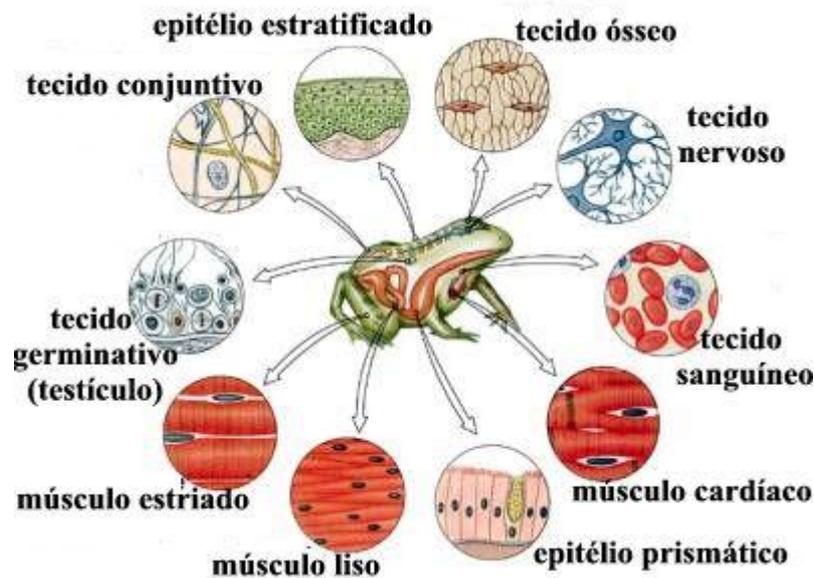


Histologia

A histologia (do grego: *hydton* = tecido + *logos* = estudos) é a ciência que estuda os tecidos biológicos, desde a sua formação (origem), estrutura (tipos diferenciados de células) e funcionamento.

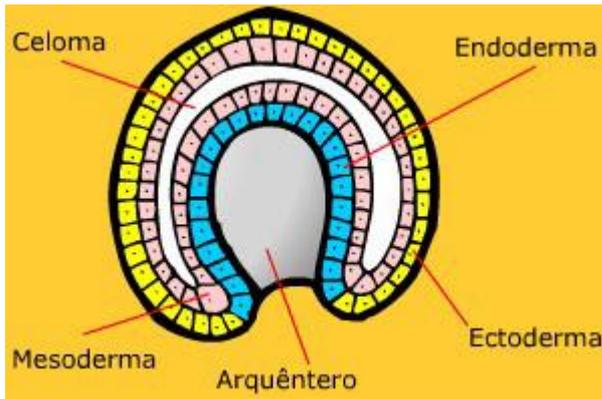
Mas o que é tecido?

O corpo de um organismo multicelular é constituído por diferentes tipos de células, especializadas em realizar diversas funções. **As células com determinado tipo de especialização organizam-se em grupos, constituindo os tecidos.** Alguns tecidos são formados por células que possuem a mesma estrutura; outros são formados por células que têm diferentes formas e funções, mas que juntas colaboram na realização de uma função geral maior.



A diferenciação dos tecidos e a conquista do ambiente terrestre

Dentre as diversas adaptações que favoreceram a conquista do meio terrestre pelos vertebrados destacam-se um eficiente **revestimento corporal impermeabilizado, um adequado sistema esquelético de suporte do organismo e de seus órgãos e um hábil mecanismo que permite a movimentação do organismo pelo meio.** No homem, essas três tarefas são desempenhadas, na ordem, pela pele, pelo conjuntivo de ossos do sistema esquelético e pelos inúmeros músculos componentes do sistema muscular. Ossos e músculos constituem o sistema locomotor.



Como são formados os tecidos?

Todos os tecidos presentes nos vertebrados adultos são formados a partir de três tipos de folhetos germinativos: **endoderma**, **ectoderma** e **mesoderma**. Cada um desses, durante o desenvolvimento embrionário, é responsável por uma genealogia de células especializadas quanto à forma e função.

Os destinos finais (organogênese) desses folhetos germinativos, na formação dos tecidos e órgãos humanos, são:

Ectoderma

- Epiderme e anexos cutâneos (pêlos e glândulas mucosas);
- Todas as estruturas do sistema nervoso (encéfalo, nervos, gânglios nervosos e medula espinhal);
- Epitélio de revestimento das cavidades nasais, bucal e anal.

Mesoderma

- Forma a camada interna da pele (derme);
- Músculos lisos e esqueléticos;
- Sistema circulatório (coração, vasos sanguíneos, tecido linfático, tecido conjuntivo);
- Sistema esquelético (ossos e cartilagem);
- Sistema excretor e reprodutor (órgãos genitais, rins, uretra, bexiga e gônadas).

Endoderma

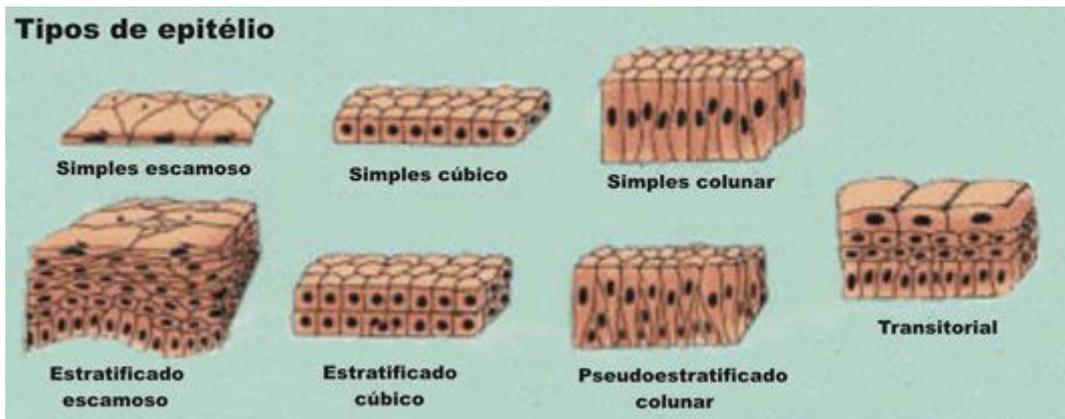
- Epitélio de revestimento e glândulas do trato digestivo, com exceção da cavidade oral e anal;
- Sistema respiratório (pulmão);
- Fígado e pâncreas.

• Tipos de Tecidos

- Nos animais vertebrados há **quatro grandes grupos de tecidos**: o **muscular**, o **nervoso**, o **conjuntivo** (abrangendo também os tecidos ósseo, cartilaginoso e sanguíneo) e o **epitelial**, constituindo subtipos específicos que irão formar os órgãos e sistemas corporais.

Por exemplo: O sangue é considerado um tecido conjuntivo, com diversificadas células (as hemácias, os leucócitos e as plaquetas) e o plasma (água, sais minerais e diversas proteínas).

- Nos invertebrados estes tipos de tecido são basicamente os mesmos, porém com organizações mais simples. A maioria dos tecidos além de serem compostos de células, apresentam entre elas substâncias intracelulares (intersticiais).



Os epitélios podem ser classificados quanto ao número de células:

- Quando os epitélios são formados por uma só camada de células, são chamados de **epitélios simples ou uniestratificados** (do latim *uni*, um, e *stratum*, camada).
- Já os epitélios formados por mais de uma camada de células são chamados **estratificados**.
- Existem ainda epitélios que, apesar de formados por uma única camada celular, têm células de diferentes alturas, o que dá a impressão de serem estratificados. Por isso, eles costumam ser denominados **pseudo-estratificados**.

Quanto à forma das células, os epitélios podem ser classificados em:

- **Pavimentosos**, quando as células são achatadas como ladrilhos;
- **Cúbicos**, quando as células tem forma de cubo, ou
- **Prismáticos**, quando as células são alongadas, em forma de coluna.

No epitélio que reveste a bexiga, a forma das células é originalmente cúbica, mas elas se tornam achatadas quando submetidas ao estiramento causado pela dilatação do órgão. Por isso, esse tipo de epitélio é denominado, por alguns autores, epitélio de transição.

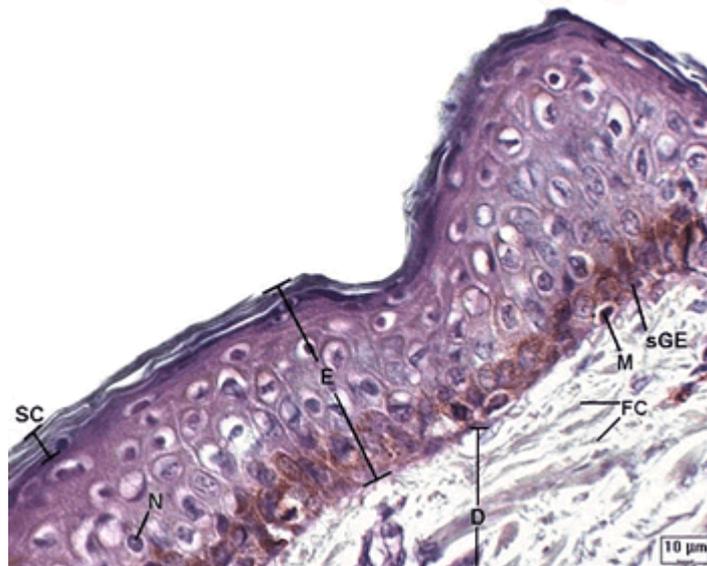
Os tecidos epiteliais, também chamados epitélios, são classificados em dois tipos principais: [epitélios de revestimento](#) e [epitélios glandulares](#).

Epitélios de revestimento

Funciona como uma membrana que isola o organismo, ou parte dele, do meio externo. Está relacionado ao revestimento e proteção de superfícies externas (por exemplo, na pele) e internas (por exemplo, no estômago). Atua, também, na absorção de substâncias, na secreção de diversos produtos, na remoção de impurezas e pode conter vários tipos de receptores sensoriais (notadamente na pele).

Pele: Órgão de contato

Nos vertebrados, a pele é importante órgão de contato com o meio. A conquista do ambiente terrestre pelos vertebrados tornou-se possível, entre outras coisas, a partir do isolamento e proteção do corpo e de mecanismos de relação do ser vivo com o meio. O tato, a visão, a olfação, a gustação e a audição são úteis no relacionamento do animal com o ambiente. A pele, órgão responsável pelas sensações táteis, apresenta diferentes tipos de "sensores", que registram e informam ao ser vivo variações de temperatura (calor ou frio) e pressão (toques, choques, pancadas). A pele é, ainda, importante órgão de defesa contra diversos tipos de agentes infecciosos.



Tecido Epitelial de Revestimento Pluriestratificado Pavimentoso Queratinizado. Microscopia óptica. (E) Epiderme, (D) Derme, (SC) Células queratinizadas e cera.

Considerando o corpo inteiro, a pele de uma pessoa chega a pesar 5 Kg e tem uma área total de 18 m². É, portanto o maior órgão do nosso corpo.

A histologia da pele

Nos mamíferos, a pele é órgão composto por duas camadas: **epiderme e derme**.

A **epiderme** é um **tecido epitelial pluriestratificado**. É formada por estratos (ou camadas), dos quais destacam-se o estrato basal (também chamado de estrato germinativo), que fica apoiado na derme e é formado por células de aspecto cúbico. Nessa camada é intensa a atividade de divisão celular mitótica, que repõe constantemente as células perdidas no desgaste diário a que a superfície desse tecido está sujeito. À medida que novas células são formadas, elas vão sendo "empurradas" para formar as demais células, até ficarem expostas na superfície da pele.

A **derme** é uma camada formada por tecido conjuntivo do tipo denso, cujas fibras ficam orientadas em diversas direções. Vários tipos de células são encontrados, destacando-se os fibroblastos e os macrófagos. Nervos, terminações nervosas, diferentes tipos de corpúsculos sensoriais e uma ampla rede de capilares sanguíneos cruzam a derme em várias direções. Ela é um importante tecido de manutenção e de apoio. Os nutrientes existentes no sangue difundem-se para as células epidérmicas.

Nos mamíferos, a derme é atravessada por finas faixas de células musculares, os músculos eretores dos pêlos, cuja contração é involuntária e permite aumentar a camada de ar retirada entre os pêlos, que contribui para o isolamento térmico. Mecanismo semelhante ocorre nas aves, com as penas.

Abaixo da derme, há uma camada de tecido conjuntivo frouxo, o tecido celular subcutâneo (também conhecido como tela subcutânea e hipoderme), que não faz parte da pele, mas estabelece a sua ligação com as estruturas adjacentes, permitindo o seu deslizamento. Em determinadas regiões do corpo, a hipoderme contém um número variável de camadas de células adiposas, formando o panículo adiposo (o popular "toucinho de porco"), importante como reserva de energia, isolante térmico e facilitador da flutuação na água.

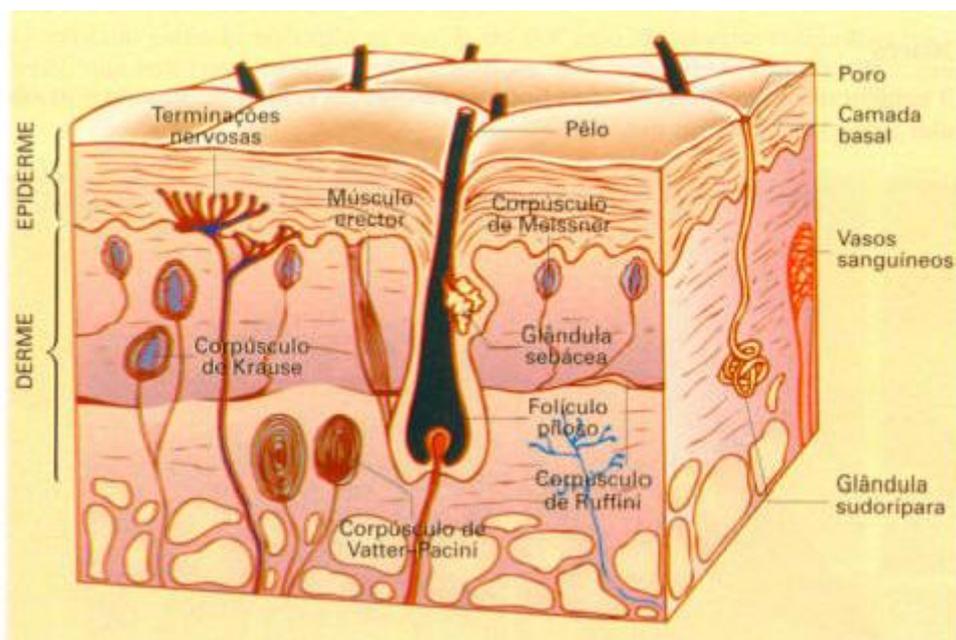
Sensores da pele

Diversos tipos de estruturas sensoriais conferem à pele a função de relacionamento com o meio ambiente. Distribuído por toda a pele, são basicamente **dendritos de neurônios sensoriais** (terminações nervosas livres), sendo que alguns são envoltos por uma cápsula de células conjuntivas ou epiteliais e, por isso, esses receptores são capsulados.



Anexos da Pele

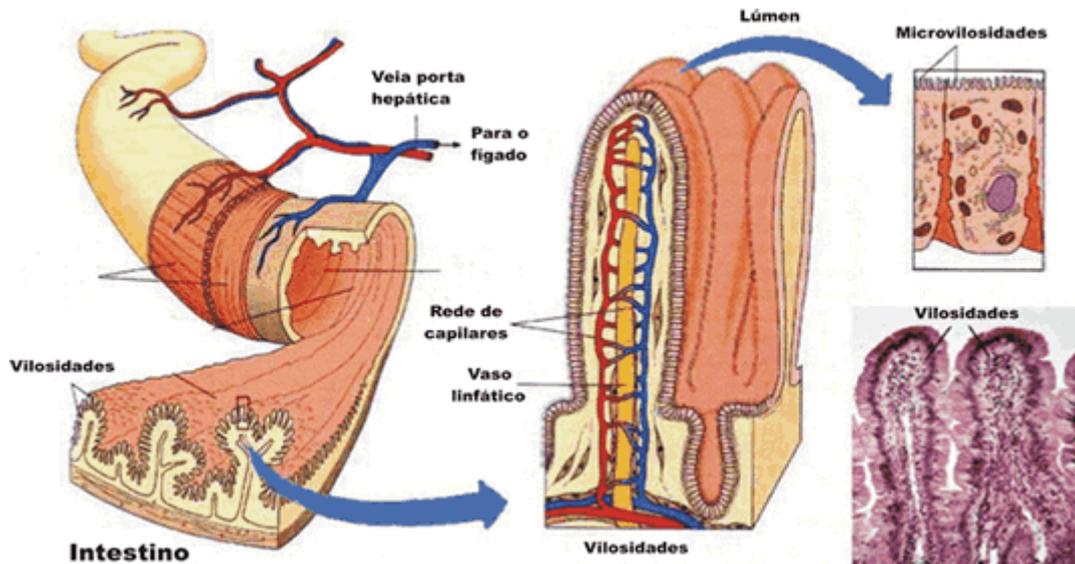
Três estruturas da pele, derivadas da epiderme, são extremamente importantes na adaptação dos mamíferos ao meio terrestre: pêlos, que auxiliam no isolamento térmico; glândulas sudoríparas, que desempenham o papel importante na regulação da temperatura corpórea; e glândulas sebáceas, que lubrificam a pele e estruturas anexas.



A pele é um tipo de tecido epitelial chamado epitélio de revestimento. Os tecidos epiteliais de revestimento são também encontrados revestindo as cavidades corporais internas dos animais.

Epitélio de revestimento intestinal

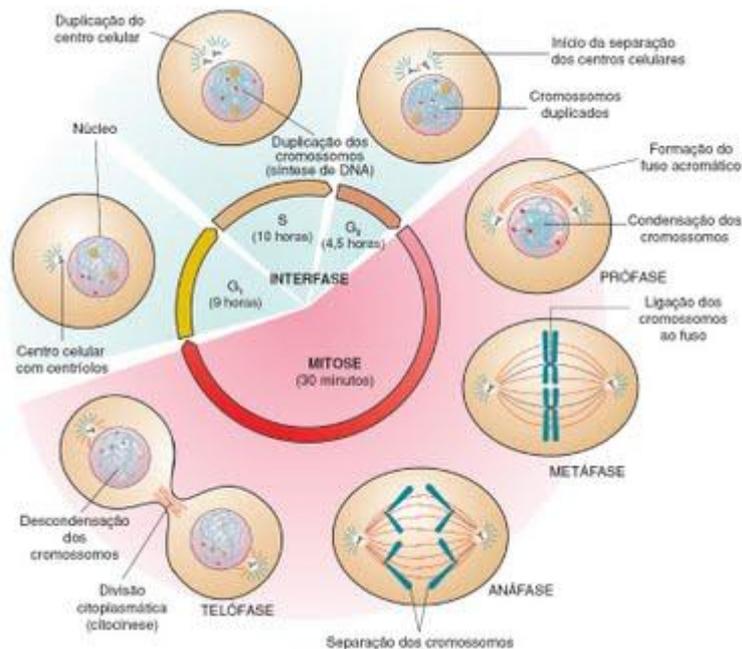
O tecido que reveste internamente o intestino delgado é um bom exemplo de epitélio especializado em absorver nutrientes e permitir que eles passem da cavidade intestinal para o sangue. A alta capacidade de absorção do epitélio intestinal se deve ao fato de suas células possuírem, na membrana a borda livre (isto é, a borda voltada para a cavidade intestinal), muitas projeções finas e alongadas, que lembrem dedos de uma luva, chamadas microvilosidades.



Cálculos da área de membrana que constitui as microvilosidades mostram que elas aumentam quinhentas vezes a área superficial de cada célula, em comparação com a área de células que têm a borda lisa. O mesmo tipo de cálculo nos leva a concluir que o intestino delgado humano apresenta uma superfície de absorção de mais de 300 m², equivalente à área de uma quadra de esportes de 20 m de comprimento por 15 m de lado.

A renovação das células epiteliais

A **mitose** é um processo freqüente nas células epiteliais, as quais têm vida curta e precisam ser constantemente renovadas. A velocidade dessa renovação varia de epitélio para epitélio. As células que se renovam mais rapidamente são do epitélio intestinal: num prazo de 2 a 5 dias são substituídas por células novas. As que se renovam mais lentamente são as células do pâncreas que demoram 50 dias para serem substituídas.

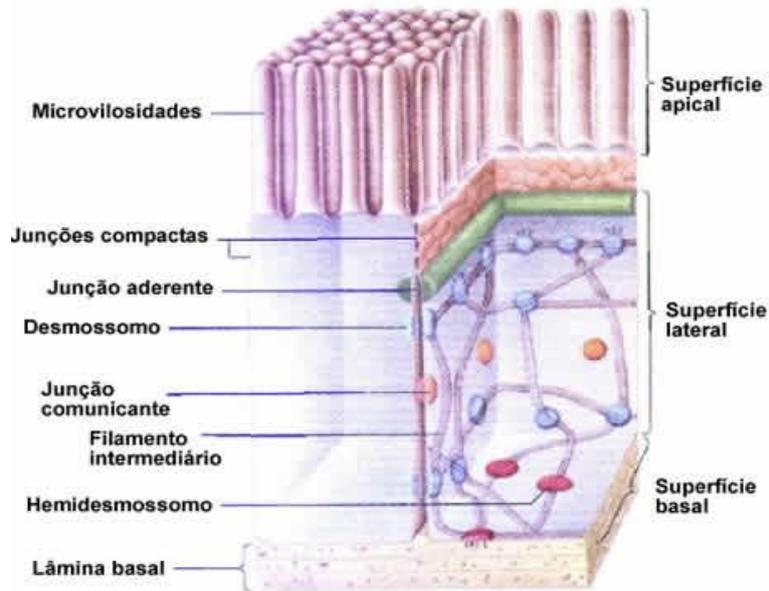


[Para saber mais sobre mitose, clique aqui!](#)

Na pele, a renovação da epiderme ocorre em média a cada 30 dias. No couro cabeludo, pode ocorrer uma disfunção em que a descamação de parte da epiderme acontece a cada 3 ou 4 dias, formando as caspas.

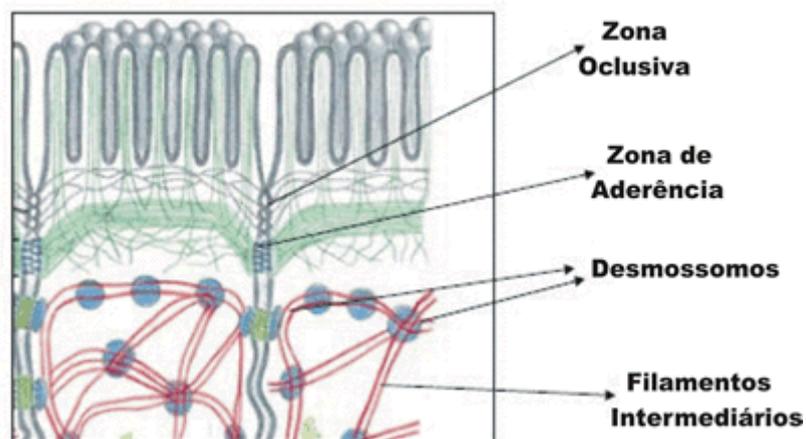
Especialização das células epiteliais

As células dos tecidos epiteliais mantêm-se aderidas umas às outras por meio de estruturas especializadas, genericamente chamadas junções celulares.

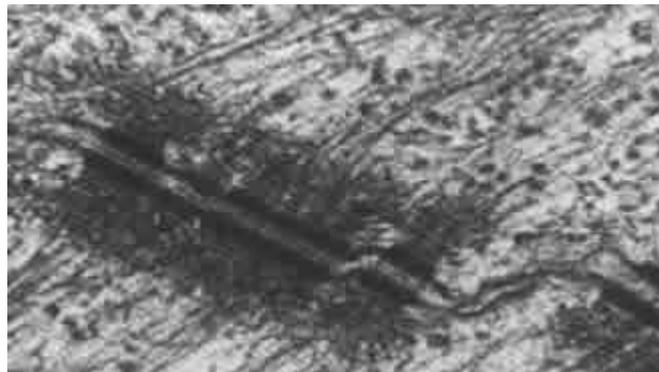
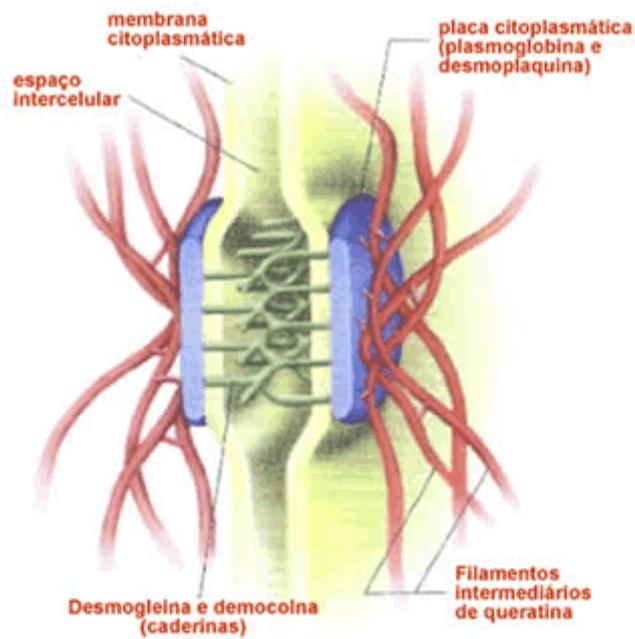


Desmossomos

Uma das mais importantes junções celulares é o desmossomo (do grego *desmos*, ligação, e *somatos*, corpo). Um desmossomo pode ser comparado a um botão de pressão constituído por duas metades que se encaixam, estando uma metade localizada na membrana de uma das células e a outra na célula vizinha.



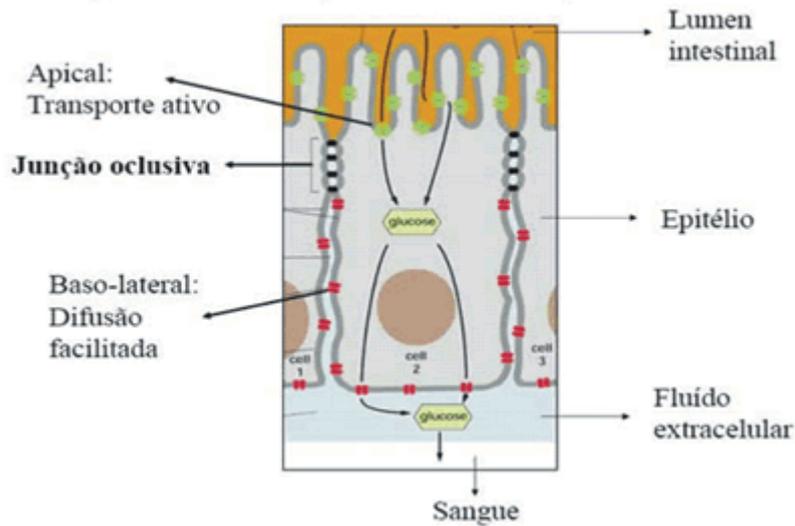
Em cada célula existe uma placa circular de proteína, situada bem junto à membrana. Das placas partem substâncias colantes, chamadas desmogleínas, que atravessam as membranas e grudam as células na região de contato. As placas também estão ligadas a um grande número de filamentos constituídos da proteína queratina.



Microscopia eletrônica da célula mostrando a placa circular

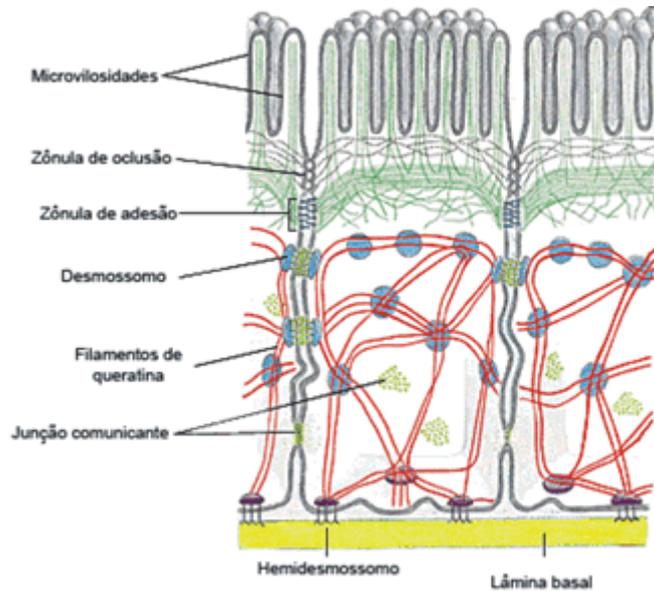
Zona de oclusão

Outro tipo de junção celular presente em muitos epitélios é a zona de oclusão, uma espécie de cinturão adesivo situado junto a borda livre das células epiteliais. A zona de oclusão mantém as células vizinhas tão encostadas que impede a passagem de moléculas entre elas. Assim, substâncias eventualmente presentes em uma cavidade revestida por tecido epitelial não podem penetrar no corpo, a não ser atravessando diretamente as células.



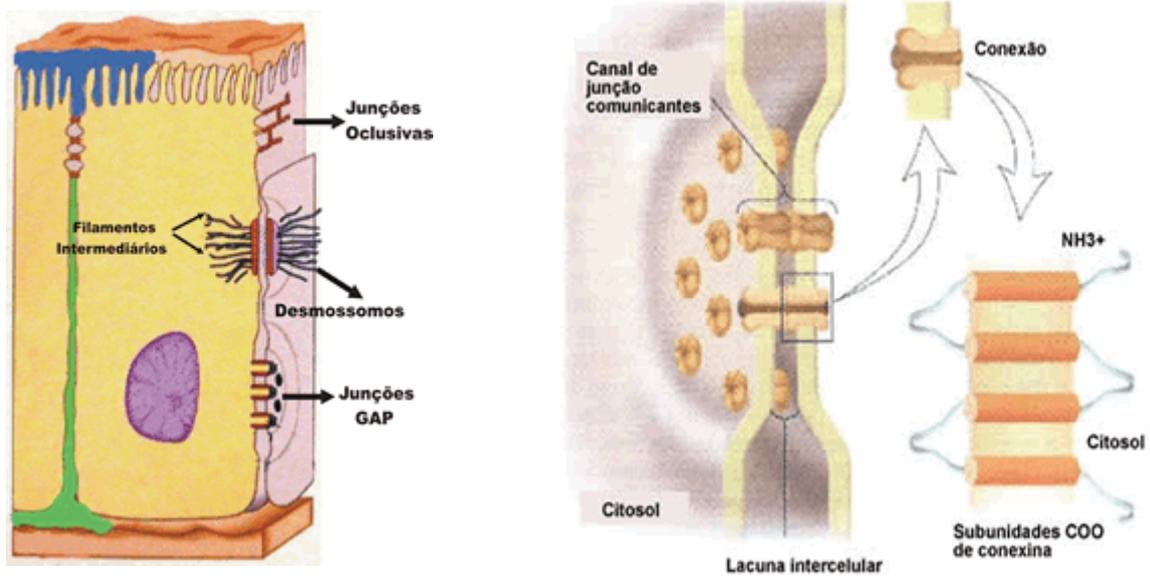
Lâmina basal e hemidesmosomos

Sob um tecido epitelial há sempre uma espécie de tapete de moléculas de proteínas ao qual as células se ligam: a lâmina basal. As bases das células epiteliais ficam aderidas a lâmina basal por meio de estruturas celulares especiais, denominadas hemidesmosomos. Estes lembram desmosomos, mas possuem estrutura e função diferentes, conectando as bases das células epiteliais à lamina basal, em vez de ligarem as membranas de células vizinhas, como fazem os desmosomos.



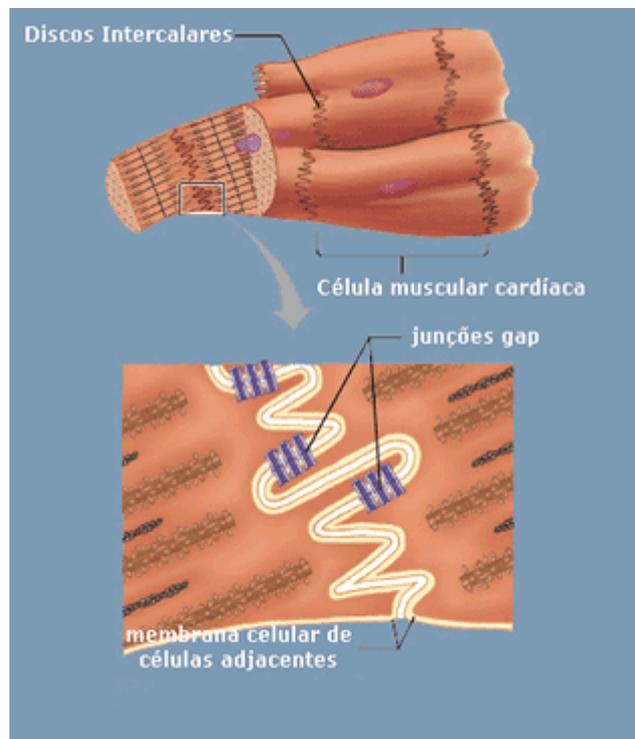
Junções gap ou comunicantes

Conhecidas também por nexos, junção em hiato ou gap junction, são partículas cilíndricas que fazem com que as células entrem em contato umas com as outras, para que funcionem de modo coordenado e harmônico. Esses canais permitem o movimento de moléculas e íons, diretamente do citosol de uma célula para outra.



Interdigitações: aumento da superfície de contato

É comum observar-se a ocorrência de pregueamento entre as membranas plasmáticas de duas células adjacentes. Esses pregueamentos, conhecidos como interdigitações (à maneira dos dedos das mão colocadas uns entre os outros), ampliam a superfície de contato entre as células e facilitam a passagem de substâncias de uma para a outra.



A transformação dos epitélios

Assim como outros tecidos, os epitélios podem sofrer metaplasia, que é a substituição patológica de um tipo de tecido por outro. No caso de fumantes crônicos, por exemplo, o epitélio pseudo-

estratificado ciliado da traquéia e dos brônquios pode se transformar em pavimentoso pela ação irritante nos elementos presentes na composição do cigarro. Essa transformação altera a função desses órgãos, trazendo prejuízos à saúde.

Tecido epitelial glandular

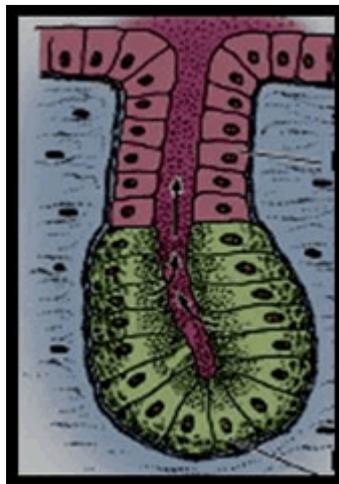
As células do tecido epitelial glandular produzem substâncias chamadas **secreções**, que podem ser utilizadas e outras partes do corpo ou eliminadas do organismo. Essas secreções podem ser:

- **mucosas**, quando espessas e ricas em muco, Ex. glândulas salivares
- **serosas**, quando fluidas, aquosas, claras e ricas em proteínas. Ex. glândulas secretoras do pâncreas
- Podem também ser **mistas**, quando ocorrem secreções mucosas e serosas juntas. Ex. Glândulas salivares parótidas.

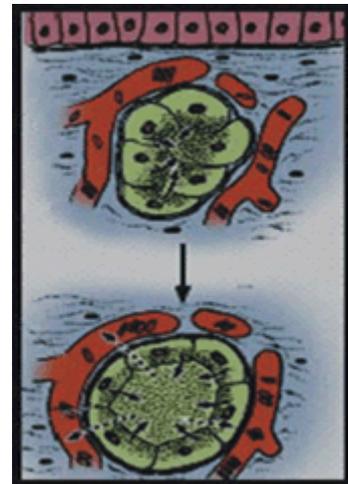
As glândulas podem ser **unicelulares**, como a glândula caliciforme (que ocorre por exemplo, no epitélio da traquéia), ou **multicelulares**, como a maioria das glândulas.



Em amarelo glândulas caliciformes do intestino.



Em verde a parte secretora de glândulas multicelulares exócrina e endócrina, respectivamente.



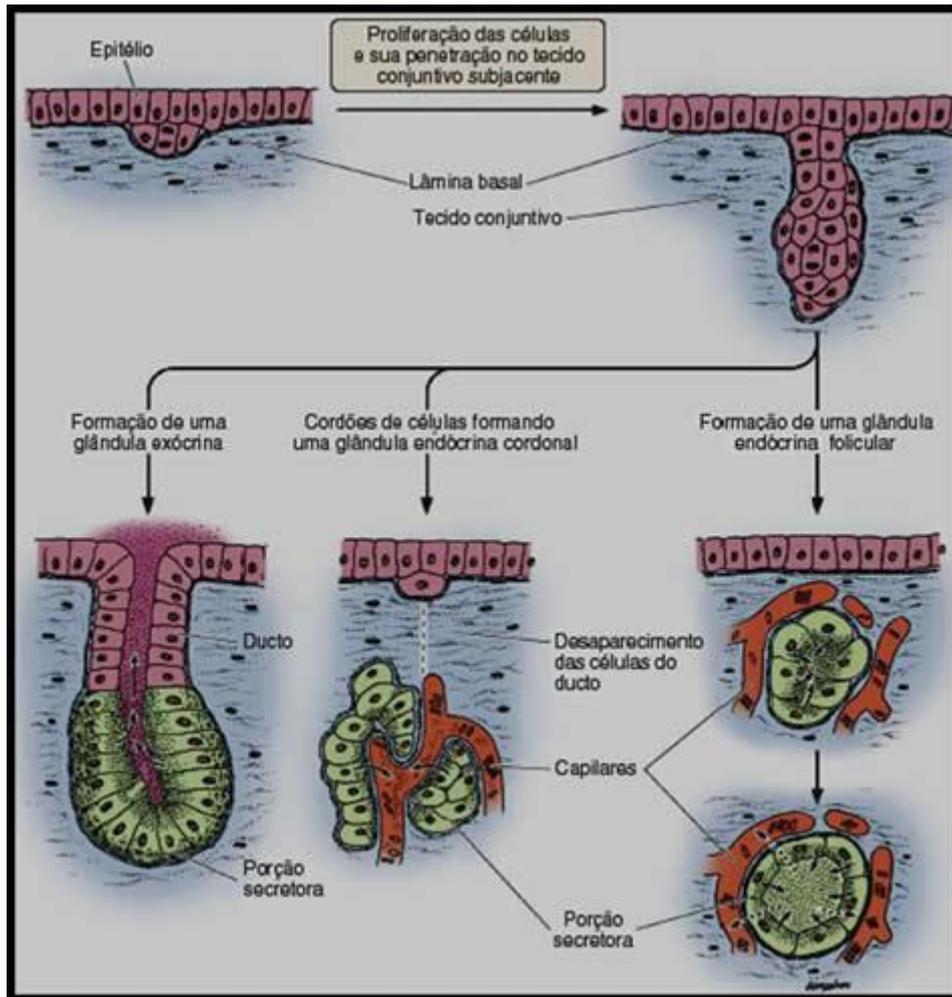
As **glândulas multicelulares** originam-se sempre dos epitélios de revestimento, por proliferação de suas células para o interior do tecido conjuntivo subjacente e posterior diferenciação.

Três tipos de glândulas multicelulares

Glândulas exócrinas: apresentam a porção secretora associada a dutos que lançam suas secreções para fora do corpo (como as glândulas sudoríparas, lacrimais, mamárias e sebáceas) ou para o interior de cavidades do corpo (como as glândulas salivares);

Glândulas endócrinas: não apresentam dutos associados à porção secretora. As secreções são denominadas hormônios e lançadas diretamente nos vasos sanguíneos e linfáticos. Exemplos, hipófise, glândulas da tireóide, glândulas paratireóideas e glândulas adrenais;

Glândulas mistas: apresentam regiões endócrinas e exócrinas ao mesmo tempo. É o caso do pâncreas, cuja porção exócrina secreta enzimas digestivas que são lançadas no duodeno, enquanto a porção endócrina é responsável pela secreção dos hormônios insulina e glucagon. Esses hormônios atuam, respectivamente, na redução e no aumento dos níveis de glicose no sangue.



Tecido conjuntivo

Os tecidos conjuntivos tem origem mesodérmica. Caracterizam-se morfologicamente por apresentarem diversos tipos de células imersas em grande quantidade de material extracelular, substância amorfa ou matriz, que é sintetizado pelas próprias células do tecido.

A matriz é uma massa amorfa, de aspecto gelatinoso e transparente. É constituída principalmente por água e glicoproteínas e uma parte fibrosa, de natureza protéica, as fibras do conjuntivo.

As células conjuntivas são de diversos tipos. As principais são:

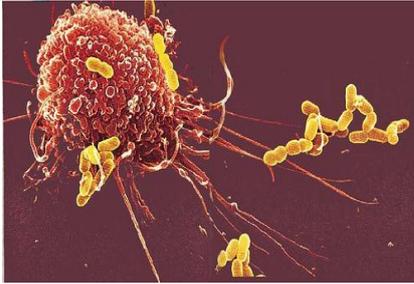
Célula



Função

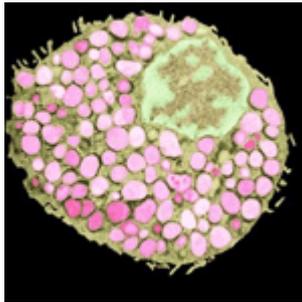
Fibroblasto

Célula metabolicamente ativa, contendo longos e finos prolongamentos citoplasmáticos. Sintetiza o colágeno e as substâncias da matriz (substância intercelular).



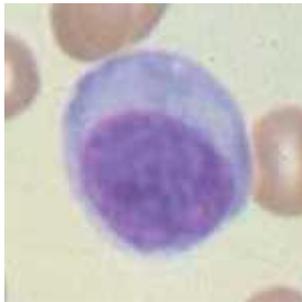
Macrófago

Célula ovóide, podendo conter longos prolongamentos citoplasmáticos e inúmeros lisossomos. Responsável pela fagocitose e pinocitose de partículas estranhas ou não ao organismo. Remove restos celulares e promove o primeiro combate aos microrganismos invasores do nosso organismo. Ativo no processo de involução fisiológica de alguns órgãos ou estrutura. É o caso do útero que, após o parto, sofre uma redução de volume.



Mastócito

Célula globosa, grande, sem prolongamentos e repleta de grânulos que dificultam, pela sua quantidade, a visualização do núcleo. Os grânulos são constituídos de heparina (substância anticoagulante) e histamina (substância envolvida nos processos de alergia). Esta última substância é liberada em ocasiões de penetração de certos antígenos no organismo e seu contato com os mastócitos, desencadeando a conseqüente reação alérgica.



Plasmócito

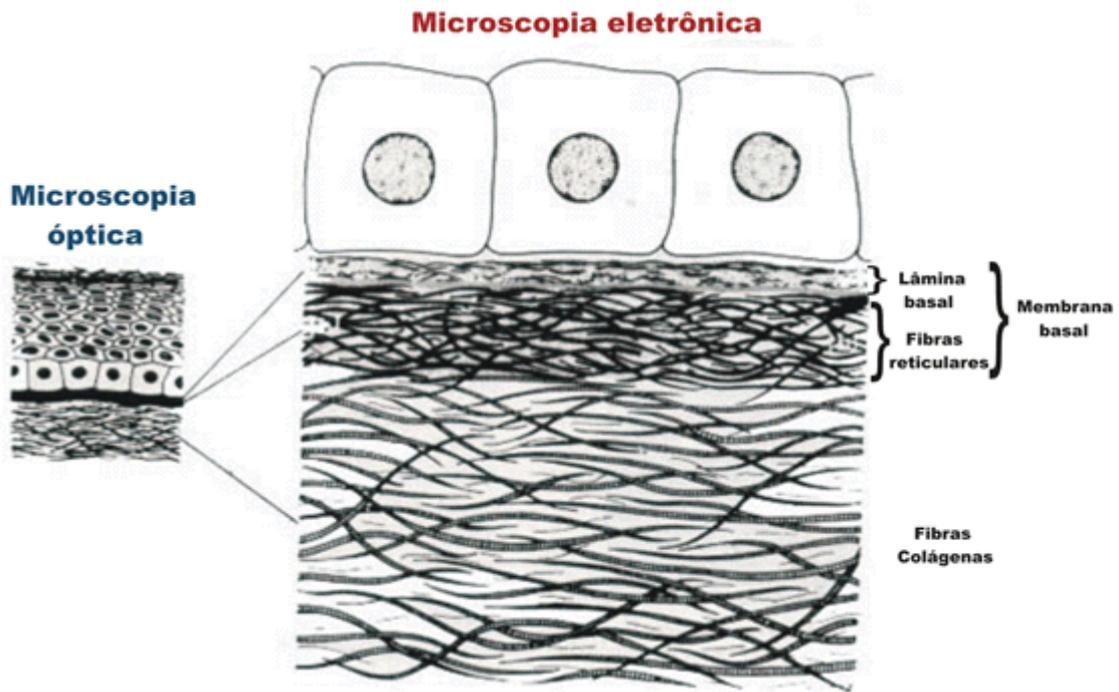
Célula ovóide, rica em retículo endoplasmático rugoso (ou granular). Pouco numeroso no conjunto normal, mas abundante em locais sujeitos à penetração de bactérias, como intestino, pele e locais em que existem infecções crônicas. Produtor de todos os anticorpos no combate a microrganismos. É originado no tecido conjuntivo a partir da diferenciação de células conhecidas como linfócitos B.

Os diferentes tipos de tecido conjuntivo estão amplamente distribuídos pelo corpo, podendo desempenhar funções de preenchimento de espaços entre órgãos, função de sustentação, função de defesa e função de nutrição.

A classificação desses tecidos baseia-se na composição de suas células e na proporção relativa entre os elementos da matriz extracelular. Os principais tipos de tecidos conjuntivos são: **frouxo, denso, adiposo, reticular ou hematopoiético, cartilaginoso e ósseo.**

Tecido conjuntivo frouxo

O tecido conjuntivo frouxo preenche espaços não-ocupados por outros tecidos, apóia e nutre células epiteliais, envolve nervos, músculos e vasos sanguíneos linfáticos. Além disso, faz parte da estrutura de muitos órgãos e desempenha importante papel em processos de cicatrização.

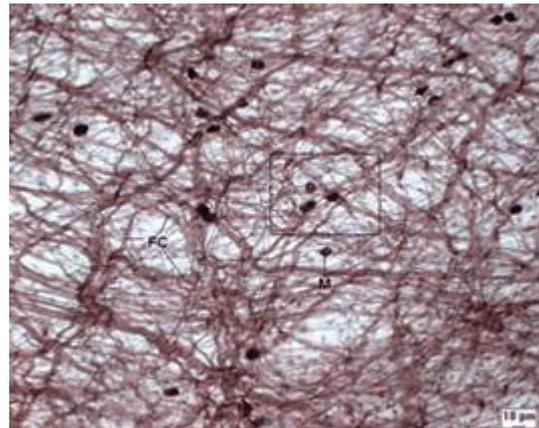


É o tecido de maior distribuição no corpo humano. Sua substância fundamental é viscosa e muito hidratada. Essa viscosidade representa, de certa forma, uma barreira contra a penetração de elementos estranhos no tecido. É constituído por três componentes principais: **células de vários tipos, três tipos de fibras e matriz.**

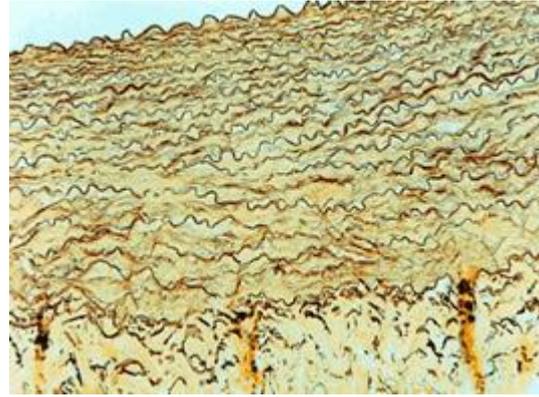
Tipos de fibras

As fibras presentes no tecido conjuntivo frouxo são de três tipos: **colágenas, elásticas e reticulares.**

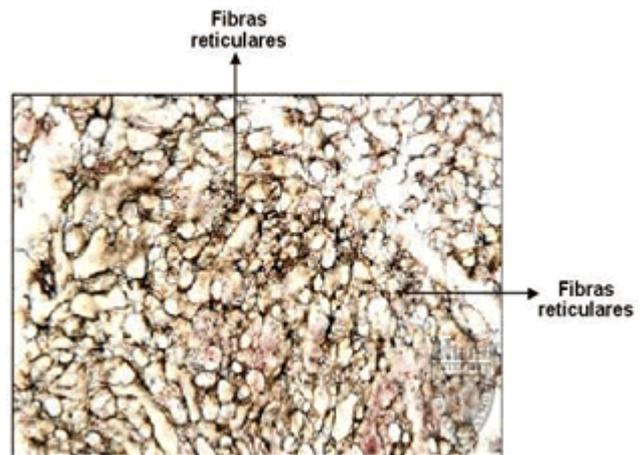
As **fibras colágenas** são constituídas de colágeno, talvez a proteína mais abundante no reino animal. São grossas e resistentes, distendendo-se pouco quando tensionadas. As fibras colágenas presentes na derme conferem resistência a nossa pele, evitando que ela se rasgue, quando esticada.



As **fibras elásticas** são longos fios de uma proteína chamada elastina. Elas conferem elasticidade ao tecido conjuntivo frouxo, completando a resistência das fibras colágenas. Quando você puxa e solta a pele da parte de cima da mão, são as fibras elásticas que rapidamente devolvem à pele sua forma original. A perda da elasticidade da pele, que ocorre com o envelhecimento, deve-se ao fato de as fibras colágenas irem, com a idade, se unindo umas às outras, tornando o tecido conjuntivo mais rígido.



As **fibras reticulares** são ramificadas e formam um trançado firme que liga o tecido conjuntivo aos tecidos vizinhos.

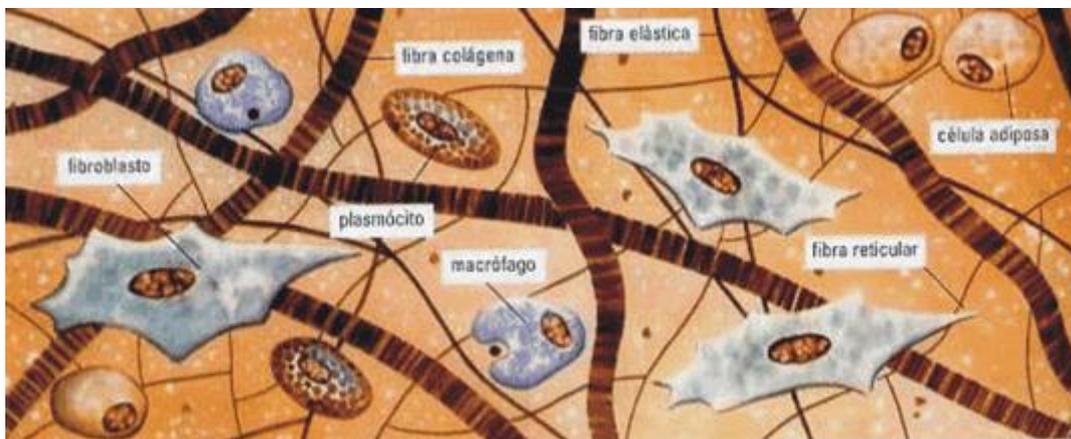


Tipos de células

O tecido conjuntivo frouxo contém dois principais de células: **fibroblastos** e **macrófagos**.

Os **fibroblastos** têm forma estrelada núcleo grande. São eles que fabricam e secretam as proteínas que constituem as fibras e a substância amorfa.

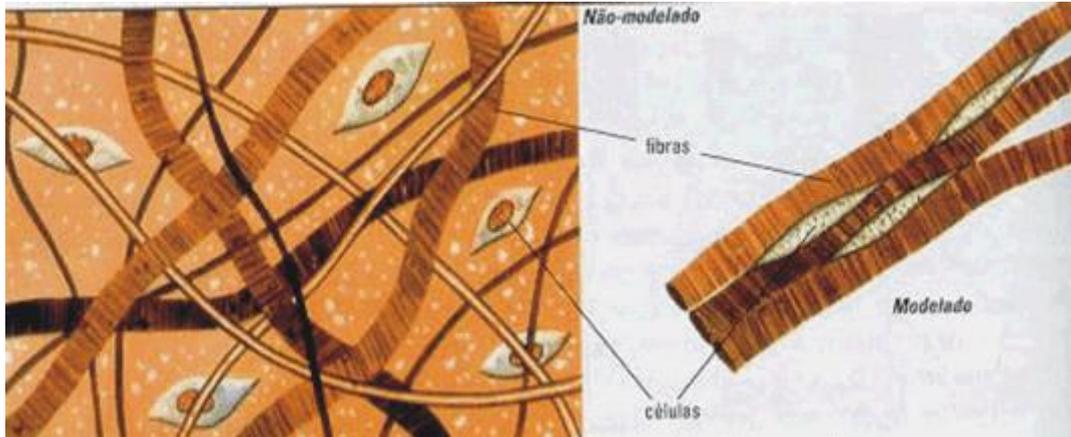
Os **macrófagos** são grandes e amebóides, deslocando-se continuamente entre as fibras à procura de bactérias e restos de células. Sua função é limpar o tecido, fagocitando agentes infecciosos que penetram no corpo e, também, restos de células mortas. Os macrófagos, além disso identificam substâncias potencialmente perigosas ao organismo, alertando o sistema de defesa do corpo.



Outros tipos celulares presentes no tecido conjuntivo frouxo são as **células mesenquimatosas** e os **plasmócitos**. As células mesenquimatosas são dotadas de alta capacidade de multiplicação e permitem a regeneração do tecido conjuntivo, pois dão origem a qualquer tipo de célula nele presente. Os plasmócitos são células especializadas em produzir os anticorpos que combatem substâncias estranhas que penetram no tecido.

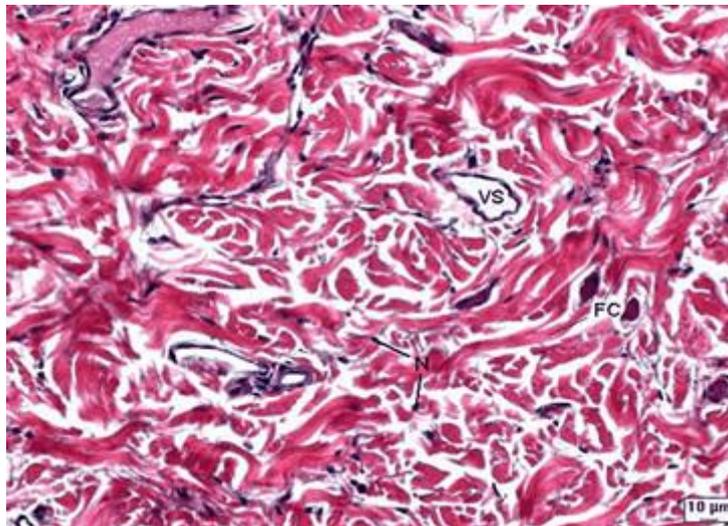
Tecido conjuntivo denso

No tecido conjuntivo denso há predomínio de fibroblastos e fibras colágenas.

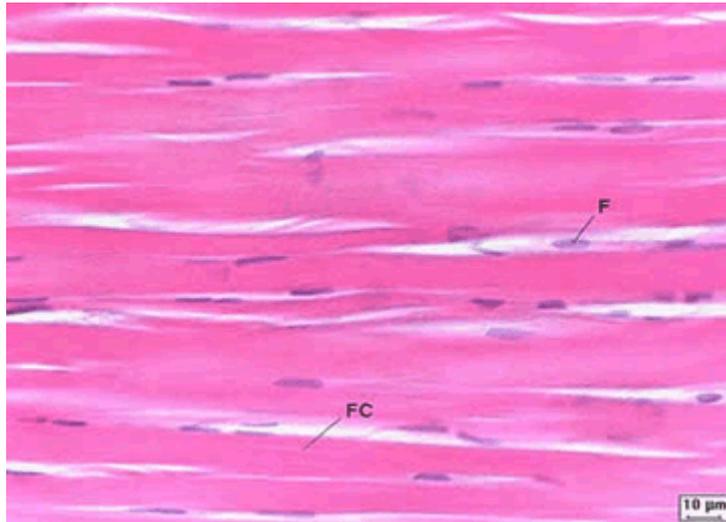


Dependendo do modo de organização dessas fibras, esse tecido pode ser classificado em:

- **não modelado:** formado por fibras colágenas entrelaçadas, dispostas em feixes que não apresentam orientação fixa, o que confere resistência e elasticidade. Esse tecido forma as cápsulas envoltórias de diversos órgãos internos, e forma também um a derme, tecido conjuntivo da pele;

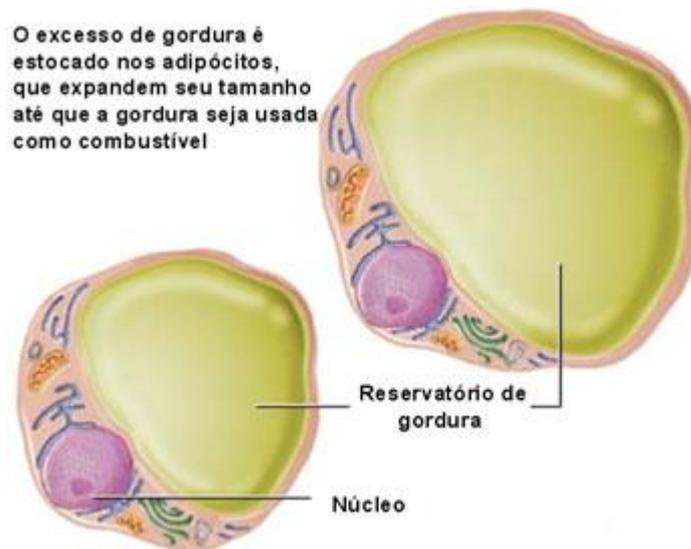


- **modelado:** formado por fibras colágenas dispostas em feixes com orientação fixa, dando ao tecido características de maior resistência à tensão do que a dos tecidos não-modelados e frouxo; ocorre nos tendões, que ligam os músculos aos ossos, e nos ligamentos, que ligam os ossos entre si.

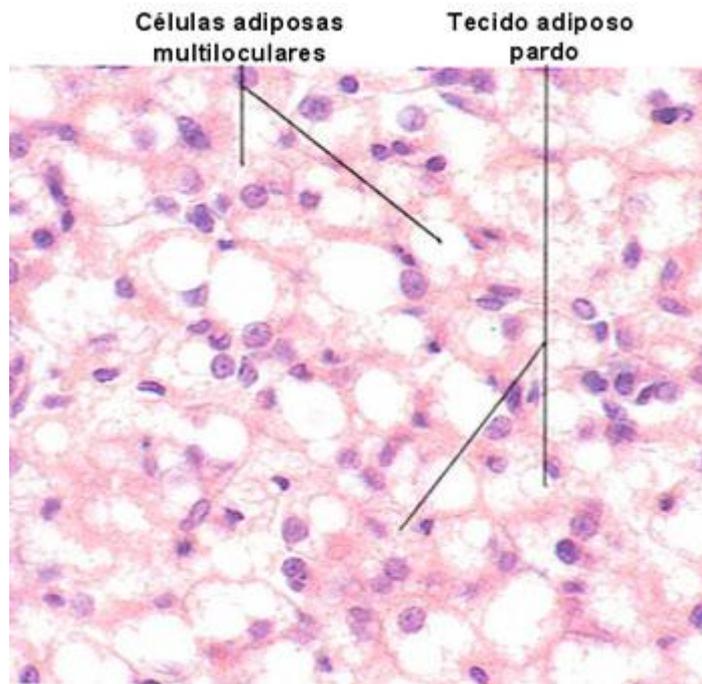


Tecido conjuntivo adiposo

Nesse tecido a substância intracelular é reduzida, e as células, ricas em lipídios, são denominadas células adiposas. Ocorre principalmente sob a pele, exercendo funções de reserva de energia, proteção contra choques mecânicos e isolamento térmico. Ocorre também ao redor de alguns órgãos como os rins e o coração.



As células adiposas possuem um grande vacúolo central de gordura, que aumenta ou diminui, dependendo do metabolismo: se uma pessoa come pouco ou gasta muita energia, a gordura das células adiposas diminui; caso contrário, ela se acumula. O tecido adiposo atua como reserva de energia para momentos de necessidade.



Tecido conjuntivo cartilaginoso

O tecido cartilaginoso, ou simplesmente **cartilagem**, apresentam consistência firme, mas não é rígido como o tecido ósseo. Tem função de sustentação, reveste superfícies articulares facilitando os movimentos e é fundamental para o crescimento dos ossos longos.

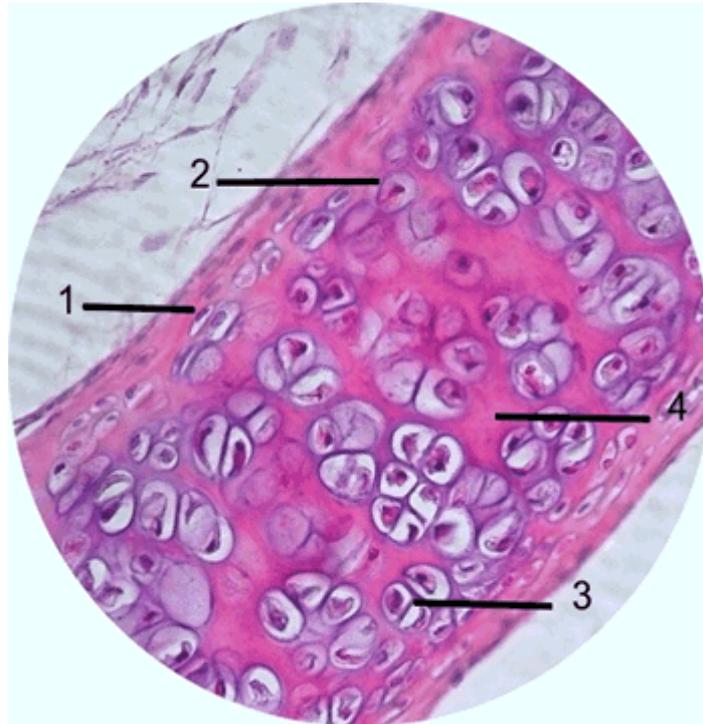
Nas cartilagens não há nervos nem vasos sanguíneos. A nutrição das células desse tecido é realizada por meio dos vasos sanguíneos do tecido conjuntivo adjacente.

A cartilagem é encontrada no **nariz, nos anéis da traquéia e dos brônquios, na orelha externa (pavilhão auditivo), na epiglote e em algumas partes da laringe**. Além disso, existem discos cartilagosos entre as vértebras, que amortecem o impacto dos movimentos sobre a coluna vertebral. No feto, o tecido cartilaginoso é muito abundante, pois o esqueleto é inicialmente formado por esse tecido, que depois é em grande parte substituído pelo tecido ósseo.

O tecido cartilaginoso forma o esqueleto de alguns animais vertebrados, como os cações, tubarões e raias, que são, por isso, chamados de peixes cartilagosos.

Há dois tipos de células nas cartilagens: os **condroblastos** (do grego *chondros*, cartilagem, e *blastos*, "célula jovem"), que produzem as fibras colágenas e a matriz, com consistência de borracha. Após a formação da cartilagem, a atividade dos condroblastos diminui e eles sofrem uma pequena retração de volume, quando passam a ser chamados de **condrócitos** (do grego *chondros*, cartilagem, e *kytos*, célula). Cada condrócito fica encerrado no interior de uma lacuna ligeiramente maior do que ele, moldada durante a deposição da matriz intercelular.

As fibras presentes nesse tecido são as colágenas e as reticulares.

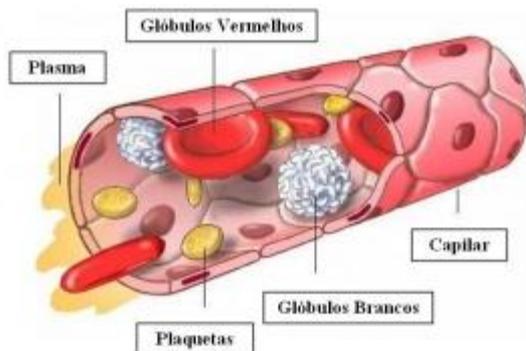


Legenda:

1. Condroblasto
2. Condrócito
3. Grupo Isógeno
4. Matriz Cartilaginosa

5. Tecido conjuntivo sanguíneo

6.



O sangue (originado pelo tecido hemocitopoiético) é um tecido altamente especializado, formado por alguns tipos de células, que compõem a parte figurada, dispersas num meio líquido – o plasma –, que corresponde à parte amorfa. Os constituintes celulares são: **glóbulos vermelhos (também denominados hemácias ou eritrócitos); glóbulos brancos (também chamados de leucócitos).**

O plasma é composto principalmente de água com diversas substâncias dissolvidas, que são transportadas através dos vasos do corpo.

7.

8. Todas as células do sangue são originadas na medula óssea vermelha a partir das células indiferenciadas pluripotentes (células-tronco). Como consequência do processo de diferenciação celular, as células-filhas indiferenciadas assumem formas e funções especializadas.

9.

10. Plaquetas

11. Plaquetas são restos celulares originados da fragmentação de células gigantes da medula óssea, conhecidas como megacariócitos. Possuem substâncias ativas no processo de

coagulação sanguínea, sendo, por isso, também conhecidas como trombócitos (do grego, thrombos = coágulo), que impedem a ocorrência de hemorragias.

12.

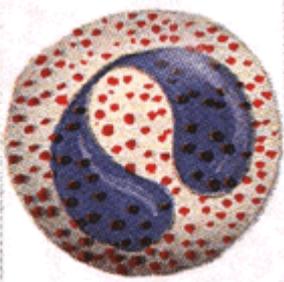
13. Glóbulos vermelhos

14. Glóbulos vermelhos, hemácias ou eritrócitos (do grego, *eruthrós* = vermelho, e *kútos* = célula) são anucleados, possuem aspecto de disco bicôncavo e diâmetro de cerca de 7,2 m m. São ricos em hemoglobina, a proteína responsável pelo transporte de oxigênio, a importante função desempenhada pelas hemácias.

15.

16. Glóbulos brancos

17. Glóbulos brancos, também chamados de leucócitos (do grego, leukós = branco), são células sanguíneas envolvidas com a defesa do organismo.
18. Essa atividade pode ser exercida por fagocitose ou por meio da produção de proteínas de defesa, os anticorpos.
19. Costuma-se classificar os glóbulos brancos de acordo com a presença ou ausência, em seu citoplasma, de grânulos específicos, e agranulócitos, os que não contêm granulações específicas, comuns a qualquer célula.

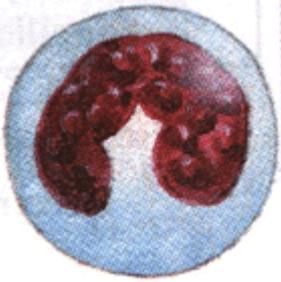
Glóbulos Brancos		Características	Função
GRANULÓCITOS		Célula com diâmetro entre 10 e 14 mm; núcleo pouco volumoso, contendo 2 a 5 lóbulos, ligados por pontes cromatínicas. Cerca de 55% a 65% dos glóbulos brancos.	Atuam ativamente na fagocitose de microorganismos invasores, a partir da emissão de pseudópodes. Constituem a primeira linha de defesa do sangue.
		Célula com diâmetro entre 10 e 14 mm, núcleo contendo dois lóbulos. Cerca de 2% a 3% do total de leucócitos.	Células fagocitárias. Atuação em doenças alérgicas. Abundantes na defesa contra diversos parasitas.
AGRANULÓCITOS		Célula com diâmetro que varia entre 10 e 14 mm. Núcleo volumoso com forma de S. Cerca de 0,5 % do total dos glóbulos brancos.	Acredita-se que atuem em processos alérgicos, a exemplo dos mastócitos.



Célula com diâmetro que varia entre 8 a 10 mm. Dois tipos básicos: B e T. Núcleo esférico. Cerca de 25% a 35% do total de leucócitos.

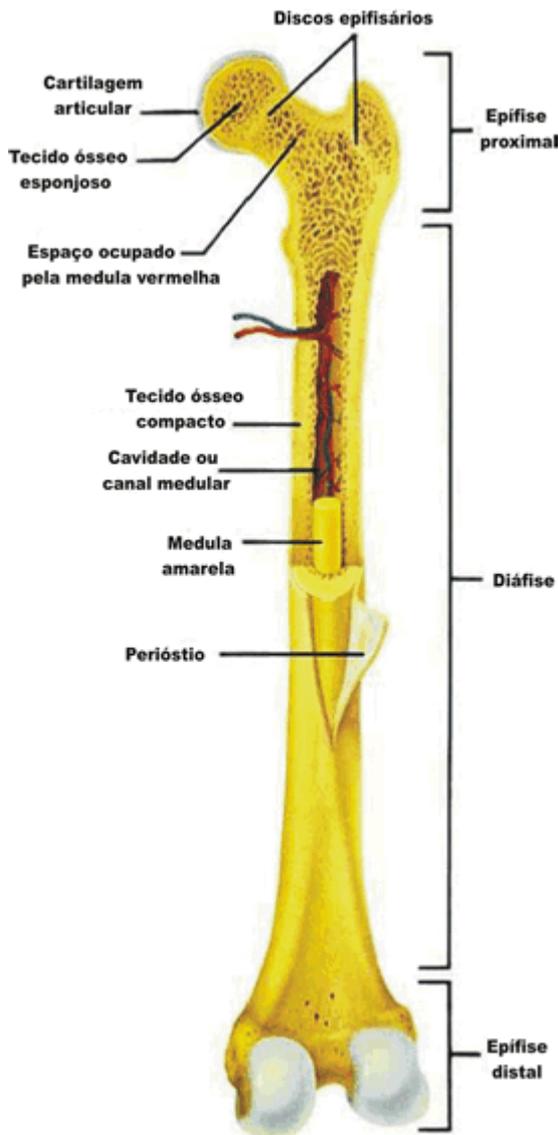
Responsáveis pela defesa imunitária do organismo. Linfócitos B diferenciam-se em plasmócitos, as células produtoras de anticorpos.

Linfócitos T amadurecem no timo, uma glândula localizada no tórax.



Célula com diâmetro entre 15 e 20 mm. Núcleo em forma de ferradura. Cerca de 10 % do total dos glóbulos brancos.

Acredita-se que atravessem as paredes dos capilares sanguíneos e, nos tecidos, diferenciam-se em macrófagos ou osteoclastos, células especializadas em fagocitose.



Tecido conjuntivo ósseo

O tecido ósseo tem a função de sustentação e ocorre nos ossos do esqueleto dos vertebrados. É um tecido rígido graças à presença de **matriz rica em sais de cálcio, fósforo e magnésio**. Além desses elementos, a **matriz é rica em fibras colágenas**, que fornecem certa flexibilidade ao osso.

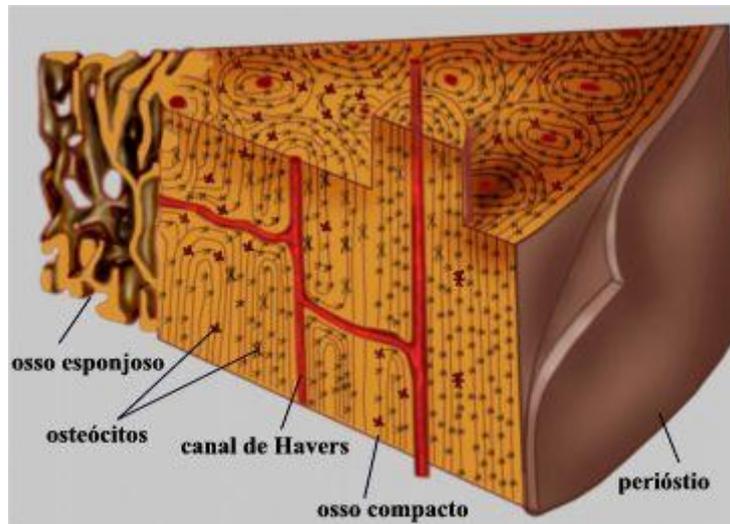
Os ossos são órgãos ricos em vasos sanguíneos. Além do tecido ósseo, apresentam outros tipos de tecido: reticular, adiposo, nervoso e cartilaginoso.

Por serem um **estrutura inervada e irrigada**, os ossos apresentam sensibilidade, alto metabolismo e capacidade de regeneração.

Quando um osso é serrado, percebe-se que ele é formado por duas partes: uma sem cavidades, chamada **osso compacto**, e outra com muitas cavidades que se comunicam, chamada **osso esponjoso**.

Essa classificação é de ordem macroscópica, pois quando essas partes são observadas no microscópio nota-se que ambas são formadas pela mesma estrutura histológica. A estrutura microscópica de um osso consiste de inúmeras unidades, chamadas **sistemas de Havers**. Cada sistema apresenta camadas concêntricas de matriz mineralizada, depositadas ao redor de um canal central onde existem vasos sanguíneos e nervos que servem o osso.

Os **canais de Havers** comunicam-se entre si, com a cavidade medular e com a superfície externa do osso por meio de canais transversais ou oblíquos, chamados canais perforantes (canais de Volkmann). O interior dos ossos é preenchido pela medula óssea, que pode ser de dois tipos: amarela, constituída por tecido adiposo, e vermelha, formadora de células do sangue.

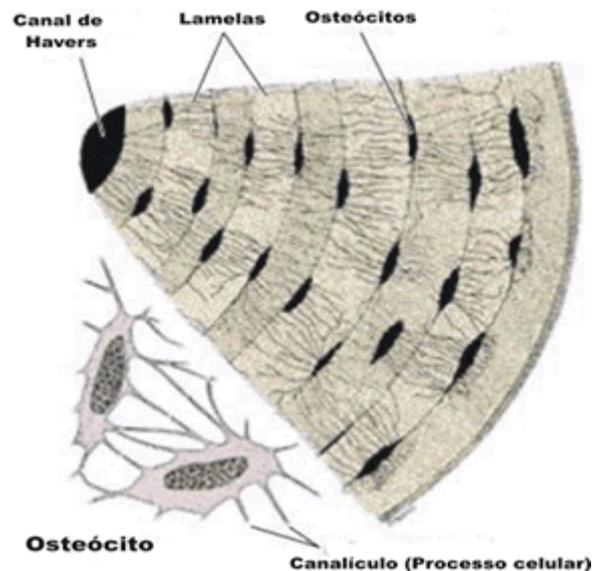


Tipos de células do osso

As células ósseas ficam localizadas em pequenas cavidades existentes nas camadas concêntricas de matriz mineralizada.

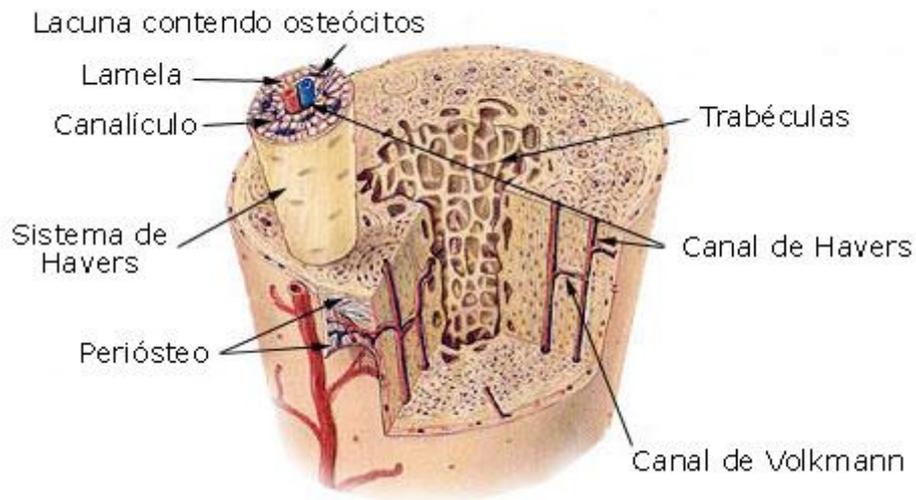
Quando jovens, elas são chamadas **osteoblastos** (do grego *osteon*, osso, e *blastos*, "célula jovem") e apresentam longas projeções citoplasmáticas, que tocam os osteoblastos vizinhos. Ao secretarem a matriz intercelular ao seu redor, os osteoblastos ficam presos dentro de pequenas câmaras, das quais partem canais que contêm as projeções citoplasmáticas.

Quando a célula óssea se torna madura, transforma-se em **osteócito** (do grego *osteon*, osso, e *kyton*, célula), e seus prolongamentos citoplasmáticos se retraem, de forma que ela passa a ocupar apenas a lacuna central. Os canaliculos onde ficavam os prolongamentos servem de comunicação entre uma lacuna e outra, e é através deles que as substâncias nutritivas e o gás oxigênio provenientes do sangue até as células ósseas.



Além dos osteoblastos e dos osteócitos, existem outras células importantes no tecido ósseo: os osteoclastos (do grego *klastos*, quebrar, destruir). Essas células são especialmente ativas na destruição de áreas lesadas ou envelhecidas do osso, abrindo caminho para a regeneração do tecido pelos osteoblastos. Os cientistas acreditam que os ossos estejam em contínua remodelação, pela atividade conjunta de destruição e reconstrução empreendidas, respectivamente, pelos osteoclastos e osteoblastos. Você encontrará mais informações sobre os osteoclastos no texto sobre remodelação óssea.

Osso compacto e esponjoso

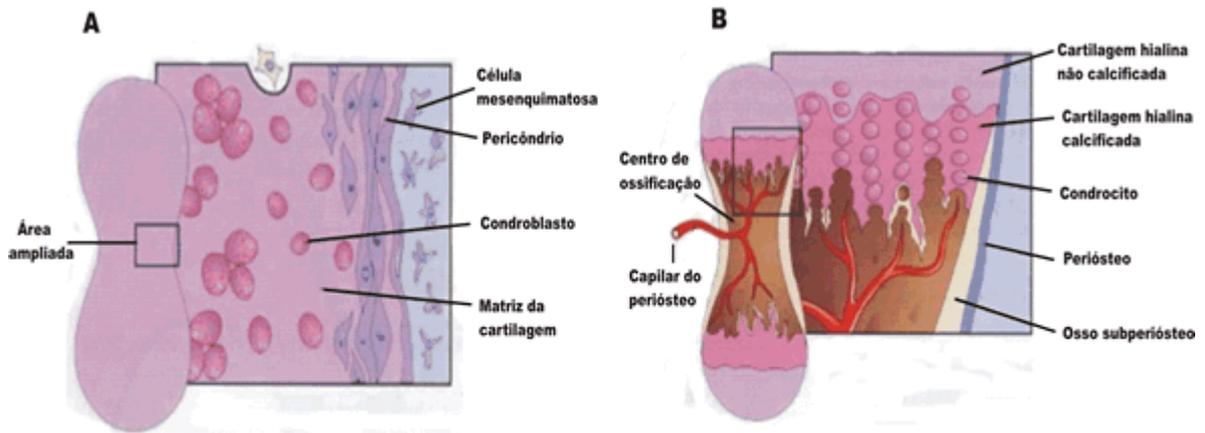


A formação do tecido ósseo

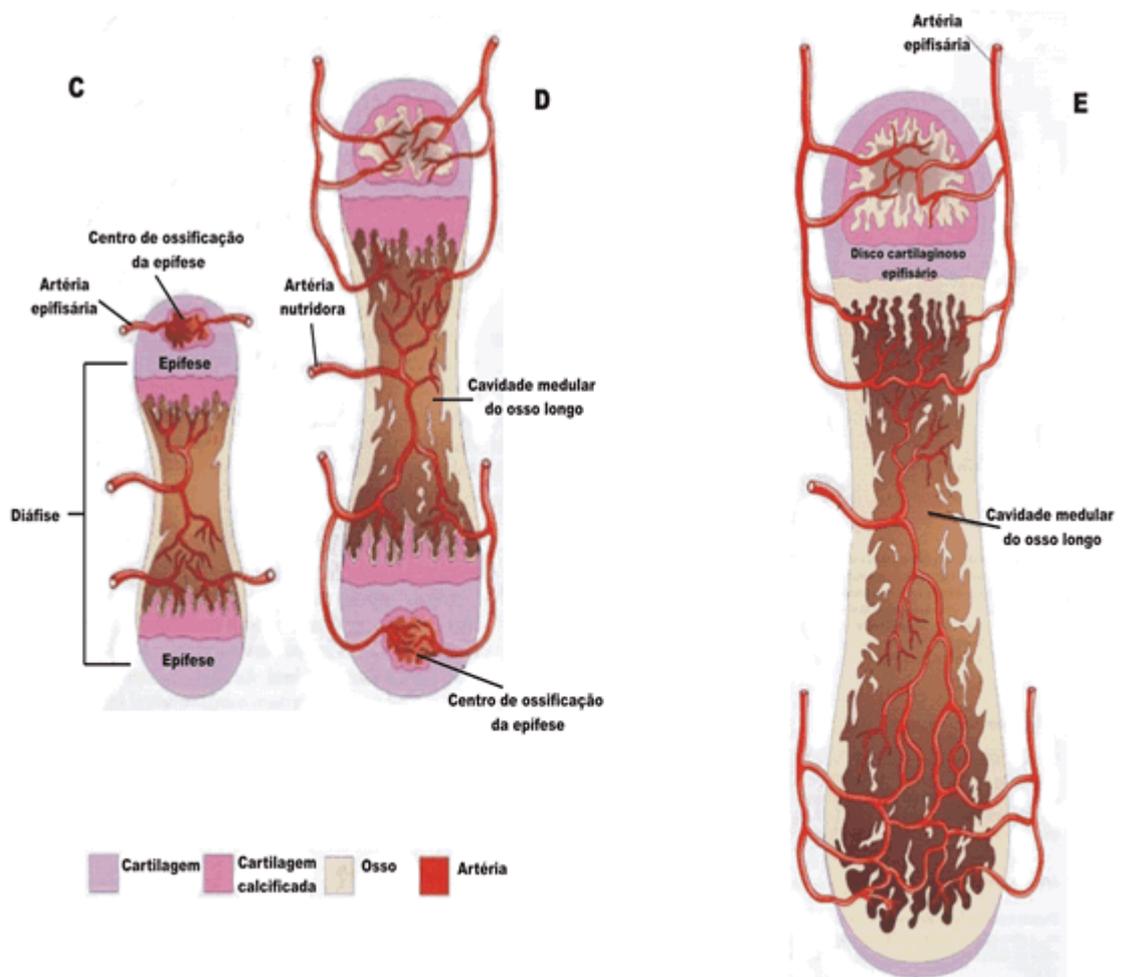
A ossificação – formação de tecido ósseo – pode se dar por dois processos: **ossificação intramembranosa** e **ossificação endocondral**.

No primeiro caso, o tecido ósseo surge aos poucos em uma membrana de natureza conjuntiva, não cartilaginosa. Na ossificação endocondral, uma peça de cartilagem, com formato de osso, serve de molde para a confecção de tecido ósseo. Nesse caso, a cartilagem é gradualmente destruída e substituída por tecido ósseo.

Molde Cartilaginoso do osso



Ossificação endocondral



Crescimento nos ossos longos

A ossificação endocondral ocorre na formação de ossos longos, como os das pernas e os dos braços.

Nesses ossos, duas regiões principais sofrerão a ossificação: o cilindro longo, conhecido como diáfise e as extremidades dilatadas, que correspondem as epífises.

Entre a epífise de cada extremidade e a diáfise é mantida uma região de cartilagem, conhecida como cartilagem de crescimento, que possibilitará a ocorrência constante de ossificação endocondral, levando à formação de mais osso. Nesse processo, os osteoclastos desempenham papel importante. Eles efetuam constantemente a reabsorção de tecido ósseo, enquanto novo tecido ósseo é formado.

Remodelação normal do osso



Os osteoclastos atuam como verdadeiros demolidores de osso, enquanto os osteoblastos exercem papel de construtores de mais osso. Nesse sentido, o processo de crescimento de um osso depende da ação conjunta de reabsorção de osso preexistente e da deposição de novo tecido ósseo. Considerando, por exemplo, o aumento de diâmetro de um osso longo, é preciso efetuar a reabsorção de camada interna da parede óssea, enquanto na parede externa deve ocorrer deposição de mais osso.

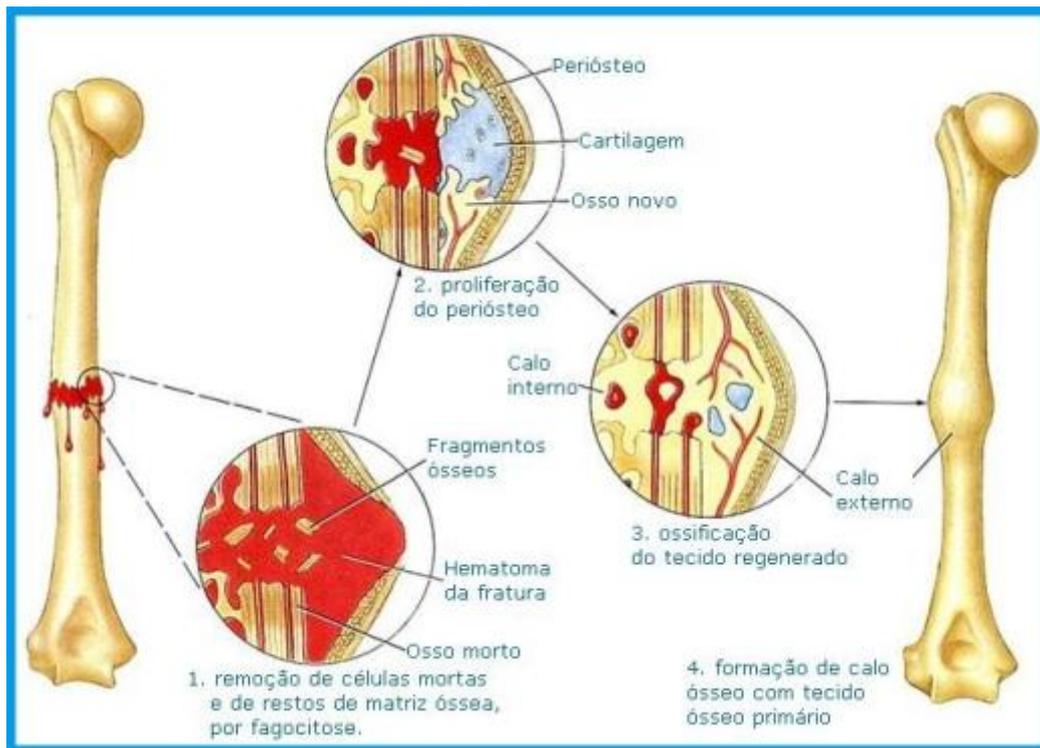
O crescimento ocorre até que se atinja determinada idade, a partir da qual a cartilagem de crescimento também sofre ossificação e o crescimento do osso em comprimento cessa.

Remodelação óssea

Depois que o osso atinge seu tamanho e forma adultos, o tecido ósseo antigo é constantemente destruído e um novo tecido é formado em seu lugar, em um processo conhecido como remodelação.

A remodelação ocorre em diferentes velocidades nas várias partes do corpo. Por exemplo, a porção distal do fêmur é substituída a cada 4 meses; já os ossos da mão são completamente substituídos durante a vida inteira do indivíduo. A remodelação permite que os tecidos já gastos ou que tenham sofrido lesões sejam trocados por tecidos novos e saudáveis. Ela também permite que o osso sirva como reserva de cálcio para o corpo.

Em um adulto saudável, uma delicada homeostase (equilíbrio) é mantida entre a ação dos osteoclastos (reabsorção) durante a remoção de cálcio e a dos osteoblastos (deposição) durante a deposição de cálcio. Se muito cálcio for depositado, podem se formar calos ósseos ou esporas, causando interferências nos movimentos. Se muito cálcio for retirado, há o enfraquecimento dos ossos, tornando-os flexíveis e sujeitos a fraturas.



O crescimento e a remodelação normais dependem de vários fatores

- suficientes quantidades de cálcio e fósforo devem estar presentes na dieta alimentar do indivíduo;
- deve-se obter suficiente quantidade de vitaminas, principalmente vitamina D, que participa na absorção do cálcio ingerido;
- o corpo precisa produzir os hormônios responsáveis pela atividade do tecido ósseo:

- **Hormônio de crescimento (somatotrofina):** secretado pela hipófise, é responsável pelo crescimento dos ossos;

- **Calcitonina:** produzida pela tireóide, inibe a atividade osteoclástica e acelera a absorção de cálcio pelos ossos;

- **Paratormônio:** sintetizado pelas paratireóides, aumenta a atividade e o número de osteoclastos, elevando a taxa de cálcio na corrente sanguínea;

- **Hormônios sexuais:** também estão envolvidos nesse processo, ajudando na atividade osteoblástica e promovendo o crescimento de novo tecido ósseo.

Com o envelhecimento, o sistema esquelético sofre a perda de cálcio. Ela começa geralmente aos 40 anos nas mulheres e continua até que 30% do cálcio nos ossos seja perdido, por volta dos 70 anos. Nos homens, a perda não ocorre antes dos 60 anos. Essa condição é conhecida como **osteoporose**.

Outro efeito do envelhecimento é a redução da síntese de proteínas, o que diminui a produção da parte orgânica da matriz óssea. Como consequência, há um acúmulo de parte inorgânica da matriz. Em alguns indivíduos idosos, esse processo causa uma fragilização dos ossos, que se tornam mais susceptíveis a fraturas.

O uso de aparelhos ortodônticos é um exemplo de remodelação dos ossos, neste caso, resultando na remodelação da arcada dentária.

Os aparelhos exercem forças diferentes daquelas a que os dentes estão naturalmente submetidos. Nos pontos em que há pressão ocorre reabsorção óssea, enquanto no lado oposta há deposição de matriz. Assim, os dentes movem-se pelos ossos da arcada dentária e passam a ocupar a posição desejada.

Tecidos musculares

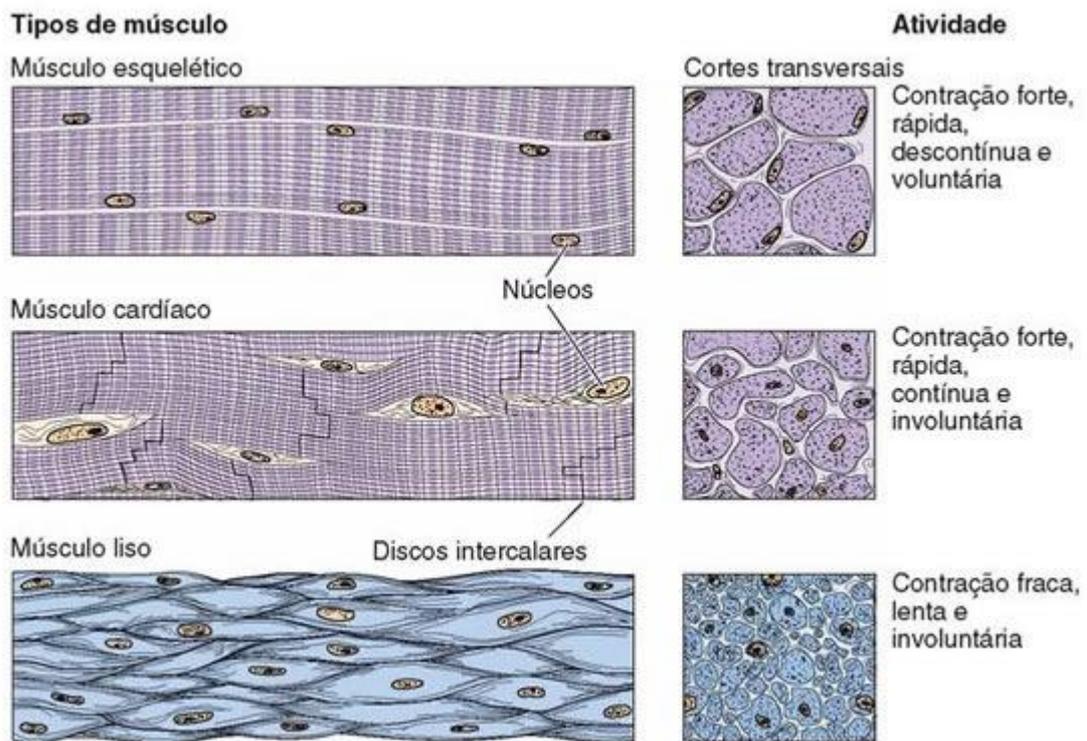
Os tecidos musculares são de origem mesodérmica e relacionam-se com a locomoção e outros movimentos do corpo, como a contração dos órgãos do tubo digestório, do coração e das artérias.

As células dos tecidos musculares são alongadas e recebem o nome de **fibras musculares ou miócitos**. Em seu citoplasma, são ricas em dois tipos de filamento protéico: os de **actina** e os de **miosina**, responsáveis pela grande capacidade de contração e distensão dessas células.

Quando um músculo é estimulado a se contrair, os filamentos de actina deslizam entre os filamentos de miosina. A célula diminui em tamanho, caracterizando a contração.

Tipos de tecido muscular

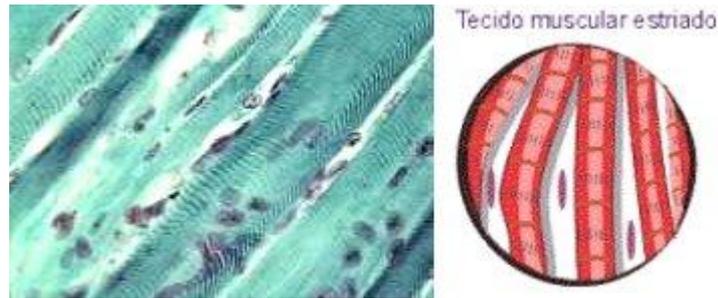
Há três tipos de tecido muscular: **estriado esquelético**, **estriado cardíaco** e **liso**. Cada um deles tem características próprias, adequadas ao papel que desempenham no organismo.



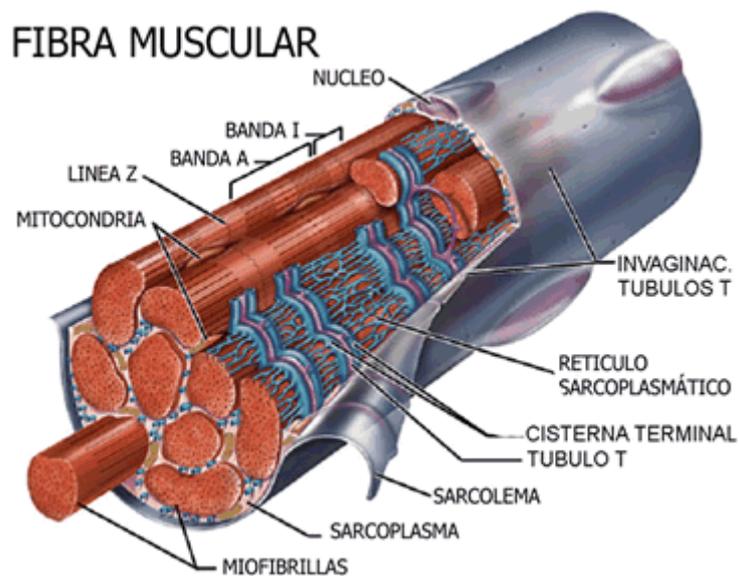
Tecido muscular estriado esquelético

O tecido muscular estriado esquelético **constitui a maior parte da musculatura do corpo dos vertebrados**, formando o que se chama popularmente de carne. Essa musculatura recobre totalmente o esqueleto e está presa aos ossos, daí ser chamada de esquelética. Esse tipo de tecido apresenta **contração voluntária** (que depende da vontade do indivíduo).

Um músculo esquelético é um pacote de longas fibras. Cada uma delas é uma célula dotada de muitos núcleos, chamado miócitos multinucleados. Um fibra muscular pode medir vários centímetros de comprimento, por 50 **mm** de espessura.



A célula muscular estriada apresenta, no seu citoplasma, pacotes de finíssimas fibras contráteis, as **miofibrilas**, dispostas longitudinalmente. Cada miofibrila corresponde a um conjunto de dois tipos principais de proteínas: as **miosina**, espessas, e as **actinas**, finas. Essas proteínas estão organizadas de tal modo que originam bandas transversais, claras e escuras, características das células musculares estriadas, tanto as esqueléticas como as cardíacas.

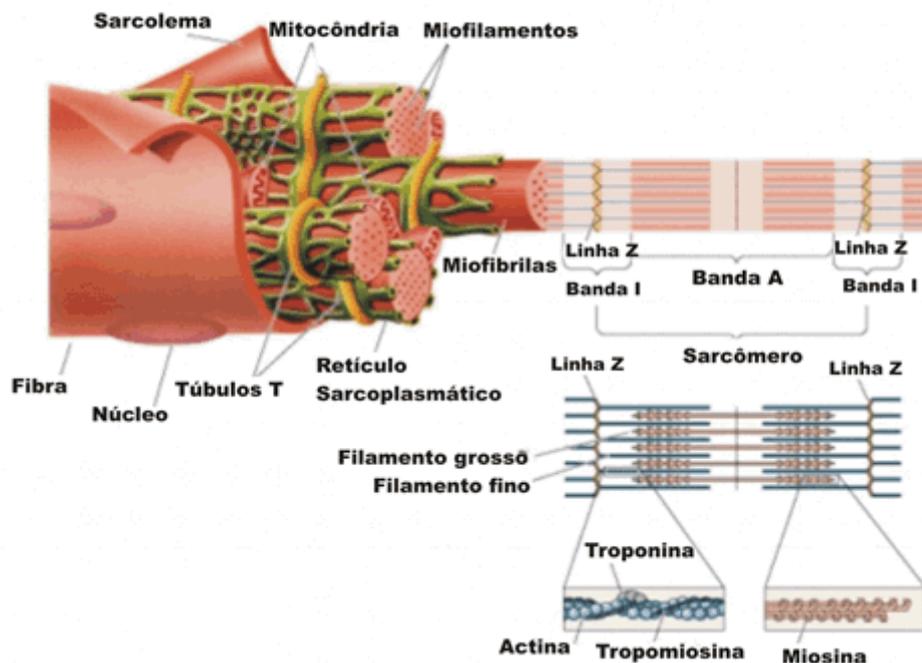


Os filamentos de **miosina** formam bandas escuras, chamadas anisotrópicas (**banda A**), e os de actina, bandas claras, chamadas isotrópicas (banda I).

No centro de cada **banda I** aparece uma linha mais escura, chamada **linha Z**. O intervalo entre duas linhas Z consecutivas constitui um miômetro ou sarcômero e correspondem à unidade contrátil da célula muscular.

No centro de cada banda A existe uma faixa mais clara, chamada **banda H**, bem visível nas células musculares relaxadas e que vai desaparecendo à medida que a contração muscular ocorre.

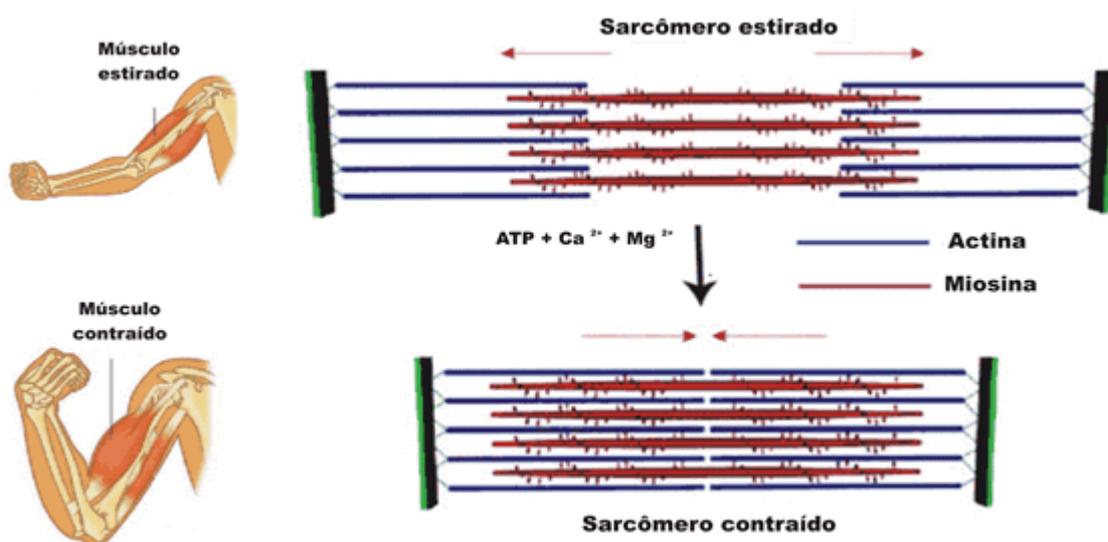
Organização da fibra muscular



Na contração muscular, os miofilamentos não diminuem de tamanho, mas os sarcômeros ficam mais curtos e toda a célula muscular se contrai.

O encurtamento dos sarcômeros ocorre em função do deslizamento dos miofilamentos finos sobre os grossos, havendo maior sobreposição entre eles: a banda I diminui de tamanho, pois os filamentos de actina deslizam sobre os de miosina, penetram na banda A e reduzem a largura da banda H.

A membrana plasmática da célula muscular estriada esquelética costuma ser chamada **sarcolema** (do grego, sarcos, carne).



Exercícios e o aumento da musculatura esquelética

Sabemos que exercícios físicos promovem o aumento da musculatura esquelética.

Mas o que aumenta: o número de células no músculo ou o volume das células já existentes?

A atividade física estimula as células musculares esqueléticas já existentes a produzirem novas miofibrilas, o que ocasiona aumento do volume da célula e conseqüentemente do músculo.

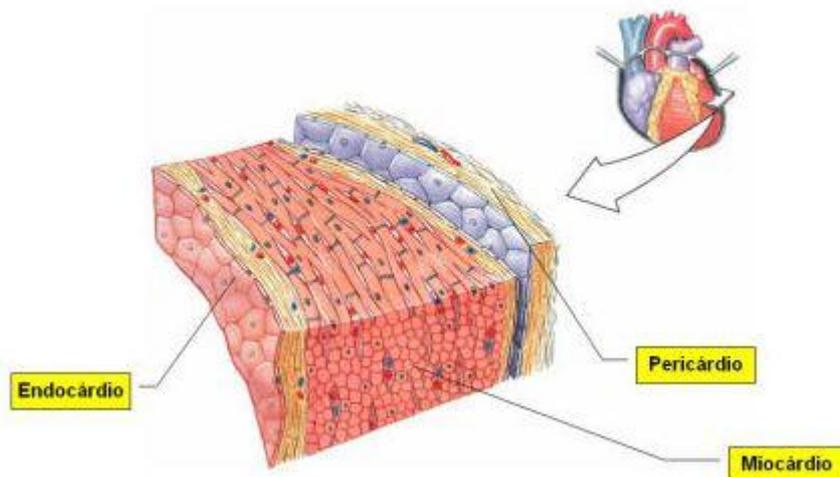


No indivíduo adulto, as células da musculatura esquelética não se dividem mais. No entanto, existem células especiais, chamadas satélites, que são mononucleadas e pequenas e se localizam no conjuntivo que envolve os miócitos. Em situações muito especiais, quando o músculo é submetido a exercícios intensos, essas células podem se multiplicar e algumas delas se fundir com as fibras musculares já existentes, contribuindo também para o aumento do músculo.

As **células satélites** são importantes nos processos de regeneração da musculatura esquelética quando ocorrem lesões.

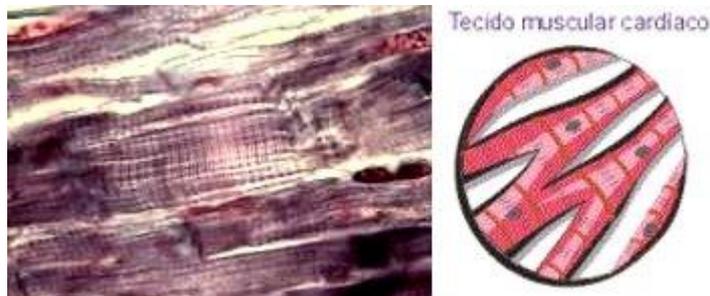
Tecido muscular estriado cardíaco

Apresenta miócitos estriados com um ou dois núcleos centrais. Esse tecido ocorre apenas no coração e apresenta contração independente da vontade do indivíduo (contração involuntária). No músculo cardíaco essa contração é vigorosa e rítmica.



Essas células musculares são menores e ramificadas, intimamente unidas entre si por estruturas especializadas e típicas da musculatura cardíaca: os discos intercalares, que fazem a conexão elétrica entre todas as células do coração. Assim, se uma célula receber um estímulo suficientemente forte, ele é transmitido a todas as outras células e o coração como um todo se contrai. Essa transmissão do estímulo é feita por canais de passagem de água e íons entre as

células, que facilita a difusão do sinal iônico entre uma célula e outra, determinando a onda rítmica de contração das células. Os discos intercalares possuem estruturas de adesão entre células que as mantêm unidas mesmo durante o vigoroso processo de contração da musculatura cardíaca.

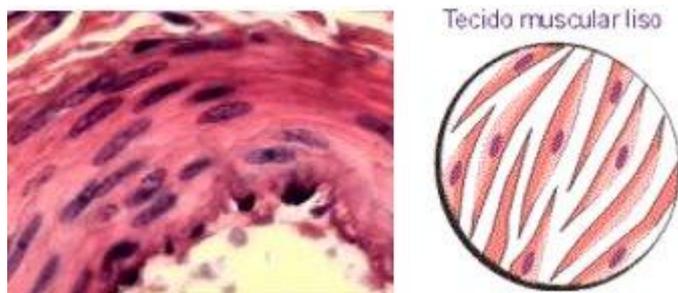


As células musculares cardíacas são capazes de auto-estimulação, não dependendo de um estímulo nervoso para iniciar a contração. As contrações rítmicas do coração são geradas e conduzidas por uma rede de células musculares cardíacas modificadas que se localizam logo abaixo do endocárdio, tecido que reveste internamente o coração.

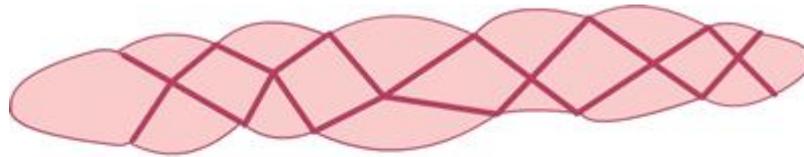
Existem numerosas terminações nervosas no coração, mas o sistema nervoso atua apenas regulando o ritmo cardíaco às necessidades do organismo.

Tecido muscular liso ou não-estriado

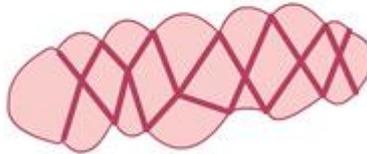
As células musculares lisas não apresentam estriação transversal, característica das células musculares esqueléticas e cardíacas. A razão disso é que os filamentos de actina e miosina não se encontram alinhados ao longo do comprimento da célula. Acredita-se que eles estejam arranjados em espiral dentro da fibra muscular lisa.



Os miócitos se apresentam uninucleados e fusiformes, isto é, alongadas e com as extremidades afiladas. Nessas células a contração é involuntária e lenta. Você pode decidir quando lavar as suas mãos, mas não controla conscientemente os movimentos de seu estômago ou a contração de seu coração. Ocorre nas artérias, sendo responsável por sua contração; ocorre também no esôfago, no estômago e nos intestinos, sendo responsável pelo peristaltismo (ou peristalse) nesses órgãos. Os movimentos peristálticos são contrações em ondas que deslocam o material alimentar dentro desses órgãos do sistema digestório.



Célula relaxada do músculo liso



Célula contraída do músculo liso



Tecido nervoso

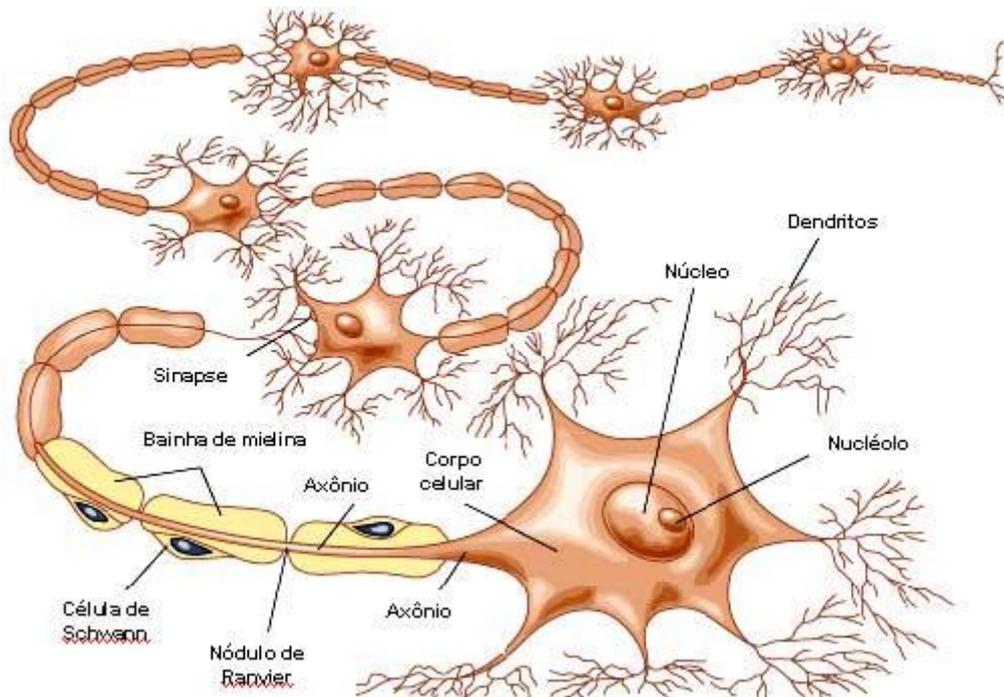
Os seres vivos reagem aos estímulos ambientais. Mudanças nas condições do ambiente, tais como sons, choques, calor e frio, são percebidas pelo organismo, que reage adotando uma postura correspondente ao estímulo. Embora sejam os músculos que respondem aos estímulos, é o tecido nervoso o responsável por sua recepção e escolha da resposta adequada.

O tecido nervoso tem origem ectodérmica, nele a substância intercelular praticamente não existe. Os principais componentes celulares são os **neurônios** e as **células da glia**.

As células da **glia ou neuroglia** são vários tipos celulares relacionados com a **sustentação e a nutrição dos neurônios, com a produção de mielina e com a fagocitose**.

Os neurônios, ou células nervosas, têm a propriedade de receber e transmitir estímulos nervosos, permitindo ao organismo responder a alteração do meio. Os neurônios são alongados, podendo atingir, em alguns casos, cerca de 1 metro de comprimento, como nos neurônios que se estendem desde nossas costas até o pé. São células formadas por um corpo celular ou pericário, de onde partem dois tipos de prolongamento: dendritos e axônio.

Os **dendritos** são prolongamentos ramificados da célula especializados em receber estímulos, que também podem ser recebidos pelo corpo celular. O impulso nervoso é sempre transmitido no sentido **dendrito – corpo – axônio**.

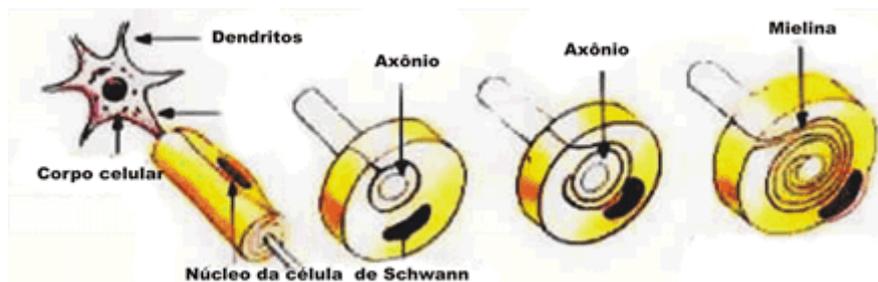


O **axônio** é uma expansão celular fina, alongada e de diâmetro constante, com ramificações em sua porção final, de modo que o impulso pode ser transmitido simultaneamente a vários destinos. É uma estrutura especializada na transmissão de impulsos nervosos para outros neurônios ou para outros tipos celulares, como as células de órgãos efetores (musculares e glandulares).

Outras células do tecido nervoso

Células de Schwann

Certos tipos de neurônios são envolvidos por células especiais, as células de Schwann. Essas células se enrolam dezenas de vezes em torno do axônio e formam uma capa membranosa, chamada bainha de mielina.

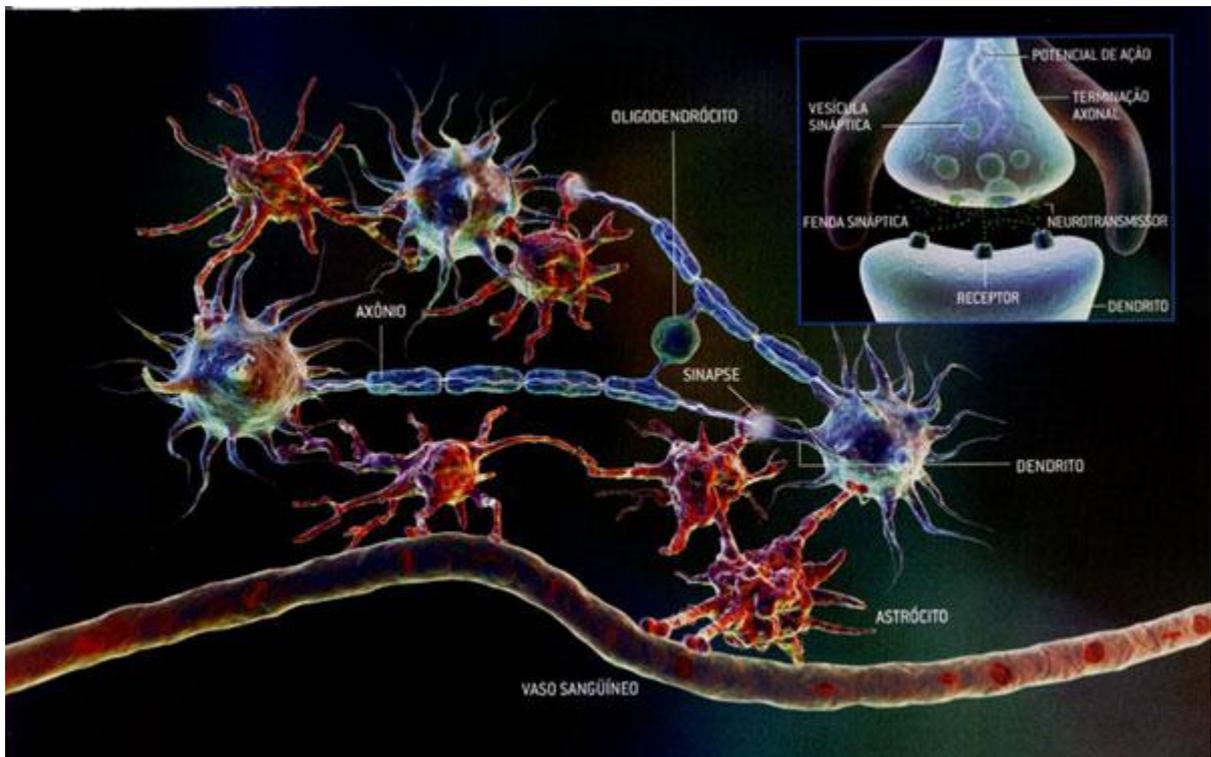
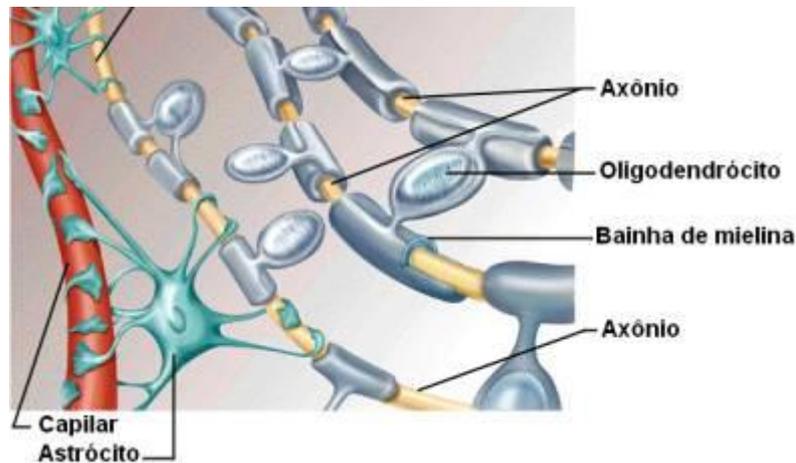


A bainha de mielina atua como um isolamento elétrico e aumenta a velocidade de propagação do impulso nervoso ao longo do axônio.

Na doença degenerativa conhecida como esclerose múltipla, por exemplo, ocorre uma deterioração gradual da bainha de mielina, resultando na perda progressiva da coordenação nervosa.

Células da glia

O tecido nervoso apresenta outras células auxiliares que dão suporte ao funcionamento do sistema nervoso: são as células da glia ou glias. Elas diferem em forma e função, cada uma desempenha um papel diferente na estrutura e no funcionamento do tecido nervoso. Os astrócitos dão suporte mecânico e fornecem alimento à complexa e delicada rede de circuitos nervosos. Os oligodendrócitos desempenham função equivalente à das células de Schwann, formando bainhas protetoras sobre os neurônios que ficam no encéfalo e na medula espinhal. As micróglias são um tipo especializado de macrófago cuja função é fagocitar detritos e restos celulares presentes no tecido nervoso.

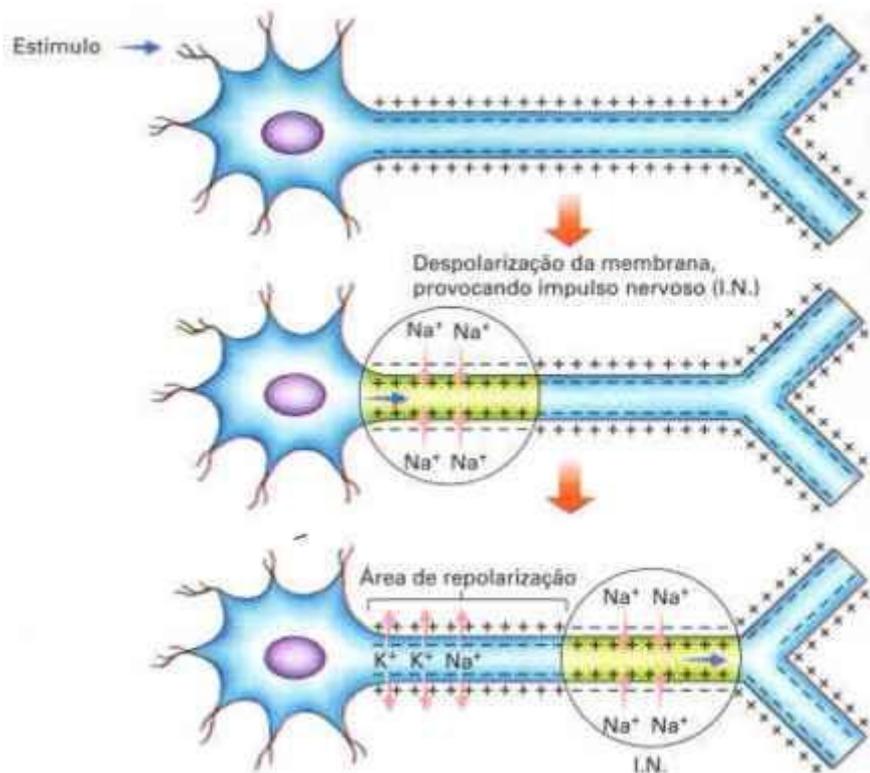


Transmissão do impulso nervoso

Em um neurônio, os estímulos se propagam sempre no mesmo sentido: são recebidos pelos dendritos, seguem pelo corpo celular, percorrem o axônio e, da extremidade deste, são passados à célula seguinte (**dendrito – corpo celular – axônio**). O impulso nervoso que se propaga

através do neurônio é de origem elétrica e resulta de alterações nas cargas elétricas das superfícies externa e interna da membrana celular.

A membrana de um neurônio em repouso apresenta-se com carga elétrica positiva do lado externo (voltado para fora da célula) e negativa do lado interno (em contato com o citoplasma da célula). Quando essa membrana se encontra em tal situação, diz-se que está polarizada. Essa diferença de cargas elétricas é mantida pela bomba de sódio e potássio. Assim separadas, as cargas elétricas estabelecem uma energia elétrica potencial através da membrana: o potencial de membrana ou potencial de repouso (diferença entre as cargas elétricas através da membrana).

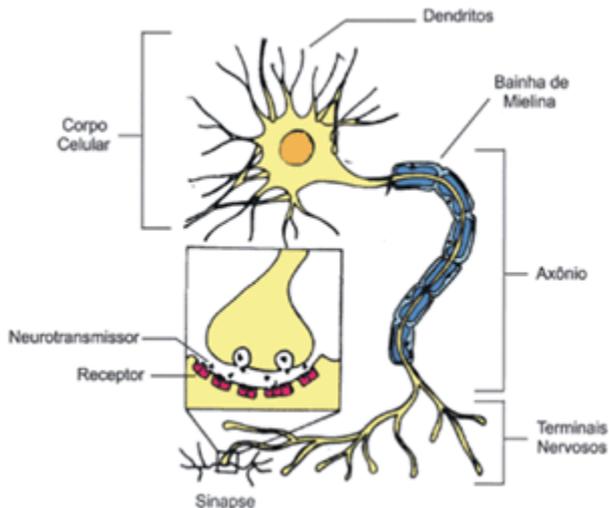


Quando um estímulo químico, mecânico ou elétrico chega ao neurônio, pode ocorrer alteração da permeabilidade da membrana, permitindo grande entrada de sódio na célula e pequena saída de potássio dela. Com isso, ocorre uma inversão das cargas ao redor dessa membrana, que fica despolarizada gerando um potencial de ação. Essa despolarização propaga-se pelo neurônio caracterizando o impulso nervoso.

Imediatamente após a passagem do impulso, a membrana sofre repolarização, recuperando seu estado de repouso, e a transmissão do impulso cessa.

O estímulo que gera o impulso nervoso deve ser forte o suficiente, acima de determinado valor crítico, que varia entre os diferentes tipos de neurônios, para induzir a despolarização que transforma o potencial de repouso em potencial de ação. Esse é o estímulo limiar. Abaixo desse valor o estímulo só provoca alterações locais na membrana, que logo cessam e não desencadeiam o impulso nervoso.

Qualquer estímulo acima do limiar gera o mesmo potencial de ação que é transmitido ao longo do neurônio. Assim, não existe variação de intensidade de um impulso nervoso em função do aumento do estímulo; o neurônio obedece à regra do "tudo ou nada".



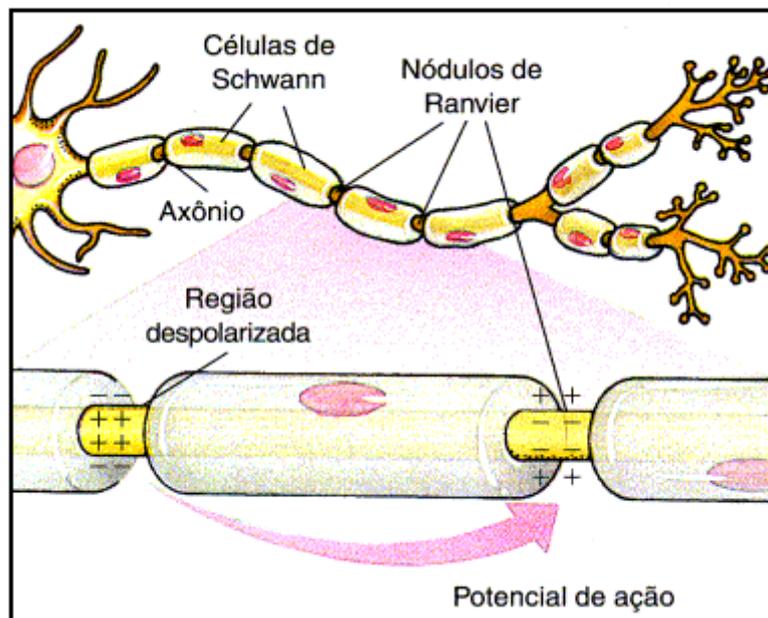
Dessa forma, a intensidade das sensações vai depender do número de neurônios despolarizados e da frequência de impulsos. Imagine uma queimadura no dedo. Quanto maior a área queimada, maior a dor, pois mais receptores serão estimulados e mais neurônios serão despolarizados.

A transmissão do impulso nervoso de um neurônio a outro ou às células de órgãos efetores é realizada por meio de uma região de ligação especializada denominada sinapse.

O tipo mais comum de sinapse é a química, em que as membranas de duas células ficam separadas por um espaço chamado fenda sináptica.

Na porção terminal do axônio, o impulso nervoso proporciona a liberação das vesículas que contêm mediadores químicos, denominados neuro-transmissores. Os mais comuns são acetilcolina e adrenalina.

Esses neurotransmissores caem na fenda sináptica e dão origem ao impulsos nervosos na célula seguinte. Logo a seguir, os neurotransmissores que estão na fenda sináptica são degradados por enzimas específicas, cessando seus efeitos.



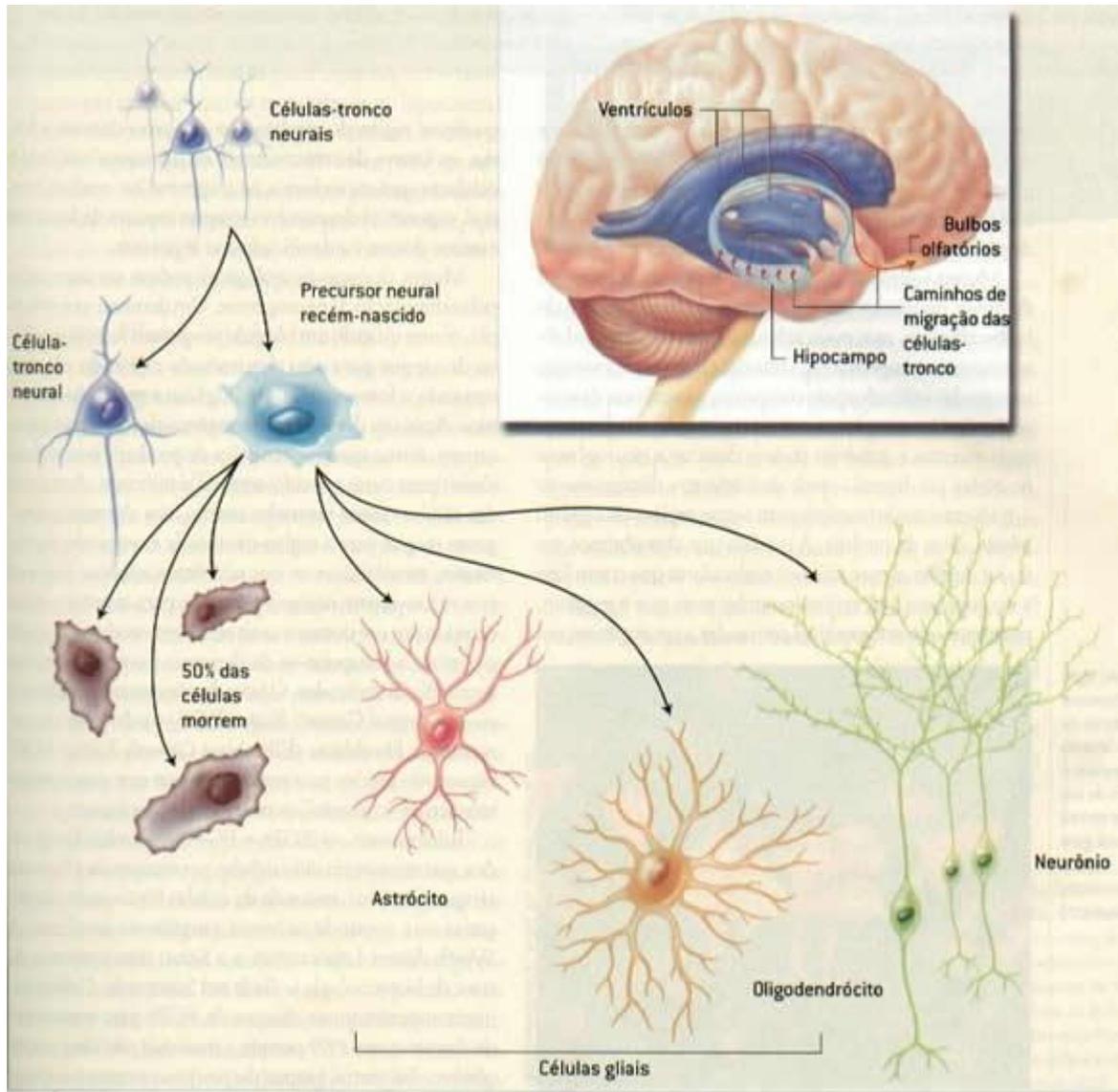
No sistema nervoso, verifica-se que os neurônios dispõem-se diferenciadamente de modo a dar origem a duas regiões com coloração distinta entre si e que podem ser notadas macroscopicamente: a substância cinzenta, onde estão os corpos celulares, e a substância branca, onde estão os axônios. No encéfalo (com exceção do bulbo) a substância cinzenta está localizada externamente em relação a substância branca, e na medula espinha e no bulbo ocorre o inverso.

Os nervos são conjuntos de fibras nervosas organizadas em feixes, unidos por tecidos conjuntivo denso.

Regeneração das fibras nervosas

Assim com as células musculares do coração, os neurônios não se dividem mais depois de diferenciados. Desse modo, se forem destruídos, não são mais repostos. No entanto, os prolongamentos dos neurônios podem, dentro de certos limites, sofrer regeneração, desde que o corpo celular não tenha sido destruído. Quando um axônio é cortado acidentalmente, o que ocorre

no caso de ferimentos na pele, a região que fica ligada ao corpo celular é chamada coto proximal, e a que fica separada é chamada coto distal. Este último degenera e é fagocitado pelos macrófagos, que limpam a região lesada. Já o coto próxima cresce e se ramifica. Ao mesmo tempo, células que formam a bainha de mielina do coto distal modificam-se e proliferam, originando colunas celulares que servirão de guia para os ramos que estão crescendo a partir do coto proximal. Quando um desses ramos penetra nessa coluna de células, ele regenera completamente o axônio.



Quando o espaço entre o coto proximal e o distal é muito grande ou quando ocorre uma amputação, os ramos do coto proximal crescem desordenadamente, entrelaçam-se e formam uma estrutura muito sensível à dor, chamada neuroma de amputação.