



# BIOLOGIA

com **Arthur Jones**

Ácidos nucleicos

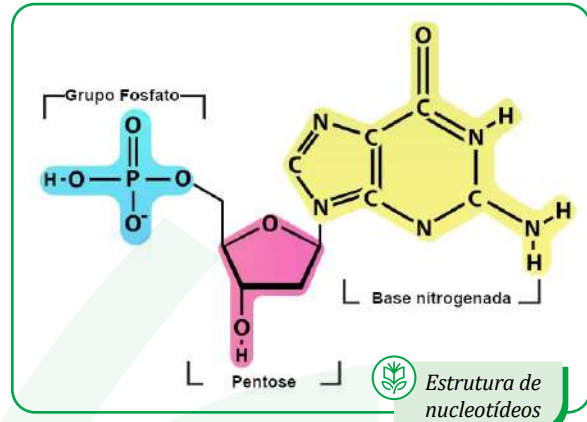
# ÁCIDO NUCLÉICOS

No fim do século XIX, o médico suíço Friederich Miescher isolou uma substância – nucleína – do núcleo de células do pus e de espermatozoides de peixe. Posteriormente, ao se verificar que ela apresentava caráter ácido e estava presente no núcleo de todas as células, passou a ser conhecida por ácido nucléico. O conhecimento da estrutura molecular dos ácidos nucléicos foi, sem dúvida, fator da máxima importância para desvendar os controles das atividades de uma célula.

Os ácidos nucléicos são formados por monômeros conhecidos como: NUCLEOTÍDEOS.

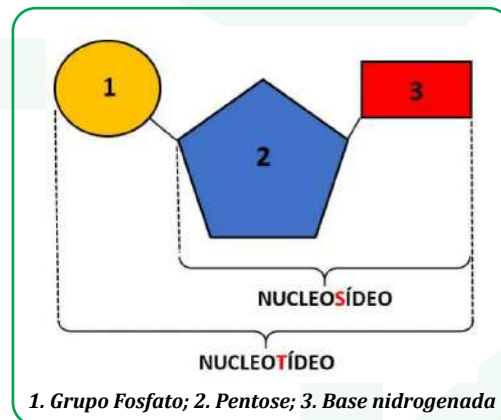
Estrutura dos nucleotídeos:

- ▶ Composto cíclico contendo nitrogênio: base nitrogenada (Púrica ou Pirimídica).
- ▶ Açúcar de cinco átomos de carbono: Pentose (ribose ou desoxirribose);
- ▶ Radical fosfato: ácido fosfórico



Fonte: Brasilescola.com

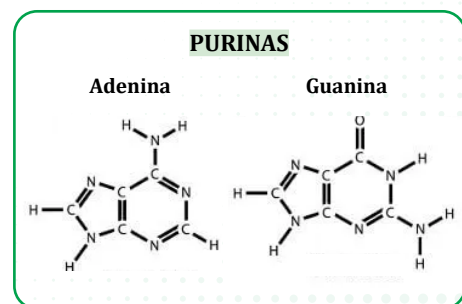
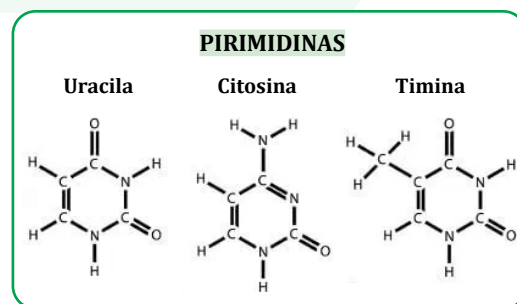
## NUCLEOSÍDEO: BASE NITROGENADA + PENTOSE



▶ **NÃO ESQUEÇA:** Os nucleotídeos são a base para formação dos ácidos nucléicos. Tanto o DNA quanto o RNA são polímeros de Nucleotídeos. A síntese de DNA ocorre durante a replicação ou replicação, que em células eucariontes ocorre no núcleo e nos procariontes no citoplasma, já a síntese de RNA é chamada de transcrição e ocorre também no núcleo dos eucariontes e citoplasma dos procariontes. Os dois processos, duplicação e transcrição, são mediados por enzimas que vamos destacar mais na frente.

## BASES NITROGENADAS

As bases nitrogenadas são divididas em dois grupos:



*Bases nitrogenadas Estruturas moleculares*

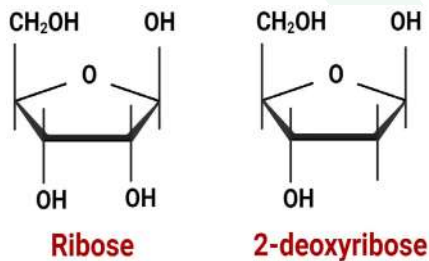
Fonte: Brasilescola.com

- ▶ **BASES PÚRICAS:** São estruturas químicas que apresentam dois anéis. São púricas ou purinas as bases ADENINA (A) E GUANINA (G).
- ▶ **BASES PIRIMÍDICAS:** São estruturas que apresentam apenas um anel, também chamadas de pirimidinas. São bases pirimídicas CITOSINA (C), TIMINA(T), URACILA (U).

## PENTOSSES

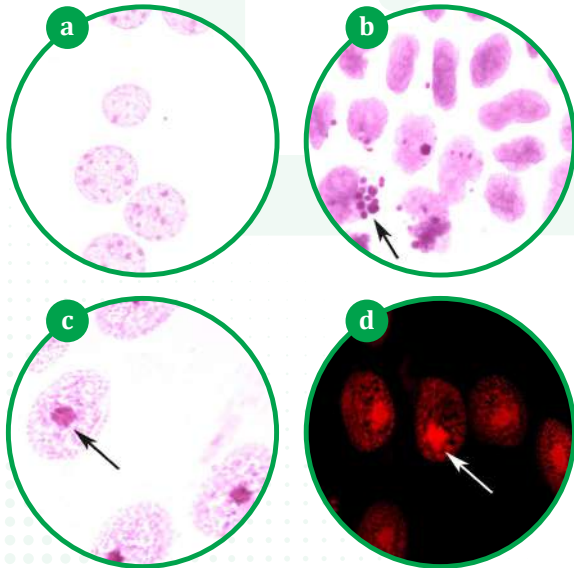
Existem dois tipos de pentoses fundamentais: a desoxirribose, presente no DNA, e a ribose, componente do RNA. A diferença essencial entre esses açúcares está no fato de que a desoxirribose possui um átomo de oxigênio a menos em sua composição ( $C_5H_{10}O_4$  para a desoxirribose e  $C_5H_{10}O_5$  para a ribose).

- ▶ **RIBOSE** →  $C_5H_{10}O_5$  : Presente no RNA e na molécula de ATP;
- ▶ **DESOXIRRIBOSE** →  $C_5H_{10}O_4$  : Presente no DNA;



Fonte: Microbenotes

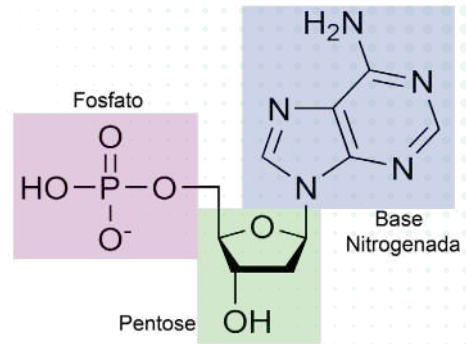
- ▶ **NÃO ESQUEÇA:** Para identificar a desoxirribose, emprega-se a reação de Feulgen, uma técnica citoquímica que colore em vermelho estruturas contendo DNA quando observadas ao microscópio. Tais estruturas são denominadas Feulgen positivas, indicando a presença de DNA. Aquelas que não apresentam essa coloração são classificadas como Feulgen negativas, sugerindo a ausência de DNA. Essa abordagem proporciona uma distinção clara entre estruturas celulares que contêm material genético e aquelas desprovidas desse componente vital.



A reação de Feulgen

Fonte: sciencedirect.com

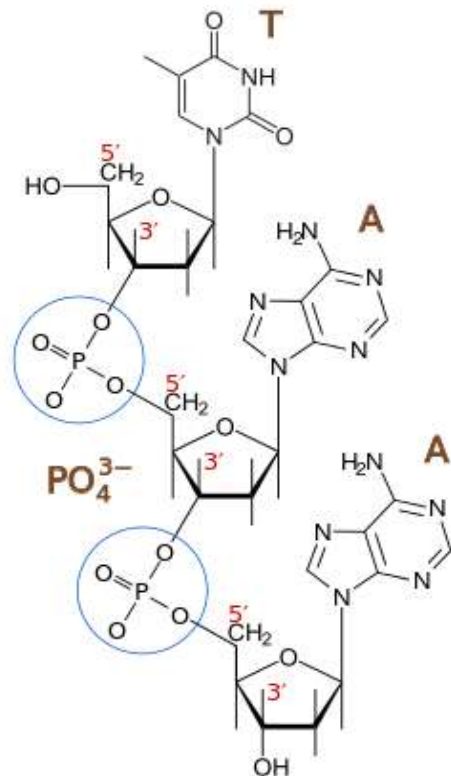
## ÁCIDO FOSFÓRICO



Fonte: Escolaeducação.com

## As ligações fosfodiéster

O ácido fosfórico é responsável por unir os nucleotídeos de uma mesma fita de DNA ou RNA. Essa ligação ocorre entre os ácidos fosfóricos e as pentoses dos nucleotídeos. A ligação entre um nucleotídeo e outro ocorre através da união do carbono 5' (chamamos de carbono cinco linha) da pentose de um nucleotídeo, com o carbono 3' (carbono três linha) da pentose do outro nucleotídeo.

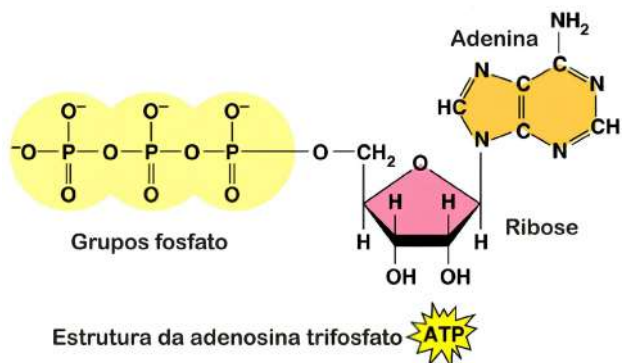


Ligação fosfodiéster

Fonte: Maestrovirtuale.com

## ATP (Adenosina TRIFOSFATO)

A molécula de ATP (adenosina trifosfato ou trifosfato de adenosina) também é de natureza nucleotídica, uma vez que é formada pela base nitrogenada adenina, ligada à pentose ribose, que, por sua vez, liga-se a três grupos fosfatos. Veja a representação abaixo:



Fonte: BlogdoEnem

Normalmente, a energia utilizada nas atividades celulares é proveniente da degradação do ATP em ADP. A degradação do ADP em AMP, assim como a degradação do AMP, é um recurso de que a célula lança mão apenas em casos de extrema necessidade. No metabolismo celular normal, moléculas de ATP estão constantemente sendo degradadas em ADP + Pi, liberando energia para as atividades. Por outro lado, usando energia proveniente, principalmente, da respiração celular, moléculas de ATP estão constantemente sendo reconstituídas a partir da adição de um grupo fosfato ao ADP.

Relação entre a síntese (produção) de ATP feita na respiração celular e sua degradação – Durante as reações da respiração celular, compostos orgânicos, especialmente a glicose, são degradados, liberando energia sob a forma de calor. Parte dessa energia se perde rapidamente, irradiando-se para o meio, e parte é usada para ligar grupos fosfatos a moléculas de ADP, formando, assim, moléculas de ATP. A síntese do ATP, portanto, é feita por meio de uma fosforilação, isto é, acréscimo de fosfato ao ADP. Quando a célula necessita de energia para a realização de um trabalho qualquer, as moléculas de ATP são degradadas em ADP + Pi, e a energia liberada nessa degradação é então utilizada.



Se liga

mamífero

Nos vegetais, além da produção de ATP feita com energia proveniente da respiração celular, também há produção de ATP com utilização de energia obtida a partir da luz. Essa produção de ATP com energia obtida, primariamente, a partir da luz denomina-se **fosforilação e ocorre durante a fotossíntese**.

## OUTRAS FUNÇÕES DOS NUCLEOTÍDEOS:

Além de constituírem os ácidos nucleicos, certos nucleotídeos são cruciais para armazenar e transferir energia química. A figura anterior evidencia as ligações fosfato do ATP, carregadas de energia (~), cerca de 7,3 kcal/mol quando rompidas. Essa energia liberada, proveniente da hidrólise enzimática do ATP, alimenta várias reações celulares. A ligação ~P, de alta energia, capacita a célula a acumular reservas energéticas compactas, prontas para uso imediato. Além disso, alguns nucleotídeos, como o AMPc, desempenham papel vital na sinalização celular, ativando enzimas em resposta a estímulos extracelulares, proporcionando efeitos hormonais específicos.

## A MOLÉCULA DE DNA (ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO)



Descoberta da estrutura química do DNA

Fonte: history.com

Em 1962, o prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina foi concedido a três cientistas: Francis Crick (britânico), James Watson e Maurice Wilkins (norte-americano). Estes cientistas sugeriram a molécula do DNA em estrutura helicoidal formada por duas cadeias de nucleotídeos em antiparalelo.

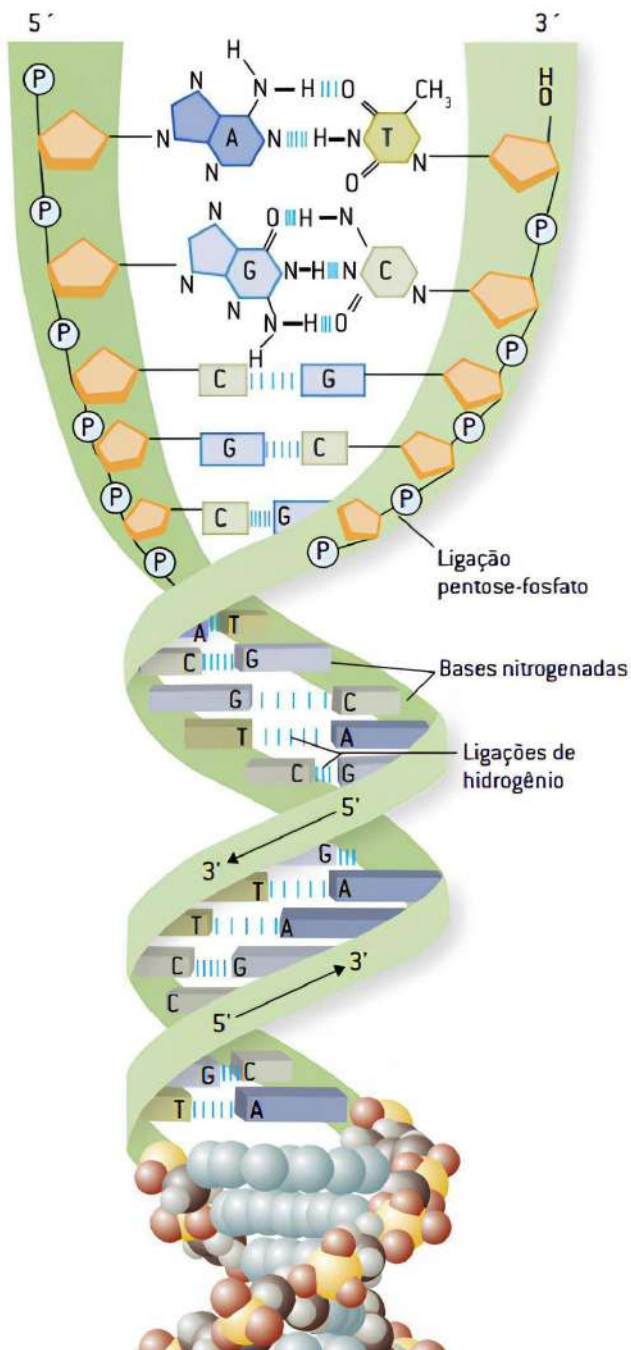
A molécula de DNA tem sentidos opostos, onde as bases nitrogenadas se unem através das ligações ou pontes de hidrogênio.

As pontes de hidrogênio são extremamente importantes para que a molécula possa unir as suas fitas e se torne estável. O DNA é chamado de molécula bicatenária, que significa molécula de duas fitas. O DNA é uma molécula mestra, a partir dos seus genes ela controla toda atividade metabólica da célula.

O DNA de alguns vírus é uma molécula monocatenária, mas vamos focar no DNA dos eucariontes neste material.

## O MODELO DE WATSON E CRICK

As fitas estão em antiparalelo, ou seja, em direções opostas representadas da seguinte forma:



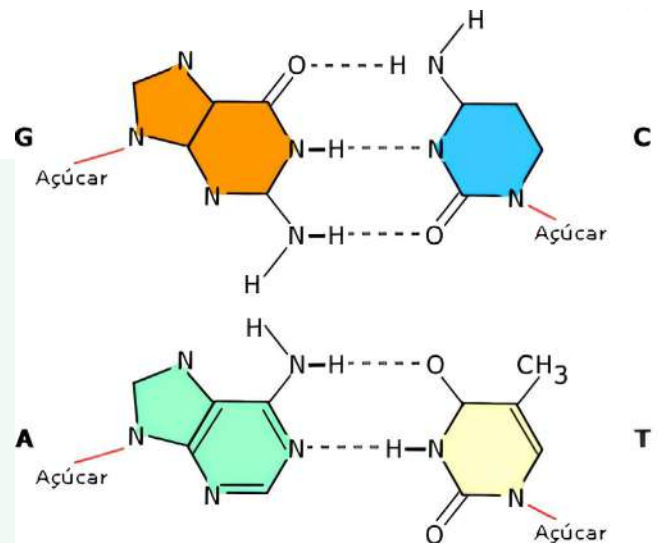
Fonte: Colanaweb

### Principais características do DNA de Watson e Crick

- ▶ Molécula bicatenária;
- ▶ Fitas em direções opostas;
- ▶ Direção do DNA: 5' 3' ;
- ▶ Capacidade de duplicação que ocorre no núcleo das células eucariotas;
- ▶ Principal enzima da duplicação DNA polimerase;
- ▶ As bases nitrogenadas são complementares onde: bases púricas se ligam com bases pirimídicas

- ▶ ADENINA se liga com timina e GUANINA se liga com citosina através das pontes de hidrogênio.
- ▶ Molécula de DNA apresenta 50% de bases púricas e 50% de bases pirimídicas.

### As pontes de hidrogênio unem as fitas opostas do DNA



- ▶ No DNA Adenina sempre se liga a Timina e vice-versa: Formação de 2 ligações de Hidrogênio.
- ▶ No DNA Guanina sempre se liga a Citosina e vice-versa: Formação de 3 ligações de Hidrogênio.

Fonte: Blogdovestibular.com

### A regra de Chargaff

Estudando a composição de bases em moléculas do DNA de diferentes espécies, Erwin Chargaff constatou que aproximadamente 50% dessas bases eram púricas e 50% eram pirimídicas. A regra de Chargaff é descrita na fórmula abaixo:

$$\overbrace{A + G}^{50\%} = \overbrace{C + T}^{50\%}$$

Você descreve a regra desta forma:

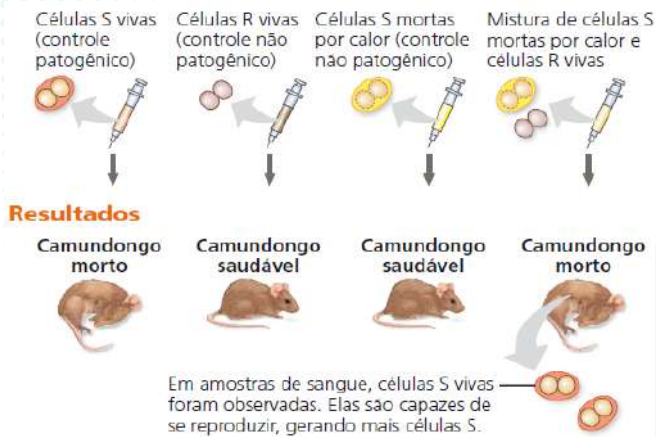
**“A soma das bases púricas é igual a soma das bases pirimídicas.”**

### Aprofundando os conhecimentos para o Enem

UMA CARACTERÍSTICA GENÉTICA PODE SER TRANSFERIDA ENTRE DIFERENTES CEPAS DE BACTÉRIAS? SIM! VAMOS OBSERVAR COMO:

Experimento Frederick Griffith: Estudou duas cepas da bactéria *Streptococcus pneumoniae*. Bactérias da cepa S (do inglês, smooth, “suave”) podem causar pneumonia em camundongos

e são patogênicas, pois possuem uma cápsula que as protegem do sistema imune do animal. As bactérias da cepa R (do inglês, rough, "rugosa") não têm essa cápsula e não são patogênicas. Para testar a característica patogenicidade, Griffith injetou as duas cepas de bactérias em camundongos, conforme abaixo:



Fonte: *Journal of Hygiene*

► **Conclusão:** Griffith concluiu que as bactérias R vivas foram transformadas em bactérias patogênicas S por uma substância hereditária desconhecida, oriunda das células S mortas, que permitiu às células R a formação de cápsulas.

Fonte: F. Griffith, *The significance of pneumococcal types, Journal of Hygiene 27: 113-159 (1928)*.

aproximadamente 40 a 50 divisões celulares constituem o limite de Hayflick, explicando o envelhecimento tecidual.

Em células especiais, como células-tronco, células germinativas e células cancerosas, a enzima telomerase reconstrói os telômeros após cada replicação do DNA, garantindo a renovação. Dessa forma, as células-filhas após a divisão celular mantêm telômeros normais, possibilitando ciclos infinitos de replicação e divisão.



1. Telômeros; 2. Cromossomos da célula adulta; 3. Telômeros encurtados depois de múltiplas replicações; 4. Telômeros em senescência; 5. Telomerase; 6. Aumento dos telômeros pela telomerase.



Telômeros: cultive esta fonte da juventude

Fonte: *Vida natural*



Se liga

mamífero

## Telômero e enzima telomerase:

O DNA de uma célula descendente é ligeiramente mais curto que o DNA da célula mãe ou de origem. Na ponta da molécula de DNA, a DNA polimerase enfrenta um desafio: o primer de RNA no início da cadeia líder não pode ser substituído por DNA no sentido 3'5', tornando-se uma limitação. Devido à instabilidade do primer de RNA, ele se perde, resultando na perda do trecho complementar de DNA. Dessa forma, o DNA descendente é ligeiramente mais curto que o DNA parental.

O fragmento perdido na extremidade é uma parte crucial do telômero, localizado na extremidade do cromossomo. Ele previne interpretações errôneas de extremidades de cromossomos como DNA danificado a ser reparado. A sequência do telômero, composta por até 3.300 repetições de TTAGGG, é não codificante, evitando danos a genes importantes durante a replicação.

Inicialmente, o encurtamento do telômero não causa problemas, pois envolve segmentos não codificantes do DNA. Contudo, após múltiplas divisões celulares e replicação subsequente, a molécula de DNA encurtada perde trechos de genes, levando à morte celular. Nos humanos,

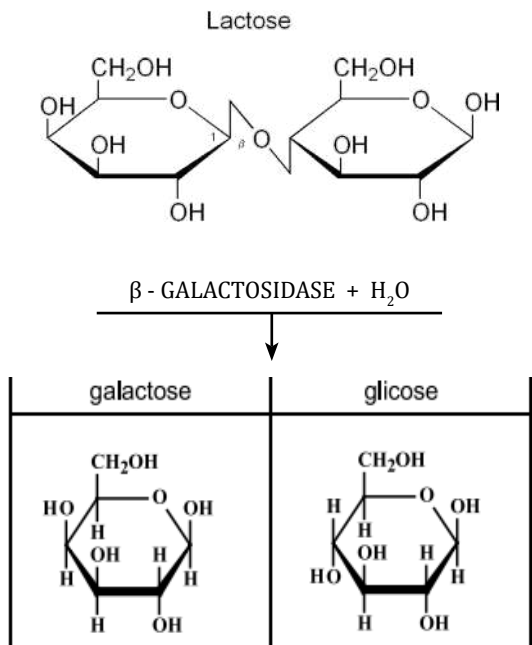
## O MODELO DE OPERON

### MODELO DE REGULAÇÃO GÊNICA

Para funcionar adequadamente, as células necessitam de quantidades precisas de enzimas (ativadores de metabolismo). O manuseio químico de substâncias, ou sua simples absorção dependem de enzimas específicas que, como todas as proteínas, têm sua produção determinada pela informação codificada geneticamente no DNA (genes).

Células de *Escherichia coli* supridas com o dissacarídeo lactose, precisam da enzima  $\beta$ -galactosidase para quebrar o dissacarídeo em glicose e galactose, antes que possa usá-lo. Nas células que crescem no meio com lactose, milhares de moléculas de  $\beta$ -galactosidase estão presentes em qualquer célula normal de *E. coli*. A enzima lactose permease é necessária para transportar a lactose para dentro da célula. Na ausência da lactose, entretanto, há, em média, uma única molécula da enzima por célula. Quando a  $\beta$ -galactosidase é necessária, ela é produzida por um RNA-m novo.

Foram encontrados mutantes de *E. coli* que produzem a enzima mesmo na ausência de lactose. Esses mutantes levam desvantagem em relação às células que têm síntese balanceada de proteínas porque, ao produzir uma enzima na ausência de seu respectivo substrato, estão usando suas energias e recursos de modo não econômico. Substâncias como a lactose que aumentam a quantidade de enzimas produzidas por uma célula, chamam-se indutoras e as enzimas que elas induzem são chamadas enzimas indutíveis.



Representação da ação da  $\beta$ -Galactosidase

Algumas substâncias agem no sentido de reprimir a produção das enzimas. A *E. coli*, por exemplo, pode produzir os seus aminoácidos a partir de uma fonte de carbonos e de amônia (NH<sub>3</sub>). Se um certo aminoácido – a histidina, por exemplo – está presente no meio, a célula deixa de produzir todas as enzimas associadas à biossíntese de histidina. Essas enzimas são chamadas de enzimas repressíveis. Nas células bacterianas, as moléculas de RNA-m são “quebradas” rapidamente, logo depois de serem produzidas. Portanto, o controle sobre a produção de RNA-m regula diretamente a taxa da síntese de enzimas.

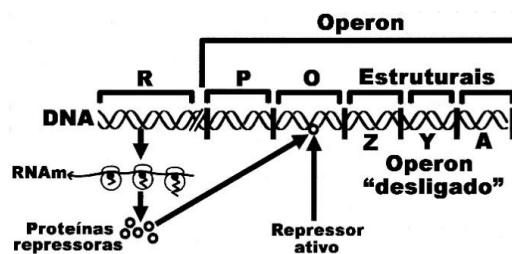
## O OPÉRON

Para explicar como as células bacterianas regulam a biossíntese de enzimas para economizar energia, por exemplo, bactérias do grupo das *Escherichia coli*, que são bactérias intestinais, podem fabricar um aminoácido chamado de triptofano por regulação gênica do modelo de operon. Imagina a seguinte situação, se o indivíduo que está hospedando essas bactérias, não ingerir esse aminoácido, não teria problema, pois as bactérias iriam iniciar sua biossíntese naturalmente. Mas, o que é mais interessante ainda, é que se o indivíduo ingerir esse aminoácido e disponibilizar para as bactérias, elas param de biossintetizar o aminoácido. Você deve estar pensando: lógico né Jones?! Se tem disponível, porque vou sintetizar de novo?! Tudo bem, eu concordo com você, mas, pense assim: como a bactéria consegue regular esse processo metabólico? É daí que vem o Modelo de OPERON, que explica como esse controle metabólico acontece.

Jacob e Monod desenvolveram a hipótese do opéron. O opéron é um grupo de genes relacionados e alinhados ao longo de um mesmo segmento de DNA, que promove o controle metabólico das bactérias, e esse controle promove a formação de enzimas de determinadas vias metabólicas.

### O Opéron é constituído de três tipos diferentes de genes

- ▶ **O Regulador** – gene responsável pela síntese da proteína que vai se encaixar no gene promotor para inibir o OPERON.
- ▶ **O Promotor** – sítio no qual se inicia a produção do RNA-m (transcrição), ou seja. Local onde se encaixa a RNA-pol - III;
- ▶ **O Operador** – que tem o papel da regulação da produção, ele pode permitir ou inibir a transcrição se estiver sendo ocupado pelo **indutor**;
- ▶ **Os genes estruturais** – contém os códigos encadeados para a construção de moléculas de enzimas dos processos metabólicos.



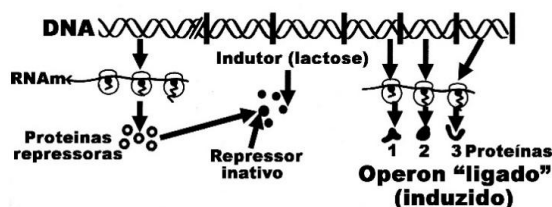
Se liga

**mamífero**

Se o gene regular estiver ativo, teremos a síntese de proteínas repressoras, que vão se unir ao gene operador. Se o gene operador estiver ocupado pelas proteínas repressoras, a RNA polimerase não consegue se unir ao gene promotor para que ocorra a transcrição dos genes estruturais.

Para o repressor se encaixar no gene operador, é necessária a presença do chamado indutor (lactose, triptofano, vai depender da via metabólica do operon). Por exemplo. Para a síntese de triptofano pelas bactérias, elas precisam sintetizar enzimas que são originadas dos genes estruturais. Se os genes estruturais forem transcritos, teremos a formação das enzimas e conseqüentemente a produção de triptofano. Mas, se o meio em que a bactéria está inserida, esteja rico em triptofano, observamos que o próprio triptofano se torna o indutor. O indutor se encaixa na proteína repressora que agora se torna ativa e promove a ocupação do gene operador; e o gene operador ocupado, não ocorre transcrição dos genes estruturais, conseqüentemente não ocorre síntese das enzimas que produzem o triptofano.

Na ausência do repressor, são formadas moléculas de RNA-m ao longo dos genes estruturais e, com essas moléculas, são produzidas proteínas. Quando o suprimento de indutor acaba, o regulador, mais uma vez, assume o controle e cessa a produção de RNA-m e de proteínas.



Existem dois modelos clássicos do sistema operon:

- ▶ OPERON LACTOSE
- ▶ OPERON TRIPTOFANO

## O RNA (ÁCIDO RIBONUCLÉICO)

A molécula de RNA é uma cadeia única, que pode formar dobras mantidas por ligações de hidrogênio entre suas bases nitrogenadas.

Existem 3 tipos de RNA:

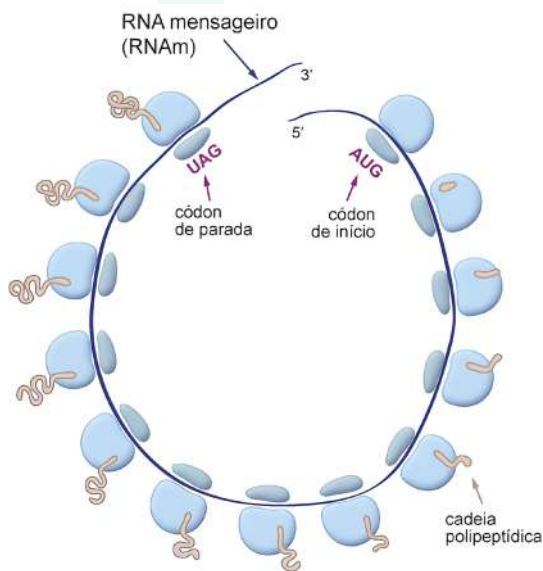
- ▶ RNA MENSAGEIRO (RNAm)
- ▶ RNA TRANSPORTADOR (RNAt)
- ▶ RNA RIBOSSÔMICO (RNAr)

A síntese dos RNAs ocorre na presença da enzima RNA-POLIMERASE

- ▶ **RNA-polimerase I:** É responsável pela síntese do RNAr (maior parte) que dos três tipos é o mais produzido.
- ▶ **RNA-polimerase II:** É responsável pela síntese do RNAm.
- ▶ **RNA-polimerase III:** É responsável pela síntese de uma menor parte do RNAr e do RNAt toda.

## RNAM (MENSAGEIRO)

Leva o código genético do DNA para o citoplasma, onde seguindo esse código, determina a sequência específica de aminoácidos. A produção do RNAm através de um molde do DNA ocorre pelo processo de transcrição do RNAm.



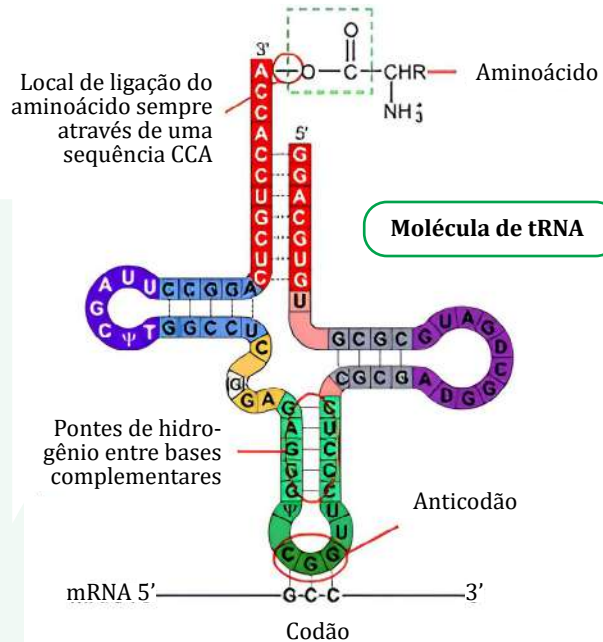
Fonte: MoodleUSP

## RNAT (TRANSPORTADOR)

Esse tipo de ácido ribonucléico acha-se representado por uma estrutura de menor peso molecular, sendo constituído também por um único filamento de ribonucleotídeos. Este ácido

apresenta em uma das partes de sua extremidade aberta o terço de bases CCA.

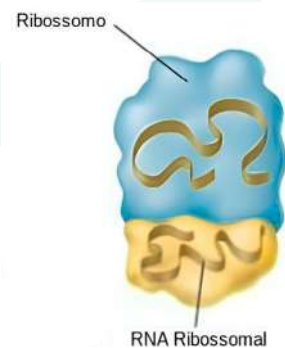
Existem cerca de 20 aminoácidos necessários que são adquiridos através da alimentação e outra parte é sintetizada pelo corpo. Esses aminoácidos se combinam especificamente a um determinado RNAt



Fonte: Wikicência.com

## RNAR (RIBOSSOMAL OU RIBOSSÔMICO)

Este tipo de ácido ribonucléico é característico de uma organela citoplasmática OS CHAMADOS ribossomos.



Fonte: Profissãobiotec.com

Formação dos ribossomos

1. NOR: Região organizadora do nucléolo;
2. União dos RNAr + proteínas formando: Ribossomos

As ribonucleoproteínas serão responsáveis pela formação das subunidades maior e menos dos ribossomos.



# REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

- AMABIS, Jose Mariano. Fundamentos da Biologia Moderna. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2002.
- BURNIE, David. Dicionário Temático de Biologia. São Paulo: Scipione, 2001.
- CORSON, Walter H. ed. Manual Global de Ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente. São Paulo: Augustos, 1996.
- FAVARETTO, Jose Arnaldo. Biologia. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2003.
- MORANDINI, Clezio & BELLINELLO, Luiz Carlos. São Paulo: Atual, 1999.
- PAULINO, Wilson Roberto. Biologia. São Paulo: Ática, 1998.
- SILVA Jr, Cesar da & SASSON, Sezar. Biologia. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2003.
- SOARES, Jose Luis. Biologia. São Paulo: Scipione, 1997.
- UZUNIAN, Armenio. Biologia. 2 ed. São Paulo: Harbra, 2004.
- ZAMPERETTI, Kleber Luiz. Biologia Geral. Rio Grande do Sul: Sagra-dc Luzzatto, 2003.
- FUTUYMA, Douglas J. Biologia Evolutiva. 2 ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1993.
- GOWDAK, Demetrio. Biologia. São Paulo: FTD, 1996.
- MORANDINI, Clezio & BELLINELLO, Luiz Carlos. São Paulo: Atual, 1999.
- PAULINO, Wilson Roberto. Biologia. São Paulo: Ática, 1998.
- SILVA Jr, Cesar da & SASSON, Sezar. Biologia. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2003.
- SOARES, Jose Luis. Biologia. São Paulo: Scipione, 1997.
- UZUNIAN, Armenio. Biologia. 2 ed. São Paulo: Harbra, 2004.
- ZAMPERETTI, Kleber Luiz. Biologia Geral. Rio Grande do Sul: Sagra-dc Luzzatto, 2003.
- FAVARETTO, J. A . e MERCADANTE, C.. Biologia, Vol. Único. São Paulo, Moderna, 2000.
- LINHARES, S. e GEWANDSZNAJDER. Biologia Hoje. Vols. 1, 2 e 3. Editora Ática, 1996.
- LOPES, S., Bio, Volumes 1, 2 e 3., Saraiva, 1997.
- SOARES, J. L.. Biologia no Terceiro Milênio, vols. 1, 2 e 3., São Paulo, 1998.
- EDITORA
- CHEIDA, L.E. Biologia Integrada, Vol. 1, 2, 3 , São Paulo, Moderna, 2002.
- AMABIS e MARTHO, Fundamentos da Biologia Moderna, vol. Único, Moderna, São Paulo, 2003.
- PAULINO, W. R., Biologia, Vols. 1, 2, 3, Ática, São Paulo, 2002



*Estamos juntos nessa!*



CURSO  
**FERNANDA PESSOA**  
ONLINE

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.