

EXPLORANDO O SISTEMA IMUNOLÓGICO

Camila Lopes
Fernando Amaral



EXPLORANDO O SISTEMA IMUNOLÓGICO

*Camila Lopes
Fernando Amaral*

*Ilustrações:
Camila Lopes
Leonardo Maia*

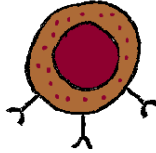
Símbolos usados neste livro



Neutrófilo



Monócito



Célula
Natural Killer



Eosinófilo



Basófilo



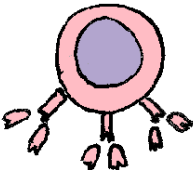
Macrófago



Célula
dendrítica



Linfócito T



Linfócito B



Citocinas Quimiocinas Interleucina



Bactéria



Vírus



Anticorpo

Apresentação para o Professor

Caro professor,

Neste paradidático, você encontrará questões relacionadas ao sistema imunológico tratadas de maneira mais contextualizada e divertida para chamar a atenção de seu aluno e motivá-lo para a leitura.

Para a construção desta obra foram utilizados os princípios da teoria cognitiva da aprendizagem multimídia, que são importantes referenciais para a produção de recursos didáticos, visando potencializar o processo cognitivo de aprendizagem (ver referências).

Nossa expectativa é que se utilize este livro como mais um recurso capaz de subsidiar o professor para a diversificação de sua prática pedagógica, motivando o aluno para uma aprendizagem mais eficaz. E que o livro sirva também para mediar as relações didáticas que ocorrem na sala de aula, possibilitando uma relação pedagógica mais efetiva de ensino-aprendizagem. Além disso, esperamos tentar preencher as possíveis lacunas que os livros didáticos, ao apresentarem este assunto, possam ter deixado.

Boa Leitura!

Apresentação para o Aluno

Você sabia que o nosso corpo possui um sistema de reações que nos protege de diversas doenças, agentes estranhos e até mesmo contra nossas próprias células quando (por mutação) se tornam malignas (cânceres)? Que existem células especiais para retirar e destruir esses agentes estranhos?

Esse sistema acima citado é conhecido como sistema imunológico, composto por células e órgãos que possuem como principal função proteger o organismo contra agentes estranhos por meio de diferentes mecanismos de defesa. Neste livro, você encontrará esses mecanismos de ação, além de conhecer também as células envolvidas neste processo.

O estudo desse sistema é conhecido como Imunologia, e no caso deste livro, procuramos tratar da imunologia, sempre que possível, de forma mais contextualizada e com uma linguagem mais simples, para que a sua leitura seja mais prazerosa e divertida.

Nossa expectativa é que você, aluno, saia dessa leitura conhecendo um pouco mais sobre esse fantástico sistema que permite a continuidade da vida. E que isso o motive a continuar buscando informações sobre esse assunto.

Boa Leitura!

Índice

Capítulo 1-O SISTEMA IMUNOLÓGICO.....	06
Capítulo 2-INTRODUÇÃO AO SISTEMA IMUNOLÓGICO.....	08
O local da origem das células do sistema imune.....	09
A origem das células do sistema imune.....	10
Capítulo 3-QUAIS AS BARREIRAS QUE O ORGANISMO TEM PARA EVITAR A ENTRADA DE ALGUM ANTÍGENO.....	12
Capítulo 4-DOIS TIPOS DE RESPOSTAS IMUNES.....	14
4.1 RESPOSTA IMUNE INATA.....	15
As citocinas e quimiocinas.....	18
A inflamação.....	20
Ativação da resposta imune adaptativa.....	22
4.2 RESPOSTA IMUNE ADAPTATIVA.....	23
Linfócito T.....	24
Célula T efetora.....	24
4.2.1 Resposta imune celular.....	26
Os linfócitos T auxiliares.....	26
Os linfócitos T citotóxicos.....	28
4.2.2. Resposta imune humoral.....	29
Linfócito B.....	29
Capítulo 5-MEMÓRIA IMUNOLÓGICA.....	34
Células T e B de memória.....	34
CURIOSIDADES.....	35
DESAFIOS.....	36
GABARITO.....	39
GLOSSÁRIO.....	40
BIBLIOGRAFIA.....	41

Às vezes no nosso dia a dia nos deparamos com algumas questões em relação ao nosso corpo que nos deixam cheios de dúvidas...

Nosso corpo possui alguma barreira para evitar a entrada de bactérias ou vírus que causam doenças???

O que acontece com o nosso corpo quando ficamos doentes???

O que é aquela coisa amarela que aparece depois de um certo tempo no local onde machucamos???

Por que no local de um corte fica quente e dolorido???

Por que as vacinas nos protegem???

Porque algumas doenças, só pegamos "uma vez"???



Todas essas questões estão relacionadas ao nosso sistema imunológico, também conhecido como sistema imune. Esse sistema tem várias funções e uma delas é nos proteger contra microorganismos e substâncias estranhas que tentam entrar e se instalar em nosso corpo e até mesmo contra células do próprio corpo quando estas se tornam estranhas, como por exemplo, nos cânceres. Essas moléculas estranhas são chamadas de **antígeno** e os microorganismos são constituídos por milhares desses antígenos.

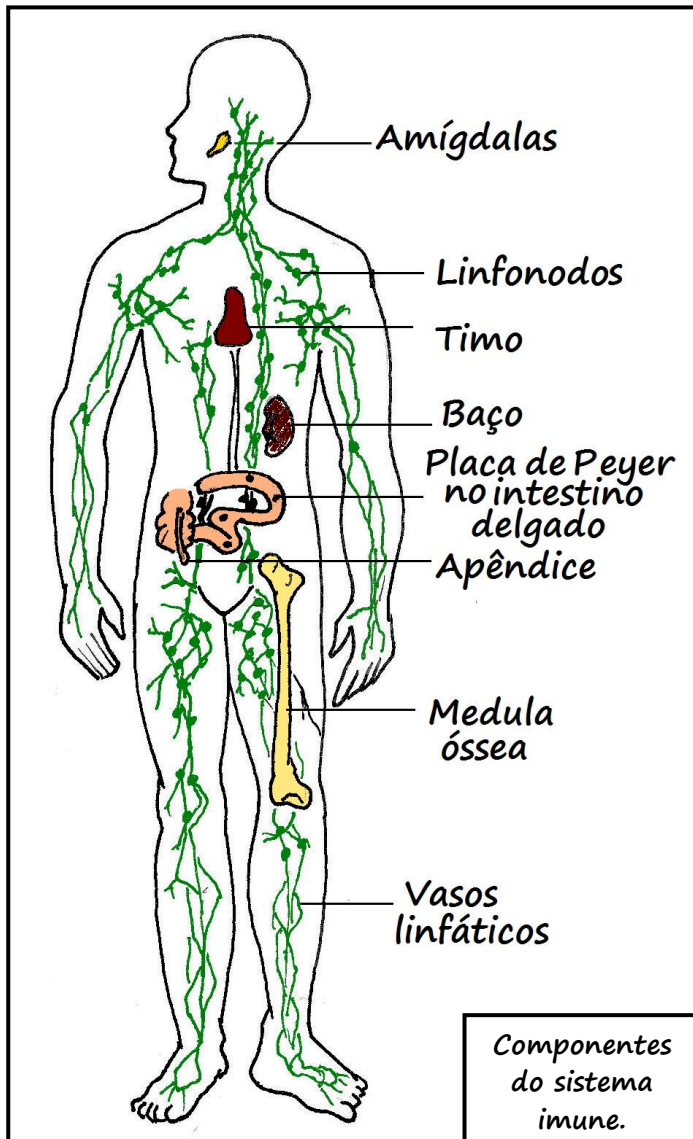


Os principais microorganismos são os vírus, fungos, bactérias e protozoários.

Exemplos de doenças causadas por estes microorganismos são a gripe, herpes e catapora, causadas pelos vírus. Tuberculose e pneumonia causadas por bactérias, amebíase, causada por protozoários e candidíase causada pelos fungos.

INTRODUÇÃO AO SISTEMA IMUNOLÓGICO

O sistema imunológico é formado por várias células especializadas, tecidos e alguns órgãos que reagem de várias formas. Na figura abaixo, representamos alguns destes componentes, onde cada um deles possui células do sistema imunológico.



O local da origem das células do sistema imune

As células do sistema imune são fabricadas na **medula óssea vermelha**, localizada em cavidades ósseas e no **tecido ósseo esponjoso**, presente em alguns ossos do nosso corpo.



Como exemplo deste tipo de osso, temos o **fêmur**, como o da figura ao lado, alguns ossos do crânio, o osso esterno e os ossos da bacia (cintura pélvica).

A origem das células do sistema imune

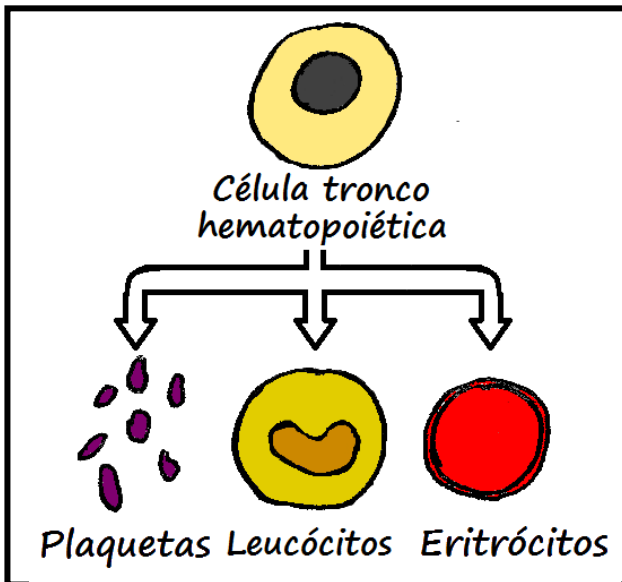
As células do sistema imune nascem de um único tipo de célula, as chamadas **células tronco hematopoiéticas**.

Que isso!!! Que palavra é esse?

Que palavra que nada!!!
Hemato vem de sangue e poiética ou poiese significa repor, ou seja, células tronco hematopoiéticas são células que se multiplicam e se transformam em qualquer célula do sangue.

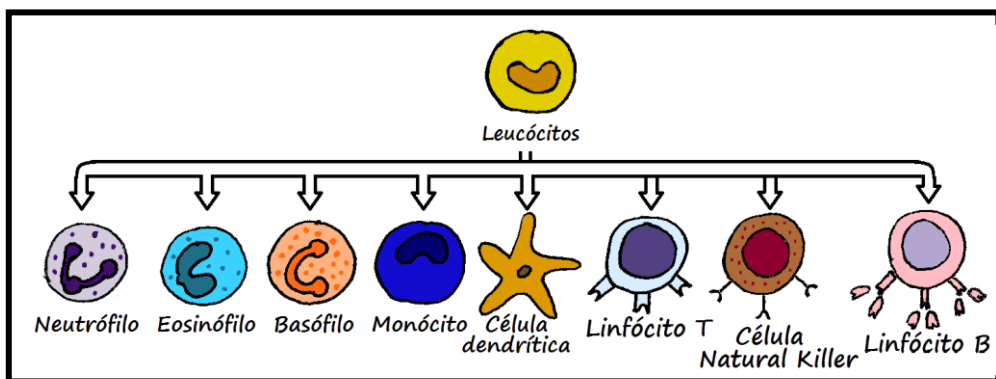


Temos a partir da célula tronco hematopoiética as plaquetas, os leucócitos e os eritrócitos.



Os **eritrócitos** são as únicas células que não participam da nossa imunidade. Elas são também denominadas **glóbulos vermelhos** do sangue, e tem como principal função o transporte de gases no sangue. Os **leucócitos** ou **glóbulos brancos** participam do nosso sistema imunológico e as plaquetas, que são fragmentos de células, participam da coagulação sanguínea.

Temos vários tipos de leucócitos, como podemos ver na figura abaixo.



Os leucócitos após serem produzidos ficam circulando no sangue por dias, semanas, meses ou até anos no nosso corpo. Sua produção é contínua e quando há alguma alteração na quantidade destas células, visto em um exame de sangue, por exemplo, é que está ocorrendo algum problema onde o sistema imunológico foi alterado.

BARREIRAS PARA EVITAR A ENTRADA DE ANTÍGENOS E MICROORGANISMOS

Para conseguir entrar no corpo, o antígeno depara com barreiras que se opõe a sua entrada. As barreiras são classificadas como barreiras mecânicas, microbiológicas e químicas.



Como exemplo de barreira mecânica, temos o muco presente na vagina, na cavidade nasal e no trato respiratório. Por ser pegajoso o muco ajuda a proteger os locais contra infecções, sequestrando e inibindo a mobilidade dos microorganismos. Normalmente é jogado para fora do corpo, como por exemplo, em um espirro.

Ahh, fomos expulsos do corpo...

Garoto espirrando e liberando muco, tendo possivelmente microorganismos aderidos a secreção.

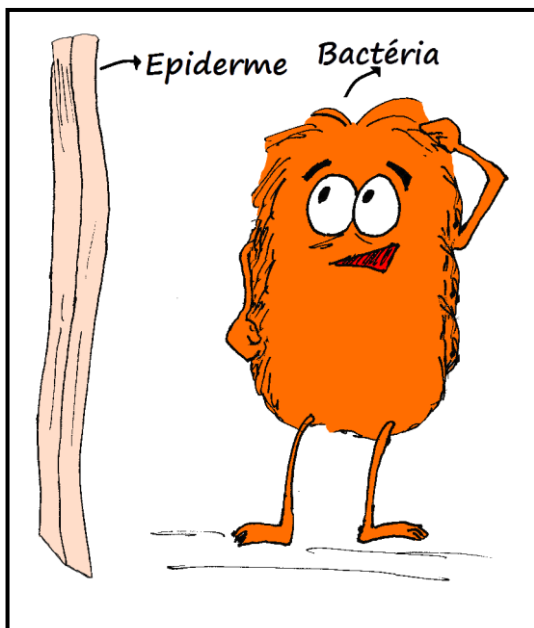
Outras formas de expulsar os corpos invasores são por meio do vômito, da tosse, da diarreia e da descamação da epiderme.

A nossa pele também é considerada uma barreira mecânica, pois sua superfície, a epiderme, é constituída de células mortas ricas em queratina e fortemente aderidas uma na outra, impedindo a entrada de microorganismos.

Como barreira microbiológica, podemos citar a nossa flora normal de bactérias, que não nos prejudicam, localizadas no intestino, na boca, na pele e no caso das mulheres na vagina, que competem com potenciais patógenos por locais de fixação e comida, diminuindo a probabilidade desses últimos se multiplicarem em número suficiente para causar uma doença.

Como exemplo de barreira química, temos a lisozima e a fosfolipase que são enzimas encontradas na lágrima, saliva e secreção nasal, que podem destruir a parede celular das bactérias e desestabilizar as membranas bacterianas. O suco gástrico presente no estômago possui o pH muito ácido, impedindo a proliferação e a passagem de microorganismos para outros locais.

Como último exemplo de barreira química, podemos citar a presença de ácidos graxos no suor. Por causa do baixo pH, eles impedem a colonização de bactérias e de alguns fungos na epiderme.



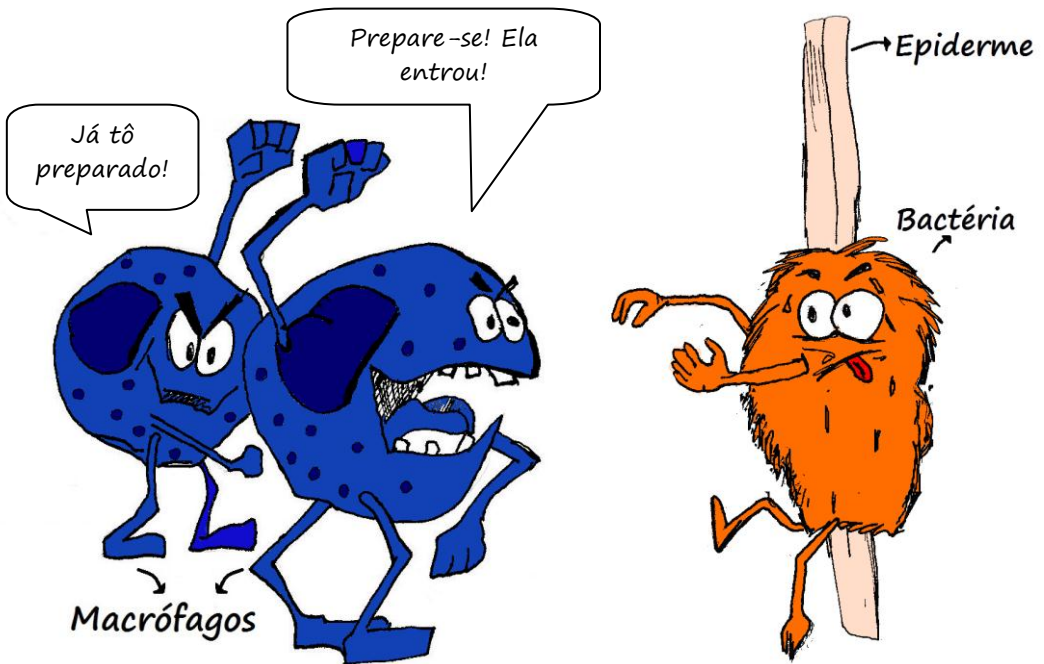
Bactéria deparando-se com a epiderme, uma barreira mecânica, microbiológica e química, devido a sua constituição.

Essas barreiras fazem parte da defesa inata.

DOIS TIPOS DIFERENTES DE RESPOSTA IMUNE

Temos dois tipos de resposta, a **resposta imune inata** e a **resposta imune adaptativa**, ambas importantes para uma boa resposta imunológica.

Se uma bactéria conseguir superar as barreiras, entrando por uma lesão, dará de cara com células que estão no tecido e que iniciarão a **resposta imune inata**.

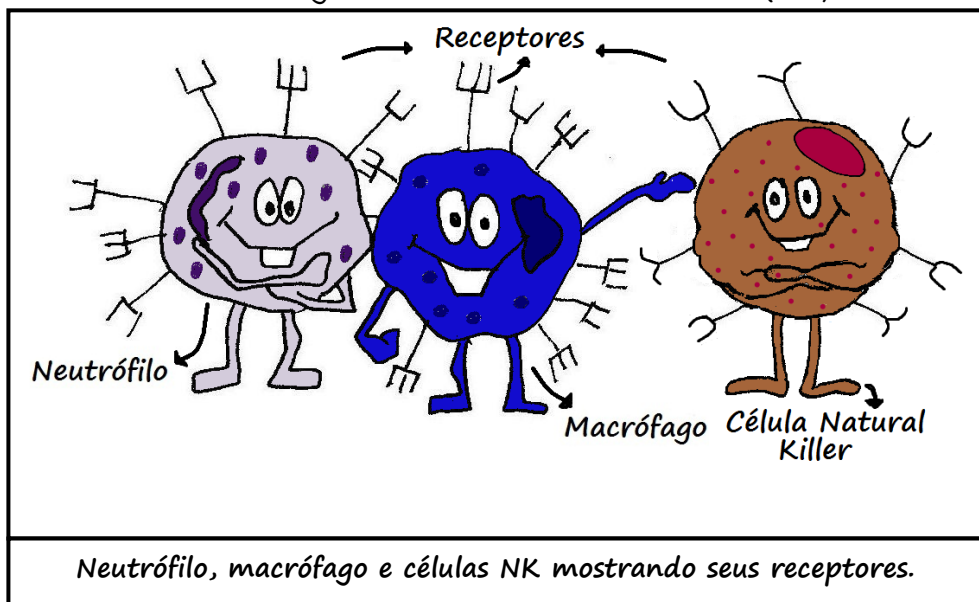


Após 3 horas aproximadamente da entrada da bactéria no tecido, iniciará a resposta imune inata com os macrófagos. A infecção se dá quando este microorganismo se instala no tecido.

RESPOSTA IMUNE INATA

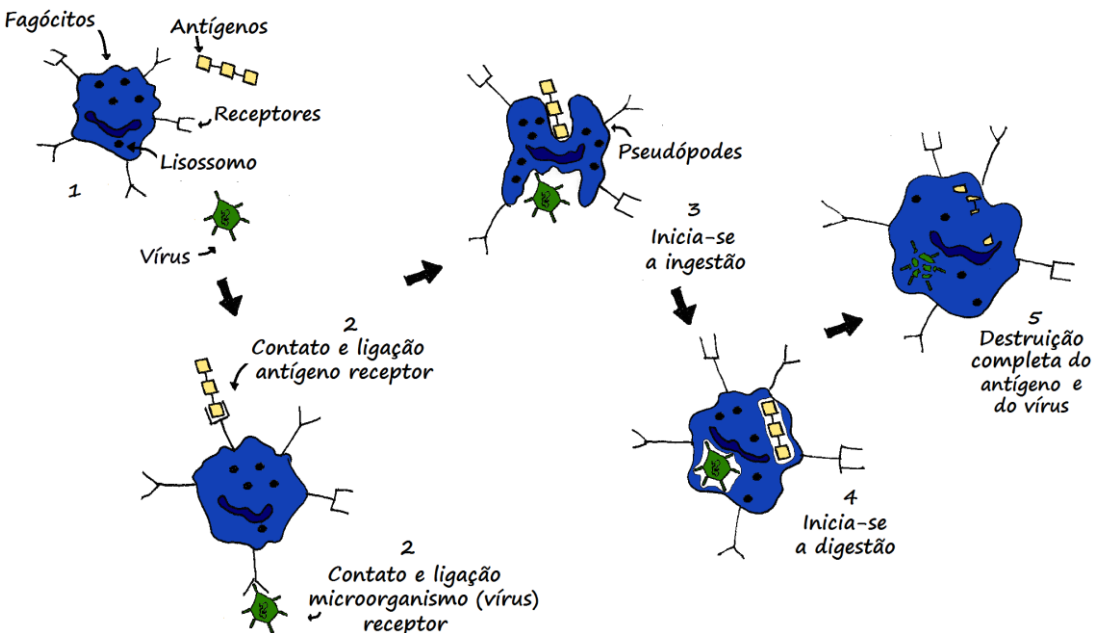
Essa resposta é a primeira linha de ação que nosso corpo tem para responder à entrada de um antígeno e possui este nome porque o termo *inata* significa natural, ou seja, que nasce com a pessoa.

As principais células que participam desta ação são os neutrófilos, os macrófagos e as células naturais killer (NK).



Os neutrófilos e os macrófagos possuem **receptores**, que são moléculas de proteínas, para reconhecer inúmeros antígenos e microorganismos. Enquanto as células NK, também possuem estes receptores, mas reconhecem as células com alterações (tumoriais) ou com infecções virais.

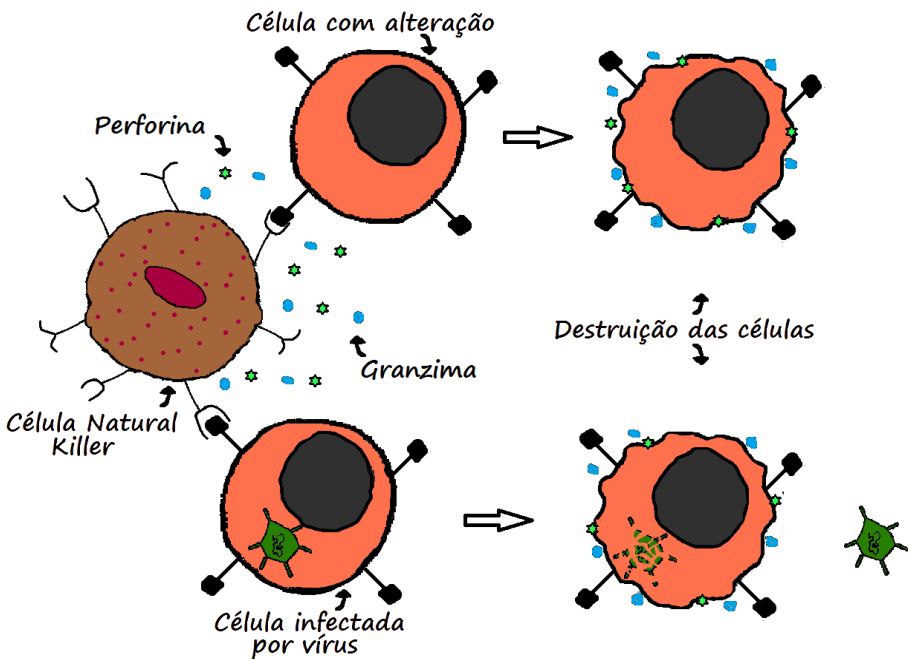
Os neutrófilos e macrófagos quando encontram um antígeno e/ou microorganismo, se ligam por meio dos receptores, englobando o antígeno e/ou microorganismo por um processo chamado **fagocitose**.



Na fagocitose, ocorre uma ligação do antígeno e/ou do microorganismo com o fagócito (célula que faz fagocitose) (2). A célula emite expansões da membrana plasmática (pseudópodos) que envolve e engloba o antígeno e/ou microorganismo (3). O antígeno e/ou microorganismo, então, será degradado dentro da célula pela ação de enzimas digestivas dos lisossomos (4 e 5).

Enquanto que as células NK agem de duas formas distintas. Elas possuem grânulos que contêm proteínas que auxiliam a destruição das células-alvos.

Quando as células NK são ativadas, os grânulos contendo proteínas são liberadas ao redor da célula-alvo. A proteína perforina que esta nos grânulos, facilita a entrada de outras proteínas, também dos grânulos denominadas granzimas. Estas proteínas induzem a apoptose das células-alvos. Com isso eliminam, as células com alterações e também as células com infecções.



Célula NK destruindo célula com alterações e infectada.

As células NK também podem ser estimuladas por macrófagos. Com isso, estimulam estes mesmos macrófagos, aumentando a capacidade dos macrófagos para fagocitar células infectadas. Auxiliando a remoção da infecção.

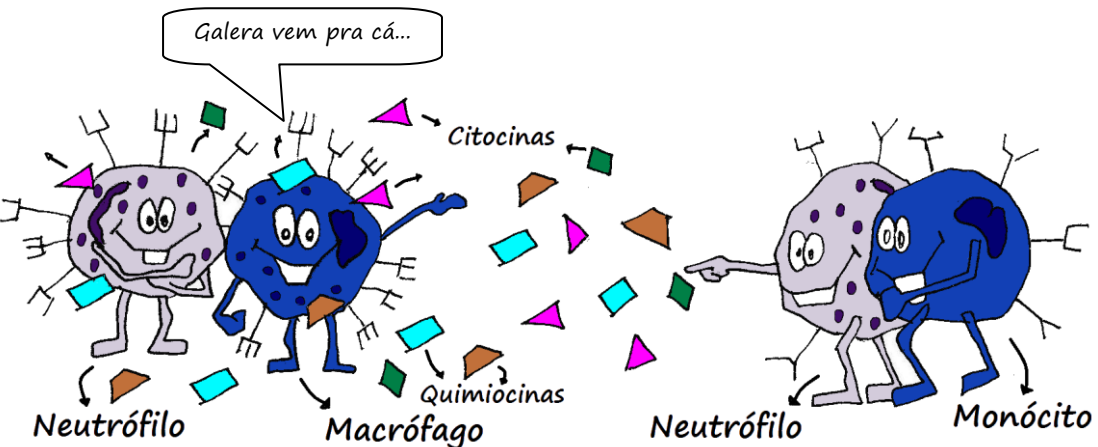
Na resposta, macrófagos e neutrófilos liberam **citocinas** e **quimiocinas**, que são sinalizadores químicos, que recrutam mais células para combater estas substâncias estranhas, caso estas células não consigam eliminar estas substâncias.

As citocinas e quimiocinas

As **citocinas** e **quimiocinas** são proteínas que se ligam a outras células que possuem receptores específicos para essas proteínas, sendo então uma forma de comunicação entre as células do sistema imune.

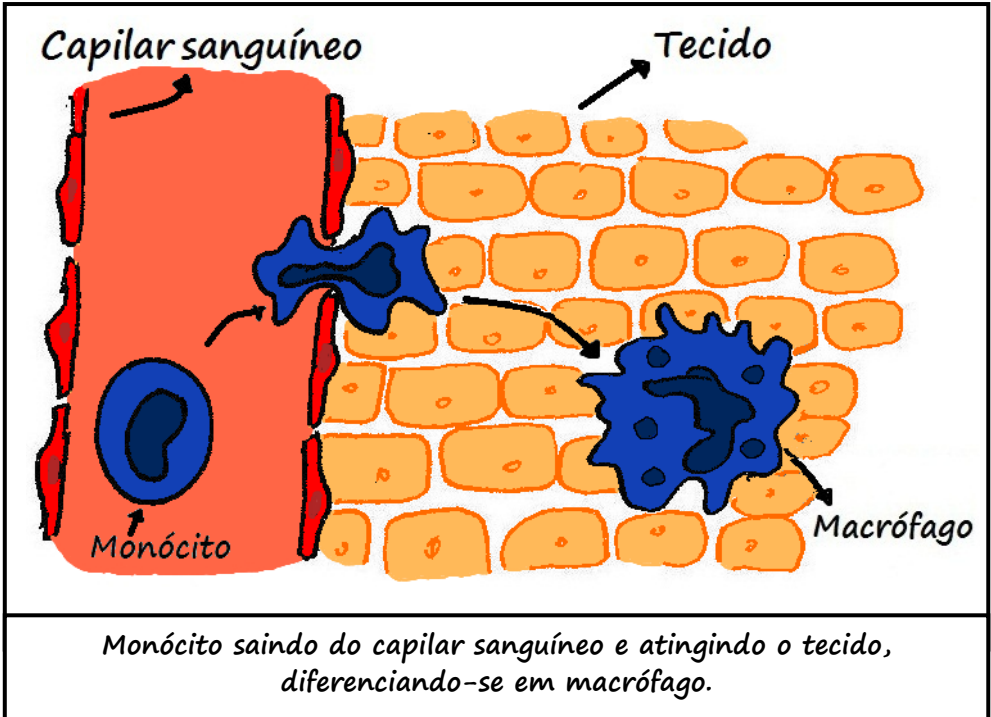
As citocinas estimulam células que possuem receptores para ligá-las, como por exemplo, neutrófilos e monócitos, além de aumentarem a permeabilidade de capilares sanguíneos no local da reação imune e também estimularem leucócitos que estão circulando no sangue a atravessarem a parede dos vasos sanguíneos e atingirem o local onde estão as substâncias estranhas.

As quimiocinas atraem células para o local da reação. Esse processo pelo qual se obrigam células a deslocar-se através de um estímulo químico é denominado quimiotaxia.



Neutrófilo e macrófago liberando citocinas e quimiocinas. Atraindo outras células para o local da reação como, por exemplo, neutrófilos e monócitos.

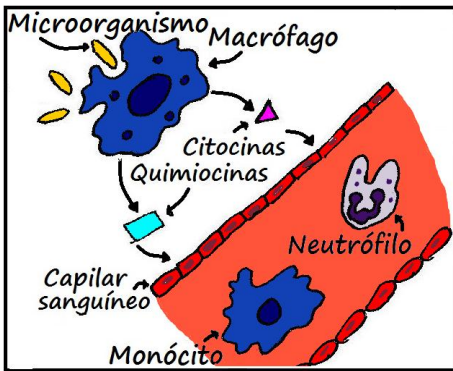
Os **monócitos** são células que circulam no interior dos vasos sanguíneos, mas ao passarem para os tecidos, se diferenciam em **macrófagos**.



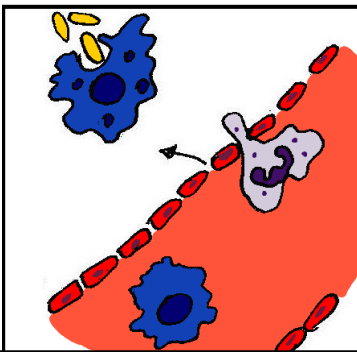
A passagem de células dos capilares sanguíneos para os tecidos sólidos é denominada **diapedese** e as células que fazem esse movimento são os leucócitos.

A inflamação

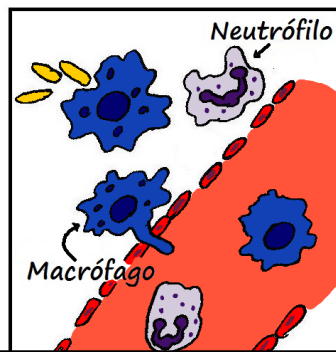
No local da reação ao antígeno, as células dos capilares sanguíneos próximos perdem um pouco da adesão entre si, pela ação das citocinas, possibilitando a passagem de células do sangue através dos pequenos espaços existentes. As duas substâncias liberadas (citocinas e quimiocinas) iniciam o processo de inflamação e logo aparecem mais neutrófilos e monócitos, que foram atraídos pelas quimiocinas. Outras substâncias também participam como mediadores químicos inflamatórios, como a histamina, que aumenta a irrigação sanguínea no local da reação e as prostaglandinas, que aumentam a permeabilidade dos capilares sanguíneos próximos da inflamação. Essas substâncias são liberadas por células do sistema imunológico ou mesmo pelas células que foram lesadas no local da inflamação.



Microorganismo estimula macrófago a liberar citocina e quimiocina.



A vasodilatação e o aumento da permeabilidade do capilar sanguíneo deixa o local vermelho, inchado e quente.



Macrófagos e Neutrófilos migram para o tecido, liberando mediadores inflamatórios e causando dor.

No local da inflamação fica mais vermelho (eritema), inchado (edema) e quente, porque aumenta a quantidade de sangue que chega ao local, devido ao aumento da permeabilidade dos vasos sanguíneos e a vasodilatação. Os sinais clássicos da inflamação são a **dor, o eritema, o edema e o calor.**

Quando falamos em infecção, é que o processo de inflamação é causada por um microorganismo. E neste caso, quando as citocinas são produzidas em excesso, causam febre, dor de cabeça, mal estar generalizado, perda de apetite e sonolência, sendo os sinais e sintomas observados então na infecção.



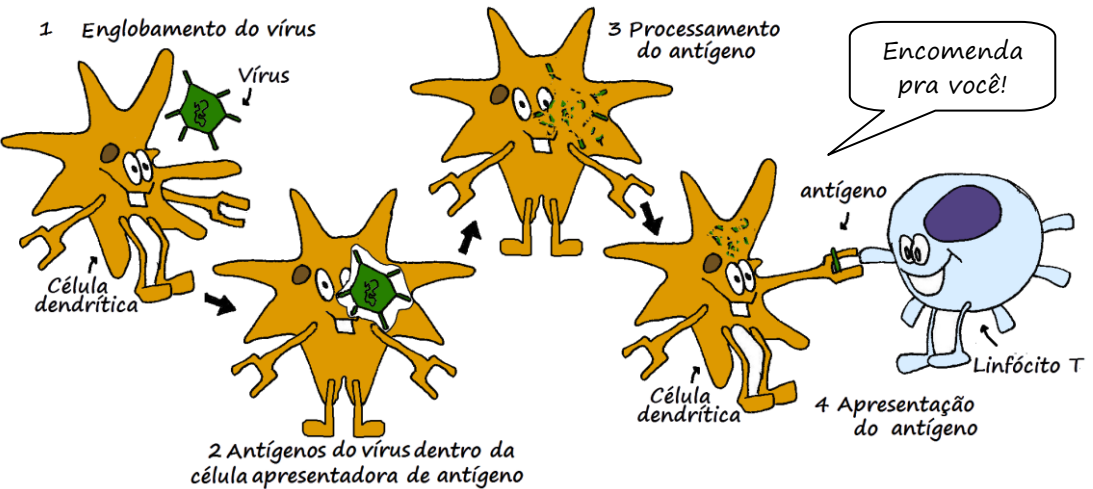
Em muitos casos, os microorganismos e substâncias estranhas que invadem nosso corpo são combatidos e eliminados pelas células da resposta imune inata. Mas se o microorganismo é mais resistente e potente ou está em grande quantidade, a resposta imune adaptativa será ativada para ajudar a eliminá-lo. Essa resposta demora cerca de 7 dias para ficar pronta e ativada e conta com a participação de linfócitos, que são células mais especializadas, capazes de ajudar a combater microorganismos resistentes, além de conferir proteção contra aquele microorganismos por vários anos. Esta resposta é ativa por células da resposta imune inata.

Ativação da resposta imune adaptativa

No local da infecção existem células dendríticas que capturam vírus e antígenos, entram nos vasos linfáticos e migram em direção ao linfonodo mais próximo para apresentar estes componentes para os linfócitos T. As células dendríticas são denominadas **células apresentadoras de antígenos**.

Existem 2 tipos de linfócitos, os auxiliares e os citotóxicos, cada um com funções diferentes que veremos adiante. Cada linfócito é específico para **um** tipo de antígeno. Eles ficam armazenados nos linfonodos e no baço aguardando a entrada do antígeno no corpo.

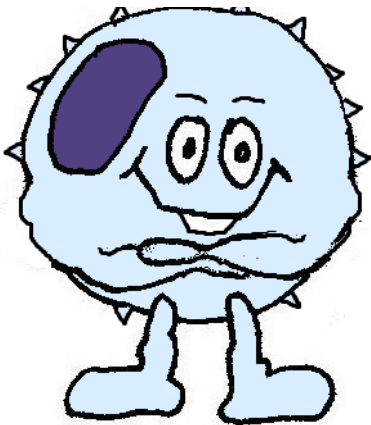
Quando as células dendríticas apresentam o antígeno para os linfócitos eles se ativam, iniciando a resposta imune adaptativa.



Célula dendrítica apresentando um vírus para um linfócito T, ativando-o.

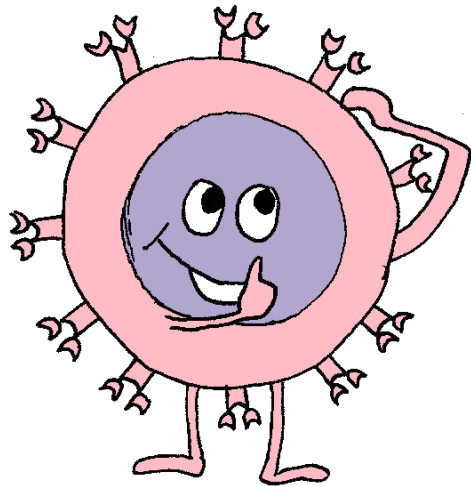
ADAPTATIVA

Essa resposta é a segunda linha de ação que nosso corpo tem para responder a entrada de um antígeno. Essa resposta também pode ser chamada de resposta imune adquirida ou específica. Recebe esse nome porque essa resposta é a imunidade que um indivíduo desenvolve após ter tido contato com antígeno.



Linfócito T

Participam desta resposta os linfócitos T e os linfócitos B.



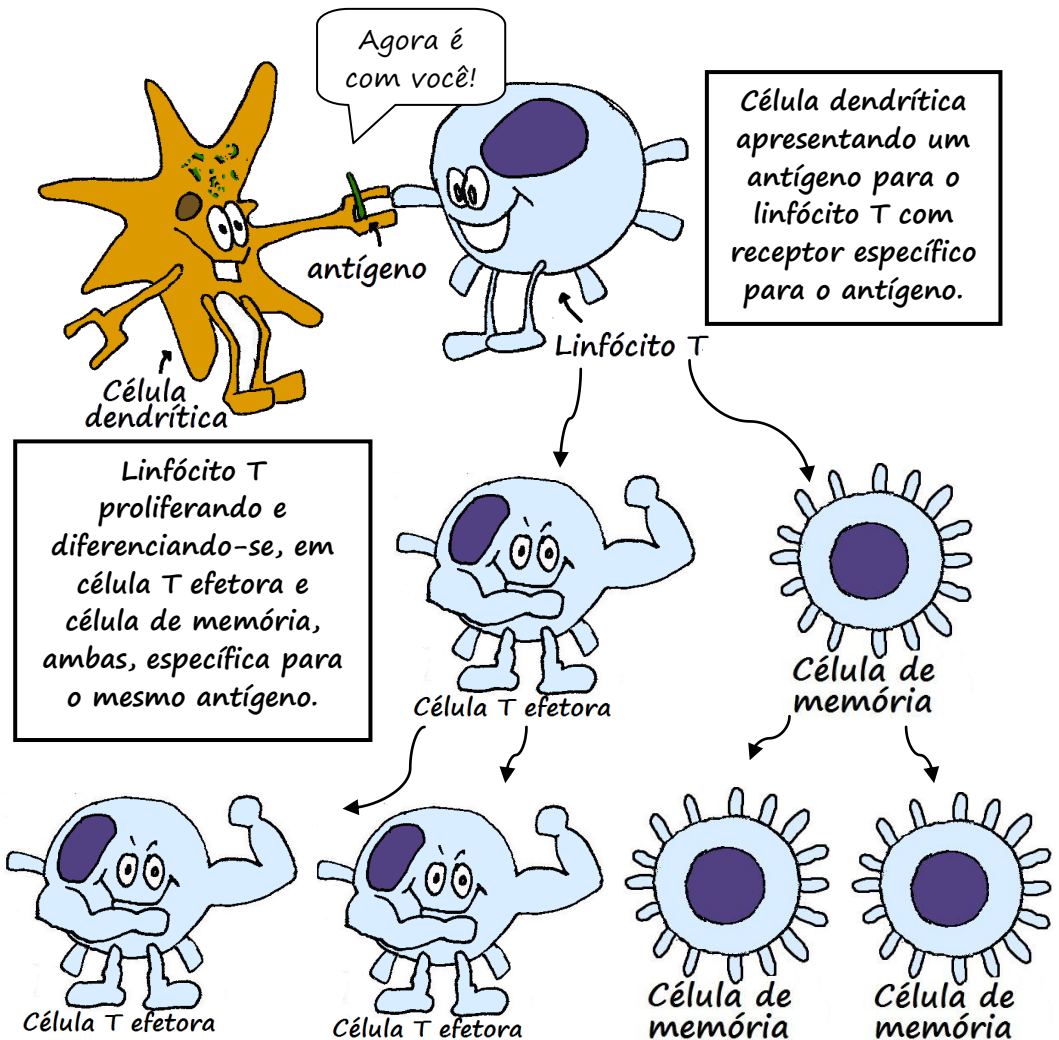
Linfócito B

Os linfócitos B são produzidos na medula óssea, enquanto que os linfócitos T são produzidos também na medula óssea e em seguida migram para o timo, onde então se tornam maduros e funcionais.

Temos cerca de 1 trilhão de cada uma destas células no nosso corpo, cada uma específica para um tipo de antígeno. Por esta razão, essa resposta é uma resposta específica a um determinado antígeno.

Linfócitos T

Os linfócitos T são ativados ao encontrarem as células apresentadoras de antígenos, contendo antígenos específicos. Com a ativação, os linfócitos ficam maiores e começam a multiplicar, produzindo milhões de clones capazes de ajudar na remoção do antígeno, chamadas agora de **células T efetoras** e em **células de memória**. Este processo demora alguns dias.



Essa produção e ativação de milhões de células causa muitas vezes o inchaço e um pouco de desconforto no linfonodo, que é percebido como um caroço inchado perto do local da infecção. Quando a infecção é no dente, na garganta, no ouvido, ou uma sinusite, o caroço aparece no pescoço. Quando é nos braços, mãos ou perto do peito, aparece nas axilas, e quando a infecção é nos pés, pernas e órgãos genitais, ele aparece na virilha. Este caroço é conhecido como **íngua** e nada mais é, do que o linfonodo inchado por ter sua atividade aumentada pela infecção.

Os milhões de linfócitos T ativados saem dos linfonodos, entram na circulação sanguínea e vão para o local da infecção. Isso demora cerca de 7 dias.

Com a chegada desse reforço especializado, na maioria dos casos, a infecção começa a ser efetivamente eliminada. Por isso é que a maioria das infecções de ouvido, nariz, garganta, boca, espinhas da pele, pioram até 5 ou 7 dias e depois começam a melhorar.

Após a ativação do linfócito T, essas células são chamadas de **células T efectoras armadas** e produzem moléculas necessárias para destruir os patógenos e também para aumentar a potência da resposta imune inata que auxiliará a resposta e remoção do antígeno.

Temos uma subdivisão das células T em **células T citotóxicas** e **células T auxiliares**. Na resposta imune adaptativa há uma resposta imune mediada por células, chamada de **resposta imune celular**, na qual participam estes dois tipos de linfócitos T, e outra resposta mediada por anticorpos, denominada **resposta imune humoral**, na qual participam os linfócitos B.

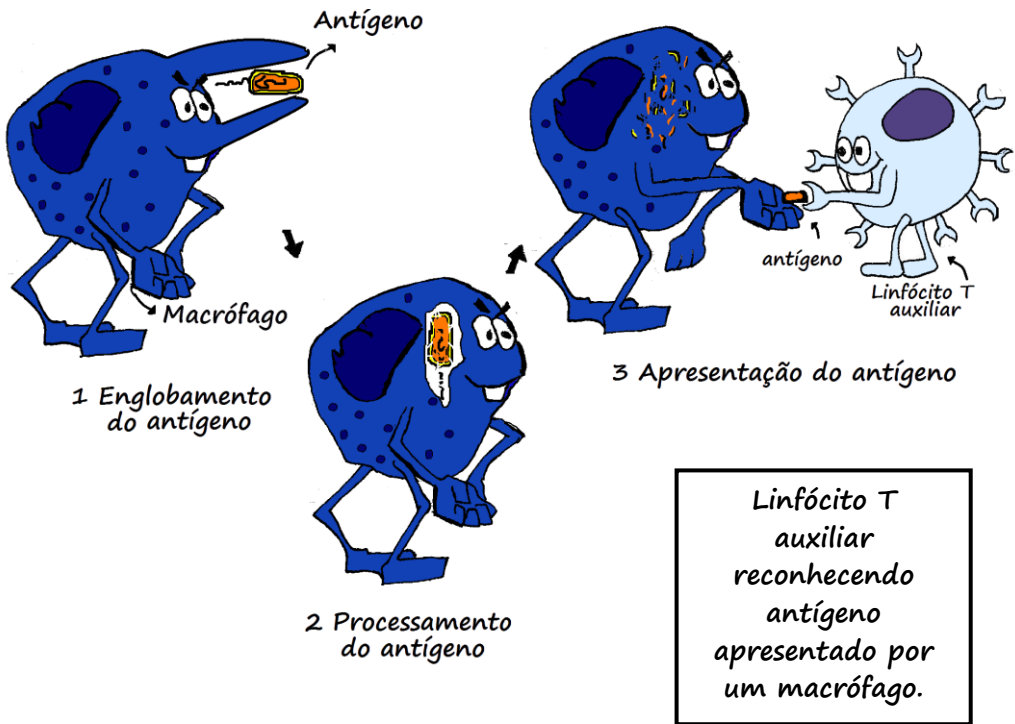
Os linfócitos T ou B que não encontraram antígenos, vivem em torno de 4 a 6 semanas, sem terem proliferados e nem se diferenciados, pois não receberam nenhum estímulo para que isso ocorresse.

Resposta imune celular

Participam deste tipo de resposta os **linfócitos T auxiliares** e os **linfócitos T citotóxicos**. Esses dois tipos de linfócitos possuem receptores específicos para reconhecerem e responderem a antígenos somente quando estes forem apresentados por outras células, denominadas células apresentadoras de antígenos, como vimos anteriormente.

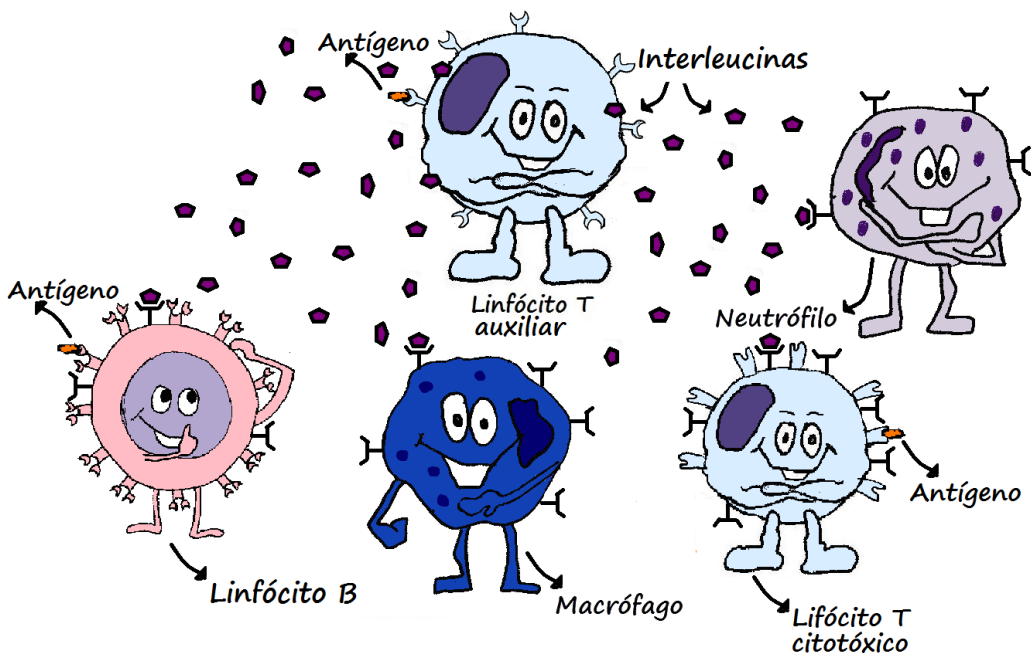
Os linfócitos T auxiliares

Os linfócitos T auxiliares reconhecem antígenos que foram fagocitados...



... e ao serem ativados, produzem e liberam **interleucinas**, que é um grupo de substâncias que auxiliam a diferenciação de linfócitos B e linfócitos T citotóxicos que estejam ligados também aos antígenos. As interleucinas são citocinas produzidas e liberadas por linfócitos. Por auxiliar a ativação do linfócito B, o linfócito T auxiliar também participa da resposta imune humoral, que veremos adiante.

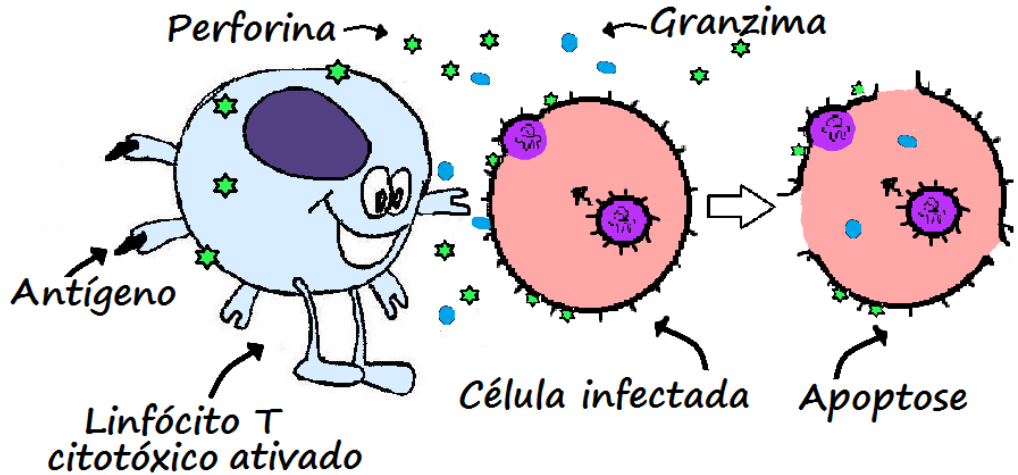
Os linfócitos T auxiliares também potencializam macrófagos e neutrófilos para fagocitarem e destruírem os microorganismos que estão fora das células.



Linfócito T liberando interleucinas que potencializam linfócitos B, macrófagos, linfócitos T citotóxicos e neutrófilos.

Os linfócitos T citotóxicos

Quando os microorganismos invadem as células do nosso corpo os linfócitos T citotóxicos entram em ação. Quando chegam no local da infecção, esses linfócitos reconhecem as células que foram infectadas. Com isso, a única solução é matar esta célula para então conseguir eliminar o microorganismo. Assim, esses linfócitos secretam proteínas denominadas perforina e granzima. A perforina adere à membrana plasmática da célula infectada e danifica a sua estrutura, enquanto a granzima entra na célula e induz a apoptose da célula levando a destruição dos organismos invasores.



Linfócito T citotóxico ativado, ligado a célula infectada e liberando perforina. Célula infectada sofre apoptose e conseqüentemente o organismo invasor é destruído.

A perforina é uma enzima importante na reação imune contra células cancerígenas e células infectadas. Assim como em rejeição de transplantes e respostas autoimunes, como o diabetes mellitus tipo 1.

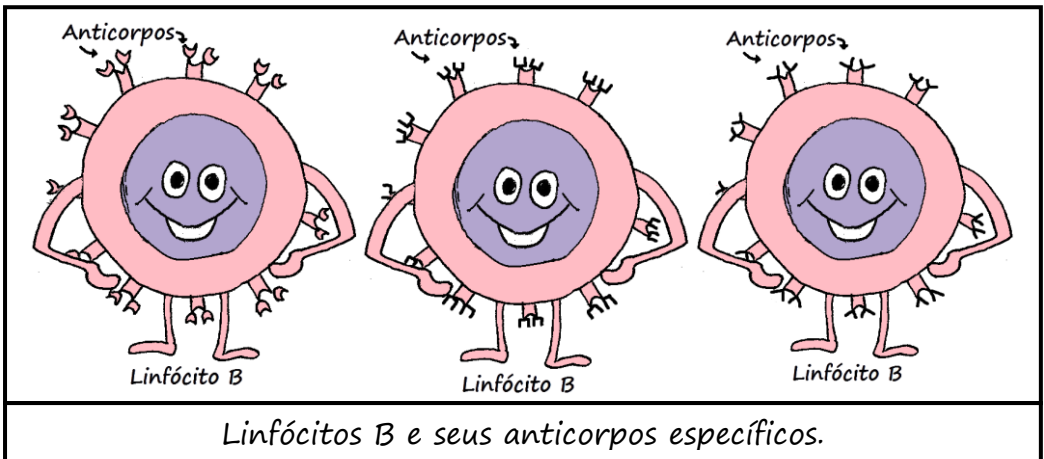
Perforina →

Linfócitos B

Os linfócitos B participam da resposta imune humoral, produzindo moléculas de **anticorpos** também chamados de **imunoglobulinas**.

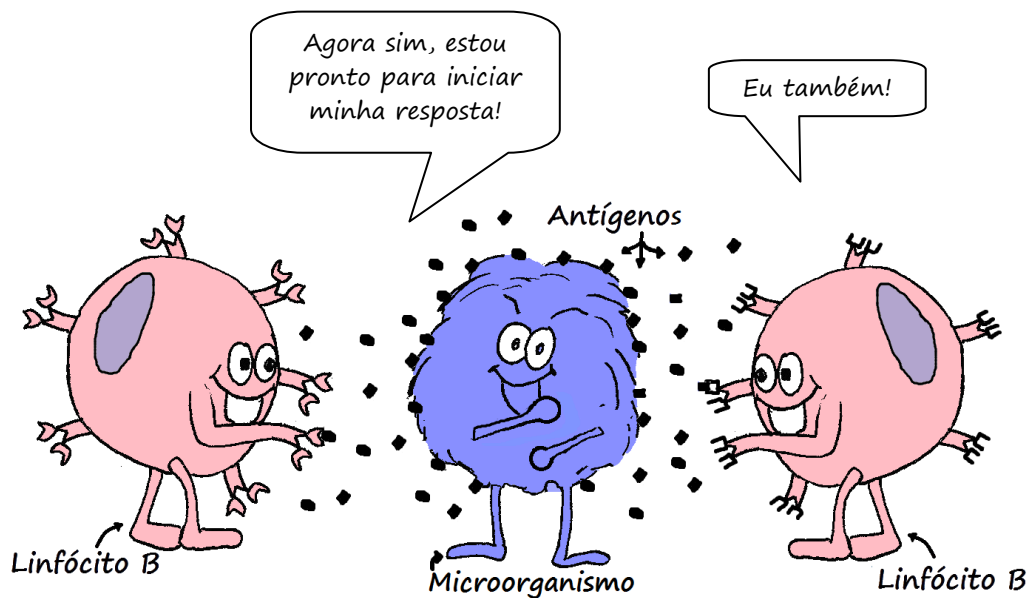
Podemos encontrar anticorpos como receptores específicos na membrana plasmática dos linfócitos B ou dissolvidos no plasma, nas lágrimas, na saliva, no escarro, no leite materno, na placenta e na bile por exemplo.

Cada linfócito B tem anticorpos específicos para 1 tipo de antígeno.



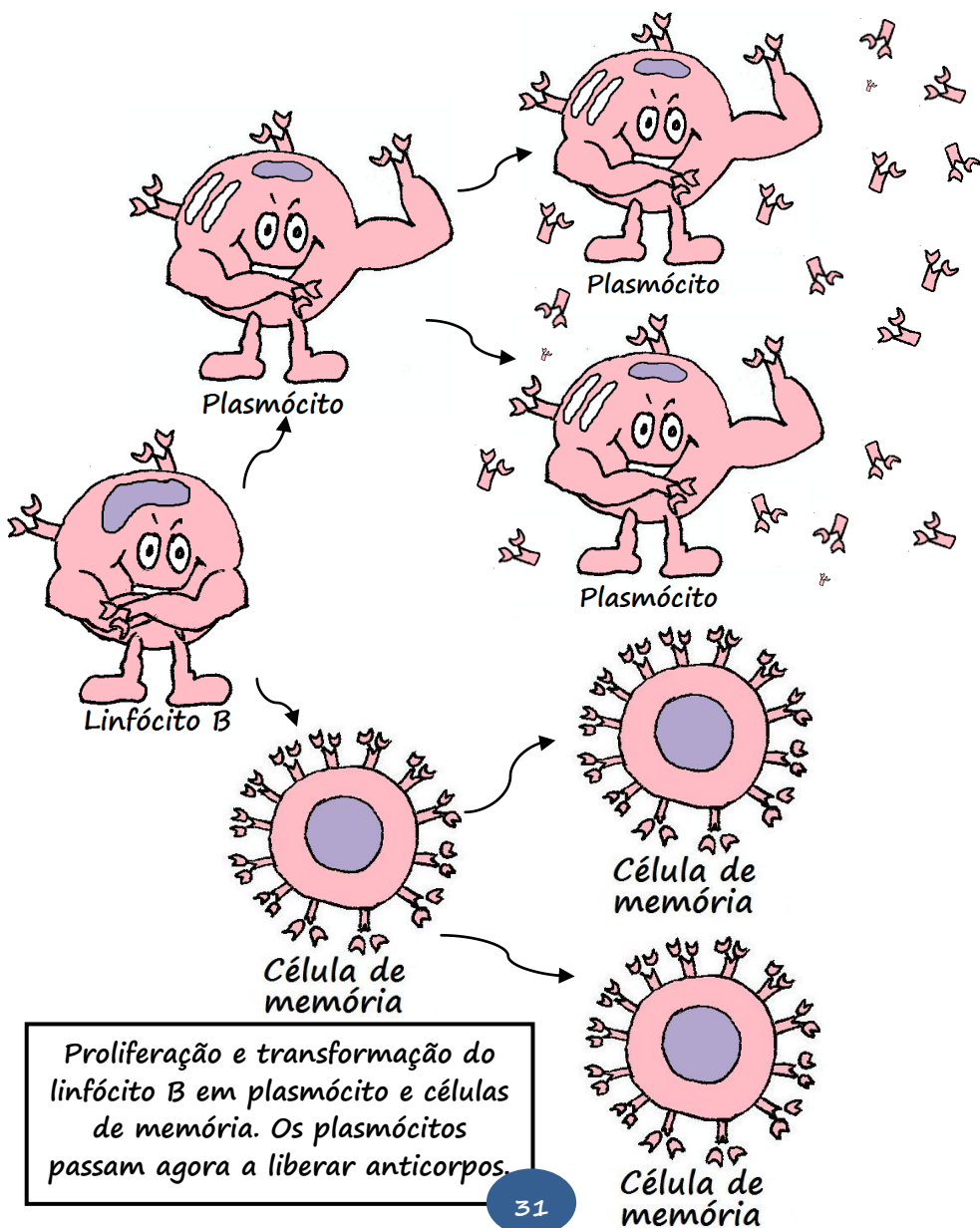
A resposta imune humoral possui esse nome porque humoral vem do latim, *humore*, que significa fluido ou líquido. E os anticorpos participam da reação imune nos humores corporais, como por exemplo, no sangue e na linfa.

Quando os antígenos do microorganismo entram nos vasos linfáticos ou sanguíneos, são drenados para os linfonodos mais próximos ou para o baço. Lá, os linfócitos B reconhecem o antígeno.



Linfócitos B estimulados pelo contato com os antígenos específicos.

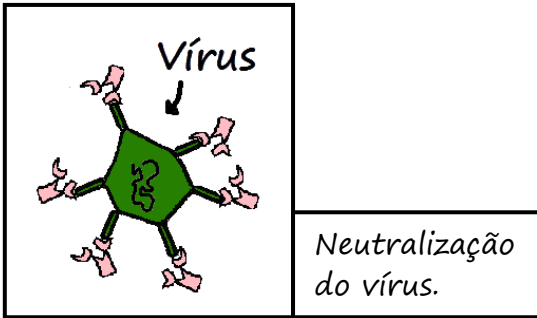
Todos os linfócitos B que reconheceram algum antígeno, se ativam, multiplicam e produzem milhões de células que secretam anticorpos, chamados plasmócitos. Uma parte dos linfócitos B se transformam em células de memória.



Proliferação e transformação do linfócito B em plasmócito e células de memória. Os plasmócitos passam agora a liberar anticorpos.

Os milhões de plasmócitos secretam bilhões de anticorpos no sangue. Os anticorpos possuem dois mecanismos efetores, para ajudar no combate ao antígeno.

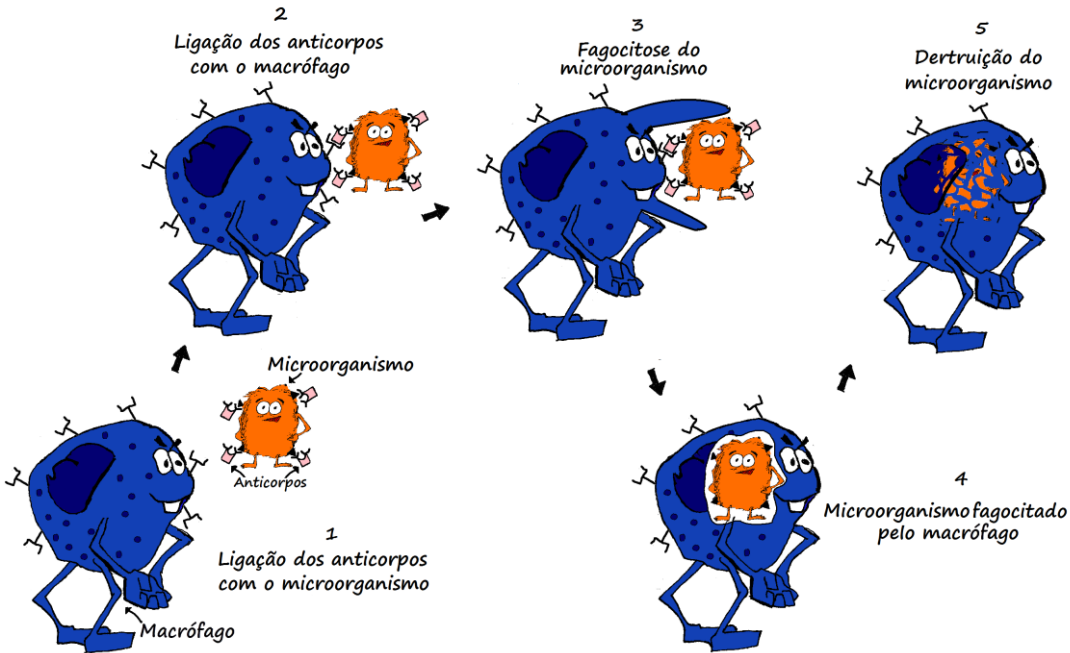
O primeiro mecanismo é chamado de **neutralização**, em que os anticorpos se ligam ao redor de todo o microorganismo, neutralizando-o, atrapalhando suas funções como a reprodução e a locomoção.



Pode ocorrer também a neutralização de toxinas, tornando-as inativas, como no caso do veneno de cobra que é neutralizado pelos anticorpos presentes no soro.



No segundo mecanismo de ação dos anticorpos, eles agem como **sinalizadores**, marcando o alvo para que os macrófagos e neutrófilos possam fagocitar e destruir mais rapidamente o alvo, acelerando toda a reação.

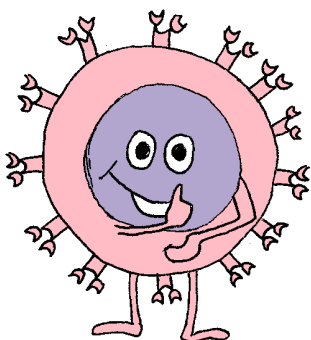


Anticorpos ligam-se ao microorganismo (1) e sinaliza para os fagócitos (2) para que façam a fagocitose (3 e 4) e destroem o microorganismo (5).

MEMÓRIA IMUNOLÓGICA

Célula T e B de memória

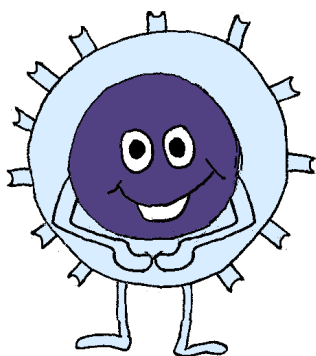
Ao final da resposta imune, quando a infecção já estiver terminada, a maioria dos linfócitos T e B sofrem **apoptose**. Os que sobram são os linfócitos de memória que sobrevivem por vários anos. Caso ocorra um **segundo contato** com este mesmo tipo de antígeno, essas células se multiplicam velozmente e combatem o invasor mais facilmente.



Célula B de memória

Podemos te encontrar daqui a alguns anos...

Microorganismo



Célula T de memória

... e nossa resposta será muito mais rápida!

É por este motivo, que em alguns casos, não contraímos uma doença causada pelo mesmo microorganismo mais de uma vez, como no caso da catapora e do sarampo. Caso ocorra a entrada do mesmo microorganismo, como a resposta a ele será bem mais rápida, a doença pode nem se manifestar ou aparecer bem mais branda do que da primeira vez.

O conhecimento sobre **vacinação** vem desse mecanismo de memória imunológica.

CURIOSIDADES

Vacinas

As vacinas possuem antígenos não-patogênicos de microorganismos, ou seja, o microorganismo não é capaz de provocar a doença, mas os antígenos estimulam o desenvolvimento de linfócitos efetores e de memória. Em um segundo contato com o mesmo antígeno, como vimos na memória imunológica, responderá mais rapidamente e de forma mais eficiente, combatendo o microorganismo antes mesmo dele se instalar no organismo. Este tipo de imunidade é conhecido como imunidade ativa induzida artificialmente e tem como objetivo a prevenção.

Soros

Os soros já são os anticorpos prontos para combater um determinado antígeno. Esses anticorpos reconhecem o antígeno e ativam o sistema imunológico. Como o indivíduo já recebe os anticorpos prontos, este tipo de imunidade é conhecido como imunidade passiva adquirida artificialmente e tem como objetivo a cura imediata. Como exemplo deste tipo de imunidade, podemos citar a utilização do soro antiofídico, que é aplicado ao paciente que foi picado por uma cobra. Como o corpo deste paciente recebeu uma quantidade considerável de antígeno (veneno), e este antígeno tem que ser logo combatido, é aplicado então o soro, que já possui os anticorpos prontos para combater este antígeno.

DESAFIOS

1. (Fuvest-SP) As bactérias podem vencer a barreira da pele, por exemplo num ferimento, e entrar em nosso corpo. O sistema imunitário age para combatê-las.

a) Nesse combate, uma reação inicial inespecífica é efetuada por células do sangue. Indique o processo que leva à destruição do microorganismo bem como as células que o realizam.

b) Indique a reação de combate que é específica para cada agente infeccioso e as células diretamente responsáveis por esse tipo de resposta.

2. (Fuvest-SP) Um vírus foi identificado como a causa da morte de centenas de focas no mar do Norte e no Báltico. Ao penetrarem no organismo, as primeiras células que esses vírus invadem e prejudicam são os macrófagos e os linfócitos. Explique por que as focas infectadas tornam-se extremamente vulneráveis ao ataque de outros microorganismos patogênicos.

3. Quais são as principais ações das citocinas e quimiocinas, respectivamente?

4. Quais são os sinais típicos de uma reação inflamatória que ocorre na pele lesada pela invasão de microorganismos patogênicos?

5. (Unicamp-SP) Notícias recentes veiculadas pela imprensa informam que o surto de sarampo no estado de São Paulo foi devido à diminuição do número de pessoas vacinadas nos últimos anos. As autoridades sanitárias também atribuíram o alto número de casos em crianças abaixo de um ano ao fato de muitas mães nunca terem recebido a vacina contra o sarampo.

a) Se a mãe já foi vacinada ou já teve sarampo, o bebê fica temporariamente protegido contra a doença? Por quê?

b) Por que uma pessoa que teve sarampo ou foi vacinada fica permanentemente imune a doenças? De que forma a vacina atua no organismo?

6. (Vunesp) No Instituto Butantan, o veneno de serpentes é injetado em cavalos, dos quais será retirado certo volume de sangue que será processado em laboratório para a produção de soro antiofídico.

a) que elemento será produzido pelo organismo do cavalo e que irá se constituir na matéria-prima do soro antiofídico? Esse elemento presente no sangue do cavalo é um carboidrato, lipídio, proteína ou ácido nucléico?

b) O soro antiofídico produzido a partir do sangue de um cavalo no qual foi injetado veneno de jararaca (*Bothrops jararaca*) poderá proteger do veneno de qualquer outra espécie de serpente? Justifique.

7. Cite as diferenças entre a imunidade celular e a imunidade humoral?

8. O estrôncio-90 é um átomo radioativo semelhante ao átomo de cálcio. Se for absorvido pelo organismo, sua radiação pode provocar danos ao DNA e câncer. Explique por que a leucemia (em que há produção de glóbulos vermelhos anormais) é um dos tipos de câncer que esse elemento pode provocar.

GABARITO

1. a) O processo inespecífico que leva a destruição desses patógenos é a fagocitose, realizada principalmente por macrófagos e neutrófilos.
b) A reação de combate específica é a produção de anticorpos para cada antígeno. As células diretamente responsáveis por esse tipo de resposta são os linfócitos T, linfócitos B e plasmócitos.
2. Os macrófagos e os linfócitos respondem pela defesa do corpo. Uma vez prejudicados, as focas ficam mais vulneráveis ao ataque de microorganismos patogênicos.
3. As citocinas e quimiocinas são mensageiros químicos. As citocinas são responsáveis por estimular células do sistema imune e aumentar a permeabilidade dos capilares sanguíneos no local da reação e as quimiocinas são responsáveis pela quimiotaxia.
4. Os sinais típicos da reação inflamatória são a dor, o eritema, o edema e o calor.
5. a) Sim; o organismo da mãe tem anticorpos contra o vírus do sarampo, que atravessam a placenta e chegam ao bebê, protegendo-o por algum tempo.
b) Quem já entrou em contato com o vírus do sarampo produz anticorpos por toda a vida e fica protegido contra essa doença. As vacinas estimulam o organismo a produzir anticorpos.
6. a) Anticorpos, proteínas.
b) não porque os anticorpos são específicos.
7. A imunidade celular é mediada por linfócitos T citotóxicos e auxiliares, enquanto a imunidade humoral é mediada por anticorpos produzidos pelos linfócitos B.
8. Por ser semelhante ao cálcio, o estrôncio-90 pode depositar-se nos ossos e sua radiação atingir a medula óssea, provocando mutações nas células que originam as células do sangue, o que pode causar leucemia.

GLOSSÁRIO

Apoptose – Morte celular programada, onde a célula ativa reações internas induzindo-a a morte.

Célula efetora – Célula que realiza uma função específica.

Endocitose – Processo em que a célula absorve material através da membrana plasmática.

Granulócitos – Leucócitos que apresentam muitos grânulos no citoplasma. São divididos em três grupos: basófilos, neutrófilos e eosinófilos.

Medula óssea – Tecido que se encontra no interior do osso e que produz células sanguíneas.

Peptídeo – Composto resultante da união entre dois ou mais aminoácidos.

Plaqueta – Fragmento de célula presente no sangue que é formado na medula óssea. Participa do processo de coagulação sanguínea.

Suco gástrico – Líquido claro, transparente, altamente ácido, que contém ácido clorídrico, muco, enzimas e sais.

Referências bibliográficas

- ✓ JANEWAY, Charles A. et al. *Imunobiologia: o sistema imune na saúde e na doença*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. xxiii, 824p.
- ✓ ABBAS, Abul K.; LICHTMAN, Andrew H; POBER, Jordan S. *Imunologia celular e molecular*. 3. ed. Rio de Janeiro: Revinter, c2000. 486p.
- ✓ MAYER, R. *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- ✓ MAYER, R. Cognitive Constraints on Multimedia Learning: When Presenting More Material Results in Less Understanding. *Journal of Educational Psychology*. Vol. 93, Nº 1, 187-198. 2001b.
- ✓ MAYER, Richard E. The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*. v. 13, p. 125-139, 2003.
- ✓ MAYER, Richard E.(Org.). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge, Cambridge Universty Press, 2005a.
- ✓ MAYER, Richard E. Principles for managing essential processing in multimedia learning: segmenting, pretraining, and modality principles, 2005b. In: MAYER, R. E., 2005a, pp. 169-182.
- ✓ MAYER, Richard E. Introduction to multimedia learning. 2005c. In: MAYER, R. E., 2005a, pp. 1-16.
- ✓ MAYER, Richard E. Systematic thinking fostered by illustration in scientific text. *Journal of Educational Psychology*, n. 81, p. 240-246, 1989.
- ✓ MORENO, Roxana; MAYER, Richard E. Cognitive principles of multimedia learning: the role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, n.92, p. 724-733, 1999.
- ✓ SANTOS, Leila Maria Araújo; TAROUÇO, Liane Margarida Rockenback. A importância do estudo da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica. *Novas Tecnologias na Educação*. CINTED, v.5, n.1, 2007.
- ✓ SWELLER, J. Evolution of human cognitive architecture. In ROSS B. (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 43). San Diego: Academic Press, 2003.

