

The background of the cover is a colorful grid of squares, each containing a different immunology-related icon. These include various types of cells (like lymphocytes and macrophages), antibodies (Y-shaped structures), and microorganisms (like bacteria and viruses). The colors used for the squares are primarily red, yellow, blue, and purple.

**UERN**

**ATLAS DIDÁTICO  
INCLUSIVO SOBRE  
O SISTEMA  
IMUNOLÓGICO**

**LARA FABIANA LOPES CASTRO  
PROF<sup>ª</sup>. DR<sup>ª</sup>. DAYSEANNE ARAUJO FALCÃO**





## Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

### Reitora

Cicília Raquel Maia Leite

### Vice-Reitor

Francisco Dantas de Medeiros Neto

### Diretor da Editora Universitária da Uern ( Eduern)

Francisco Fabiano de Freitas Mendes

### Chefe do Setor Executivo da Editora Universitária da Uern ( Eduern)

Jacimária Fonseca de Medeiros

### Chefe do Setor de Editoração da Editora Universitária da Uern ( Eduern)

Linderey Francisco Tomé de Souza Lins



### Conselho Editorial da Edições Uern

Andreza Tacyana Félix Carvalho

Francisco Fabiano de Freitas Mendes

Franklin Roberto da Costa

Fernanda Abreu de Oliveira

Gleisson do Carmo Oliveira

Ismênia Gurgel Martins

Jacimária Fonseca de Medeiros

Linderey Francisco Tomé de Souza Lins

Maria Ione da Silva

Otoniel Fernandes da Silva Júnior

Patrícia Batista Barra

Kalidia Felipe de Lima Costa

Saulo Gomes Batista

Sérgio Luiz Pedrosa Silva



### Revisora

Alana Beatriz Chaves Sales

### Diagramadora

Lara Fabiana Lopes Castro

## Catálogo de Publicação na Fonte.

### Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

C355a

Castro, Lara Fabiana Lopes;

Cartilha- Atlas Didático Inclusivo sobre o Sistema Imunológico [Recurso eletrônico]. / Lara Fabiana Lopes Castro, Dayseanne Araujo Falcão. - Mossoró, RN: Edições UERN, 2026.

33 p.

ISBN: 978-85-7621-609-4

1. Sistema Imunológico. 2. Atlas didático. 3. Educação inclusiva. 4. Ensino de Biologia. I. Dayseanne Araújo Falcão. II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

UERN/BC

CDD 616.079

Bibliotecária: Jocelania Marinho Maia de Oliveira CRB 15 / 319



# CAPÍTULOS E TEMAS ABORDADOS

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO</b>                                     | <b>04</b> |
| <b>1. Introdução ao Sistema Imunológico</b>           | <b>05</b> |
| • Conceitos básicos em imunologia                     | 06        |
| • Imunidade inata e adaptativa                        | 07        |
| • Células da Imunidade Inata                          | 08        |
| • Linfócitos T                                        | 09        |
| • Linfócitos B                                        | 10        |
| • Sistema Complemento                                 | 11        |
| <b>2. Mecanismos de Defesa</b>                        | <b>12</b> |
| • Barreiras físicas e químicas                        | 13        |
| • Resposta inflamatória                               | 14        |
| • Reconhecimento e fagocitose                         | 15        |
| <b>3. Imunidade Adaptativa</b>                        | <b>16</b> |
| • Resposta humoral                                    | 17        |
| • Estrutura e função dos anticorpos                   | 18        |
| • Tipos de antígenos e suas interações com anticorpos | 19        |
| <b>4. Vacinação</b>                                   | <b>20</b> |
| • Importância da vacinação à saúde pública            | 21        |
| • Como as vacinas funcionam                           | 22        |
| • Tipos de vacina                                     | 23        |
| <b>5. Problemas de tolerância e possíveis doenças</b> | <b>24</b> |
| • Autoimunidade e doenças autoimunes                  | 25        |
| • Hipersensibilidade (alergias)                       | 26        |
| • Imunodeficiências                                   | 27        |
| • Tolerância na Gravidez                              | 28        |
| <b>6. Transplantes e Rejeição</b>                     | <b>29</b> |
| • Tipos de transplantes                               | 30        |
| • Mecanismos de rejeição e a compatibilidade          | 31        |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>                           | <b>32</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b>                                    | <b>33</b> |

# INTRODUÇÃO

O presente atlas é o produto final do Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em Ciências Biológicas de Lara Fabiana Lopes Castro, sob a orientação da Profa. Dra. Dayseanne Araujo Falcão. Com o intuito de democratizar a educação, este recurso didático foi produzido a fim de complementar o Ensino em Biologia no Ensino Médio, após pesquisas apontarem defasagem no conteúdo de Imunologia em livros de instituições públicas na cidade de Mossoró/RN. Além disso, cada página do presente recurso conta com *Qr Code* que contém *links* para acesso do conteúdo em áudiodescrição e Libras, tornando assim a obra acessível para pessoas com deficiência visual ou auditiva.

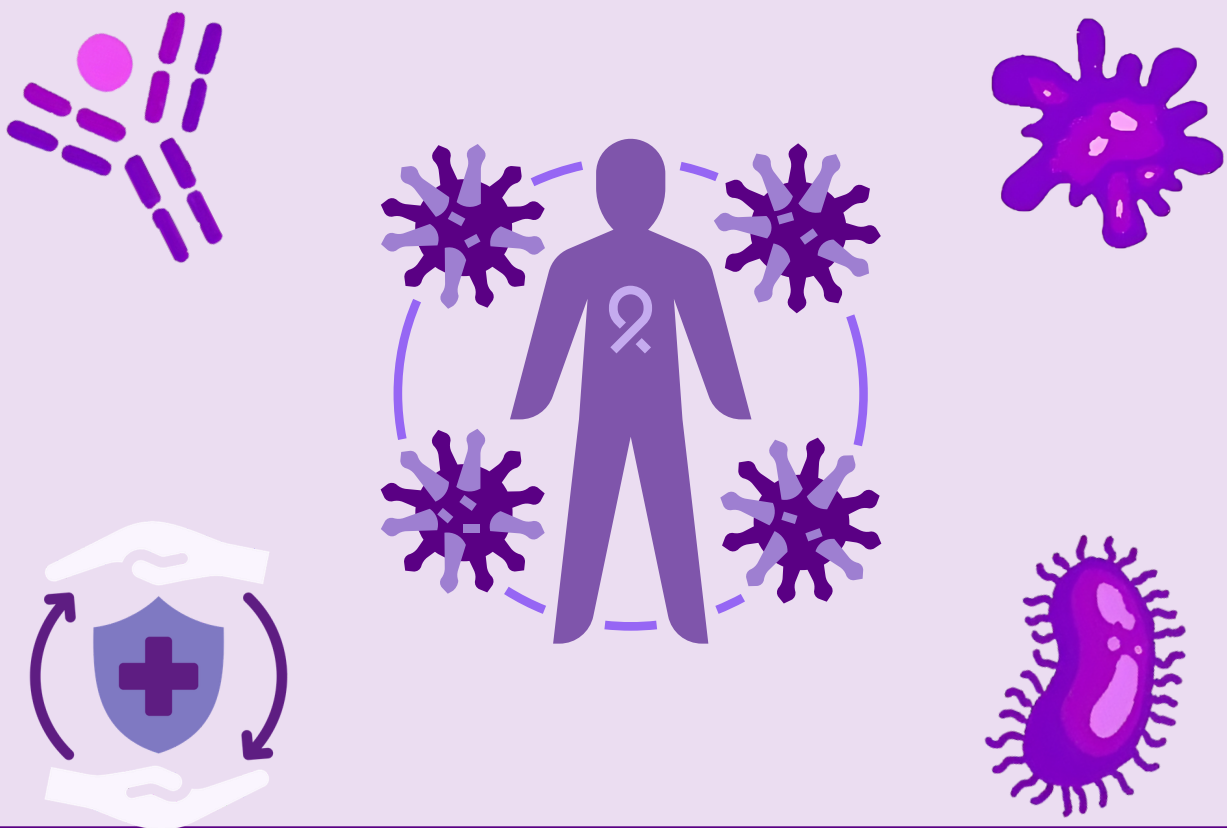
Conhecimentos básicos em imunologia são de extrema importância para a saúde pública e esse fato tornou-se mais evidente após a pandemia de Covid-19, ocorrida no ano de 2020, pois a população em geral passou a observar a necessidade do entendimento acerca dos vírus — como eles se reproduzem, sua transmissão e, principalmente, como se proteger deles. Além disso, a vacinação tornou-se outra pauta pertinente, após uma série de questionamentos acerca de sua eficácia devido à “rapidez” com que foi produzida; no entanto, é importante destacar que profissionais de saúde de todas as partes do mundo concentraram seus esforços e conhecimentos para que a saúde da população fosse garantida o mais breve possível.

Nesse contexto, a educação básica em biologia deve guiar os alunos acerca dessas temáticas, tornando-os capacitados para responder a questionamentos básicos em prol da própria saúde e da coletividade. Dessa forma, o presente atlas visa preencher as lacunas deixadas pelos materiais tradicionais, oferecendo um recurso acessível, inclusivo e atualizado sobre imunologia que vai ao encontro das necessidades de alunos e professores dessa etapa. A utilização de tecnologias como áudiodescrição e tradução em Libras garante que o material seja acessível a todos, ampliando significativamente as possibilidades de aprendizagem.

Em conclusão, este atlas representa um avanço na democratização do ensino de biologia, especialmente em temas fundamentais à saúde pública, como a imunologia. Ao abordar a carência de conteúdo em escolas públicas e integrar ferramentas de acessibilidade, a obra não apenas enriquece o processo de ensino-aprendizagem, mas também promove a inclusão social, sendo um instrumento que pode ser utilizado tanto por estudantes quanto por educadores.

# Capítulo 1

## Introdução ao Sistema Imunológico

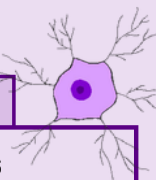




## Conceitos básicos em imunologia

### Imunologia

Imunologia é a ciência que estuda os mecanismos de regulação e equilíbrio do organismo, focando nos processos pelos quais ele mantém a homeostase ao interagir com diversos elementos externos, como microrganismos, e internos, como células e moléculas próprias. Ela se concentra em entender como o corpo identifica e gerencia essas interações para preservar sua integridade e funcionalidade (Sousa, 2020, p. 1).



### Patógenos

Patógenos são organismos capazes de causar doenças. Eles incluem bactérias, vírus, fungos e parasitas. Quando um patógeno invade o corpo, ele pode desencadear uma resposta imunológica para combatê-lo.



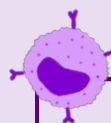
### Células Imunológicas

Células imunológicas são as células do sistema imunológico que protegem o corpo contra infecções. Alguns exemplos são linfócitos, neutrófilos e macrófagos. Cada tipo de célula tem uma função específica na identificação e eliminação de patógenos.



### Antígenos

Antígenos são moléculas presentes na superfície dos patógenos ou substâncias estranhas que, quando reconhecidas pelo sistema imunológico, provocam uma resposta. Eles provocam a ativação de componentes responsáveis pela sua eliminação.



### Anticorpos

Anticorpos são proteínas produzidas pelos linfócitos B em resposta aos antígenos. Eles se ligam aos antígenos de forma específica, neutralizando ou marcando os patógenos para destruição por outras células do sistema imunológico.



### Memória imunológica

A memória imunológica trata-se da capacidade que o sistema imunológico tem de reconhecer um agente patogênico com quem já esteve em contato antes, através do armazenamento de células de memória específicas (Silva, 2022, p. 18). Quando o corpo é exposto ao mesmo patógeno novamente, a resposta imunológica é mais rápida e eficaz, protegendo o corpo contra infecções repetidas.





# Imunidade inata e adaptativa

## Imunidade inata

- Imunidade inata, natural ou ainda nativa, é a primeira linha de defesa dos indivíduos.
- Primeiramente, a defesa é fornecida pelas barreiras epiteliais da pele e dos tecidos da mucosa.
- Quando os invasores ultrapassam a barreira epitelial, os fagócitos e células linfoides inatas entram em ação.

## Imunidade adaptativa

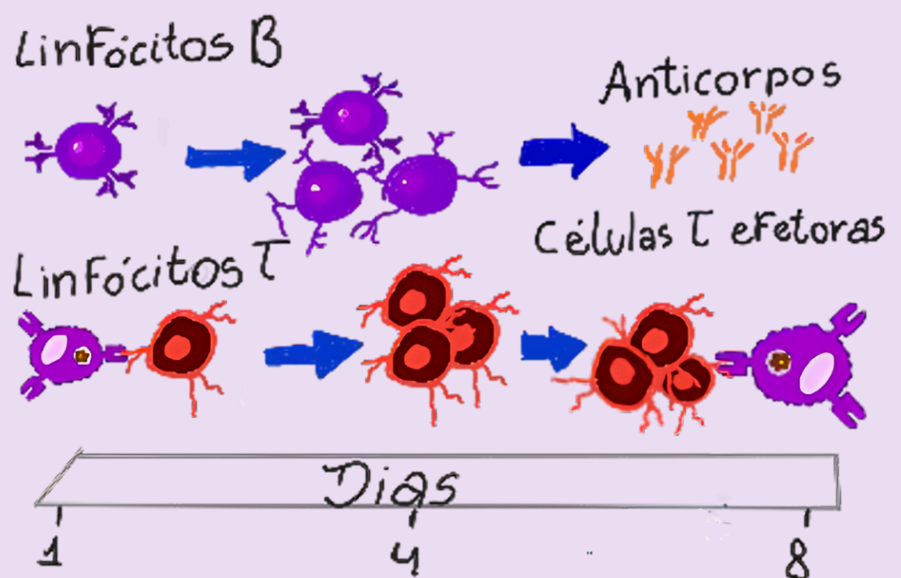
- Imunidade adaptativa ou adquirida é a proteção mais especializada contra as infecções.
- Necessita de mais tempo para ser ativada.
- É dividido em imunidade humoral, que é controlada por anticorpos (proteínas produzidas pelos linfócitos B), e em imunidade celular, que é controlado pelos linfócitos T.

**Imagem 1.1.** Células e mecanismos na imunidade inata e adaptativa

### Imunidade Inata



### Imunidade Adaptativa

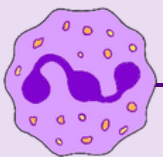






# Células da Imunidade Inata

## Neutrófilos



População mais abundante de leucócitos circulantes e o principal leucócito nas reações inflamatórias agudas. Podem migrar rapidamente para sítios de infecção após a entrada de microrganismos, atuando por apenas um ou dois dias antes de morrerem. Sua função principal é fagocitar microrganismos opsonizados e produtos de células necróticas, além de destruir esse material nos fagolisossomos.

Fonte: Autoria própria.

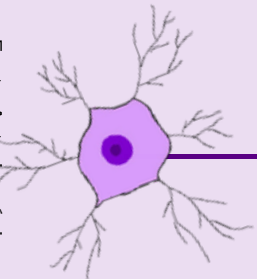
## Monócitos

Os monócitos circulam pelo sangue e, após migrarem para os tecidos, podem se diferenciar em macrófagos. Os monócitos clássicos apresentam elevada capacidade fagocítica e produzem mediadores inflamatórios, sendo rapidamente recrutados para locais de infecção ou lesão. Em humanos, são caracterizados pela elevada expressão de CD14 e CCR2 e pela ausência de CD16. Os monócitos não clássicos, por sua vez, patrulham o endotélio vascular e podem participar da resposta a lesões e dos processos de reparo tecidual.



Fonte: Autoria própria.

## Células dendríticas

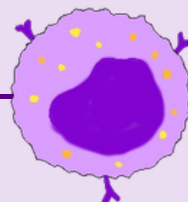


Apresentam antígenos às células T para iniciar respostas imunes adaptativas, além disso, expressam receptores que reconhecem moléculas microbianas, secretam citocinas para ativar células inatas e são eficazes na captura e apresentação de antígenos. Isso ajuda a ligar as respostas inatas e adaptativas. As DCs são mediadoras da imunidade inata e funcionam como células apresentadoras de antígenos nas respostas imunes adaptativas.

Fonte: Autoria própria.

## Mastócitos

Quando ativados, liberam mediadores inflamatórios para defender contra parasitas e causar sintomas de alergias. Além disso, possuem grânulos carregados com histamina (dilatador de vasos sanguíneos) e outros mediadores, expressam receptores de IgE na superfície e, quando ligados a antígenos, são ativados podendo reconhecer produtos microbianos.



Fonte: Autoria própria.

## Basófilos

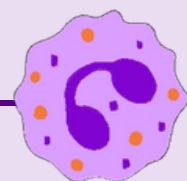


Granulócitos sanguíneos com semelhanças aos mastócitos, circulam no sangue e compõem menos de 1% dos leucócitos. Embora raramente estejam presentes nos tecidos, podem ser recrutados em inflamações. Também possuem grânulos e expressam receptores de IgE, podendo ser ativados por antígenos (Murphy, 2014, p. 6).

Fonte: Autoria própria.

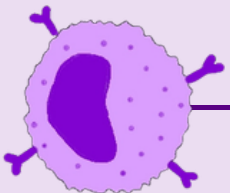
## Eosinófilos

São recrutados principalmente para combater parasitas, quando estes podem danificar tecidos. Estão presentes na circulação sanguínea, mas podem ser recrutados para as mucosas, como nas vias respiratórias, gastrointestinal e geniturinário; sua maturação é promovida por citocinas como GM-CSF, IL-3 e IL-5.



Fonte: Autoria própria.

## Células NK



São responsáveis por reconhecer e destruir células infectadas por vírus e células tumorais, ajudando a proteger a integridade do organismo. São células que não requerem ativação prévia e podem agir rapidamente para eliminar células anormais (Murphy, 2014, p. 8).

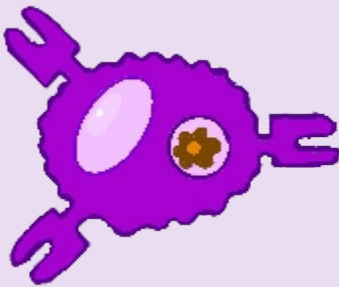
Fonte: Autoria própria.





## Linfócitos T

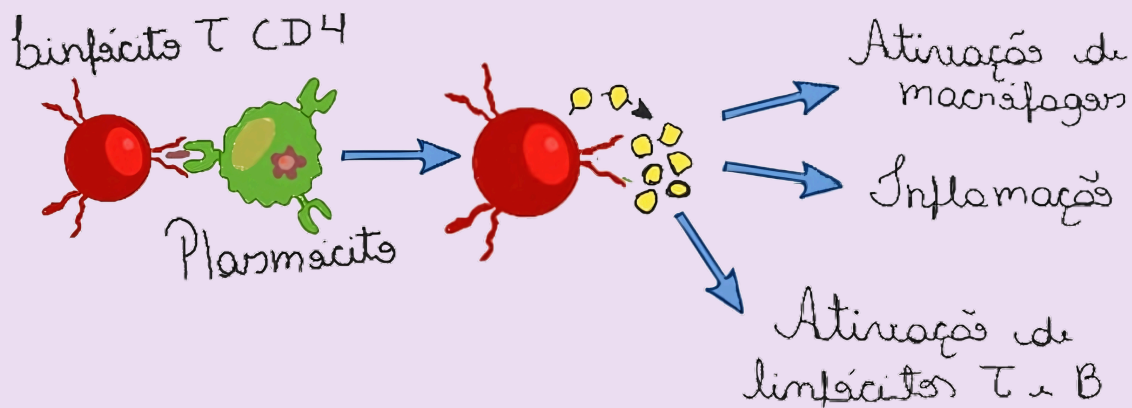
Fonte: Autoria própria.



Os linfócitos T são células que amadurecem no timo e possuem diferentes subtipos, como os linfócitos T citotóxicos (CD8), células do sistema imunológico que têm como função principal eliminar células infectadas ou anormais, como as tumorais. Já os linfócitos T auxiliares (CD4), ajudam as células B a produzir anticorpos e ajudam a regular a resposta imune através da produção de citocinas (Abbas, 2019).

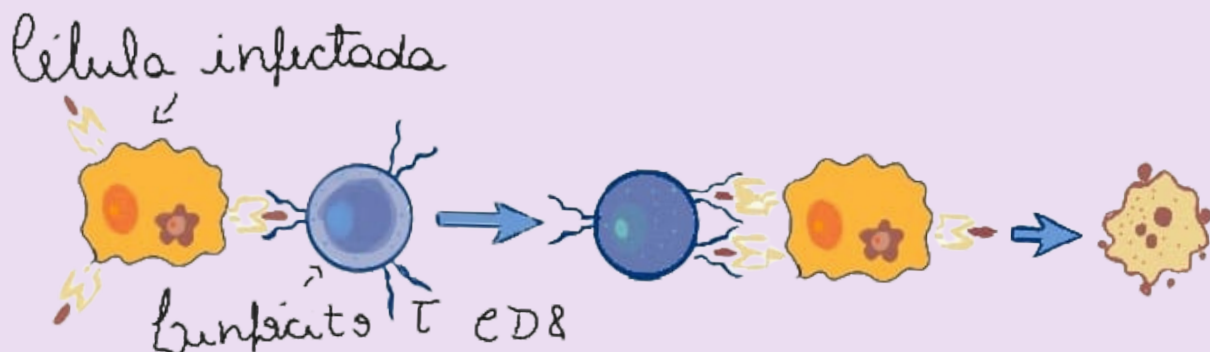
**Imagem 1.2.** Ação de um Linfócito T CD4 ao ter um antígeno apresentado a ele

Fonte: Adaptado de Abbas, Lichtman, Pilla (2019).



**Imagem 1.3.** Linfócito T CD8 destruindo uma célula infectada

Fonte: Adaptado de Abbas, Lichtman, Pilla (2019).





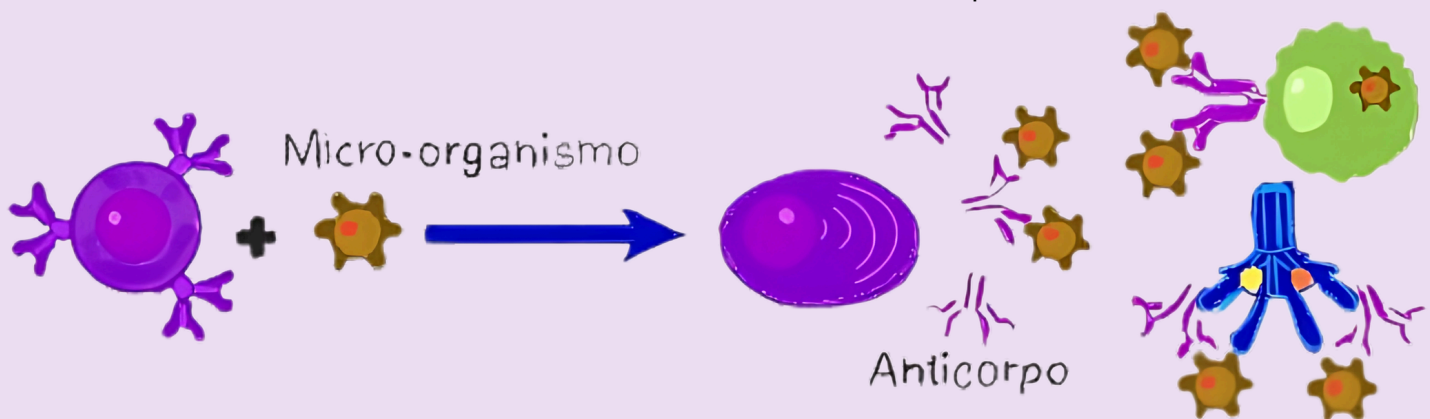
## Linfócitos B

Os linfócitos B são células imunológicas que produzem anticorpos, proteínas que ajudam a identificar e neutralizar patógenos, como bactérias e vírus. Eles se desenvolvem na medula óssea e, quando ativados, transformam-se em plasmócitos, que liberam grandes quantidades de anticorpos (Calich e Vaz, 2009, p. 155). Os linfócitos B também têm a capacidade de ser armazenados como célula de memória, permitindo que o corpo responda de forma mais rápida e eficaz a infecções futuras.



Fonte: Autoria própria.

**Imagem 1.4.** Linfócitos B reconhecem antígenos e se desenvolvem em células secretoras de anticorpos



Fonte: Adaptado de Abbas; Lichtman; Pilla (2019).



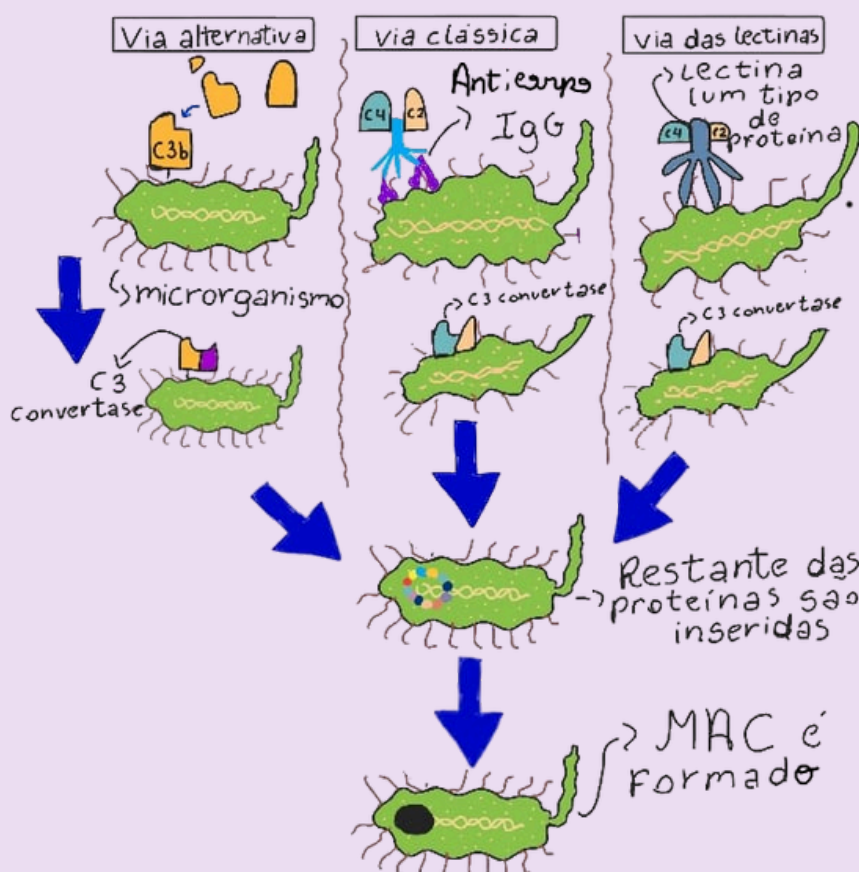


# Sistema Complemento

## O que é o Sistema Complemento e para que serve?

- **É um conjunto de proteínas que faz parte do sistema imunológico e ajuda a eliminar microrganismos.** Ele é um importante mecanismo de defesa tanto na imunidade inata com as suas proteínas presentes nos líquidos corporais.
- **Ativação por Microrganismos e Anticorpos:** o complemento é ativado por microrganismos diretamente ou por anticorpos que estão ligados a eles.
- **Cascata de Ativação:** o Sistema Complemento é ativado em uma sequência de reações, como em uma cascata, na qual uma proteína ativa a seguinte e assim sucessivamente (Murphy, 2014).
- **Ligação às Superfícies de Microrganismos:** as proteínas do complemento se ligam de maneira estável à superfície de bactérias, vírus ou outras células invasoras, ajudando a marcar essas células para destruição por fagocitose.
- **A principal função do Sistema Complemento é formar o MAC (Complexo de Ataque à Membrana),** que abre um orifício na membrana do microrganismo, causando extravasamento celular e, conseqüentemente, sua morte.

**Imagem 1.5.** Formas de ativação do Sistema Complemento

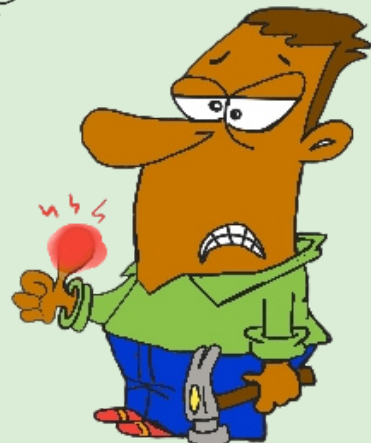
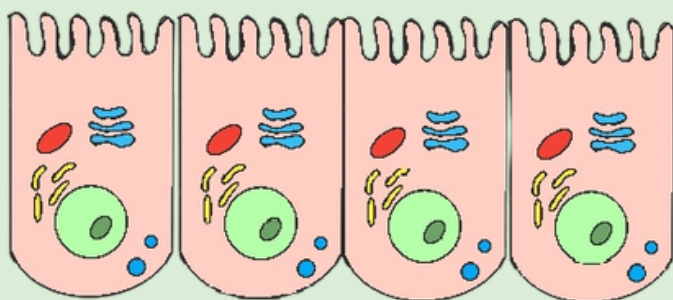
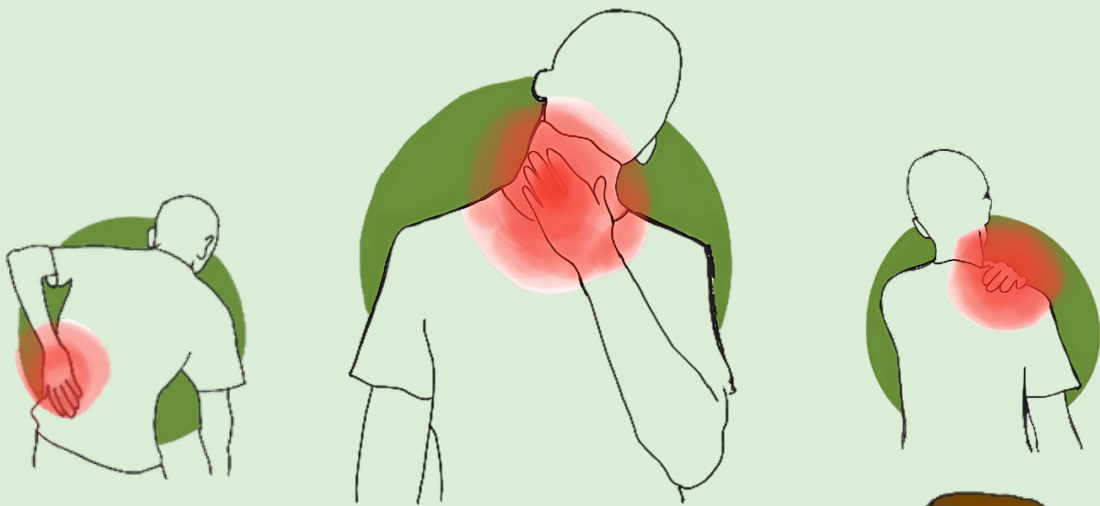


## Formas de ativação

- **Via Clássica:** é ativada quando anticorpos (IgM ou IgG) se ligam a antígenos na superfície de um patógeno.
- **Via Alternativa:** ativada diretamente por superfícies de patógenos, sem a necessidade de anticorpos.
- **Via das Lectinas:** iniciada quando a proteína lectina se liga a açúcares presentes na superfície dos microrganismos, como a manose.

# Capítulo 2

## Mecanismos de defesa







# Barreiras físicas e químicas

## Barreiras físicas

**Impedem a entrada de microrganismos, a exemplo das mucosas, que revestem cavidades como o nariz e o trato respiratório, capturando partículas nocivas.**

A pele é um outro exemplo, ela funciona como uma barreira mecânica, impedindo a entrada de microrganismos. Sua camada mais externa, a epiderme, contém células mortas, ricas em queratina, que são impermeáveis a muitos patógenos.

## Barreiras químicas

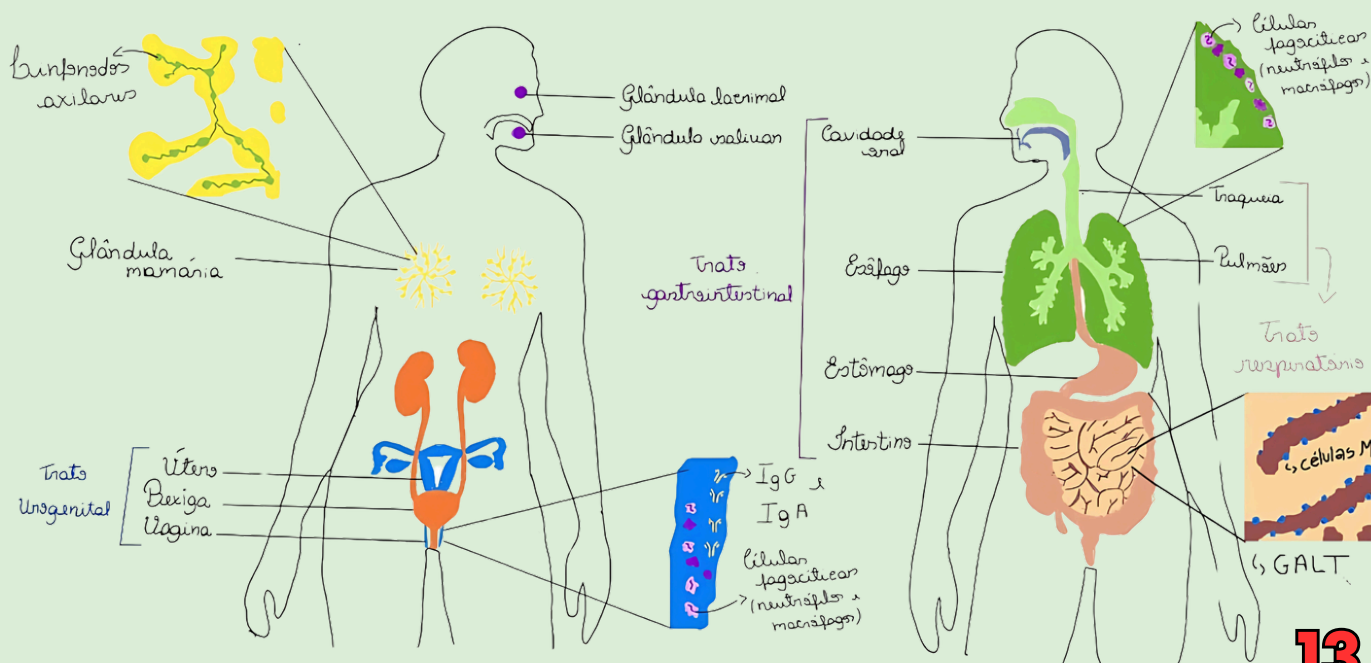
**Tratam-se de substâncias como o suor, lágrimas e muco, que contêm enzimas e ácidos capazes de neutralizar ou destruir microrganismos.**

- No suor e nas lágrimas existe uma enzima chamada lisozima, capaz de destruir as paredes celulares de algumas bactérias.
- No estômago, o suco gástrico, que contém ácido clorídrico, mata muitas bactérias e vírus que entram por meio da alimentação.
- Em áreas como a pele e o trato vaginal, o pH ligeiramente ácido inibe o crescimento de microrganismos.

## Mucosas

- As mucosas são as barreiras teciduais que revestem a superfície de órgãos internos para protegê-los de possíveis patógenos (Fonseca, et al. 2010).
- O tecido linfático associado ao intestino, ou **GALT**, é uma denominação normalmente conferida ao tecido imunológico do trato gastrointestinal, contendo **Células M** (responsáveis por captar antígenos por endocitose e transportá-los para os macrófagos e nódulos linfóides)

**Imagem 2.1** – Principais tecidos linfóides de mucosa







# Resposta inflamatória

## 1. Pra que seve e como funciona uma inflamação?

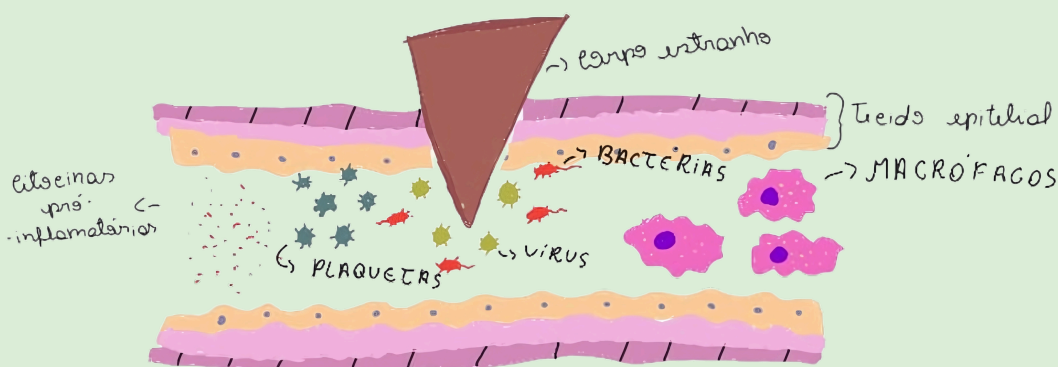
- Combate infecções e lesões
- Acúmulo de leucócitos, proteínas e fluidos e promotores da inflamação no local inflamado.
- **Primeiras células a serem recrutadas:** neutrófilos, que são os mais abundantes no sangue e respondem rapidamente aos sinais inflamatórios.
- **Monócitos → macrófagos:** os monócitos no sangue migram para o tecido e transformam-se em macrófagos, que atuam de forma prolongada no local da infecção.
- **Linfócitos:** liberam citocinas que amplificam a resposta inflamatória e ativam outras células imunológicas; alguns linfócitos direcionam ataques específicos contra ameaças e agentes infecciosos.

## 2. Mudanças nos Vasos Sanguíneos

- **Aumento do fluxo sanguíneo:** causado pela vasodilatação (dilatação dos vasos sanguíneos), levando mais sangue ao local da infecção ou lesão.
- **Maior adesão de leucócitos ao endotélio:** leucócitos aderem às paredes dos vasos sanguíneos próximos ao local inflamado para migrar para o tecido afetado.
- **Aumento da permeabilidade dos capilares:** permite a passagem de proteínas plasmáticas e fluido para o tecido, facilitando a chegada de mediadores imunológicos ao local da inflamação.

## 3. Alguns mediadores químicos participam do processo

- **Citocinas e promotores da inflamação:** moléculas sinalizadoras liberadas por células residentes no tecido.
- As **citocinas pró-inflamatórias** desempenham um papel nos processos relacionados a dor. Foram identificadas as células responsáveis pela secreção de citocinas, as principais pró-inflamatórias são **IL-1, IL-2, IL-6, IL-7 e TNF** (Oliveira, et al. 2011).
- Outras citocinas **pró-inflamatórias** tem a função de **dilatar os vasos sanguíneos**, como a **histamina** e a **bradicinina**, para que mais células imunológicas cheguem ao local da inflamação.



Fonte: Autoria própria.

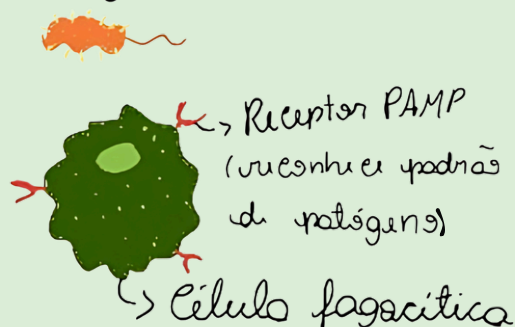
**Imagem 2.2.** Processos que ocorrem na inflamação após a entrada de um corpo estranho no tecido epitelial (pele)



# Reconhecimento e fagocitose

**Imagem 2.3.** Fagocitose de microrganismos

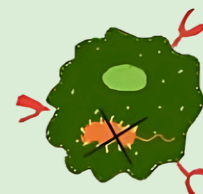
Microrganismo



1. Reconhecimento & Sinalização

2. Fagocitose

3. Morte do microrganismo



## Etapas da Fagocitose:

1

**Reconhecimento e sinalização:** o processo se inicia quando as células fagocíticas identificam e se ligam a partículas estranhas componentes dos patógenos através de seus receptores.

2

**Fagocitose:** a célula fagocítica estende projeções da membrana plasmática, chamadas pseudópodos, que envolvem e englobam a partícula ou o patógeno.

3

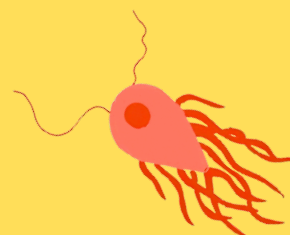
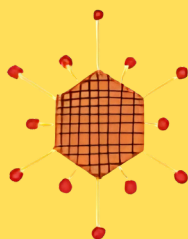
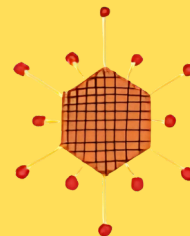
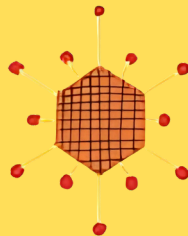
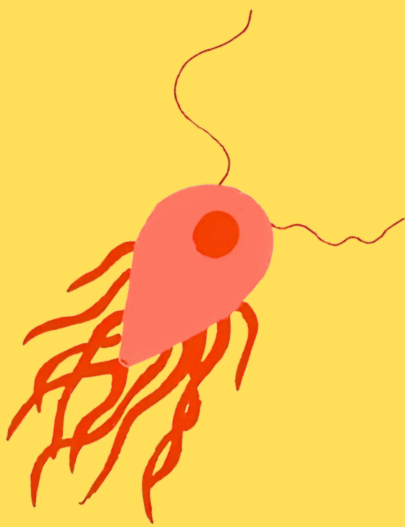
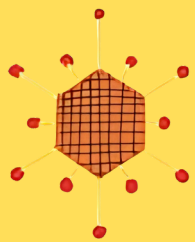
**Morte do microrganismo:** os restos da partícula são eliminados pela célula por exocitose, e as moléculas úteis, como proteínas processadas, podem ser apresentadas a outras células do sistema imunológico.

## Células Responsáveis pela Fagocitose:

- **Monócitos nos vasos sanguíneos que se tornam macrófagos nos tecidos:** são células presentes nos tecidos que fagocitam microrganismos e células mortas. Eles têm uma função de "limpeza" e também produzem citocinas que ativam outros componentes do sistema (Abbas, 2019).
- **Neutrófilos:** são o tipo mais abundante de leucócitos circulantes com a possibilidade de realizar fagocitose; agem com os granulos, possuem uma vida útil curta e são os primeiros a chegar ao local de infecção para combater microrganismos invasores.
- **Células dendríticas:** atuam principalmente na captura de patógenos e na apresentação de antígenos para células T.

# Capítulo 3

## Imunidade Adaptativa



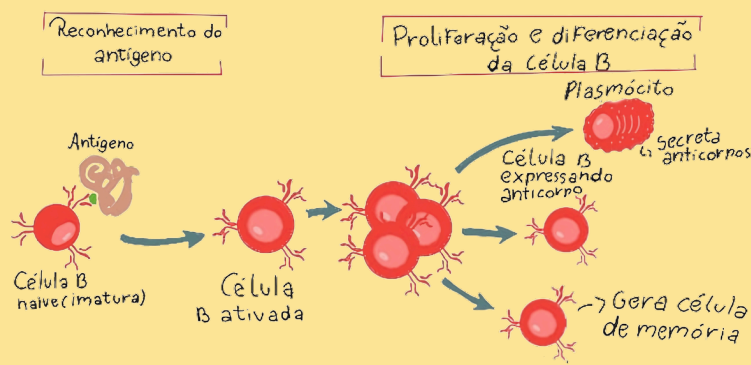


## Resposta Humoral

### Células B e sua ativação

- **Onde elas estão e são ativadas?** Nos órgãos linfoides secundários.
- **Como são reconhecidas?** Reconhecimento pelos receptores de superfície IgM e IgD das células B naive.
- **O que acontece?** Proliferação e Diferenciação: Células B → Plasmócitos secretando anticorpos e células de memória.
- **Qual a função dos Plasmócitos?** A produção massiva de anticorpos (até 5.000 células B →  $10^{12}$  moléculas de anticorpo/dia).

**Imagem 3.1.** Ativação das Células B



Fonte: Adaptado de Abbas; Lichtman; Pilla (2019).

### Tipos de Respostas Imunes Humorais

- **T-Dependente:** necessita da ajuda de células T auxiliares.
  - **Para que antígeno aconteceria?**
    - Antígenos Proteicos: participação essencial das células T.
  - **Quais as consequências?**
    - Troca de Isótipo: produção de IgG (e outros isotipos) além de IgM.
    - Maturação de Afinidade: anticorpos com maior afinidade ao antígeno.
    - Células de Memória: produção de anticorpos mais potentes e duradouros (Abbas, 2019).
- **T-Independente:** sem ajuda de células T.
  - **Para que antígeno aconteceria?**
    - Antígenos Multivalentes: os polissacarídeos, por exemplo.
  - **Quais as consequências?**
    - Resposta rápida, mas simples: produção de IgM de baixa afinidade.

**Imagem 3.2.** Respostas de anticorpos T-dependentes e T-independentes



Fonte: Adaptado de Abbas; Lichtman; Pilla (2019).

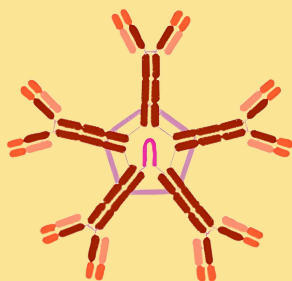




## Estrutura e função dos Anticorpos

### IgM

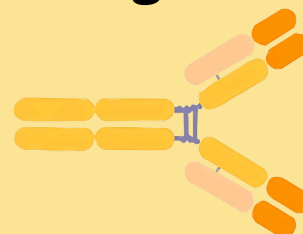
Fonte: Autoria própria.



- Primeiro anticorpo produzido na **resposta imune primária**;
- **Aglutinação**;
- Efetivo na **ativação do sistema complemento**;
- **Atua principalmente no sangue e no espaço extracelular.**

### IgG

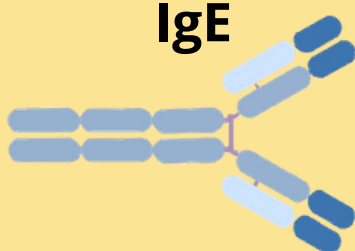
Fonte: Autoria própria.



- **Neutralização de toxinas e vírus**;
- **Opsonização**;
- **Ativação do sistema complemento**;
- Principal anticorpo nas **respostas secundárias.**

### IgE

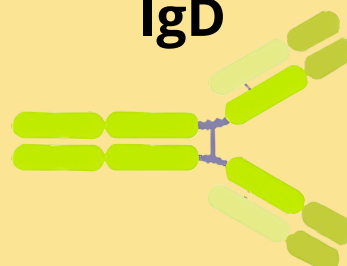
Fonte: Autoria própria.



- Mediador das **respostas alérgicas** e na **defesa contra parasitas**;
- Liga-se a receptores em mastócitos e basófilos, levando à liberação de histamina e outras substâncias que estimulam a **resposta inflamatória.**

### IgD

Fonte: Autoria própria.



- Encontrado principalmente como **receptor na superfície de células B naíve (imatura)**;
- **Participa na ativação de células B.**

### IgA

Fonte: Autoria própria.



- **Proteção de mucosas** (trato respiratório, gastrointestinal, geniturinário), sendo secretada em lágrimas, saliva e leite materno.
- **Neutralização de patógenos sem ativar a inflamação**, prevenindo a adesão de vírus e bactérias às superfícies epiteliais.
- **Fornece imunidade passiva ao bebê através do leite materno.**





## Tipos de antígenos e suas interações com anticorpos

### Conceito e tipos de Antígenos/ Imunógeno

- Um antígeno é qualquer substância que pode ser **reconhecida por anticorpos ou células do sistema imunológico**.
- Eles podem ser **proteínas, açúcares, lipídeos ou até mesmo ácidos nucleicos**.
- **Anticorpos** reconhecem praticamente todos os tipos de moléculas.
- **Células T** reconhecem principalmente fragmentos de proteínas (peptídeos).

### Força da Ligação Antígeno-Anticorpo

- A força com que um anticorpo liga-se a um antígeno é chamada de **afinidade**.
- Quando um anticorpo liga-se a vários epítopos do mesmo antígeno, a força total da ligação é chamada de **avidez**.
- A depender da quantidade de antígenos e anticorpos, a **conformação** da ligação será diferente, como mostra a imagem 3.3.

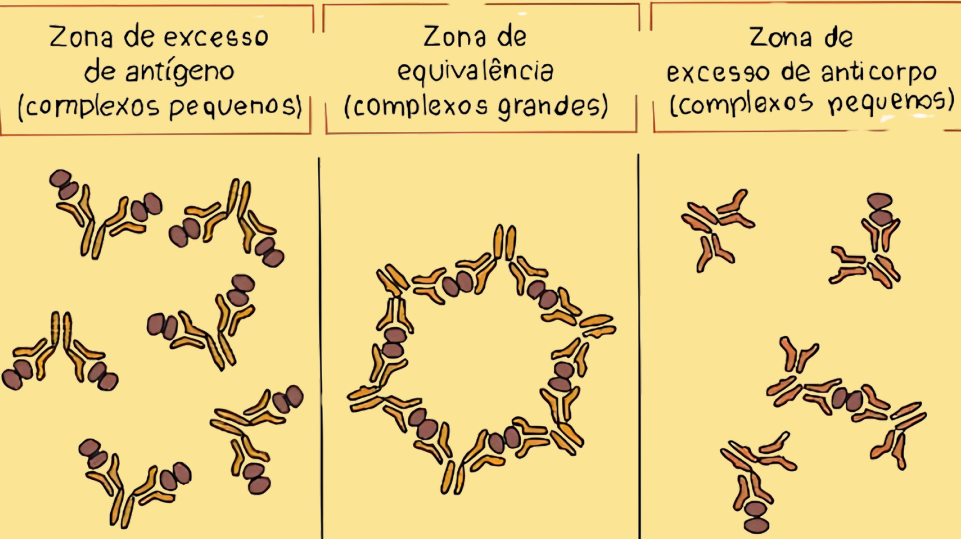
### Epítopos Lineares e Conformacionais

- São **regiões de uma molécula de antígeno que podem ser reconhecidas** por anticorpos ou receptores de células T.
- **Epítopos lineares**: formados por uma sequência de aminoácidos em linha.
- **Epítopos conformacionais**: formados quando partes da proteína dobram-se e ficam próximas umas das outras.

### Pequenos Antígenos (Haptenos)

- Substâncias pequenas, podem se ligar a anticorpos, mas **não ativam o sistema imunológico por conta própria**, esses se chamariam **imunógenos**.
- Quando ligadas a uma molécula maior, chamada **carreador**, elas se tornam capazes de induzir uma resposta imune.

**Imagem 3.3.** Diferentes conformações de complexos antígeno-anticorpo



Fonte: Adaptado de Abbas, Lichtman, Pilla (2019).

# Capítulo 4

## Vacinação

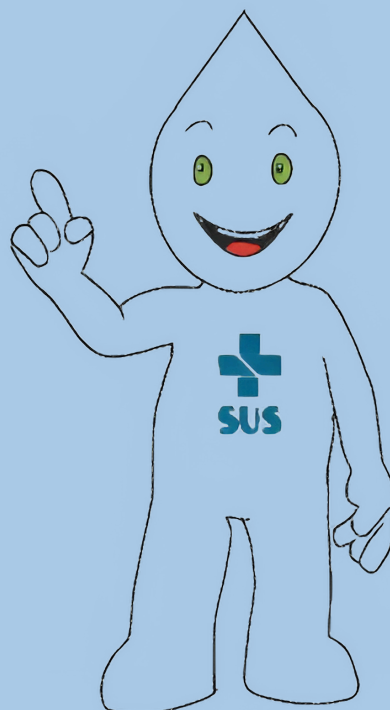
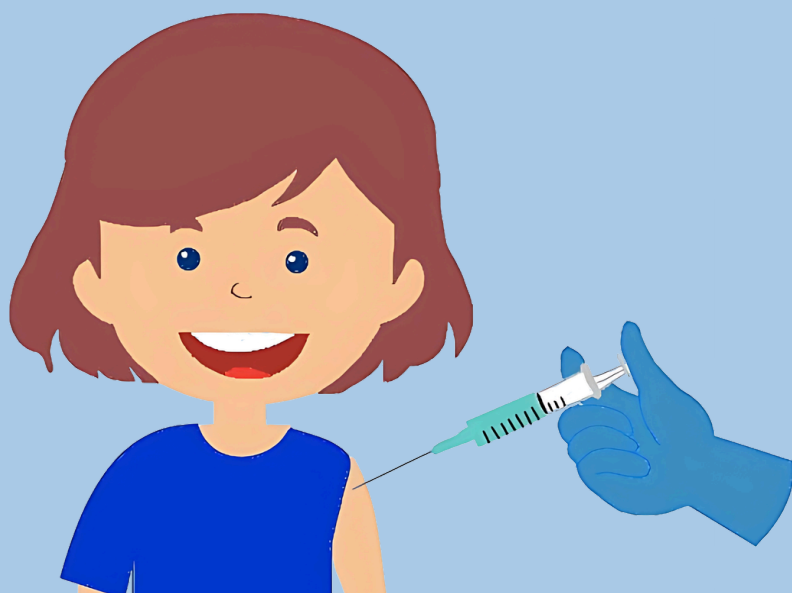
**Cartão de Vacina** 

Nome Completo: Atlas didático inclusivo sobre imunologia

Data de Nascimento: 27.11.2024 Cartão SUS/CPF: 16060

| Vacina 1 |       | Vacina 2 |       |
|----------|-------|----------|-------|
| 1ª Dose  | Data: | 2ª Dose  | Data: |
|          | Lote: |          | Lote: |
|          | Lab:  |          | Lab:  |
|          | Ass:  |          | Ass:  |





## Importância da vacinação à saúde pública

### Prevenção de Doenças

- As vacinas **protegem o corpo contra doenças** infecciosas, como sarampo, poliomielite, gripe, entre outras.
- As vacinas **estimulam o sistema imunológico a produzir uma resposta de defesa sem causar a doença**, preparando o corpo para futuras exposições.

### Redução de Epidemias e Pandemias

- Ao controlar e erradicar doenças, as vacinas **diminuem o número de casos em todo o mundo**;
- Previnem surtos e **impedem a propagação rápida** de patógenos que podem causar epidemias e pandemias.

### Impacto Econômico e Social

- A vacinação em massa **reduz os custos de tratamento de doenças**;
- Diminuição das hospitalizações;
- **Evita grandes perdas econômicas**, associadas a quarentenas e restrições de circulação.

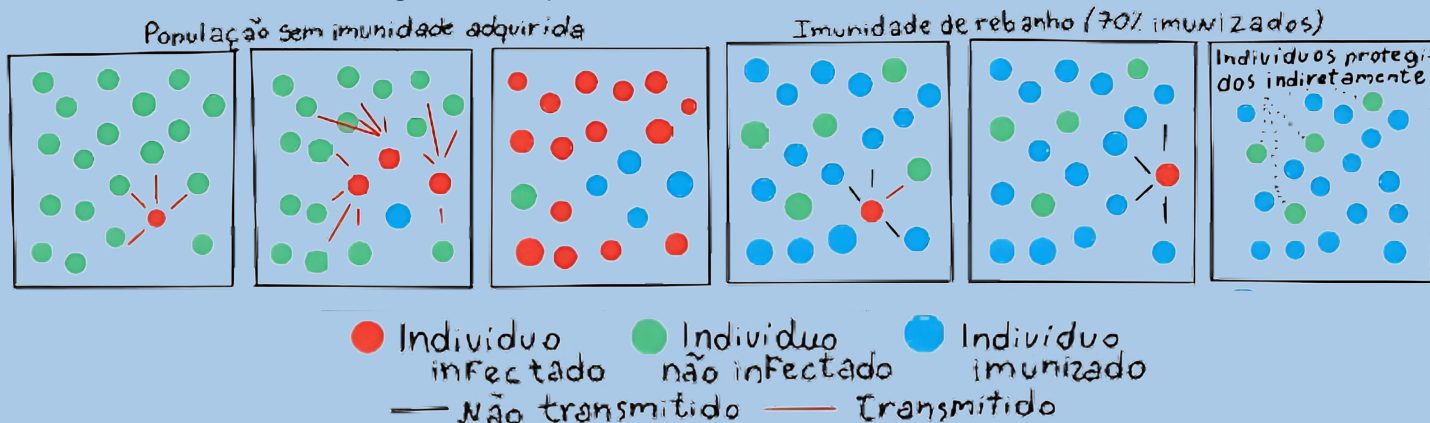
### Erradicação de Doenças

- Graças às vacinas, doenças como a **varíola** foram **completamente erradicadas**.
- Outras enfermidades, como a **poliomielite**, estão próximas de ser eliminadas.
- **Falta de compromisso com a vacinação pode levar ao ressurgimento de doenças já estavam sob controle**.

### Imunidade de Rebanho (ou Coletiva)

- Quando uma parte significativa da população é vacinada, **o vírus tem menos oportunidades de se espalhar, pois encontra um número menor de pessoas suscetíveis**.
- Isso também **protege os indivíduos que não podem ser vacinados**, como bebês, idosos ou indivíduos com condições de saúde que enfraquecem o sistema imunológico.

**Imagem 4.1.** Esquema ilustrativo da imunidade de rebanho.

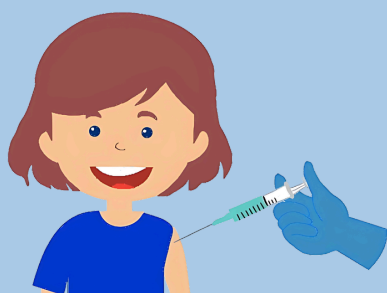




## Como as vacinas funcionam

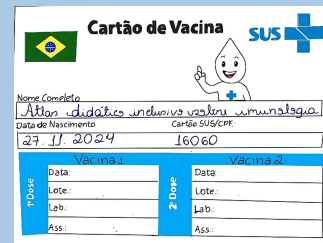
### 1. Introdução de um imunógeno

- As vacinas contêm antígenos, que são **substâncias capazes de estimular a resposta imune**.
- Esses antígenos podem ser versões atenuadas (enfraquecidas) ou inativadas (mortas) de um patógeno, ou ainda proteínas específicas do patógeno.



### 3. Memória imunológica

- Além da produção de anticorpos, o sistema imunológico também forma **células de memória**.
- As células permanecem no organismo por longos períodos, muitas vezes por toda a vida, e são **capazes de "lembrar" do imunógeno**.
- Caso o indivíduo seja exposto ao patógeno real no futuro, essas células de memória permitirão uma resposta rápida e eficaz, **eliminando o agente infeccioso antes que ele cause a doença**.



### 2. Reconhecimento pelo sistema imunológico

- Quando a vacina é administrada, o **sistema imunológico reconhece os antígenos como "invasores"** e desencadeia uma resposta imune.
- As células de defesa (células B) **produzem anticorpos específicos para esses antígenos**.



### 4. Proteção

- Com a memória imunológica ativada, o corpo está preparado para combater o patógeno real, **prevenindo que a pessoa desenvolva a doença**.





## Tipos de vacinas

### Vacinas Bacterianas e Virais Atenuadas e Inativadas

- Feitas com **microrganismos enfraquecidos (atenuados)**, conseguem se multiplicar, com menos probabilidade de causar a doença) **ou mortos** (submetidos a processos químicos ou físicos para impedir sua multiplicação).
- Atenuadas geram uma resposta imunológica completa e forte, por isso pessoas imunossuprimidas não são indicadas a fazerem uso.
- Poliomielite, sarampo e febre amarela.
- Induzem **proteção duradoura**, às vezes por toda a vida.
- Em raros casos, o vírus da vacina pode reativar, como na poliomielite vacinal.

### Vacinas de Antígenos Purificados (Subunidades)

- Criadas para resolver questões de segurança das vacinas atenuadas.
- Feitas com **antígenos purificados de microrganismos ou toxinas inativadas**.
- Utilizados para prevenir doenças causadas por **toxinas bacterianas**.
- Toxoides (toxinas inofensivas) são usados nas vacinas contra difteria e tétano.

### Vacinas de Antígenos Sintéticos

- As sequências proteicas dos antígenos **podem ser determinadas a partir dos dados de DNA**, e essas proteínas são produzidas em grande escala com a tecnologia do DNA recombinante.
- **Hepatite B**
- **HPV** (papilomavírus humano): Proteínas de quatro cepas (HPV 6, 11, 16, e 18) são produzidas em leveduras e combinadas com adjuvante.

### Vacinas Virais Vivas Envolvendo Vírus Recombinantes

- Introdução de genes de **antígenos microbianos em um vírus que não causa doenças**.
- Usado para infectar indivíduos, servindo como fonte de antígeno.
- **Induzem uma resposta imune completa**, incluindo respostas fortes de células T citotóxicas (CTL).
- Comumente usados com **vetores de vírus da vacínia** e, mais recentemente, com vírus da varíola dos canários.

### Vacinas de DNA

- **Inoculação de plasmídeos contendo DNA codificador** de antígenos pode gerar respostas imunes.
- Células dendríticas transfectadas produzem proteínas que induzem respostas imunes específicas.
- Plasmídeos bacterianos ativam o sistema imune por meio de TLR9 em células dendríticas.
- Armazenamento fácil, sem necessidade de refrigeração, tornando-as úteis em campo.



# Capítulo 5

## Problemas de tolerância e possíveis doenças





## Autoimunidade e doenças autoimunes

A autoimunidade ocorre quando o sistema imunológico, que normalmente defende o corpo contra invasores, como vírus e bactérias, ataca equivocadamente células e tecidos saudáveis do próprio corpo.

Isso se dá porque os mecanismos de tolerância que previnem o reconhecimento das próprias células como alvos (autotolerância) falham.

### Causas de doenças autoimunes

- **Substâncias do organismo podem sofrer alterações** causadas por fatores como vírus, fármacos, luz solar ou radiação.
  - Após a alteração, essas substâncias podem parecer estranhas ao sistema imunológico, que passa a atacá-las.
- Uma **substância estranha que se assemelha a uma do corpo** pode entrar no organismo.
  - O sistema imunológico ataca a substância estranha e, por engano, também ataca as células do corpo que se parecem com ela.
- As **células B**, que produzem anticorpos, podem funcionar mal e gerar anticorpos anormais.
- As **células T** podem funcionar incorretamente, atacar e danificar células do próprio organismo.
- **Genética:** Algumas pessoas possuem genes que aumentam a suscetibilidade a desenvolver doenças autoimunes.

### Tipos de doenças autoimunes

**Doenças autoimunes específicas de órgãos:** Afetam apenas um órgão ou tecido específico.

- **Diabetes tipo 1:**
  - O sistema imunológico ataca as células beta do pâncreas que produzem insulina.
- **Tireoidite de Hashimoto:**
  - O ataque ao tecido da tireoide causa hipotireoidismo.
- **Esclerose múltipla:**
  - O sistema imunológico ataca a bainha de mielina que envolve os neurônios no cérebro e na medula espinhal.

**Doenças autoimunes sistêmicas:** Afetam múltiplos órgãos ou sistemas do corpo.

- **Lúpus eritematoso sistêmico (LES):**
  - Afeta diversos órgãos, incluindo pele, articulações, rins e coração.
- **Artrite reumatoide:**
  - Ataca as articulações, mas pode afetar outros sistemas como o coração e os pulmões.
- **Síndrome de Sjögren:**
  - Afeta as glândulas que produzem lágrimas e saliva, causando ressecamento nos olhos e na boca, mas pode também comprometer outros órgãos.



## Hipersensibilidade (alergias)

A hipersensibilidade é uma resposta exagerada do sistema imunológico a antígenos, que podem ser substâncias externas ou do próprio corpo. Ela é dividida em quatro tipos principais, conforme a classificação de Gell e Coombs, de acordo com os mecanismos imunológicos envolvidos:

### Tipo I (Imediata)

- Envolve a produção de **IgE** em resposta a antígenos comuns, como pólen, poeira, alimentos e medicamentos.
- A IgE se liga aos **mastócitos e basófilos**, que liberam **histamina e outros mediadores inflamatórios**.
- **Exemplo:** reações alérgicas como asma, rinite alérgica, urticária e anafilaxia.

### Tipo II (Citotóxica)

- Ocorre quando anticorpos do tipo **IgG** ou **IgM** ligam-se a antígenos presentes nas **células do próprio organismo**, levando à destruição celular mediada por células do sistema imune ou pelo sistema complemento.
- **Exemplo:** anemia hemolítica autoimune, doença de Graves e síndrome de Goodpasture.

### Tipo III (Mediada por Imunocomplexos)

- Formam-se **imunocomplexos (complexos de antígenos e anticorpos)** que não são adequadamente eliminados, acumulando-se nos tecidos e **ativando o sistema complemento**, o que causa inflamação e dano tecidual.
- **Exemplo:** lúpus eritematoso sistêmico, glomerulonefrite pós-estreptocócica e artrite reumatoide.

### Tipo IV (Tardia ou Mediada por Células)

- É mediada por **células T**, que reconhecem antígenos e liberam citocinas, recrutando células do sistema imunológico para o local e causando inflamação.
- A resposta é mais lenta, ocorrendo geralmente de **24 a 72 horas após a exposição ao antígeno**.
- **Exemplo:** dermatite de contato, rejeição de transplantes e tuberculose.





## Imunodeficiências

- **Imunodeficiências são doenças que enfraquecem o sistema imunológico, tornando o corpo mais vulnerável a infecções. Dependendo da parte do sistema imune afetada, diferentes tipos de microrganismos podem causar problemas.**
- Além disso, indivíduos imunodeficientes podem sofrer com infecções oportunistas, causadas por organismos que não afetam normalmente pessoas saudáveis.
- Outra consequência é o aumento do risco de certos tipos de câncer, geralmente causado por vírus, como o Epstein-Barr ou o HPV.

### Imunodeficiência Primária (Congênita)

- Tem **origem genética** e afeta o desenvolvimento ou a **função de componentes do sistema imunológico**.
- **Deficiências de células B:**
  - Comprometem a produção de anticorpos, provocando infecções bacterianas e virais.
- **Deficiências de células T:**
  - Afetam a imunidade mediada por células, aumentando o risco de infecções.

### Imunodeficiência Secundária (Adquirida)

- Resulta de **fatores externos** que afetam a função do sistema imunológico.
- **Tratamentos médicos** como **quimioterapia, radioterapia** e uso prolongado de **medicamentos imunossupressores**, que enfraquecem a capacidade de resposta imune.
- **Desnutrição:** a deficiência de nutrientes essenciais pode comprometer o sistema imunológico.

### AIDS (Síndrome da Imunodeficiência Adquirida)

- É uma imunodeficiência secundária, causada pelo **vírus HIV**.
- **Destrói as células T CD4+**, essenciais para a defesa imunológica, tornando o corpo vulnerável a infecções oportunistas e cânceres.
- Caracteriza-se pela **profunda imunossupressão com infecções oportunistas** e tumores malignos associados, emaciação e degeneração do SNC (Sistema Nervoso Central).

### IMPORTANTE



- A transmissão ocorre principalmente por **relações sexuais sem proteção**, contato com sangue contaminado e transmissão vertical (da mãe para filho durante a gestação, parto ou amamentação).
- **Prevenção é fundamental: use preservativos** e faça testes regulares.





## Tolerância na Gravidez

Na gestação, o feto pode ser rejeitado pelo sistema imunológico da mãe, pois metade de seu material genético pertence a outro indivíduo (o pai). Sendo assim, o sistema imune da mãe precisa agir para que o bebê não seja atacado, mas protegido.

### Indução de resposta de aceitação

- **Placenta:** tecido de origem embrionária que isola, física e imunologicamente, o feto da mãe.
- A placenta permite que haja a **troca de nutrientes** sem que o sistema imunológico da mãe ataque o bebê.
- Durante a gravidez, há um aumento na atividade das células **Th2** em comparação às células **Th1**. As células Th2 produzem citocinas como IL-4, IL-5 e IL-10, que ajudam a criar um **ambiente anti-inflamatório, protegendo o feto de ataques** do sistema imunológico da mãe.
- **Supressão da resposta Th1:** as respostas do tipo Th1 estão associadas a inflamação e podem prejudicar a gestação (Vianna, et al., 2019).

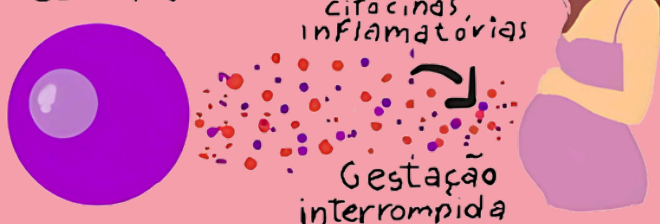
### Papel do HLA-G na Gestação:

- **HLA-G** (Antígeno Leucocitário Humano classe G) é uma molécula importante para o sucesso da gestação, atuando como um fator imunológico que ajuda a proteger o feto da rejeição pelo sistema imunológico materno.
- O HLA-G é expresso principalmente nas células do **trofoblasto**, que formam a interface entre o feto e a mãe, e contribui para criar um ambiente imunológico tolerante.
- **Ele inibe a ação de células imunes maternas**, como células natural killer (NK), linfócitos T e células dendríticas, que poderiam reconhecer o feto como um corpo estranho e atacá-lo (Vianna, et al., 2019).

Imagem 6.1. Diferentes tipos de respostas das Células T

### Resposta Tipo 1

Célula TH1



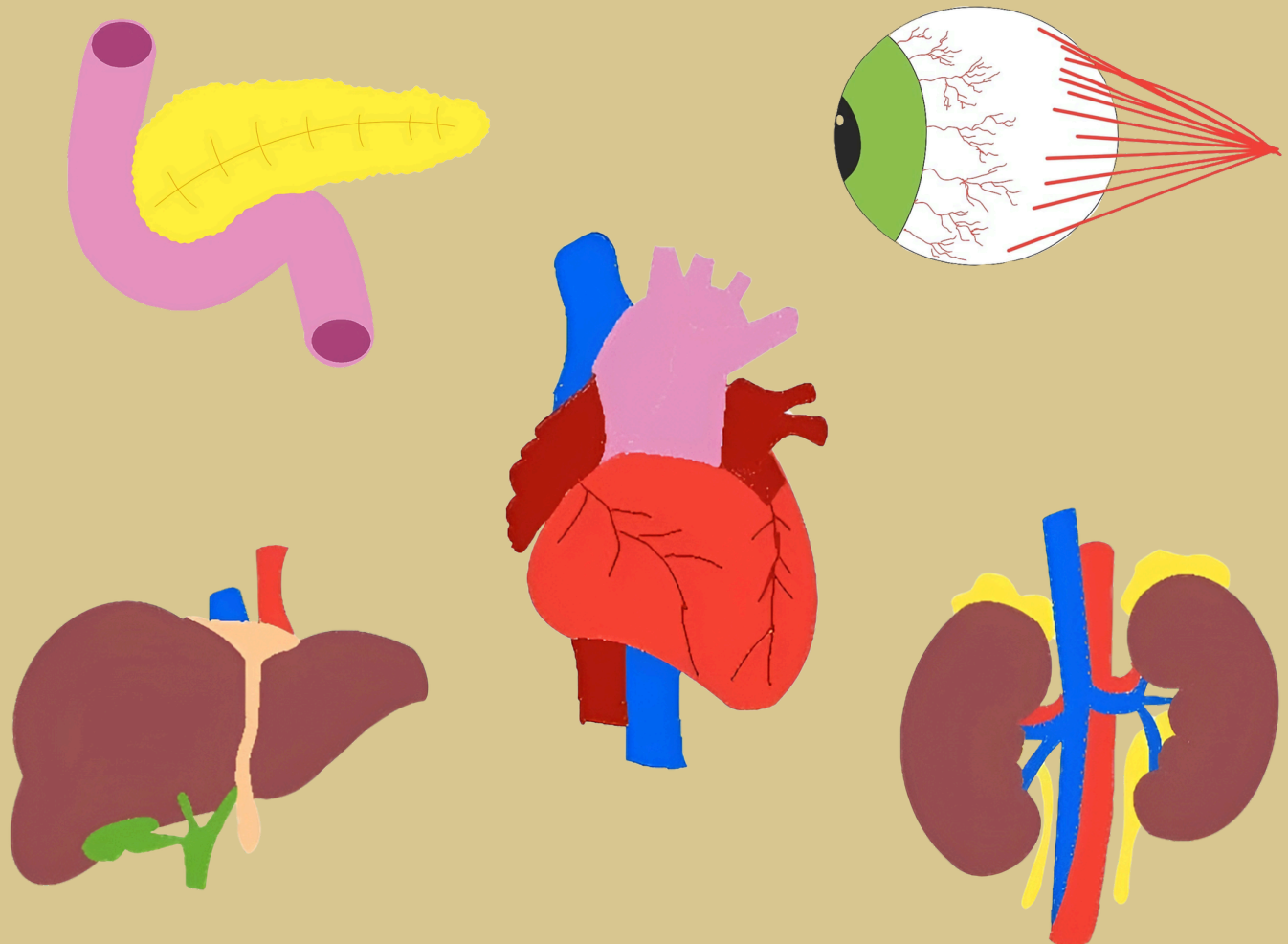
### Resposta tipo 2

Células TH2



# Capítulo 6

## Transplantes e Rejeição





## Tipos de transplantes

O transplante é o procedimento de retirada de células, tecidos ou órgãos (chamados de enxertos) de um indivíduo e sua transferência para outro (na maioria dos casos). A pessoa que fornece o enxerto é chamada de doador, enquanto quem o recebe é conhecido como receptor ou hospedeiro.

### Enxerto Singênico

- Um enxerto transplantado entre dois indivíduos geneticamente idêntico.

### Enxerto Autólogo

- Um enxerto transplantado de um indivíduo para o mesmo indivíduo.

### Enxerto Alogênico (ou aloenxerto)

- Um enxerto transplantado entre dois indivíduos geneticamente diferentes da mesma espécie.

### Enxerto Xenogênico (ou xenoenxerto)

- Um enxerto transplantado entre indivíduos de espécies diferentes.

## Transfusão sanguínea

- Transferência de células sanguíneas circulantes ou de plasma de um indivíduo para outro.
- As regras dessa doação se dá de acordo com a Tabela 7.1.

Tabela 7.1. Tabela de compatibilidade para doação de sangue

|     | Pode doar para   | Pode receber de |
|-----|------------------|-----------------|
| A+  | A+, AB+          | A+, A-, O+, O-  |
| A-  | A+, A-, AB+, AB- | A-, O-          |
| B+  | B+, AB+          | B+, B-, O+, O-  |
| B-  | B+, B-, AB+, AB- | B-, O-          |
| AB+ | AB+              | Todos os Tipos  |
| AB- | AB+, AB-         | A-, B-, AB-, O- |
| O+  | A+, B+, AB+, O+  | O+, O-          |
| O-  | Todos os Tipos   | O-              |



## Mecanismos de rejeição e a compatibilidade

O processo de rejeição é esperado quando um transplante de células ou tecidos é realizado entre dois indivíduos geneticamente diferentes, pois o sistema imune geralmente reconhece aquele órgão, tecido ou célula como um “invasor” ou “corpo estranho”.

### O que é rejeição de um transplante?

- Uma **reação inflamatória** ao órgão, tecido ou células transplantado no **hospedeiro ou receptor**.
- A rejeição é o resultado de uma **resposta imune adaptativa** mediada por **linfócitos**.

### Como ocorre o processo de rejeição?

- **Rejeição de primeira fase:**
  - ocorre quando se trata do **primeiro transplante** do doador para o receptor não idêntico;
  - ocorre entre **10 e 14 dias**.
- **Rejeição de segunda fase:**
  - o **segundo transplante** do mesmo doador para o mesmo receptor não idêntico;
  - acontece **mais rapidamente**, isso indica que o receptor desenvolveu **memória** para tecido enxertado.

### Compatibilidade e distribuição de órgãos

- No Brasil, o órgão responsável pela coordenação da doação e transplante de órgãos é o **Sistema Nacional de Transplantes (SNT)**, que é gerido pelo Ministério da Saúde.
- Cada estado possui uma Central de Transplantes, que faz a ponte entre os hospitais e o SNT. Elas recebem as notificações de potenciais doadores e mantêm **listas de espera** por órgãos. A fila segue os seguintes **critérios**:
  - tipo sanguíneo e compatibilidade de tecido;
  - gravidade da doença (estado de saúde do paciente);
  - tempo de espera na lista;
  - localização geográfica (para agilizar a logística e transporte do órgão).
- Quando um órgão se torna disponível, o hospital notifica a **Central de Transplantes**, que cruza as informações do doador com os dados da lista de espera.
- Após a identificação de um receptor compatível, o órgão é direcionado ao hospital responsável pelo transplante.
- A distribuição segue regras técnicas para garantir que os órgãos cheguem aos pacientes mais compatíveis e em maior necessidade, sempre priorizando a urgência clínica e a justiça na distribuição.



# CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste Atlas Imunológico Inclusivo buscou, acima de tudo, preencher e complementar o Ensino de Biologia, mais especificamente em imunologia no Ensino Médio, especialmente em escolas públicas de Mossoró/RN. Este material visa democratizar o conhecimento científico, oferecendo a estudantes e educadores uma ferramenta didática acessível, atualizada e capaz de dialogar com as necessidades contemporâneas de saúde pública. Com a inclusão de audiodescrição e tradução em Libras, foi possível atender à diversidade de estudantes, promovendo uma educação biológica mais inclusiva e igualitária.

A pandemia de Covid-19 destacou a importância do entendimento básico em imunologia para o bem-estar social, ao demonstrar que o conhecimento acerca dos processos imunológicos, como a transmissão viral e a vacinação, é essencial para a saúde coletiva. Esse cenário reforçou a necessidade de recursos que evidenciem tais conceitos, permitindo que alunos do Ensino Médio compreendam, questionem e valorizem a ciência imunológica em suas vidas cotidianas.

O atlas, então, apresenta um recurso alinhado ao compromisso de educação pública e científica de qualidade, promovendo o entendimento de temas complexos de forma acessível e prática. Espera-se que este material não apenas contribua para o aprendizado de imunologia, mas também fortaleça a conscientização dos alunos sobre a relevância da ciência na vida moderna, estimulando o pensamento crítico e o compromisso com a saúde pública.

Em resumo, este atlas representa um avanço em termos de inclusão, inovação pedagógica e formação em saúde pública, garantindo aos alunos as ferramentas necessárias para compreender e interagir com o mundo ao seu redor. A expectativa é que o material seja utilizado amplamente por educadores, inspirando outros projetos inclusivos e promovendo um ambiente de aprendizagem em que todos os estudantes possam prosperar.

# REFERÊNCIAS

ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H.; PILLAI, S. **Imunologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2019. 565 p. Acesso em: 02 nov. 2025.

BARROS DE OLIVEIRA, C. M.; SAKATA, R. K.; ISSY, A. M.; GEROLA, L. R.; SALOMÃO, R. Citocinas e dor. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, São Paulo, v. 61, n. 2, p. 255-265, mar./abr. 2011. Acesso em: 05 nov. 2025.

BUZAN, T. **Dominando a técnica dos Mapas Mentais**: guia completo de aprendizado e uso da mais poderosa ferramenta de desenvolvimento da mente humana. São Paulo: Cultrix, 2019. Acesso em: 05 nov. 2025.

CALICH, V.; VAZ, C. **Imunologia**. Rio de Janeiro: Editora Revinter, 2009. 323 p. Acesso em: 10 nov. 2025.

FONSECA, F. C. P.; COSTA, C. L. Influência da nutrição sobre o sistema imune intestinal. **Ceres**, v. 5, n. 3, p. 163-174, 2010. Acesso em: 10 nov. 2025.

LIMA, D. B.; GARCIA, R. N. Uma investigação sobre a importância das aulas práticas de Biologia no Ensino Médio. **Cadernos do Aplicação**, v. 24, n. 1, jan./jun. 2011. Acesso em: 10 out. 2025.

MURPHY, K. **Imunobiologia de Janeway**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. Acesso em: 02 nov. 2025.

SANTOS, J. F. M. dos; LANDIM, M. F. A abordagem do Sistema Imunológico na Educação Básica: um estado da arte. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 13, n. 2, eISSN 2179-426X, p. 1-20, 2022. Acesso em 10 out. 2025.

SILVA, A. C. V. **Conceção de conteúdos para produção de um módulo de divulgação de temas de imunologia**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ensino e Divulgação das Ciências) – Unidade de Ensino das Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2022. Acesso em: 02 nov. 2025.

SILVA, B. S. da; OLIVEIRA, C. C. de. Os impactos das fake news na vacinação infantil no Brasil: uma análise de discursos contra as vacinas. **Revista EDICIC**, San Jose (Costa Rica), v.2, n.3, p.1-13, 2022. ISSN 2236-5753. Acesso em: 10 out. 2025.

SOUSA, A. E. Imunologia. **Revista Ciência Elementar**, v. 8, n. 3, p. 037, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.24927/rce2020.037>. Acesso em: 02 nov. 2025.

VIANNA, P.; CHIES, J. A. B. Gestação de sucesso: o papel do sistema imune da mãe na aceitação ou rejeição do feto. **Revista Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 269, 2010. Acesso em: 10 out. 2025.

