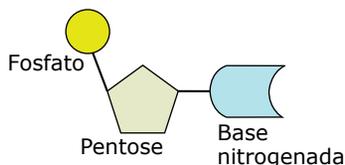


Bioquímica: Nucleotídeos, Ácidos Nucleicos e ATP

NUCLEOTÍDEOS

Os nucleotídeos (nucleotídios) são compostos resultantes da associação de uma pentose com um fosfato e com uma base nitrogenada. Veja a representação a seguir:

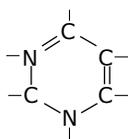


Nucleotídeo – A união apenas da pentose com a base nitrogenada forma um composto chamado genericamente de nucleosídeo. Assim, pode-se dizer que o nucleotídeo é o nucleosídeo unido ao fosfato.

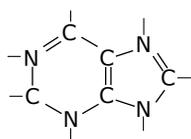
Nos nucleotídeos, o fosfato é derivado do ácido fosfórico (H_3PO_4); a pentose pode ser a ribose ou a desoxirribose; a base nitrogenada é uma base púrica (purina) ou uma base pirimídica (pirimidina).

Os nucleotídeos que têm a pentose ribose podem ser chamados genericamente de ribonucleotídeos, enquanto os que têm a desoxirribose podem ser chamados de desoxirribonucleotídeos.

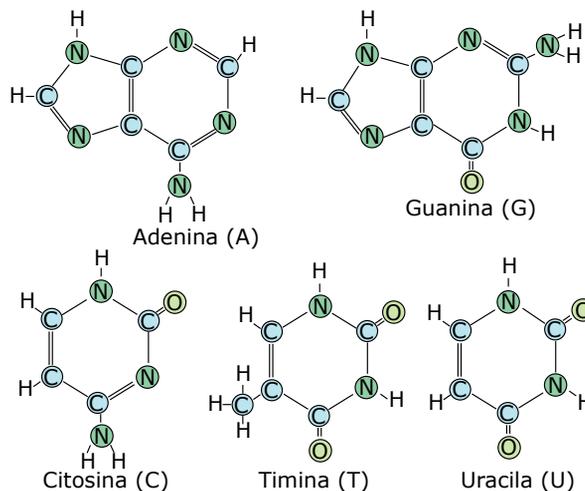
As bases nitrogenadas que fazem parte dos nucleotídeos são formadas por moléculas que possuem estrutura de anel (estrutura cíclica) formado por átomos de carbono e nitrogênio. Quando o anel é simples (único), as bases são denominadas pirimídicas ou pirimidinas; quando têm duplo anel, são denominadas púricas ou purinas.



Esqueleto molecular de uma pirimidina – As bases pirimídicas estão representadas pela citosina, timina e uracila (uracil).



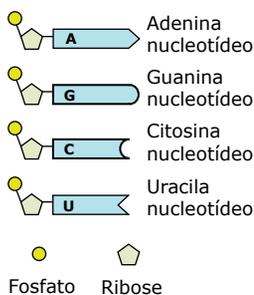
Esqueleto molecular de uma purina – As bases púricas estão representadas pela adenina e pela guanina.



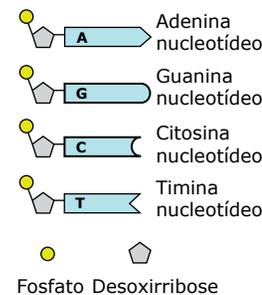
Bases nitrogenadas – Observe que a adenina (A) e a guanina (G) são bases que têm um duplo anel de carbono e nitrogênio, enquanto a citosina (C), a timina (T) e a uracila (U) têm um anel simples.

No nucleotídeo, a base nitrogenada fica ligada diretamente à pentose (ribose ou desoxirribose). A ribose é capaz de formar ligação química com as bases adenina, guanina, citosina e uracil. A desoxirribose, por sua vez, é capaz de estabelecer ligação com adenina, guanina, citosina e timina. Em condições normais, a ribose não forma ligação com a timina, assim como a desoxirribose não se liga ao uracil. Dessa forma, há oito tipos diferentes de nucleotídeos: quatro tipos diferentes de ribonucleotídeos e quatro tipos diferentes de desoxirribonucleotídeos.

Ribonucleotídeos

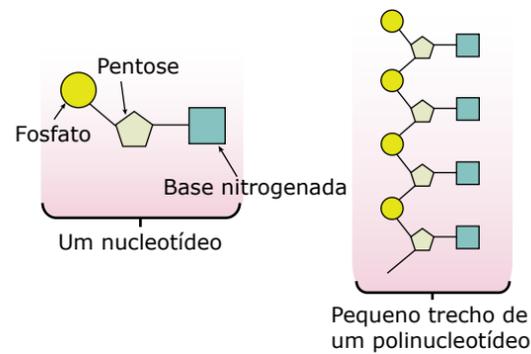


Desoxirribonucleotídeos



Tipos de nucleotídeos – A denominação dos nucleotídeos pode ser feita de acordo com a base nitrogenada que possuem. Assim, tem-se: adenina-nucleotídeo, guanina-nucleotídeo, timina-nucleotídeo, etc.

Os nucleotídeos são capazes de se ligar uns aos outros, originando moléculas maiores que, dependendo do número de nucleotídeos que se ligam, podem ser chamadas de dinucleotídeos, trinucleotídeos, etc. Quando muitos nucleotídeos se ligam, forma-se um polinucleotídeo. Os polinucleotídeos são polímeros cujos monômeros são os nucleotídeos.



Formação de um polinucleotídeo - Observe que a ligação fosfodiéster, isto é, entre nucleotídeos, se faz por meio da pentose de um nucleotídeo com o fosfato do outro.

ÁCIDOS NUCLEICOS

Os ácidos nucleicos são substâncias formadas por macromoléculas resultantes da união de vários nucleotídeos. São, portanto, exemplos de polinucleotídeos.

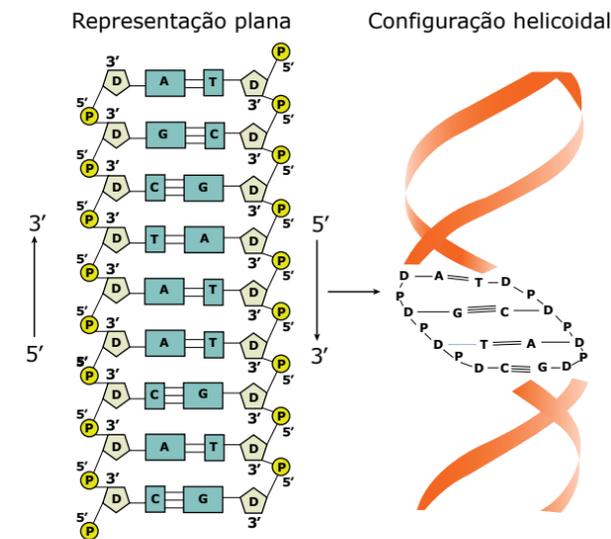
Foram descobertos no núcleo das células, fator que auxiliou em sua denominação. Durante algum tempo, pensou-se que tais substâncias eram exclusivas do núcleo celular. Posteriormente, descobriu-se que essas substâncias também são encontradas no citoplasma, ou seja, não são exclusivas do núcleo. Entretanto, a denominação ácidos nucleicos permaneceu, uma vez que já havia sido consagrada pelo uso.

Existem dois tipos de ácidos nucleicos: DNA e RNA.

DNA ou ADN (Ácido desoxirribonucleico)

Normalmente, suas moléculas são formadas por duas fitas ou cadeias de desoxirribonucleotídeos, unidas uma à outra por meio de ligações de hidrogênio. Essas ligações de hidrogênio ("pontes de hidrogênio") são feitas entre as bases púricas de uma cadeia e as bases pirimídicas de outra cadeia, obedecendo sempre ao seguinte pareamento: adenina com timina (ou vice-versa) e guanina com citosina (ou vice-versa). Para unir uma adenina a uma timina, são necessárias duas ligações de hidrogênio, já para ligar uma guanina a uma citosina, são necessárias três ligações. Assim, na molécula de DNA, cada adenina de uma cadeia deve estar ligada a uma timina de outra cadeia por meio de duas ligações de hidrogênio, e cada citosina de uma cadeia deve estar ligada a uma guanina da outra por meio de três ligações de hidrogênio.

Por isso, se diz que as duas cadeias polinucleotídicas que compõem a molécula do DNA são complementares. Isso permite descobrir a sequência de bases de uma cadeia a partir do conhecimento da sequência de bases da outra. Por exemplo: se uma das cadeias do DNA tem a sequência de bases ATTCAGAAC, na outra cadeia, a sequência terá de ser TAAGTCTTG.



Representação esquemática de um trecho de uma molécula de DNA - A molécula do DNA não é plana. As suas duas cadeias ou fitas polinucleotídicas enrolam-se uma sobre a outra, dando-lhe uma configuração helicoidal. Por isso, pode-se dizer que a estrutura da molécula do DNA é de dupla-hélice. Entretanto, por razões didáticas, muitas vezes, é representada com uma configuração plana, conforme visto no esquema anterior.

O modelo molecular do DNA foi proposto, em 1953, pelos bioquímicos Watson e Crick, que, para elaborá-lo, basearam-se em técnicas de difração de raios X. Segundo esses dois pesquisadores, a molécula do DNA pode ser comparada a uma escada retorcida de corda (escada caracol), em que as ligações 5'-3' de fosfodiéster entre os fosfatos e as pentoses (no caso, desoxirriboses) formam os "corrimões", enquanto os "degraus" são representados pelas ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas das duas cadeias polinucleotídicas.

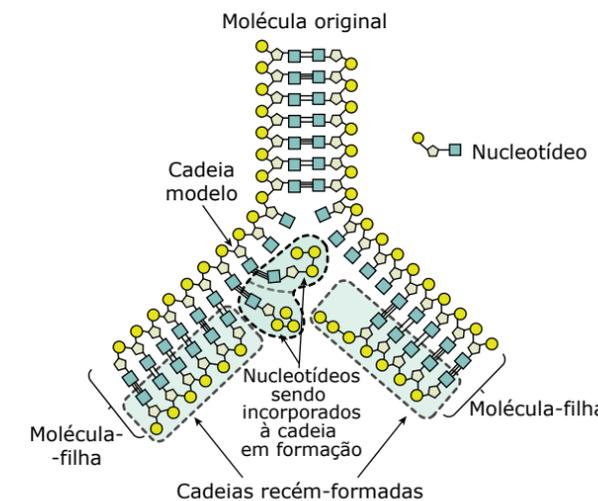
As moléculas de DNA se diferenciam pelo número de nucleotídeos e pela sequência deles ao longo de suas cadeias. Entretanto, em qualquer molécula de DNA de fita dupla, há as seguintes relações:

$$A/T = 1 \quad C/G = 1 \quad A/T = C/G \quad \frac{A+C}{T+G} = 1$$

No DNA, a sequência dos nucleotídeos é fundamental para caracterizar a molécula e para determinar o seu papel na célula.

Desde 1944, sabe-se que o DNA está diretamente relacionado com a hereditariedade: trechos de suas moléculas que contêm informações genéticas codificadas constituem os gens ou genes. Assim, o DNA é fundamental no controle das atividades da célula, determinando suas características genéticas.

Uma propriedade importante que o DNA tem é a sua capacidade de sofrer autoduplicação (duplicação, replicação).



Duplicação do DNA.

Na duplicação do DNA, uma molécula (que se pode chamar de "molécula-mãe") origina duas "moléculas-filhas" iguais entre si e iguais à "molécula-mãe". Essa duplicação é semiconservativa e exige a presença, no interior das células, de enzimas especiais (DNA-helicase, DNA-polimerase, DNA-ligase) e de desoxirribonucleotídeos livres, isto é, que não estejam ligados uns aos outros. A DNA-helicase catalisa a reação que desenrola a dupla-hélice do DNA, a DNA-polimerase catalisa a reação que adiciona novos nucleotídeos durante a síntese, e a DNA-ligase, dentre outras funções, une esses nucleotídeos formando uma nova fita polinucleotídica. Assim, cada fita de nucleotídeos proveniente da "molécula-mãe" serve de molde para a síntese de uma nova fita polinucleotídica. Essa síntese, resultante da adição de novos nucleotídeos, sempre ocorre no sentido 5'-3'.

O DNA é encontrado nas mitocôndrias, nos cloroplastos e, principalmente, nos cromossomos. A duplicação do DNA cromossômico ocorre momentos antes de uma célula iniciar um processo de divisão (reprodução) celular, no chamado período S da interfase. Desse modo, as "células-filhas" formadas por meio de uma mitose conterão as mesmas informações genéticas da "célula-mãe". Na fecundação humana, o DNA cromossômico é transmitido aos descendentes por ambos os genitores, ou seja, parte do DNA herdado é de origem paterna e a outra parte, de origem materna.

A duplicação do DNA mitocondrial e do DNA dos cloroplastos independe da duplicação do DNA cromossômico. Na fecundação humana, o DNA mitocondrial é transmitido aos filhos apenas pela mãe, ou seja, todo o DNA mitocondrial que um indivíduo possui é de origem materna.

A presença de DNA em uma estrutura celular pode ser detectada por meio de uma técnica de coloração conhecida por reação de Feulgen. Essa reação consiste basicamente em mergulhar o material que se quer submeter à análise em uma solução aquecida de ácido clorídrico e, em seguida, ao reativo de Schiff. O reativo de Schiff é uma solução de fucsina básica descolorada pelo anidro sulfuroso (SO₂). A fucsina básica, por sua vez, é um composto orgânico de caráter básico (pH elevado) muito utilizado na preparação de diferentes corantes utilizados no estudo das células.

A reação de Feulgen é dita positiva se aparecer a cor vermelha, significando que, na estrutura analisada, existe DNA. Essa reação é específica para o DNA, e a intensidade da cor vermelha que se forma é proporcional à concentração de DNA. Desse modo, pode-se fazer também um estudo quantitativo desse ácido. Como a reação de Feulgen só dá positiva para o DNA, este é dito Feulgen positivo, enquanto o RNA é Feulgen negativo.

A partir das duas últimas décadas do século passado, o DNA passou a ser utilizado em testes de identificação de pessoas, bem como em testes de comprovação ou não de paternidade. É o chamado teste de DNA.

RNA ou ARN (Ácido ribonucleico)

Suas moléculas, normalmente, são formadas por uma única cadeia ou fita de ribonucleotídeos. Normalmente, essa cadeia enrola-se sobre si mesma, adquirindo uma configuração helicoidal. Pode-se dizer, então, que o RNA tem uma estrutura de hélice simples.

Existem três tipos básicos de RNA: RNA-r, RNA-m e RNA-t. Todos participam do processo de síntese de proteínas no interior da célula.

- **RNA-r (RNA ribossômico)** - É o tipo de RNA mais abundante na célula. Participa da constituição química dos ribossomos, vindo daí o seu nome.

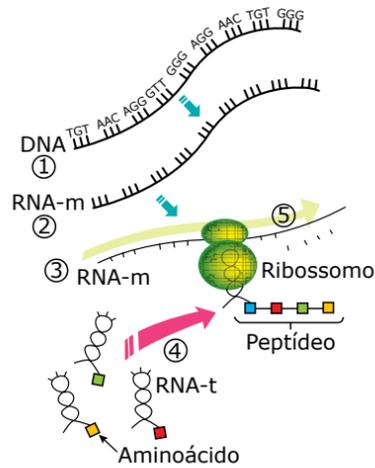
Os ribossomos ou ribossomas são estruturas celulares constituídas de proteínas e RNA que exercem importante papel no processo da síntese de proteínas, promovendo a ligação entre os diversos aminoácidos que irão compor a molécula proteica.

- **RNA-m (RNA mensageiro)** - É o tipo de RNA que ocorre em menor quantidade dentro da célula. Participa da síntese de proteínas, trazendo do DNA para os ribossomos as informações codificadas a respeito de quais aminoácidos irão compor a molécula proteica e em que sequência deverão ser ligados.

- **RNA-t (RNA transportador, RNA transferidor, RNA transfer)** – Seu papel na síntese de proteínas consiste em transportar aminoácidos que se encontram dispersos no interior da célula para o local da síntese, isto é, para o local onde se encontram os ribossomos ligados ao RNA-m.

Tipos de RNA		
RNA-m	RNA-t	RNA-r
Tem morfologia de um filamento simples. Por meio da sequência de seus códons (transcritos do DNA), determina a posição dos aminoácidos nas proteínas. Liga-se aos ribossomos.	Sua morfologia lembra uma "folha de trevo". Transporta o aminoácido que será utilizado na síntese da proteína, unindo seu anticódon ao respectivo códon do RNA-m.	Juntamente com proteínas, forma os ribossomos, estruturas celulares nas quais se liga o RNA-m. Os ribossomos promovem a formação das ligações peptídicas entre os aminoácidos que formarão a cadeia polipeptídica.

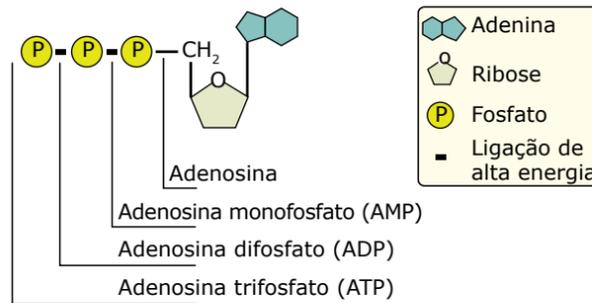
Os ácidos nucleicos, DNA e RNA, embora tenham muitas semelhanças quanto aos seus componentes químicos, desempenham papéis biológicos diferentes. O DNA é portador das mensagens genéticas. A função do RNA é transcrever a mensagem genética presente no DNA e traduzi-la em proteínas. Veja, a seguir, um esquema bem simplificado da síntese de proteínas que ocorre no interior das células.



A síntese de proteínas – 1. Segmento de DNA em que há uma informação codificada, que diz respeito à estrutura primária de uma determinada proteína. 2. A informação contida no segmento de DNA é transcrita para o RNA-m. 3. O RNA-m, com a informação transcrita do DNA, vai ao encontro do ribossomo. 4. Moléculas de RNA-t trazem os aminoácidos que serão utilizados na síntese da proteína. 5. O ribossomo percorre a fita do RNA-m fazendo a tradução da mensagem que nele está codificada e, com os aminoácidos trazidos pelos RNA-t, fabrica a referida proteína.

ATP (ADENOSINA TRIFOSFATO)

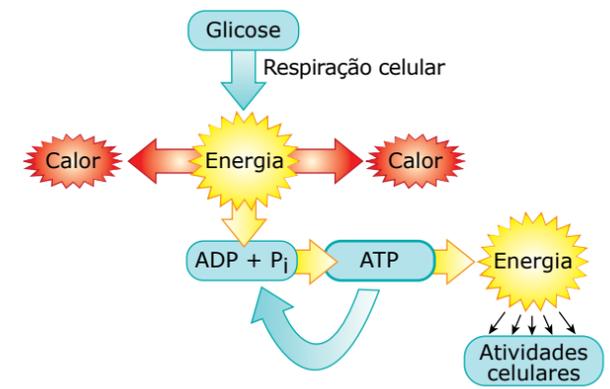
A molécula de ATP (adenosina trifosfato ou trifosfato de adenosina) também é de natureza nucleotídica, uma vez que é formada pela base nitrogenada adenina, ligada à pentose ribose, que, por sua vez, liga-se a três grupos fosfatos. Veja a representação a seguir:



Estrutura do ATP – A adenosina é um nucleosídeo resultante da união da base nitrogenada adenina com a pentose ribose. Quando a adenosina se liga a apenas um grupo fosfato, forma-se o AMP (adenosina monofosfato); quando se liga a dois grupos fosfatos, há a formação de ADP (adenosina difosfato); quando se liga a três grupos fosfatos, forma-se o ATP. Nas ligações químicas do ATP, em especial nas ligações entre os grupos fosfatos, fica armazenada a energia que será utilizada nas atividades celulares. Assim, o ATP é a fonte imediata de energia para o trabalho celular.

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 + P_i, 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.

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 fotofosforilação e ocorre durante a fotossíntese.



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 + P_i, e a energia liberada nessa degradação é então utilizada.

Em linhas gerais, o metabolismo energético das células consiste em degradar moléculas orgânicas (em geral, glicose) em reações exotérmicas (reações exergônicas, cuja energia liberada está sob a forma de calor), armazenando parte dessa energia antes que a ela se perca totalmente. Para isso, as células contam com substâncias especiais, capazes de armazenar energia em suas moléculas e, quando necessário, transferi-la para qualquer atividade em que ela seja necessária. A substância armazenadora de energia mais importante para as células é o ATP. O ATP funciona como uma "moeda energética" que pode ser gasta em qualquer momento em que a célula necessitar. Conforme a atividade, haverá um gasto maior ou menor de energia. Assim, conforme a atividade, haverá nas células uma degradação de um número maior ou menor de moléculas de ATP.

TESTE DE DNA

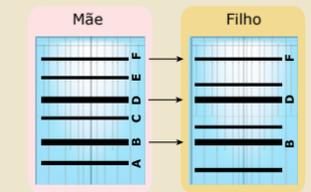
O teste de DNA é utilizado na identificação de pessoas, sendo de grande valia em investigações policiais e criminais, bem como no reconhecimento de paternidade.

Criado em 1984 pelo cientista inglês Alec Jeffreys, o exame de DNA, resumidamente, consiste no seguinte: o DNA presente em células do sangue ou de algum outro tecido é fragmentado em diversos pedaços com a utilização de enzimas especiais conhecidas como enzimas de restrição. Em seguida, os fragmentos são extraídos e colocados sobre um bloco gelatinoso e poroso e separados de acordo com o tamanho por meio de um campo elétrico (eletroforese). A eletroforese é uma técnica que permite separar moléculas de acordo com o seu tamanho e carga elétrica.

Devido à presença dos íons fosfato (PO₄³⁻), os fragmentos deslocam-se do polo negativo para o polo positivo. Os fragmentos menores deslocam-se mais rápido do que os maiores. Assim, ao término do procedimento, os fragmentos menores estarão mais próximos do polo positivo e os maiores, do polo negativo, alinhados numa disposição que lembra um código de barra.

Ao serem iluminados com luz ultravioleta, tornam-se fluorescentes. O tamanho desses fragmentos é medido em Kb (quilobases), sendo 1 Kb = 1 000 pares de bases nitrogenadas.

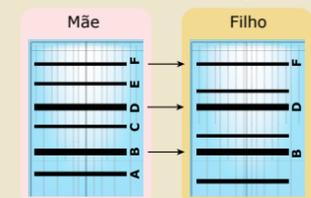
A eletroforese do DNA fornece um padrão de faixas ou bandas de diferentes larguras e tamanhos (semelhante ao código de barras), que é típico de cada pessoa.



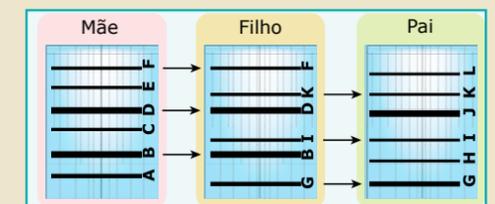
O exame do DNA – A. O DNA presente em células do indivíduo é fragmentado e, em seguida, extraído; B. Os fragmentos de DNA são colocados sobre um bloco gelatinoso e separados de acordo com o tamanho por meio de eletroforese; C. Após a adição de um reagente específico, sob radiação ultravioleta, os fragmentos se tornam fluorescentes e se mostram alinhados à semelhança das faixas (bandas) de um código de barras. O padrão observado é típico para cada pessoa. É a chamada impressão digital (fingerprint) de DNA.

Essa técnica pode ser feita com trechos codificantes ou trechos não codificantes da molécula de DNA.

O teste de paternidade feito com o DNA garante 99,9% de certeza e, resumidamente, consiste no seguinte: são coletadas amostras do DNA da mãe, do filho e do suposto pai. Verifica-se primeiramente quais as bandas do filho se alinham com as bandas da mãe; confirma-se, assim, tratar-se de mãe e filho. As bandas restantes do filho devem se alinhar e coincidir com as bandas do pai; se isso ocorrer, a paternidade estará comprovada; caso contrário, a paternidade é descartada. Veja a ilustração a seguir:



Verifica-se primeiro quais bandas do filho se alinham com as bandas da mãe.



As bandas restantes do filho devem alinhar-se e coincidir com as bandas do pai.

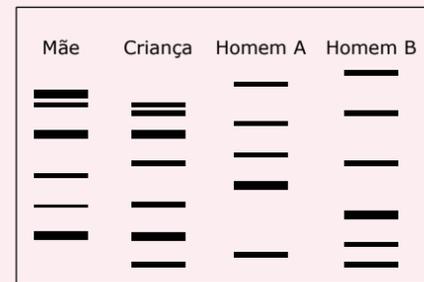
No teste de paternidade, normalmente, utilizam-se fragmentos de DNA conhecidos por **VNRTs** (Variable Number of Tandem Repeats = número variável de repetições em sequência), formados por repetições de unidades compostas por nucleotídeos. São fragmentos encontrados em determinados cromossomos que, apesar de não codificantes, também são transmitidos segundo as leis mendelianas. Dessa forma, parte desses fragmentos que uma pessoa possui foi herdada da mãe e a outra parte, herdada do pai. Esses fragmentos são diferentes para cada pessoa (exceto nos casos de gêmeos univitelinos).

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (OSEC-SP) Quanto à sua estrutura química, o DNA e o RNA são
- A) polipeptídeos. D) fosfatídeos.
 B) nucleoproteínas. E) polinucleotídeos.
 C) polissacarídeos.
- 02.** (FCC-SP) Qual das seguintes alternativas indica corretamente a forma como os nucleotídeos se unem para formar polinucleotídeos?
- A) Fosfato-Fosfato
 B) Pentose-Base nitrogenada
 C) Fosfato-Base nitrogenada
 D) Base nitrogenada-Base nitrogenada
 E) Pentose-Fosfato
- 03.** (UFV-MG) A análise de um segmento de DNA com 60 pares de bases do cromossomo de certo animal revelou a presença de 38 bases de adeninas. No final da análise desse segmento, o número de citosinas que se espera obter é:
- A) 44 C) 22 E) 38
 B) 30 D) 76
- 04.** (UFJF-MG) A duplicação do DNA é o processo pelo qual as informações genéticas se propagam nas células, a cada geração. Suponha que uma molécula de DNA radioativo e precursores não radioativos sejam adicionados a um tubo de ensaio. Considerando-se que a replicação ocorra normalmente, o que será encontrado no tubo de ensaio após 2 ciclos de replicação?
- A) Uma molécula de DNA com 2 fitas radioativas, duas moléculas de DNA com 1 fita radioativa e 1 não radioativa, e uma molécula de DNA com 2 fitas não radioativas.
 B) Duas moléculas de DNA com 2 fitas não radioativas, e duas moléculas de DNA com 1 fita radioativa e 1 fita não radioativa.
 C) Duas moléculas de DNA com 2 fitas não radioativas, e duas moléculas de DNA com 2 fitas radioativas.
 D) Quatro moléculas de DNA com as 2 fitas radioativas.
 E) Quatro moléculas de DNA com as 2 fitas não radioativas.
- 05.** (FBD-2019) O exame de paternidade tem como um dos seus objetivos verificar se um homem é realmente pai biológico de uma criança. Ele consta da comparação dos perfis genéticos do suposto pai e do filho ou filha. Os resultados desse exame são extremamente confiáveis e podem ser considerados definitivos. Os tribunais brasileiros vêm entendendo que a recusa de um suposto pai a fazer o exame de DNA para verificar a paternidade faz com que ele a assuma, implicitamente.
- Disponível em: <<https://correio-forense.jusbrasil.com.br>>. Acesso em: ago. 2018.

A imagem representa, de forma simplificada, o resultado de um teste de DNA solicitado por uma mulher que queria confirmar a paternidade do filho. O laboratório coletou amostras sanguíneas da mãe, do filho e dos dois possíveis pais.



- Com base nos resultados obtidos pelo exame e nos conhecimentos da técnica de engenharia genética utilizada, é correto afirmar:
- A) O pai dessa criança é o homem A, já que ele apresenta todos os traços presentes no padrão eletroforético do filho.
 B) A criança deve apresentar uma herança genética da mãe menor, se comparada com a herança herdada do verdadeiro pai.
 C) É impossível determinar o verdadeiro pai nesse exame de DNA, já que nenhum dos possíveis genitores apresenta o mesmo padrão eletroforético apresentado pelo filho.
 D) O pai da criança é o homem B, por apresentar todos os fragmentos de DNA que o filho também possui e que, ao mesmo tempo, a mãe não apresenta.
 E) As hemácias são as células sanguíneas preferenciais para serem utilizadas nesse tipo de exame de DNA.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UECE-2018) Bases nitrogenadas são elementos constituintes das moléculas de DNA e de RNA presentes nas células dos seres vivos. Sobre essas bases, é correto afirmar que
- A) adenina e citosina são bases púricas componentes da molécula de RNA.
 B) adenina e citosina são bases pirimídicas, pois possuem um duplo anel de átomos de carbono e derivam de uma substância chamada pirimidina.
 C) timina e uracila são bases pirimídicas, sendo a timina exclusiva da composição do RNA.
 D) entre os cinco tipos principais de bases nitrogenadas, a adenina e a guanina derivam da purina; por isso, são denominadas bases púricas.

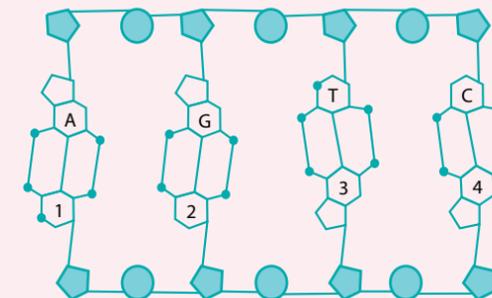
02. AUCG



- (Unioeste-PR) Em uma das fitas de DNA de uma espécie de vírus, encontram-se 90 adeninas e 130 citosinas. Sabendo-se ainda que nesta fita ocorre um total de 200 bases púricas e 200 bases pirimídicas, assinale a alternativa correta.
- A) Na dupla fita de DNA, ocorrem 180 adeninas.
 B) Na dupla fita de DNA, ocorrem 140 guaninas.
 C) Na fita complementar, ocorrem 300 bases púricas e 100 bases pirimídicas.
 D) Na fita complementar, ocorrem 70 adeninas e 110 citosinas.
 E) Não é possível determinar a composição de bases nitrogenadas da fita complementar.

03. (PUCPR)

A figura a seguir representa parte da estrutura molecular do ácido desoxirribonucleico (DNA).



- Assinale a frase correta.
- A) A pentose pode ser a ribose ou a desoxirribose.
 B) As bases pirimídicas são idênticas às do ácido ribonucleico (RNA).
 C) As bases púricas são a citosina e a timina.
 D) Os locais assinalados com os números 1, 2, 3 e 4 podem ser substituídos por T, C, A e G.
 E) Os locais assinalados com os números 1, 2, 3 e 4 podem ser substituídos por G, A, C e T.

04. A16X



(UCS-RS) Alguns anos atrás, o Brasil foi notificado por exportar alimentos processados que não continham no rótulo a informação do tipo de carne componente do alimento. A análise realizada foi obtida por testes de DNA que identificaram os diferentes tipos de amostras.

Amostras	Bases nitrogenadas %				Relações molares	
	A	G	C	T	A/T	G/C
1	28,9	17,9	17,8	27,4	1,05	1,00
2	24	33	33	24	1,00	1,00
3	12,4	14	14	12,4	1,00	1,00
4	45,8	2,9	2,9	43,6	1,05	1,00

Elaborada pela Banca.

- Com base nas informações da Tabela 1, pode-se afirmar que
- A) todas as amostras são provenientes de diferentes espécies.
 B) a amostra 3 possui o mais alto conteúdo de pares A e T.
 C) a amostra 2 apresenta DNA de fita simples.
 D) as amostras 2 e 3 apresentam alta homologia entre seus DNAs.
 E) a amostra 4 apresenta diferenças em suas bases, pois há presença de Uracil (U).

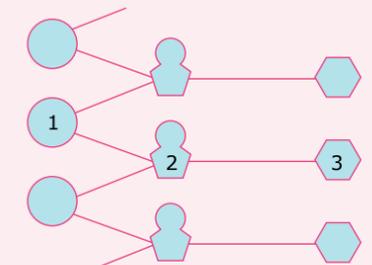
05. PH5D



- (UECE) Sobre os ácidos nucleicos (DNA e RNA) é correto afirmar que
- A) o RNA é formado por segmentos denominados genes, responsáveis pela produção de proteínas nos seres vivos.
 B) o processo de produção de uma molécula de RNA a partir de uma molécula de DNA é chamado de tradução.
 C) DNA é composto por uma desoxirribose e um grupo fosfato, sendo suas quatro bases nitrogenadas: adenina, citosina, guanina e timina.
 D) dentre as bases nitrogenadas, a timina é exclusiva do RNA.

06. (PUCPR)

No esquema a seguir, sobre a estrutura do DNA, os números 1, 2 e 3 representam, respectivamente,



- A) base nitrogenada, desoxirribose e fosfato.
 B) base nitrogenada, fosfato e desoxirribose.
 C) fosfato, desoxirribose e base nitrogenada.
 D) fosfato, base nitrogenada e desoxirribose.
 E) desoxirribose, fosfato e base nitrogenada.

07. (ULBRA-RS)

- Com relação ao DNA e ao RNA, é correto afirmar o seguinte:
- A) Ambos são dupla fita em todos os seres vivos.
 B) Ambos são constituídos de ribonucleotídeos.
 C) Ambos são polímeros de nucleotídeos.
 D) Ambos contêm a base U, uracila.
 E) Ambos contêm a base T, timina.

08. (UFAM) Em abril de 1953, James Watson e Francis Crick agitaram a comunidade científica com um elegante modelo de dupla-hélice para a estrutura do DNA, o ácido desoxirribonucleico, cuja "linguagem" química codifica a informação hereditária. Sobre o DNA, assinale a alternativa correta.

- A) Uma fita de DNA em dupla-hélice apresenta 10% de bases do tipo citosina. Logo, a concentração de bases do tipo guanina é de 90%.
- B) A replicação de DNA ocorre conforme o modelo conservativo, onde as duas fitas parentais se associam novamente após servirem de moldes para a síntese das novas fitas, restaurando a dupla-hélice parental.
- C) Uma fita de DNA em dupla-hélice apresenta 10% de bases do tipo adenina. Logo, a concentração de bases do tipo guanina nessa fita é de 40%.
- D) A sequência de bases no DNA é a "linguagem" química que, após transcrita, originará a sequência de nucleotídeos em uma proteína.
- E) A complementaridade de bases no DNA permite que uma base purínica (C ou G) de uma fita seja pareada com uma base pirimidínica (A e T) na outra fita.

09. (UERJ) Considere uma molécula de DNA sem qualquer mutação e que apresente 16% de bases nitrogenadas de citosina.

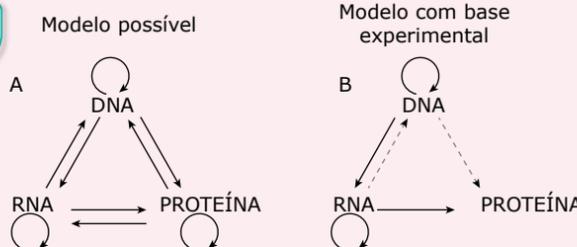
Determine os percentuais de guanina e de timina encontrados nessa molécula, justificando suas respostas.

10. (PUC Rio) O material genético deve suas propriedades a seus constituintes, os nucleotídeos, e à forma como são organizados na molécula de ácido nucleico. No caso específico do DNA, é característica da estrutura molecular

- A) a ligação entre as bases nitrogenadas se dar por pontes de enxofre.
- B) a pentose típica do DNA ser uma desoxirribose.
- C) ter como bases nitrogenadas a adenina, a citosina, a guanina, a timina e a uracila.
- D) não existir uma orientação de polimerização dos nucleotídeos em cada cadeia.
- E) formar cadeias somente de fita simples.

11. (UEFS-BA)

9PI3



Com Francis Crick, estudando a relação entre a informação contida no DNA, as proteínas e os ácidos ribonucleicos (RNAs), surgiu a interrogação sobre como a informação contida na molécula de DNA fluía para gerar uma proteína [...]. Baseando-se majoritariamente em suposições teóricas, Crick postulou a "Hipótese da sequência", que é mais conhecida como o Dogma Central da Biologia Molecular. Os esquemas reproduzem, de forma simplificada, as principais ideias propostas pelo Dogma Central da Biologia Molecular. Em A, aparece o modelo possível de transferência do código genético, enquanto, em B, está retratado o modelo comprovado experimentalmente e até hoje aceito.

CENTRAL Dogma of Molecular Biology. *Nature*, 227: 561-563. Disponível em: <<http://www.nature.com/nature/journal/v227/n5258/pdf/227561a0.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2015.

A replicação do DNA consiste na síntese completa e idêntica do DNA de uma célula e só acontece a cada ciclo de divisão celular. Hipóteses foram postuladas a fim de ajudar a explicar o processo da replicação. Apenas em 1958, através de experimento realizado por Meselson e Stahl, chegou-se ao modelo que demonstra a replicação do DNA, no qual o mesmo afirma:

- A) O DNA seria replicado a partir de fragmentos dele próprio, previamente gerado por clivagem da molécula.
- B) As fitas do DNA seriam separadas, atuando, cada uma, como molde para a síntese de uma fita nova.
- C) As fitas-filhas contêm DNA recém-sintetizados e parentais em cada uma das fitas, considerando a replicação um processo dispersivo.
- D) As fitas-filhas consistem de uma fita molde e de uma fita codificadora, considerando a replicação, um processo conservador.
- E) Ambas as fitas atuariam como molde da reação de replicação, havendo a sua união ao final de replicação, caracterizando um processo semiconservador.

12. (PUC-SP) Um cientista analisou quimicamente três amostras de moléculas inteiras de ácidos nucleicos de diferentes espécies de animais, encontrando os seguintes resultados:

Amostra 1: revelou presença de ribose.
 Amostra 2: revelou presença de dupla-hélice.
 Amostra 3: revelou presença de 30% de citosina e 20% de guanina.

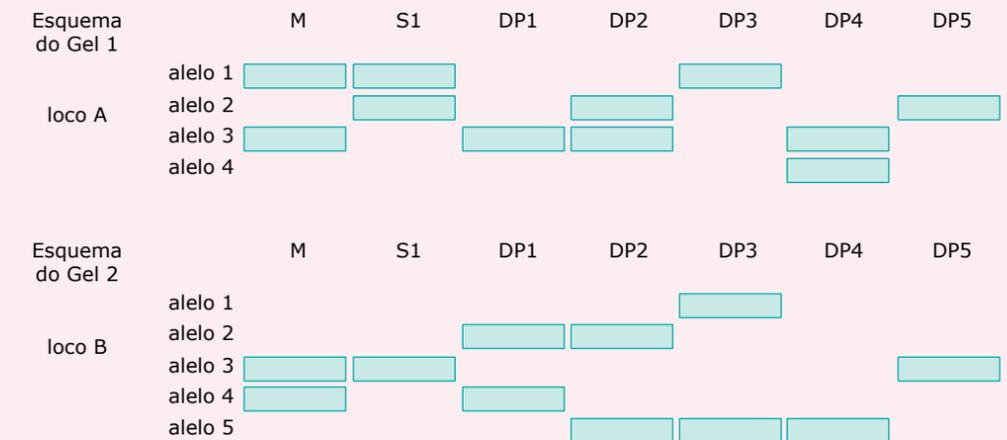
Esses resultados mostram que as moléculas analisadas foram, respectivamente,

- A) DNA, RNA e RNA.
- B) DNA, DNA e RNA.
- C) RNA, DNA e RNA.
- D) RNA, RNA e DNA ou RNA.
- E) RNA, DNA e DNA ou RNA.

SEÇÃO ENEM



01. (Enem-2018) Considere, em um fragmento ambiental, uma árvore matriz com frutos (M) e outras cinco que produziram flores e são apenas doadoras de pólen (DP1, DP2, DP3, DP4 e DP5). Foi excluída a capacidade de autopolinização das árvores. Os genótipos da matriz, da semente (S1) e das prováveis fontes de pólen foram obtidos pela análise de dois locos (loco A e loco B) de marcadores de DNA, conforme a figura.



COLLEVATI, R. G.; TELLES, M. P.; SOARES, T. N. Dispersão do pólen entre pequizeiros: uma atividade para a genética do ensino superior. *Genética na Escola*, n. 1, 2013 (Adaptação).

A progênie S1 recebeu o pólen de qual doadora?

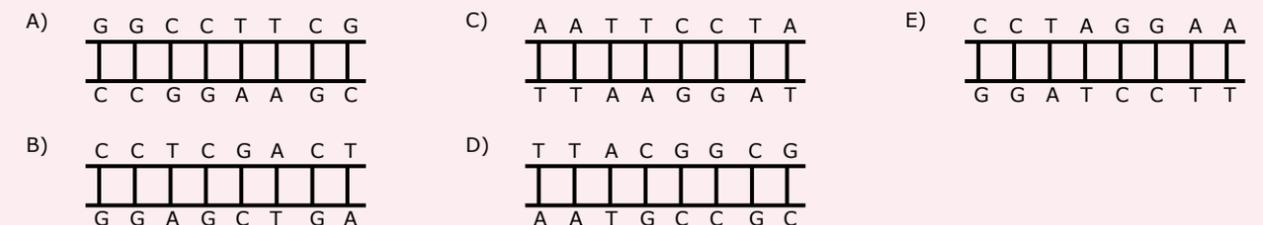
- A) DP1
- B) DP2
- C) DP3
- D) DP4
- E) DP5

02. PIET



(Enem-2017) A reação em cadeia da polimerase (PCR, na sigla em inglês) é uma técnica de biologia molecular que permite replicação *in vitro* do DNA de forma rápida. Essa técnica surgiu na década de 1980 e permitiu avanços científicos em todas as áreas de investigação genômica. A dupla hélice é estabilizada por ligações de hidrogênio, duas entre as bases adenina (A) e timina (T) e três entre as bases guanina (G) e citosina (C). Inicialmente, para que o DNA possa ser replicado, a dupla hélice precisa ser totalmente desnaturada (desenrolada) pelo aumento da temperatura, quando são desfeitas as ligações hidrogênio entre as diferentes bases nitrogenadas.

Qual dos segmentos de DNA será o primeiro a desnaturar totalmente durante o aumento da temperatura na reação PCR?



03. (Enem) Para a identificação de um rapaz vítima de acidente, fragmentos de tecidos foram retirados e submetidos à extração de DNA nuclear, para comparação com o DNA disponível dos possíveis familiares (pai, avô materno, avó materna, filho e filha). Como o teste com DNA nuclear não foi conclusivo, os peritos optaram por usar também DNA mitocondrial, para dirimir dúvidas.

Para identificar o corpo, os peritos devem verificar se há homologia entre DNA mitocondrial do rapaz e o DNA mitocondrial do(a)

- A) pai.
- B) filho.
- C) filha.
- D) avó materna.
- E) avô materno.

04. (Enem) Cinco casais alegavam ser os pais de um bebê. A confirmação da paternidade foi obtida pelo exame de DNA. O resultado do teste está esquematizado na figura, em que cada casal apresenta um padrão com duas bandas de DNA (faixas, uma para o suposto pai e outra para a suposta mãe), comparadas à do bebê.

Bebê	1		2		3		4		5	
	Pai	Mãe								
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								