protegem os neurônios, além de lhes auxiliarem a estabelecer conexões uns com os outros, ou seja, facilitando o funcionamento do tecido nervoso. Suas funções são comparáveis à de um tecido conjuntivo de sustentação. Os tipos principais são:

Oligodendrócitos

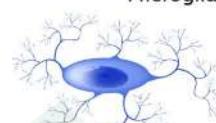


Células ependimárias

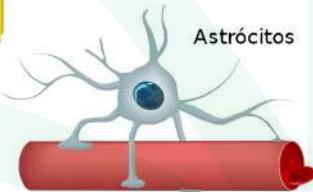


Células de Schwann

Micróglio



Astrócitos



Fonte: Biologianet

FUNÇÕES DAS CÉLULAS GLIAS:

As células da glia, também conhecidas como neuróglia, desempenham várias funções essenciais para o funcionamento adequado do sistema nervoso. Aqui estão algumas das principais funções:

- 1. Suporte Estrutural:** As células da glia fornecem suporte estrutural para os neurônios, ajudando a manter sua organização e estabilidade no sistema nervoso.
- 2. Isolamento e velocidade de propagação:** Algumas células da glia, como os oligodendrócitos no sistema nervoso central (SNC) e as células de Schwann no sistema nervoso periférico (SNP), formam bainhas de mielina ao redor dos axônios, que ajudam a isolar os impulsos nervosos e aumentar a velocidade de condução.
- 3. Nutrição:** As células da glia desempenham um papel crucial na regulação do ambiente extracelular do sistema nervoso, incluindo a regulação da concentração de íons, a remoção de neurotransmissores liberados na sinapse e a oferta de nutrientes essenciais aos neurônios.
- 4. Fagocitose:** Algumas células da glia, como os micrólitos no SNC, são responsáveis por fagocitar microrganismos invasores, células mortas e detritos celulares, ajudando a limpar o ambiente neural.
- 5. Manutenção da Barreira Hematoencefálica:** Células específicas da glia, como as células endoteliais e os astrócitos, desempenham um papel na formação e manutenção da

barreira hematoencefálica, que regula o ambiente químico do cérebro, protegendo-o de substâncias nocivas presentes na corrente sanguínea.

6. Regulação da Neurogênese e Plasticidade Sináptica: A glia também desempenha um papel na regulação da neurogênese (a formação de novos neurônios) e na plasticidade sináptica (a capacidade do cérebro de reorganizar suas conexões sinápticas em resposta a estímulos), influenciando o desenvolvimento e a adaptação do sistema nervoso ao longo da vida.

ASTRÓCITOS

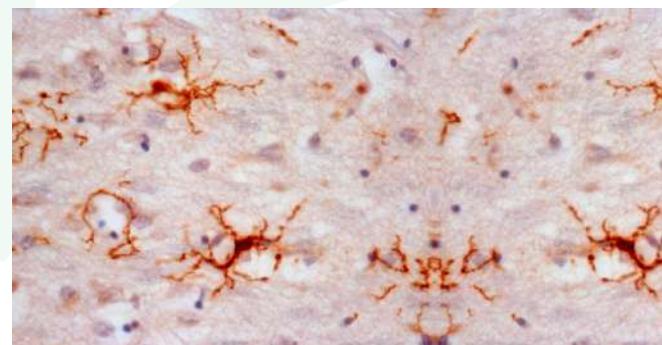
São células grandes em forma de estrela, com prolongamentos, desempenhando funções como: funcionamento e formação de sinapses, nutrição dos neurônios, liberação de neurotransmissores, participação na barreira hematoencefálica.



Fonte: nouvelles.umontreal.ca

MICRÓLIAS

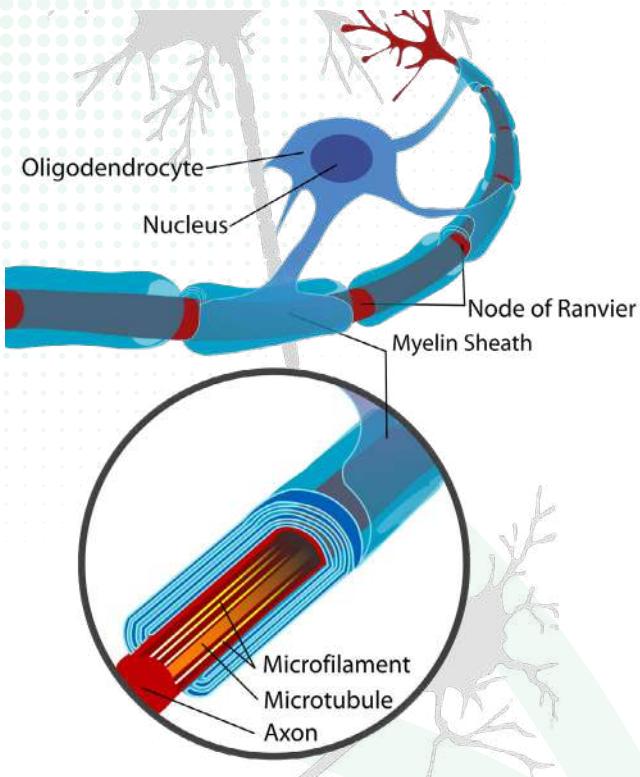
São os macrófagos do sistema nervoso. Responsáveis pela defesa dos neurônios.



Fonte: jornal.usp.br

OLIGODENDRÓCITOS E CÉLULAS DE SCHWANN

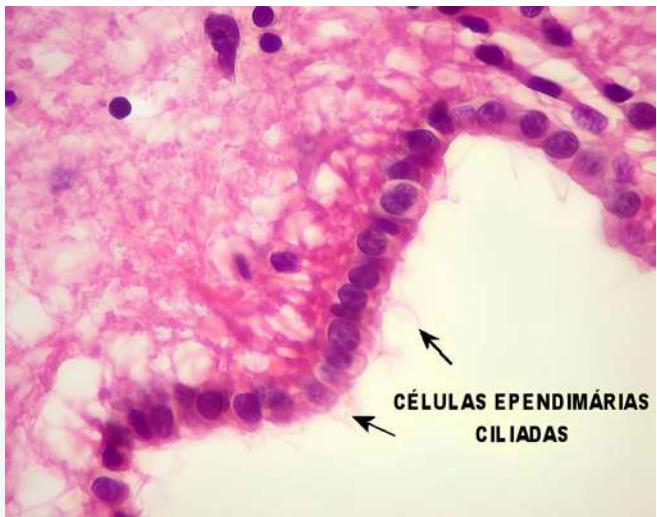
Formam as bainhas de mielina dos neurônios. Oligodendrócitos dos neurônios do sistema nervoso central. Células de Schwann que formam a bainha de mielina do sistema nervoso periférico.



Fonte: Wikipedia

CÉLULAS EPENDIMÁRIAS:

As células ependimárias formam uma camada de células colunares justapostas, com características epiteliais. Elas revestem as cavidades internas do sistema nervoso e desempenham um papel vital na produção do líquido cefalorraquidiano, o líquor, que banha e protege o sistema nervoso.



Fonte: anatpat.unicamp.br



Anote aqui





Estamos juntos nessa!



TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.