CEEJA

EJA
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

MUNDO DO TRABALHO

BIOLOGIA

CADERNO DO ESTUDANTE

ENSINO MÉDIO

VOLUME 3

Nos Cadernos do Programa Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Mundo do Trabalho/CEEJA são indicados *sites* para o aprofundamento de conhecimentos, como fonte de consulta dos conteúdos apresentados e como referências bibliográficas. Todos esses endereços eletrônicos foram verificados. No entanto, como a internet é um meio dinâmico e sujeito a mudanças, a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação não garante que os *sites* indicados permaneçam acessíveis ou inalterados após a data de consulta impressa neste material.

A Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias do País, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98.

* Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas neste material que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

Biologia : caderno do estudante. São Paulo: Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação (SDECTI) : Secretaria da Educação (SEE), 2015.
il. - - (Educação de Jovens e Adultos (EJA) : Mundo do Trabalho modalidade semipresencial, v. 3)

Conteúdo: v. 3. 3ª série do Ensino Médio.
ISBN: 978-85-8312-167-1 (Impresso)
978-85-8312-145-9 (Digital)

1. Biologia – Estudo e ensino. 2. Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Ensino Médio. 3. Modalidade Semipresencial. I. Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação. II. Secretaria da Educação. III. Título.

CDD: 372.5

FICHA CATALOGRÁFICA
Tatiane Silva Massucato Arias – CRB-8 / 7262

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Geraldo Alckmin
Governador

Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação

Márcio Luiz França Gomes
Secretário

Cláudio Valverde
Secretário-Adjunto

Maurício Juvenal
Chefe de Gabinete

Marco Antonio da Silva
Coordenador de Ensino Técnico, Tecnológico e Profissionalizante

Secretaria da Educação

Herman Voorwald
Secretário

Cleide Bauab Eid Bochixio
Secretária-Adjunta

Fernando Padula Novaes
Chefe de Gabinete

Ghisleine Trigo Silveira
Coordenadora de Gestão da Educação Básica

Mertila Larcher de Moraes
Diretora do Centro de Educação de Jovens e Adultos

Adriana Aparecida de Oliveira, Adriana dos Santos Cunha, Durcilene Maria de Araujo Rodrigues, Gisele Fernandes Silveira Farisco, Luiz Carlos Tozetto, Raul Ravanelli Neto, Sabrina Moreira Rocha, Virginia Nunes de Oliveira Mendes
Técnicos do Centro de Educação de Jovens e Adultos

Concepção do Programa e elaboração de conteúdos

Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação

Coordenação Geral do Projeto
Ernesto Mascellani Neto

Equipe Técnica
Cibele Rodrigues Silva, João Mota Jr. e Raphael Lebsa do Prado

Fundação do Desenvolvimento Administrativo – Fundap

Wanderley Messias da Costa
Diretor Executivo

Márgara Raquel Cunha
Diretora Técnica de Formação Profissional

Coordenação Executiva do Projeto
José Lucas Cordeiro

Coordenação Técnica
Impressos: **Dilma Fabri Marão Pichoneri**
Vídeos: **Cristiane Ballerini**

Equipe Técnica e Pedagógica
Ana Paula Alves de Lavos, Carlos Ricardo Bifi, Elen Cristina S. K. Vaz Döppenschmitt, Emily Hozokawa Dias, Fabiana de Cássia Rodrigues, Fernando Manzieri Heder, Herbert Rodrigues, Jonathan Nascimento, Laís Schalch, Liliane Bordignon de Souza, Maria Helena de Castro Lima, Paula Marcia Ciacco da Silva Dias, Rodnei Pereira, Selma Borghi Venco e Walkiria Rigolon

Autores
Arte: Roseli Ventrella e Terezinha Guerra; *Biologia*: José Manoel Martins, Marcos Egelstein, Maria Graciete Carramate Lopes e Vinicius Signorelli; *Filosofia*: Juliana Litvin de Almeida e Tiago Abreu Nogueira; *Física*: Gustavo Isaac Killner; *Geografia*: Roberto Giansanti e Silas Martins Junqueira; *História*: Denise Mendes e Márcia Juliana Santos; *Inglês*: Eduardo Portela; *Língua Portuguesa*: Kátia Lomba Brakling; *Matemática*: Antonio José Lopes; *Química*: Olímpio Salgado; *Sociologia*: Dilma Fabri Marão Pichoneri e Selma Borghi Venco

Gestão do processo de produção editorial

Fundação Carlos Alberto Vanzolini

Mauro de Mesquita Spínola
Presidente da Diretoria Executiva

José Joaquim do Amaral Ferreira
Vice-Presidente da Diretoria Executiva

Gestão de Tecnologias em Educação

Direção da Área
Guilherme Ary Plonski

Coordenação Executiva do Projeto
Angela Sprenger e Beatriz Scavazza

Gestão do Portal
Luis Marcio Barbosa, Luiz Carlos Gonçalves, Sonia Akimoto e Wilder Rogério de Oliveira

Gestão de Comunicação
Ane do Valle

Gestão Editorial
Denise Blanes

Equipe de Produção
Editorial: Carolina Grego Donadio e Paulo Mendes
Equipe Editorial: Adriana Ayami Takimoto, Airton Dantas de Araújo, Alícia Toffani, Amarilis L. Maciel, Ana Paula S. Bezerra, Andressa Serena de Oliveira, Bárbara Odria Vieira, Carolina H. Mestriner, Caroline Domingos de Souza, Cíntia Leitão, Cláudia Letícia Vendrame Santos, David dos Santos Silva, Eloiza Mendes Lopes, Érika Domingues do Nascimento, Fernanda Brito Bincoletto, Flávia Beraldo Ferrare, Jean Kleber Silva, Leonardo Gonçalves, Lorena Vita Ferreira, Lucas Puntel Carrasco, Luiza Thebas, Mainã Greeb Vicente, Marcus Ecclissi, Maria Inez de Souza, Mariana Padoan, Natália Kessuani Bego Maurício, Olivia Frade Zambone, Paula Felix Palma, Pedro Carvalho, Polyanna Costa, Priscila Risso, Raquel Benchimol Rosenthal, Tatiana F. Souza, Tatiana Pavanelli Valsi, Thaís Nori Cornetta, Thamires Carolline Balog de Mattos e Vanessa Bianco Felix de Oliveira

Direitos autorais e iconografia: Ana Beatriz Freire, Aparecido Francisco, Fernanda Catalão, José Carlos Augusto, Larissa Polix Barbosa, Maria Magalhães de Alencastro, Mayara Ribeiro de Souza, Priscila Garofalo, Rita De Luca, Roberto Polacov, Sandro Carrasco e Stella Mesquita

Apoio à produção: Aparecida Ferraz da Silva, Fernanda Queiroz, Luiz Roberto Vital Pinto, Maria Regina Xavier de Brito, Natália S. Moreira e Valéria Aranha

Projeto gráfico-editorial e diagramação: R2 Editorial, Michelangelo Russo e Casa de Ideias

CTP, Impressão e Acabamento
Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

Caro(a) estudante

É com grande satisfação que a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, em parceria com a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação, apresenta os Cadernos do Estudante do Programa Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Mundo do Trabalho para os Centros Estaduais de Educação de Jovens e Adultos (CEEJAs). A proposta é oferecer um material pedagógico de fácil compreensão, que favoreça seu retorno aos estudos.

Sabemos quanto é difícil para quem trabalha ou procura um emprego se dedicar aos estudos, principalmente quando se parou de estudar há algum tempo.

O Programa nasceu da constatação de que os estudantes jovens e adultos têm experiências pessoais que devem ser consideradas no processo de aprendizagem. Trata-se de um conjunto de experiências, conhecimentos e convicções que se formou ao longo da vida. Dessa forma, procuramos respeitar a trajetória daqueles que apostaram na educação como o caminho para a conquista de um futuro melhor.

Nos Cadernos e vídeos que fazem parte do seu material de estudo, você perceberá a nossa preocupação em estabelecer um diálogo com o mundo do trabalho e respeitar as especificidades da modalidade de ensino semipresencial praticada nos CEEJAs.

Esperamos que você conclua o Ensino Médio e, posteriormente, continue estudando e buscando conhecimentos importantes para seu desenvolvimento e sua participação na sociedade. Afinal, o conhecimento é o bem mais valioso que adquirimos na vida e o único que se acumula por toda a nossa existência.

Bons estudos!

Secretaria da Educação

Secretaria de Desenvolvimento
Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação

APRESENTAÇÃO

Estudar na idade adulta sempre demanda maior esforço, dado o acúmulo de responsabilidades (trabalho, família, atividades domésticas etc.), e a necessidade de estar diariamente em uma escola é, muitas vezes, um obstáculo para a retomada dos estudos, sobretudo devido à dificuldade de se conciliar estudo e trabalho. Nesse contexto, os Centros Estaduais de Educação de Jovens e Adultos (CEEJAs) têm se constituído em uma alternativa para garantir o direito à educação aos que não conseguem frequentar regularmente a escola, tendo, assim, a opção de realizar um curso com presença flexível.

Para apoiar estudantes como você ao longo de seu percurso escolar, o Programa Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Mundo do Trabalho produziu materiais especificamente para os CEEJAs. Eles foram elaborados para atender a uma justa e antiga reivindicação de estudantes, professores e sociedade em geral: poder contar com materiais de apoio específicos para os estudos desse segmento.

Esses materiais são seus e, assim, você poderá estudar nos momentos mais adequados – conforme os horários que dispõe –, compartilhá-los com sua família, amigos etc. e guardá-los, para sempre estarem à mão no caso de futuras consultas.

Os Cadernos do Estudante apresentam textos que abordam e discutem os conteúdos propostos para cada disciplina e também atividades cujas respostas você poderá registrar no próprio material. Nesses Cadernos, você ainda terá espaço para registrar suas dúvidas, para que possa discuti-las com o professor sempre que for ao CEEJA.

Os vídeos que acompanham os Cadernos do Estudante, por sua vez, explicam, exemplificam e ampliam alguns dos assuntos tratados nos Cadernos, oferecendo informações que vão ajudá-lo a compreender melhor os conteúdos. São, portanto, um importante recurso com o qual você poderá contar em seus estudos.

Além desses materiais, o Programa EJA – Mundo do Trabalho tem um *site* exclusivo, que você poderá visitar sempre que desejar: <http://www.ejamundodotrabalho.sp.gov.br>. Nele, além de informações sobre o Programa, você acessa os Cadernos do Estudante e os vídeos de todas as disciplinas, ao clicar na aba **Conteúdo CEEJA**. Já na aba **Conteúdo EJA**, poderá acessar os Cadernos e vídeos de Trabalho, que abordam temas bastante significativos para jovens e adultos como você.

Os materiais foram produzidos com a intenção de estabelecer um diálogo com você, visando facilitar seus momentos de estudo e de aprendizagem. Espera-se que, com esse estudo, você esteja pronto para realizar as provas no CEEJA e se sinta cada vez mais motivado a prosseguir sua trajetória escolar.

SUMÁRIO

TENHO DÚVIDAS

JÁ ESTUDEI

Unidade 1 – A célula como unidade morfológica e funcional dos seres vivos.....9

Tema 1 – A organização celular dos seres vivos.....9
Tema 2 – O funcionamento das células.....19

Unidade 2 – Divisão celular.....26

Tema 1 – O ciclo celular.....26
Tema 2 – Mitose.....31
Tema 3 – Meiose.....35

Unidade 3 – Fundamentos da hereditariedade, genética humana e saúde.....40

Tema 1 – Fundamentos da hereditariedade.....40
Tema 2 – Genética humana e saúde.....61

Unidade 4 – DNA: linguagem da vida e Biotecnologia.....81

Tema 1 – O DNA em ação: estrutura e função.....81
Tema 2 – Biotecnologia.....94

Caro(a) estudante,

Bem-vindo ao Volume 3 de Biologia. Nele serão abordados conhecimentos do mundo microscópico, ou seja, das unidades invisíveis a olho nu que compõem os seres vivos: as células e seu funcionamento. Além disso, vão ser discutidos os avanços da Biotecnologia e seus impactos na sociedade, dos pontos de vista da saúde, econômico e ético.

Na Unidade 1, você vai conhecer a organização interna dos diferentes tipos de células (procarióticas e eucarióticas). Também acompanhará uma breve história do surgimento das células e da organização celular dos seres vivos. A partir daí, verá alguns detalhes dos seres procarióticos, especialmente das bactérias, e, em seguida, estudará a estrutura interna dos seres eucarióticos, comparando células animais e vegetais quanto a suas organelas internas e envoltórios externos. Ainda nessa Unidade, estudará a relação entre organelas citoplasmáticas e o funcionamento das células, relacionando-o com o funcionamento do corpo humano.

Na Unidade 2, você conhecerá as fases do ciclo celular e as modificações que ocorrem nas células antes e durante as divisões celulares. Vai, também, comparar as semelhanças e diferenças que existem entre os dois tipos de divisão celular – mitose e meiose –, bem como saber qual o papel de cada uma e em que situação elas ocorrem.

Na Unidade 3, você estudará a hereditariedade, isto é, como as características dos seres vivos podem passar de pais para filhos. Vai conhecer alguns dos mecanismos e padrões de hereditariedade e algumas das heranças mais comuns entre os seres vivos, com ênfase no estudo da espécie humana, analisando algumas doenças genéticas, sua origem, formas de prevenção e tratamentos.

Por fim, na Unidade 4, o foco principal será o estudo da molécula de DNA e sua grande importância na vida de todos os seres vivos. Você vai conhecer aspectos da história da descoberta da estrutura do DNA e qual sua relação com as informações genéticas. Por fim, saberá um pouco mais sobre as novas tecnologias decorrentes da manipulação da molécula de DNA e como elas estão impactando o dia a dia do ser humano e do ambiente.

Bons estudos!

A CÉLULA COMO UNIDADE MORFOLÓGICA E FUNCIONAL DOS SERES VIVOS

Temas

1. A organização celular dos seres vivos
2. O funcionamento das células

Introdução

Em 1839, alguns cientistas formularam a seguinte afirmativa: todos os seres vivos são formados por células. Para os cientistas atuais, essa generalização é quase banal; mas, na época, ela foi de grande importância. Naquele momento, começou a se desenhar a **teoria celular**, que considera que as células são as estruturas que formam os seres vivos (unidades morfológicas), que o funcionamento do corpo depende do funcionamento das células (unidades fisiológicas) e que toda célula se origina de uma célula preexistente.

Nesta Unidade, você vai conhecer as partes de uma célula e como ela funciona nos organismos.

A organização celular dos seres vivos — TEMA 1

Neste tema, você conhecerá os tipos básicos de células que existem na natureza, por meio da história de nosso planeta, contada de forma resumida. Ao final, saberá as principais características das células procarióticas e das células vegetais e animais, ambas eucarióticas.

O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A imagem ao lado é uma fotografia feita com o auxílio de um microscópio óptico e mostra uma ameba, um organismo unicelular (constituído de apenas uma célula) que tem 0,3 mm de comprimento. Você pode ter visto esse mesmo ser vivo no Volume 1, ao estudar as relações tróficas.



© Wim Van Egmond/Visuals Unlimited/SPL/Latinstock

Amoeba proteus. Comprimento real: 0,3 mm.

A ameba é um protozoário, organismo que pertence ao reino Protista (um dos assuntos abordados no Volume 2). Tal como o ser humano, esse organismo precisa obter nutrientes, alimentando-se de outros seres vivos.

De que mais ele precisa para sobreviver? Como pode um organismo de apenas uma célula funcionar?

Os primeiros seres vivos: os organismos unicelulares

Nosso planeta tem aproximadamente 4,6 bilhões de anos. Sua superfície era muito quente e levou cerca de 600 milhões de anos para resfriar até formar uma "casca", a crosta terrestre. Depois, a água começou a se depositar na superfície, dando início à formação dos atuais oceanos. Foi nesse cenário, acredita-se, que surgiram as primeiras formas de vida, há cerca de 3,5 bilhões de anos.



© Anne Montfort/Photononstop/Latinstock

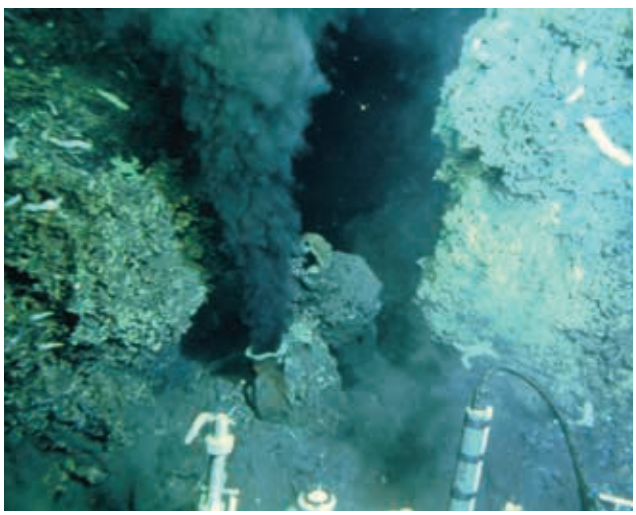
Estromatólitos de Shark Bay, Austrália, servem como evidência do surgimento de vida na Terra.

Estromatólito

Rocha formada pelo depósito de bactérias e cianobactérias fotossintetizantes, seres unicelulares autotróficos. Os da fotografia são atuais, mas sua estrutura é muito semelhante à dos estromatólitos antigos, datados de 3,5 bilhões de anos atrás.

Segundo a hipótese mais aceita atualmente pelos cientistas, os primeiros seres vivos eram autotróficos, ou seja, capazes de produzir o próprio alimento por meio de reações químicas, realizadas com substâncias inorgânicas existentes no meio.

Esses seres eram muito simples. Estavam separados do meio externo por uma membrana plasmática e eram capazes de produzir novos seres iguais a eles mesmos, graças a um material genético, os ácidos nucleicos. Acredita-se que esses seres eram semelhantes às atuais bactérias.



© Dr. Ken Macdonald/SPL/Latinstock

A descoberta de seres capazes de viver em fendas vulcânicas submarinas, produzindo o próprio alimento com substâncias emitidas pelas chaminés vulcânicas, reforça a hipótese autotrófica da obtenção de alimento.

Organismos procarióticos e eucarióticos

As bactérias atuais pertencem ao reino Monera (assunto também abordado no Volume 2). São organismos com célula procariótica, cujo material genético (DNA) fica espalhado no citoplasma, sem estar delimitado por um envoltório, ou seja, não existe um núcleo organizado, conforme se pode ver na imagem a seguir.

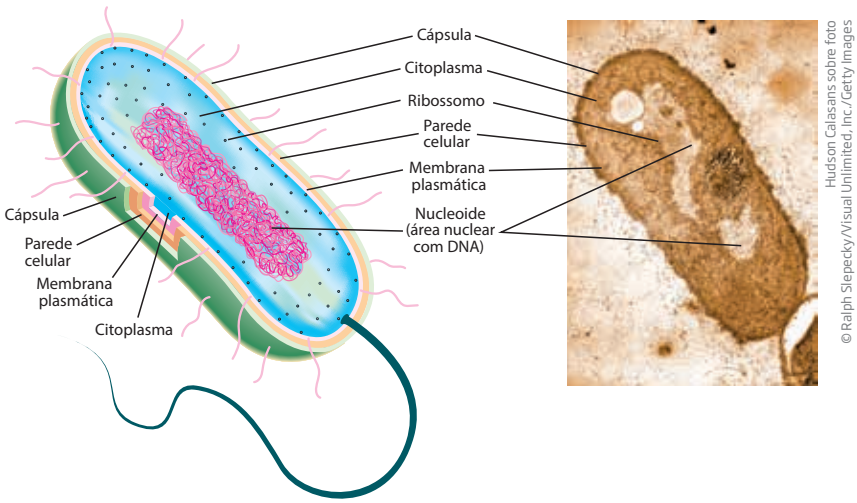
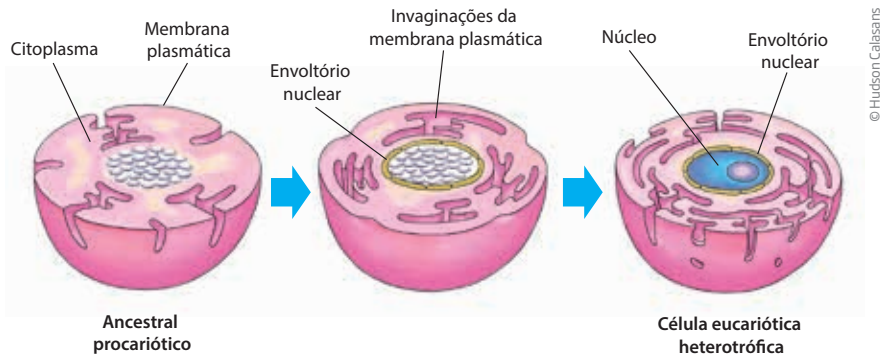


Ilustração e fotografia de uma bactéria *Escherichia coli* a partir de visualização em microscópio. Aumento de 30.500 vezes.

Já as células eucarióticas são aquelas que têm o material genético separado do citoplasma e localizado no interior de um núcleo. O **modelo autogênico**, apresentado a seguir, foi proposto para explicar o surgimento dessas células. Segundo esse modelo, é provável que as células eucarióticas tenham se originado de células procarióticas. Analise o esquema.



Representação da hipótese autogênica. Observe a formação do envoltório nuclear e do núcleo, bem como das membranas internas.

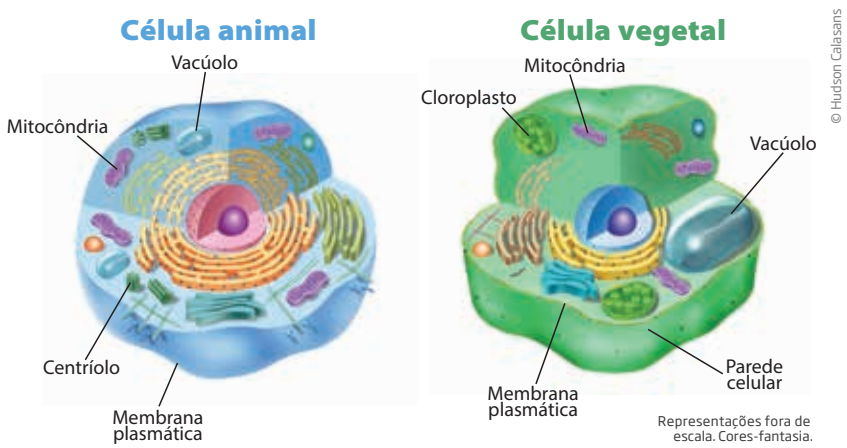
Ao longo da evolução das células procarióticas, a membrana de algumas delas foi sofrendo invaginações (dobras para o interior do citoplasma), que acabaram separando o material genético (DNA) do resto do citoplasma, protegendo-o e conferindo a essas células uma vantagem evolutiva, selecionando-as.

Essas células, além de apresentarem núcleo, ficaram com um sistema de membranas internas interligando todas as suas partes, dando origem a estruturas membranosas que foram adquirindo diferentes funções com o passar do tempo. Esse verdadeiro sistema de distribuição de substâncias dentro das células eucarióticas possibilitou que elas ficassem muito maiores do que suas ancestrais. Além disso, outras estruturas foram sendo incorporadas às células eucarióticas, como as mitocôndrias e os cloroplastos.

OS CLOROPLASTOS

Presentes apenas nas células vegetais e nas algas, os cloroplastos são responsáveis pela fotossíntese, processo de produção de energia. Eles são verdes por causa da presença de clorofila. São delimitados por uma estrutura formada por membranas lipoproteicas (compostas por lipídios e proteínas) e, em seu interior, há um líquido denominado estroma. Uma célula vegetal geralmente possui 40 a 50 cloroplastos.

Na figura abaixo, estão representadas duas células eucarióticas atuais, com algumas de suas principais estruturas internas.



Representações fora de escala. Cores-fantasia.

VOCÊ SABIA?

A endossimbiose é uma hipótese que afirma que as mitocôndrias e os cloroplastos seriam bactérias englobadas por células eucarióticas e que estabeleceram uma relação mutualista. O que reforça essa ideia é o fato de mitocôndrias e cloroplastos terem material genético próprio e se dividirem independentemente da divisão celular.

Principais diferenças entre células animal e vegetal

Estruturas	Animal	Vegetal
Parede celular	Ausente	Presente
Membrana plasmática	Presente	Presente
Mitocôndrias	Presentes	Presentes
Cloroplastos	Ausentes	Presentes
Vacúolos	Pequenos, mais de um	Um grande vacúolo central
Centríolos	Presentes	Ausentes

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Você sabe que a produção do conhecimento científico se apoia fortemente nos procedimentos de observação e de registro, certo?

Quando você vai examinar, por exemplo, um experimento ou mesmo uma imagem, é importante ter um olhar minucioso, cuidadoso e detalhado. Essa pesquisa atenta é capaz de refinar seu poder de apreender o que está observando, possibilitando, assim, que você compare os elementos analisados e tire suas conclusões.

Contudo, a análise deve sempre vir acompanhada de registros. É com base nos registros daquilo que você verificou que é possível confirmar ou não suas hipóteses. O ato de registrar sua observação pode ser realizado por meio da escrita na forma de relatórios, fichamentos ou notas, ou por meio de desenhos e esquemas variados. O mais importante é que você registre o que notou e as conclusões geradas.

Agora, examine, a seguir, a ilustração e a fotografia de microscopia eletrônica de um paramécio e localize as partes dessa célula: cápsula, citoplasma, ribossomos, parede celular, nucleoide e membrana plasmática. Se você tiver dificuldade para identificar as partes, consulte a imagem da bactéria *Escherichia coli* apresentada no texto *Organismos procarióticos e eucarióticos* (p. 11). Depois, anote o que você constatou com relação a formato, cor, tamanho e demais elementos em uma célula.

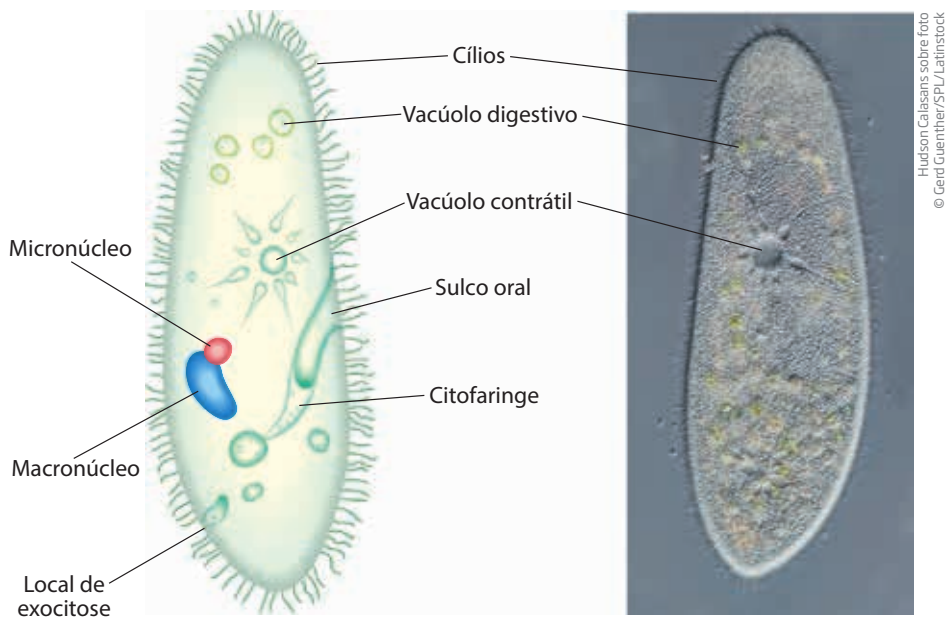


Ilustração e fotografia de um protozário *Paramecium caudatum* a partir de visualização em microscópio. Aumento de 290 vezes.

ATIVIDADE 1 Identificando células

Um estudante recebeu a tabela a seguir, elaborada por um colega, para a identificação de três tipos de células: A, B e C.

Estruturas	Células		
	A	B	C
Centríolos	+	–	–
Citoplasma	+	+	+
Membrana plasmática	+	+	+
Núcleo	+	+	–
Parede celular	–	+	+
Cloroplastos	–	+	–

(+) presente (–) ausente.

1 Quais células são eucarióticas? Justifique.

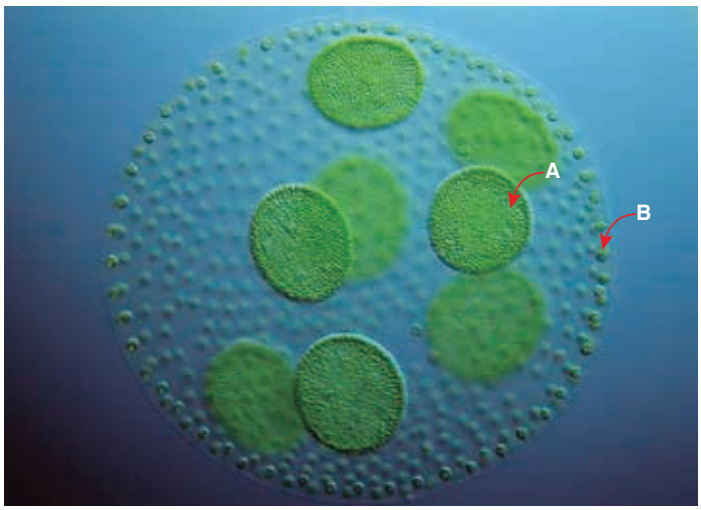
2 Identifique a que tipos de células se referem A, B e C.

Os organismos multicelulares

Durante os 2 bilhões de anos que se seguiram ao surgimento dos primeiros seres vivos, o planeta foi povoado por organismos unicelulares. Apesar de serem mais complexos internamente e maiores que os seres procarióticos, os organismos unicelulares eucarióticos não podiam crescer indefinidamente, pois existe um limite de proporcionalidade entre a superfície externa, a absorção de nutrientes e o volume interno de uma célula que dificulta a distribuição interna de substâncias. Foi assim que surgiram os primeiros seres organizados a partir da união de várias células.

Há cerca de 1 bilhão de anos, alguns microrganismos eucarióticos formaram agregados de células, com alguma associação entre elas, e começaram a funcionar em conjunto.

É possível entender essa etapa por meio de uma analogia com um representante das algas verdes atuais, do gênero *Volvox*, que pode ser visto na fotografia ao lado.



© Wim van Egmond/Visuals Unlimited, Inc./SPL/Latinstock

Alga verde do gênero *Volvox*. Repare nas colônias-filhas (A), que são os agregados grandes, e nas algas flageladas (B), as menores, cujos flagelos não são visíveis.

Essa alga é formada por 500 a 50 mil células, que estão dispostas ao redor de uma esfera oca. Cada célula liga-se às mais próximas por prolongamentos do citoplasma. Nessa alga colonial, há uma divisão de trabalho. As colônias-filhas estão voltadas para a reprodução, e as demais, para a obtenção de nutrientes e locomoção (os flagelos são estruturas em forma de chicote que movimentam essa colônia no meio aquoso).

Algumas perguntas surgem: Seria essa uma das etapas da formação dos seres multicelulares, também chamados de pluricelulares? Qual seria a vantagem evolutiva de um organismo multicelular? A primeira pergunta ainda não tem uma resposta conclusiva dos cientistas; a segunda, por sua vez, já foi esclarecida.

A ameba, que você viu na abertura desta Unidade, é um microrganismo constituído de uma única célula, que realiza todas as funções necessárias a sua existência.

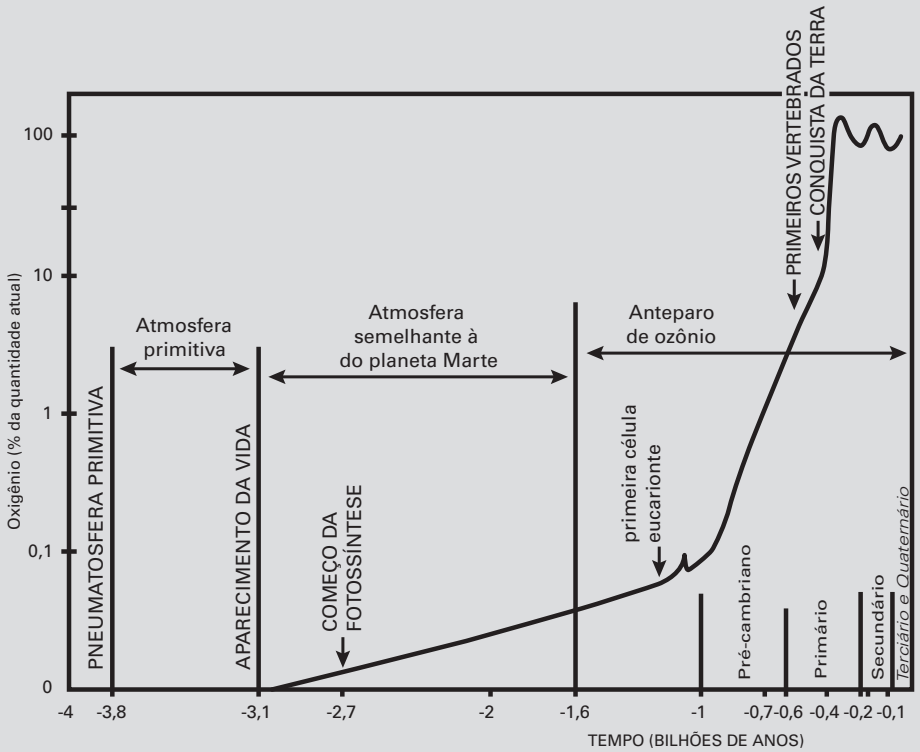
Já os seres multicelulares possuem diversas células, que desempenham funções diferentes. Como cada tipo de célula é especializado em apenas algumas tarefas, há uma utilização mais eficiente e econômica de energia.

Outra vantagem é que, com mais células, um organismo pode ter um tamanho maior, o que favorece a competição por alimento e aumenta a sua chance de explorar ambientes diferentes. Além disso, a interação entre as células possibilita a formação de tecidos, os quais se dispõem em órgãos e sistemas, propiciando uma regulação maior do ambiente interno do organismo multicelular.

Você conhecerá mais sobre as partes da célula que permitem sua especialização no próximo tema.

DESAFIO

O gráfico abaixo representa a evolução da quantidade de oxigênio na atmosfera no curso dos tempos geológicos. O número 100 sugere a quantidade atual de oxigênio na atmosfera, e os demais valores indicam diferentes porcentagens dessa quantidade.



De acordo com o gráfico é correto afirmar que:

a) as primeiras formas de vida surgiram na ausência de O_2.
b) a atmosfera primitiva apresentava 1% de teor de oxigênio.
c) após o início da fotossíntese, o teor de oxigênio na atmosfera mantém-se estável.
d) desde o Pré-cambriano, a atmosfera mantém os mesmos níveis de teor de oxigênio.
e) na escala evolutiva da vida, quando surgiram os anfíbios, o teor de oxigênio atmosférico já se havia estabilizado.

Enem 2000. Prova amarela. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2000/2000_amarela.pdf>. Acesso em: 6 out. 2014.

PENSE SOBRE...

Todo conhecimento científico é baseado em evidências que podem ser comprovadas, mediante comparações entre fenômenos semelhantes e, em alguns casos, por meio de experimentações. É esse modelo de gerar conhecimento na ciência que permite chegar a determinadas conclusões, leis, teorias etc.

As ideias apresentadas nesta Unidade, por exemplo, foram construídas com base em dados concretos, como estudo de fósseis, análise química de rochas e

analogias (comparações) com estruturas ou organismos atuais por meio de raciocínio lógico à luz dos conhecimentos de hoje. Em outras palavras, não são "chutes", especulações sem fundamento, embora não sejam também afirmações definitivas.

Você já se deu conta de que novas descobertas podem invalidar hipóteses e teorias do passado, modificando o conhecimento científico? Para se desenvolver, a ciência depende justamente da adoção de uma postura de constante questionamento das teorias vigentes, o que permite que algumas delas sejam refutadas. Que teorias científicas você conhece que já deixaram de ser válidas?

HORA DA CHECAGEM

Orientação de estudo

Aqui você encontrará algumas orientações que o ajudarão a avaliar a resposta que escreveu no exercício de observação. Você já sabe que uma resposta pode estar correta mesmo usando palavras diferentes das que você vai ler agora. Por isso, antes de desconsiderar o que anotou, pense sobre o que escreveu, corrija palavras, observe a pontuação, registre suas dúvidas, confirme o que aprendeu.

Apesar de o exercício de observação ter sido uma atividade pessoal, é importante que você tenha registrado que as células são "recheadas" pelo citoplasma (fluido viscoso contendo principalmente água, mas, também, sais minerais, proteínas e aminoácidos, não perceptíveis nas imagens ao microscópio). Outro aspecto que pode ser observado é que o citoplasma corresponde às áreas contidas nos envoltórios. Os pontinhos escuros que aparecem no citoplasma são os ribossomos, um dos responsáveis pela fabricação de proteínas.

Não se espera, no entanto, que com uma simples observação como essa seja possível concluir o que é cada estrutura, pois isso exige muito mais treino, com mais exemplos. A ideia é que você tenha percebido que esquemas, a exemplo da figura do paramécio, são representações dos conhecimentos obtidos com base em fotografias feitas ao microscópio e que, por serem esquemas, podem evidenciar ou descartar detalhes que estão registrados pela fotografia.

Atividade 1 - Identificando células

1 As células A e B são eucarióticas, pois são as únicas que apresentam núcleo, segundo as informações da tabela.

2 A célula A é uma célula animal, pois não possui parede celular; a célula B é uma célula vegetal, pois possui cloroplastos; e a célula C pode ser uma bactéria, pois é procariótica (não possui núcleo organizado).

Desafio

Alternativa correta: **a**. De acordo com o gráfico, a concentração de oxigênio só começou a aumentar após o surgimento da fotossíntese (3). Antes disso, não havia oxigênio na atmosfera. Desde o período Pré-cambriano até cerca de 0,5 bilhão de anos, a concentração de oxigênio na atmosfera subiu. Os anfíbios surgiram há cerca de 400 milhões de anos, quando a atmosfera ainda não estava estável.



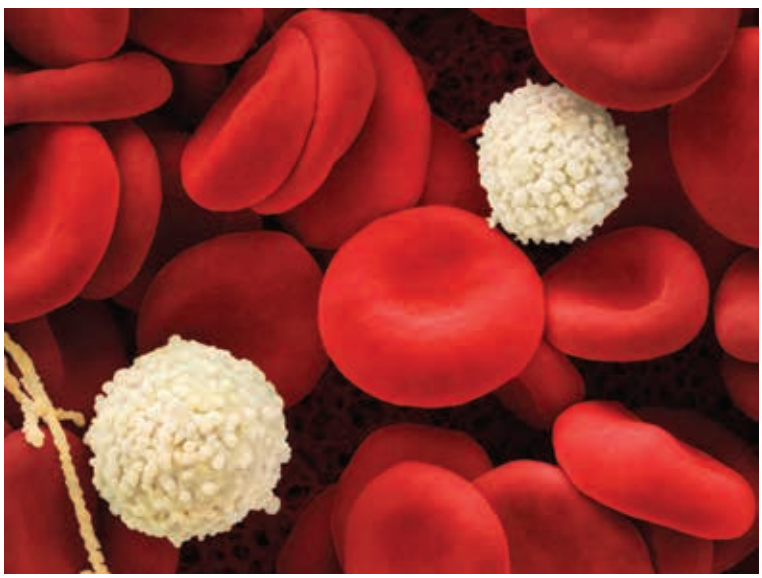
Registro de dúvidas e comentários

Neste tema, você conhecerá a estrutura básica de uma célula e como essa estrutura varia conforme sua função no corpo humano. Também compreenderá, por meio de um caso específico, como algumas células do pâncreas se comportam para que essa glândula exerça uma de suas funções e todo o organismo funcione adequadamente.

O QUE VOCÊ JÁ SABE?

No tema anterior, você viu que as células se tornam especializadas. Mas o que isso significa? As células do corpo humano não são todas iguais?

É possível que você conheça a função de alguma célula de seu corpo. Veja a fotografia a seguir.



© Power and Syred/SPL/Latinstock

Glóbulos vermelhos ou hemácias (células abundantes, vermelhas) e glóbulos brancos ou leucócitos. Fotografia feita em microscópio eletrônico de varredura, colorida artificialmente.

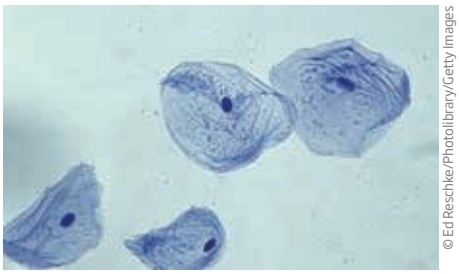
Esses dois tipos de células são encontrados no sangue, mas têm funções diferentes. As hemácias (ou glóbulos vermelhos) são células sem núcleo, responsáveis pelo transporte e distribuição do gás oxigênio e gás carbônico no organismo. Já os leucócitos (ou glóbulos brancos) estão relacionados com a defesa do organismo e com processos alérgicos e inflamatórios.

Se os dois tipos de células são do sangue, o que diferencia essas células e lhes permite desempenhar funções específicas?

As principais estruturas de uma célula

Na fotografia a seguir, é possível observar as principais estruturas de uma célula:

- a **membrana plasmática**, que envolve a célula;
- o **núcleo**, que é a figura circular em destaque, mais ou menos no meio da célula; e
- o **citoplasma**, que é o espaço localizado entre a membrana e o núcleo, corresponde ao "recheio", isto é, o citosol, e as organelas que estão nele mergulhadas.



© Ed Reschke/Photolibrary/Getty Images

Células da mucosa bucal (parte interna da bochecha), coloridas com azul de metileno para dar destaque a algumas estruturas.

A **membrana plasmática** é composta de fosfolipídios e proteínas. Além de envolver e oferecer proteção à célula, ela controla, até certo ponto, a entrada e saída de substâncias. Algumas substâncias conseguem passar diretamente pela membrana, como ocorre com os gases oxigênio e carbônico e, em parte, como acontece com a água; outras são mediadas por proteínas presentes na estrutura, com ou sem gasto de energia.

Bactérias, fungos, algas e plantas têm mais um envoltório externo permeável, além da membrana plasmática, chamado parede celular. No caso de algas e plantas, esse envoltório é constituído, principalmente, de celulose.

O **núcleo** contém o material genético, o DNA. As informações genéticas que resultam em todas as características físicas e fisiológicas de um organismo estão contidas nas moléculas de DNA. Fatores ambientais como alimentação, exposição ao Sol e tabagismo podem interferir nessas características.

Organelas citoplasmáticas

Como você viu, o **citoplasma** é o espaço localizado entre a membrana plasmática e o envoltório do núcleo. Basicamente, ele é composto de um fluido chamado citosol e de diversas estruturas mergulhadas nesse fluido.

O citosol é constituído principalmente de água (cerca de 80%), além de diversas substâncias, como sais minerais, aminoácidos, açúcares, ácidos graxos, nucleotídeos etc.

A figura da próxima página representa uma célula animal hipotética, isto é, um exemplo que não existe exatamente assim, mas que contém as estruturas

que serão discutidas aqui. Em cada quadro você pode ler a função das organelas (também chamadas de organoides), estruturas internas da célula que desempenham um papel específico, como se fossem pequenos órgãos, daí o nome delas.

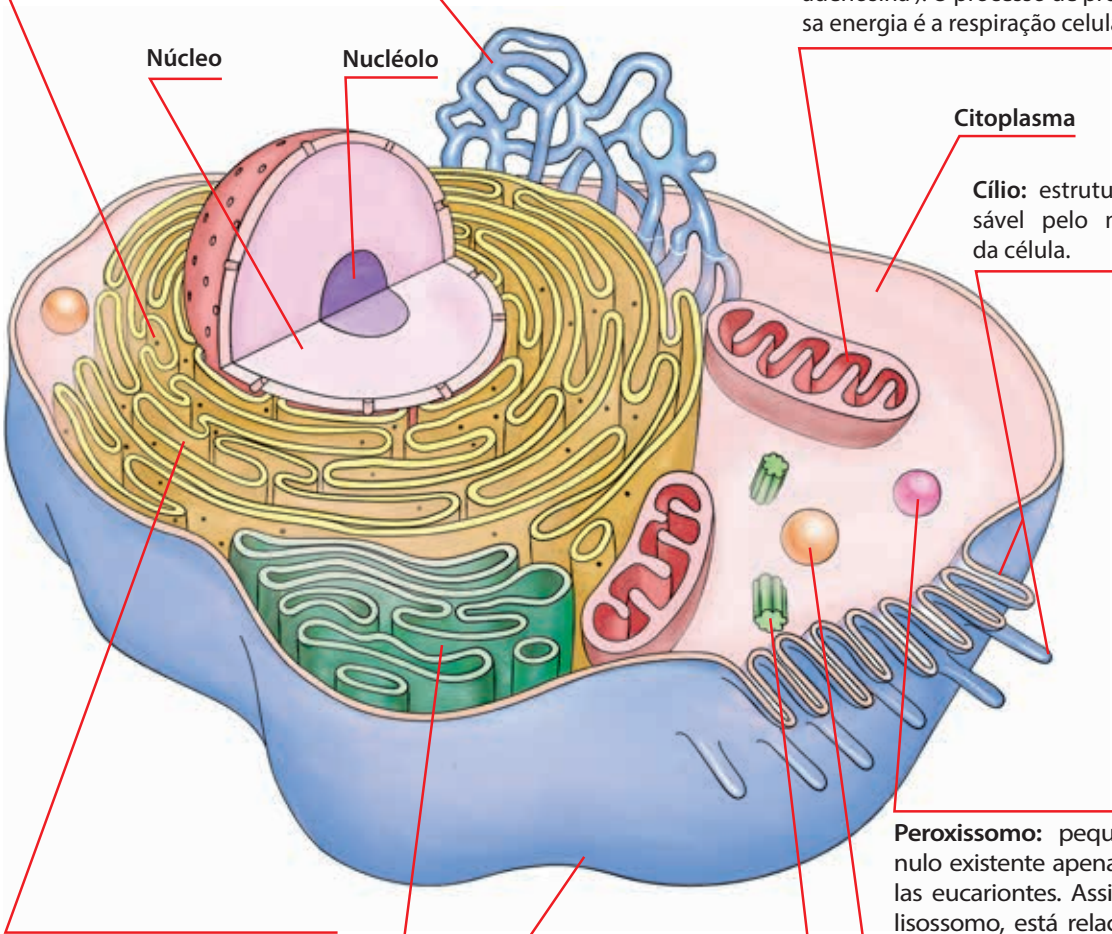
Representação de célula animal

Ribossomo: estrutura feita de RNA (ribossômico), responsável pela síntese de proteínas. A presença de ribossomos em abundância no retículo endoplasmático rugoso explica porque ele está relacionado com a síntese de proteínas.

Retículo endoplasmático liso: essa rede de membranas internas espalhada por toda a célula tem como função distribuir materiais internamente, além de sintetizar lipídios e destruir substâncias tóxicas.

Mitocôndria: estrutura responsável pela produção de energia para o funcionamento das células e, por consequência, do organismo. Transforma alguns tipos de nutrientes (especialmente a glicose) em água e gás carbônico, liberando energia, que fica armazenada em uma molécula conhecida como ATP (trifosfato de adenosina). O processo de produção dessa energia é a respiração celular.

© Hudson Calasans



Cílio: estrutura responsável pelo movimento da célula.

Peroxissomo: pequeno orgânulo existente apenas em células eucariontes. Assim como o lisossomo, está relacionado ao processo de quebra de certas substâncias, dentro e fora das células.

Retículo endoplasmático rugoso (ou granular): também membranoso, esse arranjo de sacos achatados interligados entre si, com grande quantidade de ribossomos aderidos à sua superfície externa (daí sua aparência rugosa), tem como principal função a síntese de proteínas.

Membrana plasmática

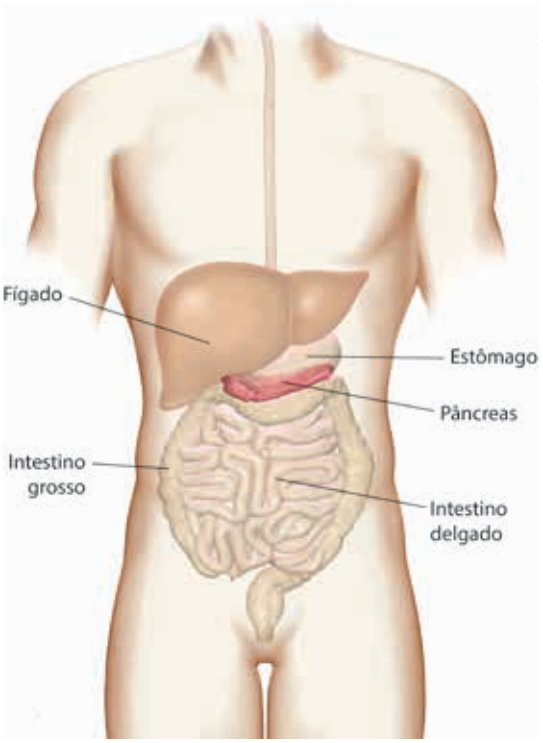
Aparelho ou complexo golgiense: mais uma organela membranosa, formada por sacos empilhados. Ele recebe as proteínas do retículo endoplasmático rugoso e as processa para que realizem suas funções. Também é responsável pela exportação dessas proteínas para o exterior das células.

Lisossomo: pequena vesícula que contém enzimas digestivas produzidas pelo retículo endoplasmático rugoso.

Centríolo: estrutura ligada à formação de cílios e flagelos. Participa da divisão celular formando as fibras que se ligam aos cromossomos.

Estudo de caso: células secretoras do pâncreas e células sanguíneas

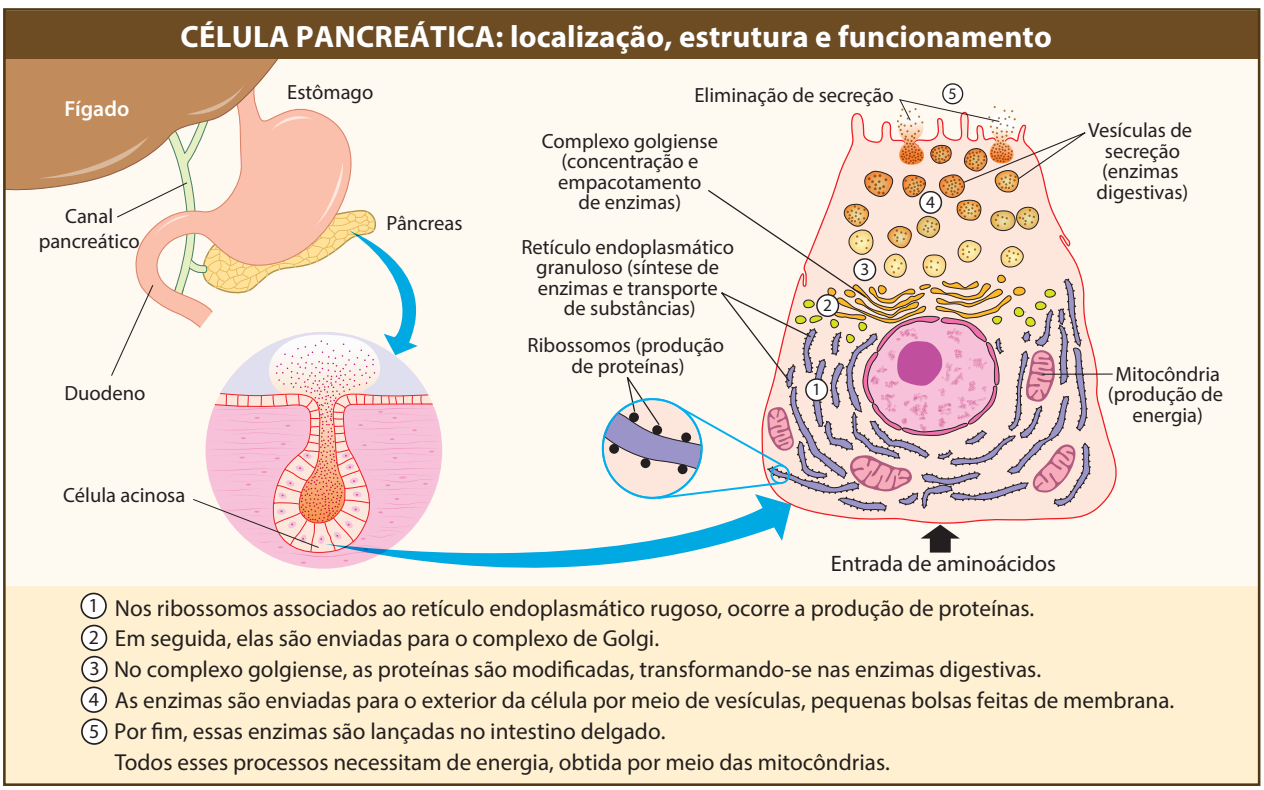
O pâncreas é uma glândula responsável por duas funções: produzir e lançar dois hormônios no sangue (insulina e glucagon, os quais controlam os níveis de açúcar no sangue) e produzir algumas das enzimas que agem na digestão, no intestino delgado. É essa segunda função que você vai conhecer agora.



© Hudson Calasans

Localização do pâncreas no organismo humano.

Para produzir as enzimas digestivas (lembre-se, enzimas são proteínas), as células do pâncreas precisam de matéria-prima, os aminoácidos. Os aminoácidos chegam ao pâncreas através do sangue. Para conseguir entrar nas células, eles são "ajudados" por certas proteínas que existem na membrana plasmática. Uma vez dentro das células, alguns aminoácidos permanecem no citoplasma, mas outros chegam ao retículo endoplasmático rugoso, onde serão utilizados na produção de proteínas. Veja o infográfico a seguir.



© Hudson Calasans

A célula pancreática é responsável pela secreção do suco pancreático no intestino delgado.

Outro exemplo são as células sanguíneas – hemácias e leucócitos –, mencionadas no começo deste tema. Elas são produzidas no interior de alguns ossos do corpo, em uma região chamada de medula vermelha dos ossos. Durante sua formação, as hemácias (ou glóbulos vermelhos) perdem o núcleo e praticamente todas as organelas citoplasmáticas.

Pode parecer estranho uma célula não possuir núcleo nem organelas, mas essa estrutura tem muito a ver com sua função: transporte de gás oxigênio para todas as células do corpo. Esse gás é transportado ligado a uma proteína denominada hemoglobina, que recheia todo o citoplasma da hemácia. Dessa forma, o espaço que seria ocupado por estruturas como o núcleo e as mitocôndrias contém hemoglobina, tornando essa célula mais eficiente no transporte de gás oxigênio.

Já os leucócitos (ou glóbulos brancos) se diferenciam em diversos tipos, cada um com uma função específica. Por exemplo, alguns leucócitos, chamados linfócitos B, são responsáveis pela produção de anticorpos, que são um tipo de proteína. Analisando o citoplasma dessas células, observa-se boa quantidade de retículo endoplasmático rugoso, justamente a organela responsável pela síntese de proteínas.

A conclusão que se pode tirar dessas breves explicações sobre as funções de algumas células é que cada uma, dependendo de sua função, terá maior ou menor quantidade de certas organelas, ou seja, uma estrutura própria para desempenhar sua função.

ATIVIDADE 1 Qual é o caminho?

Faça o esquema simplificado do caminho que um aminoácido deve percorrer, desde sua absorção no sangue até a formação das enzimas digestivas.

DESAFIO

1 O retículo endoplasmático e o complexo de Golgi são organelas celulares cujas funções estão relacionadas. O complexo de Golgi

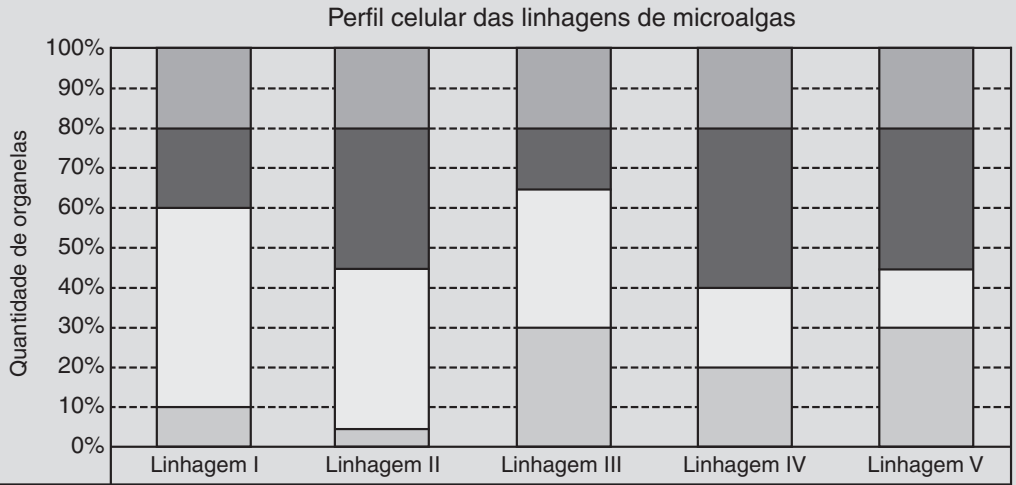
a) recebe proteínas sintetizadas no retículo endoplasmático.
b) envia proteínas nele sintetizadas para o retículo endoplasmático.
c) recebe polissacarídeos sintetizados no retículo endoplasmático.
d) envia polissacarídeos nele sintetizados para o retículo endoplasmático.
e) recebe monossacarídeos sintetizados no retículo endoplasmático e para ele envia polissacarídeos.

Fuvest 2012. Disponível em: <http://www.fuvest.br/vest2012/1fase/fuv2012v.pdf>. Acesso em: 29 set. 2014.

2 Uma indústria está escolhendo uma linhagem de microalgas que otimize a secreção de **polímeros** comestíveis, os quais são obtidos do meio de cultura de crescimento. Na figura podem ser observadas as proporções de algumas organelas presentes no citoplasma de cada linhagem.

Polímero

Composto formado por macromoléculas constituídas por moléculas menores que se repetem várias vezes.



	Linhagem I	Linhagem II	Linhagem III	Linhagem IV	Linhagem V
Núcleo	20	20	20	20	20
Retículo endoplasmático	20	35	15	40	35
Complexo golgiense	50	40	35	20	15
Mitocôndrias	10	5	30	20	30

Interbits©

Qual é a melhor linhagem para se conseguir maior rendimento de polímeros secretados no meio de cultura?

a) I
b) II
c) III
d) IV
e) V

Enem 2013. Prova azul. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2013/caderno_enem2013_sab_azul.pdf>. Acesso em: 29 set. 2014.

HORA DA CHECAGEM

Atividade 1 - Qual é o caminho?

Atravessar a membrana → Citoplasma → Retículo endoplasmático rugoso → Complexo golgiense → Intestino delgado

Desafio

1 Alternativa correta: **a**. Como estudado no caso das células do pâncreas, as proteínas produzidas no retículo endoplasmático rugoso são modificadas no complexo golgiense.

2 Alternativa correta: **a**. Uma célula secretora deve conter grande quantidade de complexo golgiense.



Registro de dúvidas e comentários

DIVISÃO CELULAR

TEMAS

1. O ciclo celular
2. Mitose
3. Meiose

Introdução

Todas as reações químicas e mudanças que ocorrem em uma célula compõem seu metabolismo. Essas reações permitem que a célula obtenha energia, desempenhe suas funções, cresça e reestabeleça as partes que se desgastaram e, até, se divida.

Uma célula pode se dividir de duas formas: por meio da **mitose**, em que cada célula origina duas novas células idênticas à inicial, e pela **meiose**, em que ocorre a formação de células com a metade da quantidade de material genético (DNA) da célula inicial. A mitose está relacionada com a multiplicação das células do corpo que podem sofrer divisão celular; e a meiose, com a produção das células de reprodução, conhecidas como **gametas** (óvulos e espermatozoides, no caso da espécie humana e de outros animais).

Nesta Unidade, você conhecerá as principais etapas das divisões celulares.

TEMA 1 O ciclo celular

Neste tema, você vai estudar as principais alterações que ocorrem durante o ciclo celular, composto de dois períodos diferentes: a interfase e a divisão celular propriamente dita.

O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Como um machucado cicatriza? Afinal, parece muito estranho que um tecido cortado se refaça. E, se é verdade que a pele se desgasta no dia a dia, por que nela não se abrem feridas?

Você já refletiu por que e como as crianças crescem? Será que isso acontece somente por haver a correta absorção dos nutrientes que existem nos alimentos ingeridos?

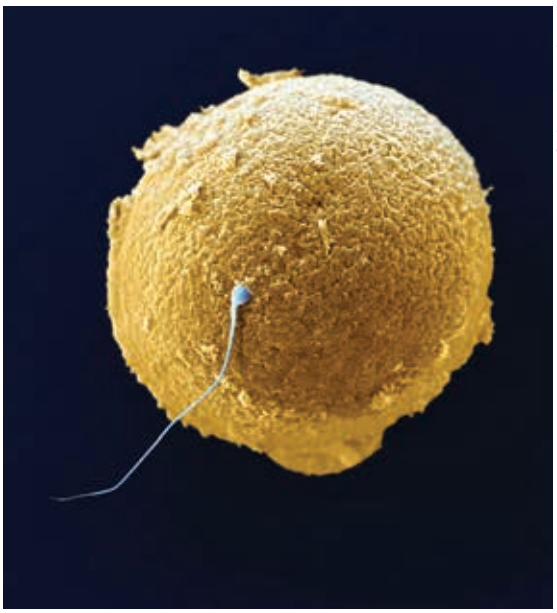
O ser humano se origina de uma única célula que se formou da união de um óvulo e um espermatozoide. Considerando que óvulos e espermatozoides também são células, qual é a diferença entre essas células e a célula formada?

Anote suas observações a respeito dessas questões. Depois de estudar este tema, você poderá reescrevê-las, se desejar.

Divisões celulares

Você um dia já foi uma única célula (célula-ovo ou zigoto). Essa célula, depois de incontáveis divisões celulares, formou um ser com trilhões (trilhões, isso mesmo!) de células que depois se transformaram e se especializaram, constituindo, por exemplo, a superfície do corpo, a parede interna da boca, a raiz dos cabelos. Nesse exato momento essas células ainda estão se dividindo.

No caso dos organismos multicelulares, como os seres humanos, por exemplo, é pela multiplicação de suas células que eles crescem, substituem células velhas e repõem células danificadas ou mortas. Para os organismos unicelulares, como as bactérias e os protozoários, a divisão celular é a forma de reprodução.



© Eye of Science/SPL/Latinstock

Encontro do espermatozoide (na imagem, em azul) com o óvulo (em laranja) durante a fecundação e formação da célula-ovo ou zigoto. Essas células, conhecidas como gametas, têm metade das informações para o funcionamento de uma célula. Fotografia de microscopia eletrônica, colorida artificialmente.

VOCÊ SABIA?

Existem células que não se dividem mais depois de determinada idade do organismo. É o caso das células musculares ligadas ao esqueleto e das células nervosas (neurônios) do sistema nervoso.

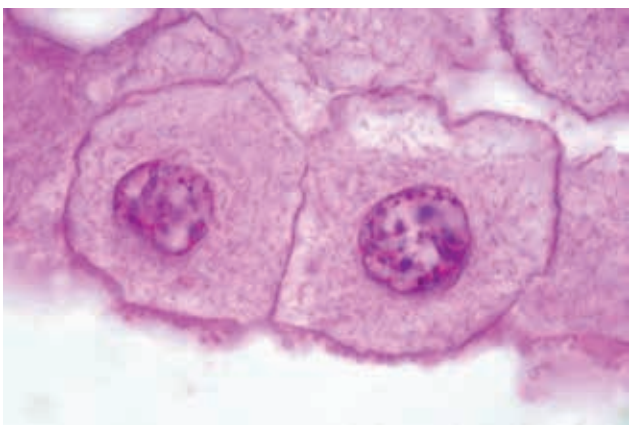
A interfase e a divisão celular

O ciclo celular corresponde ao período entre o final da divisão de uma célula e o início de uma nova divisão. Na maior parte do tempo, a célula está desempenhando suas funções vitais, em uma fase chamada de **interfase**. É nela que uma célula do pâncreas produz o suco pancreático. Essa fase prepara as condições da célula para iniciar uma divisão celular propriamente dita, a mitose ou a meiose, como você vai estudar nos próximos temas.

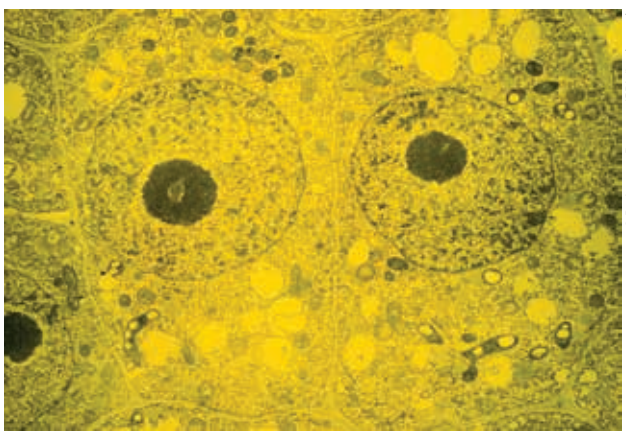
A interfase é o período do ciclo celular em que a célula aumenta seu volume, tamanho e número de organelas. Nela, a célula não só cumpre suas atividades vitais, como também reúne condições para poder se dividir e originar células-filhas. Essa fase da interfase é conhecida como **G1**, conforme o esquema da Atividade 1.

A partir desse momento, inicia-se a fase conhecida como **S**, na qual ocorre a duplicação do material genético, que está organizado em cromossomos. Ao final da divisão celular, as duas células-filhas devem possuir a mesma quantidade de material genético da célula inicial.

Nessa fase, cada cromossomo se duplica. No caso do ser humano, há 46 cromossomos, portanto, depois da multiplicação, têm-se 46 cromossomos duplicados. Após essa preparação, a célula, com seu material genético duplicado, finaliza algumas atividades e prepara-se para a divisão celular (fase **G2**) e inicia a divisão propriamente dita, conhecida como mitose.



© Hewer Conge. Ism/SPL/Latinstock



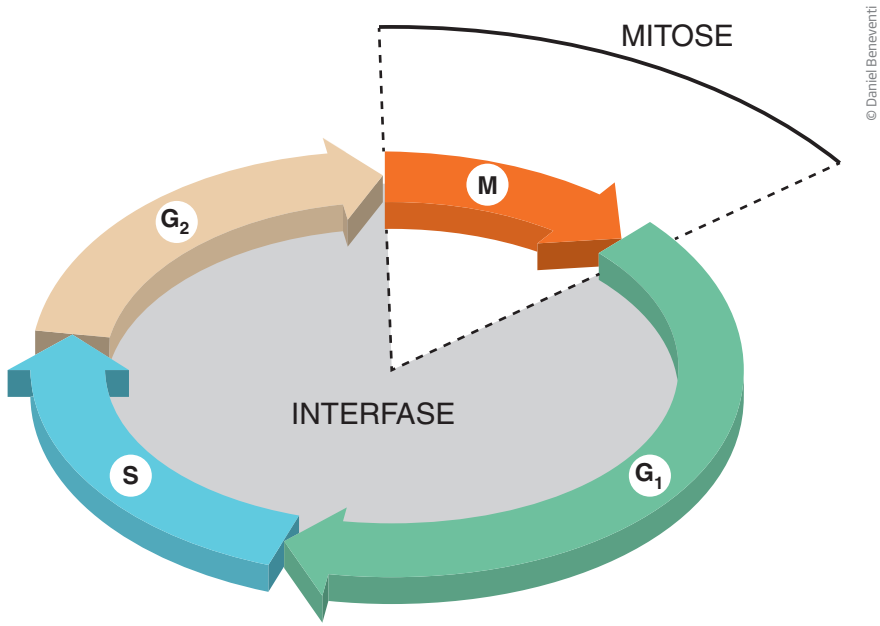
© Dr. Jeremy Burgess/SPL/Latinstock

Núcleos em interfase. À esquerda, fotografia de microscopia óptica; à direita, de microscopia eletrônica.

Você já deve ter ouvido falar em células-tronco. Essas células estão presentes em embriões e em alguns tecidos como ossos, músculos e sangue. Elas possuem a capacidade de se dividir e dar origem a outros tipos de células, ou seja, têm capacidade de se especializar. Por esse motivo, os cientistas têm cada vez mais investido em pesquisas sobre células-tronco, visando recuperar tecidos danificados por doenças ou traumas.

ATIVIDADE 1 Análise de um esquema de ciclo celular

O esquema a seguir representa o ciclo de vida e de divisão (mitose) de uma célula. Analise-o atentamente e faça o que se pede.



© Daniel Beneventi

1 Mitose e ciclo celular são sinônimos? Por quê?

2 O que ocorre com uma célula ao final do ciclo celular, após a mitose?

3 A fase em que a célula passa mais tempo é a interfase. Quantas e quais são suas fases?

HORA DA CHECAGEM

Atividade 1 – Análise de um esquema de ciclo celular

1 Não. Ciclo celular corresponde à fase de interfase, na qual a célula se prepara para a divisão celular propriamente dita, a mitose.

2 Ao final da mitose, formam-se duas células idênticas à célula inicial.

3 A interfase possui três fases ou etapas: G1, S e G2.



Registro de dúvidas e comentários

O termo **mitose** corresponde ao processo de divisão do núcleo e, ao final, também de divisão do citoplasma (fenômeno chamado de citocinese). Esse processo de divisão celular ocorre a partir de uma célula em que se originam duas células com a mesma composição genética. Para alguns organismos unicelulares, é a forma de reprodução assexuada; para os multicelulares, uma forma de repor células perdidas em lesões e uma forma de crescimento.

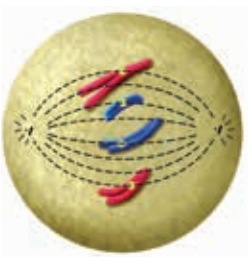
O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Quando você olha um machucado, por maior que seja, sabe que a ferida vai fechar, uma nova pele vai se formar e, em alguns casos, uma cicatriz vai surgir. Você tem ideia de por que isso ocorre?

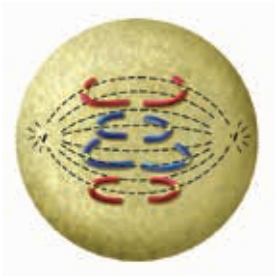
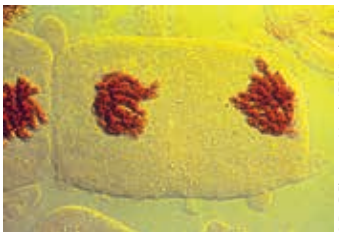
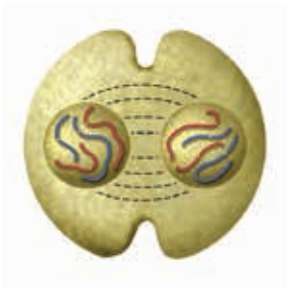
As fases da mitose

A cicatrização, o crescimento das crianças e a reposição de células velhas acontecem graças a um tipo de divisão celular: a mitose. Esse tipo de divisão celular apresenta quatro fases: **prófase**, **metáfase**, **anáfase** e **telófase**.

O material genético (os cromossomos) já foi duplicado na interfase. Agora, ocorrerá a separação desse material em duas células-filhas, de forma igual. Acompanhe o esquema.

Etapa e eventos	Fotografia de microscópio	Esquema da fotografia
Prófase – Como os cromossomos estão dentro do núcleo, este desaparece, liberando os cromossomos no citoplasma. Também desaparece o nucléolo. Nessa fase, os cromossomos se enrolam (condensam), o que facilita sua separação.	 © Pr. G Gimenez-Martin/SPL/Latinstock	
Metáfase – Os cromossomos vão até a região equatorial (mediana) da célula, presos por fibras (microtúbulos).	 © Pr. G Gimenez-Martin/SPL/Latinstock	

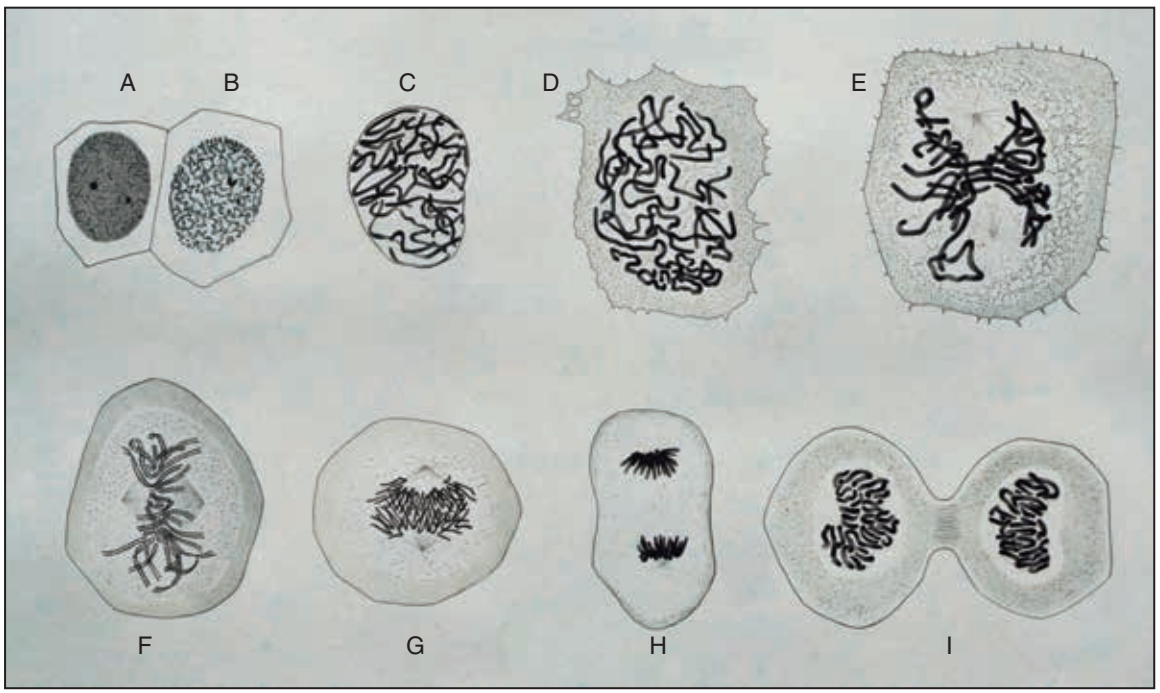
Ilustrações: © Vagner Coelho

Anáfase – As fibras se encurtam e os cromossomos, que estavam duplicados desde a interfase, se separam (cromossomos-irmãos). Os cromossomos vão para os polos opostos (extremidades) da célula.	 © Pr. G Gimenez-Martin/SPL/Latinstock	
Telófase – O núcleo, com o nucléolo, reaparece em torno dos cromossomos. Os cromossomos se desenrolam e, por fim, o citoplasma se divide em dois (citocinese).	 © Pr. G Gimenez-Martin/SPL/Latinstock	

Ilustrações: © Vagner Coelho

ATIVIDADE 1 O trabalho de Flemming

O biólogo alemão Walther Flemming (1843-1905), estudando as células das brânquias de salamandra, propôs em 1879 uma sequência para as fases da divisão celular, a mitose. Observe os desenhos de Flemming e indique no quadro a qual fase cada um deles corresponde.



Acervo da Universidade de Harvard

Desenhos das fases da mitose em células de salamandra feitos por Flemming em 1879. Eles estão na sequência das fases, finalizando com a formação de duas células-filhas.

Fase	Letras no desenho
Prófase	
Metáfase	
Anáfase	
Telófase	



PENSE SOBRE...

A palavra *câncer* é usada para nomear um conjunto de doenças que têm em comum a divisão desordenada e contínua de células em determinadas partes do corpo. Essas células invadem tecidos e órgãos, podendo ou não originar tumores. Mas por que isso acontece? Além dos fatores genéticos, você já ouviu falar que outras causas podem estar ligadas ao surgimento do câncer? Será que o ambiente (como quando há exposição excessiva ao Sol ou aos poluentes), os hábitos alimentares (ingestão de temperos prontos, adoçantes à base de aspartame, por exemplo) e o consumo e/ou exposição a substâncias tóxicas (como o cigarro e os metais pesados) podem contribuir para a alteração da divisão celular? Reflita sobre isso e também sobre as formas de prevenção dos diversos tipos de câncer.

HORA DA CHECAGEM

Atividade 1 - O trabalho de Flemming

Fase	Letras no desenho
Prófase	b, c, d
Metáfase	e, f
Anáfase	g, h
Telófase	i



Registro de dúvidas e comentários

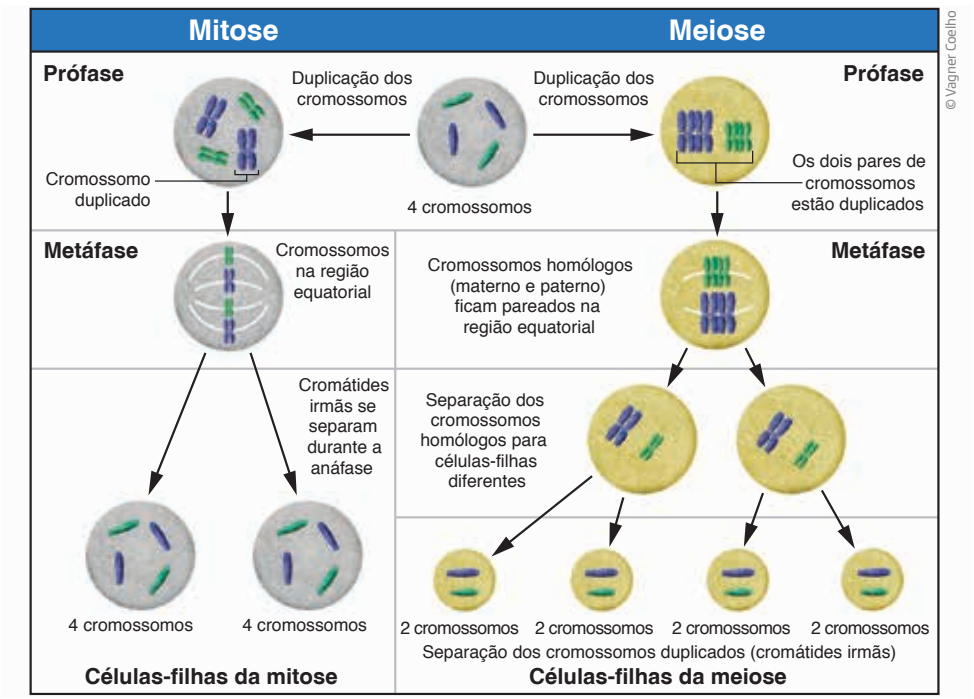
Neste tema, você vai conhecer outro tipo de divisão celular, a **meiose**, que, como o próprio nome indica, reduz à metade o número inicial de cromossomos e está relacionada com a reprodução sexuada.

O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Que os seres humanos se reproduzem todo mundo sabe. Mas como isso acontece? Por que uma pessoa não tem o dobro de características, já que as herda do pai e da mãe? Você sabe como ocorre a produção das células de reprodução?

As células reprodutivas

Na reprodução sexuada, ocorre a fecundação (união) de duas células reprodutivas, os **gametas**, provenientes dos pais. A união dos gametas forma uma célula única, chamada de **célula-ovo** ou **zigoto**. Normalmente, os gametas de machos e fêmeas são diferentes. Na espécie humana, por exemplo, os gametas masculinos são os espermatozoides, produzidos no homem em seus testículos; e os gametas femininos, os óvulos, produzidos na mulher em seus ovários. A produção das células de reprodução – óvulos e espermatozoides – ocorre graças a um tipo de divisão celular chamado meiose.



Comparação entre os processos de mitose e meiose. Em ambos ocorre a separação de cromossomos duplicados durante a anáfase; porém, na meiose, essa separação é precedida de outra, que ocorre nos pares de cromossomos duplicados.

A meiose apresenta semelhanças com a mitose, porém é mais longa. Tal como a mitose, existe o período de interfase, no qual se dá a duplicação do material genético (fase S).

Como você pode ver na figura da página anterior, a grande diferença, porém, é que nela ocorrem duas divisões sucessivas do material genético, enquanto na mitose ocorre apenas uma. Assim, durante a divisão meiótica, os pares de cromossomos são separados primeiro e, depois, os cromossomos duplicados se dividem. No final, de uma célula **diploide**, que contém 46 cromossomos, nos ovários da mulher ou nos testículos do homem, são formados gametas **haploides**, com 23 cromossomos, os óvulos e os espermatozoides, respectivamente.

Glossário

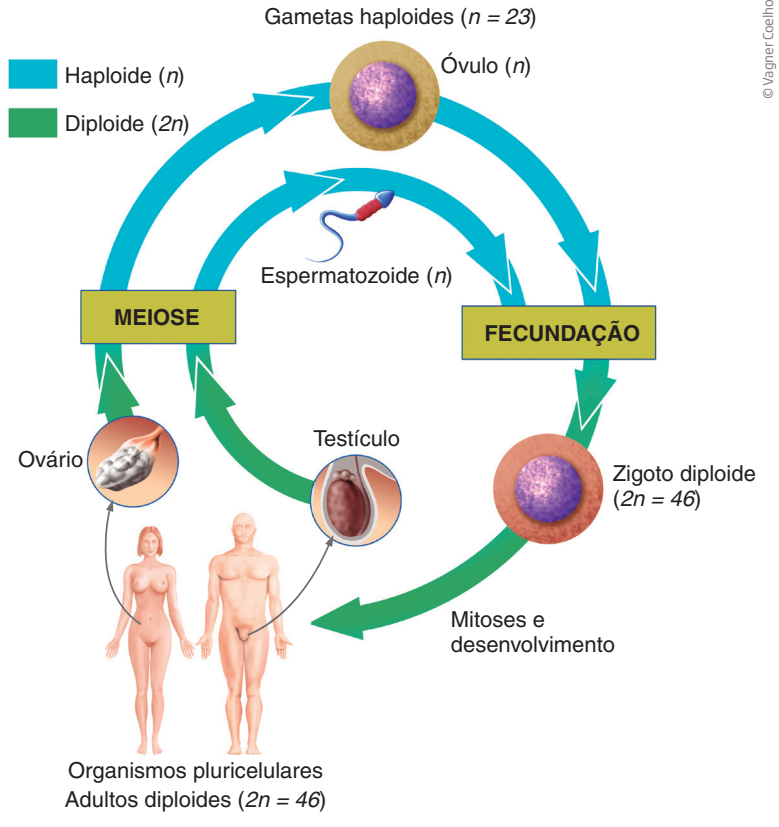
Diploide

Célula do corpo que possui um par de cromossomos de cada tipo, formada a partir da união de duas células haploides (gametas) dos progenitores (pai e mãe). É simbolizada por $2n$.

Haploide

Célula reprodutora que possui apenas um cromossomo de cada tipo, gerada na meiose das células diploides de cada um dos progenitores (pai e mãe). É simbolizada por n.

Ao se juntarem na formação da célula-ovo, refazem-se os 46 cromossomos, ou seja, 23 pares de cromossomos. A célula-ovo vai sofrer divisões celulares mitóticas sucessivas até formar o embrião; portanto, todas as células do corpo terão os 46 cromossomos, número comum à espécie humana. A figura a seguir ajuda a ilustrar melhor esse processo.



Ciclos mitóticos e meióticos no desenvolvimento da vida humana.

PARA SABER MAIS

Gametogênese

Dá-se o nome de gametogênese à formação dos gametas. Analisando a figura da página 35, é possível perceber que, ao final da meiose, formam-se quatro células iguais.

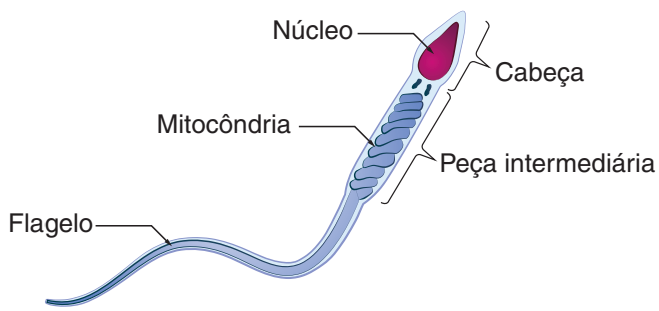
Na gametogênese humana, isso é um pouco diferente. No caso dos espermatozoides, ao final serão formadas quatro células com a metade do número de cromossomos (23), que sofreram uma especialização, perdendo boa parte do citoplasma e desenvolvendo um flagelo, que será utilizado para a locomoção até atingir o óvulo.

Na gametogênese feminina, ao término da meiose, quatro células-filhas são formadas. Entretanto, três dessas células, chamadas de células (ou corpúsculos) polares, são menores e não servem para a fecundação. Assim, apenas um óvulo permanece. Geralmente, um óvulo é liberado para fecundação a cada ciclo menstrual da mulher. A menstruação só ocorrerá se esse óvulo não for fecundado.

Além de formar quantidades diferentes de células reprodutoras, a produção dos gametas das mulheres é feita somente na vida embrionária, ao passo que nos homens a produção dos espermatozoides começa na puberdade e continua por toda a vida.

ATIVIDADE 1 Organelas citoplasmáticas de um espermatozoide

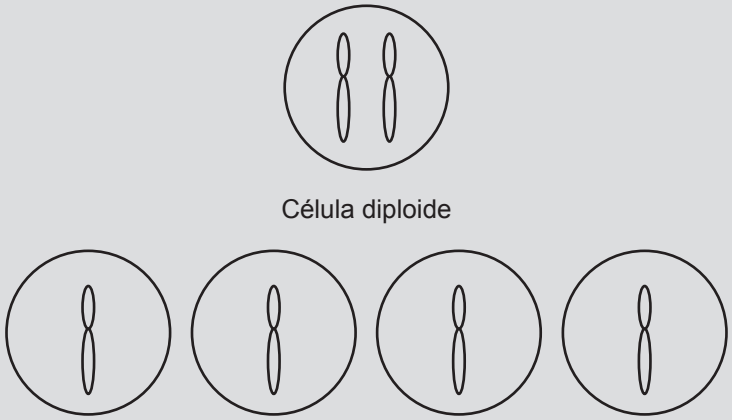
Lembrando o que você estudou na Unidade 1 e com base no que você acabou de aprender, indique a função de cada uma das estruturas do espermatozoide (núcleo, mitocôndrias e flagelo) para que ele chegue até o óvulo e o fecunde.



© Daniel Beneventi

DESAFIO

1 A figura abaixo representa uma célula diploide e as células resultantes de sua divisão.



Nesse processo,

a) houve um único período de síntese de DNA, seguido de uma única divisão celular.
b) houve um único período de síntese de DNA, seguido de duas divisões celulares.
c) houve dois períodos de síntese de DNA, seguidos de duas divisões celulares.
d) não pode ter ocorrido **permutação cromossômica**.
e) a quantidade de DNA das célula filhas permaneceu igual à da célula mãe.

Fuvest 2011. Disponível em: <http://www.fuvest.br/vest2011/1fase/fuv2011v.pdf>. Acesso em: 29 set. 2014.

2 Um pesquisador que deseje estudar a divisão meiótica em samambaia deve utilizar em suas preparações microscópicas células de

a) embrião recém-formado.
b) **rizoma** da samambaia.
c) **soros** da samambaia.
d) rizóides do **prótalo**.
e) estruturas reprodutivas do prótalo.

Fuvest 2002. Disponível em: <http://www.fuvest.br/vest2002/provas/1fase/dia2/p1f2002t.pdf>. Acesso em: 29 set. 2014.

Glossário

Permutação cromossômica
Troca de pares de cromátides entre cromossomos homólogos chamada também de *crossing-over*.

Rizoma
Tipo de caule subterrâneo, que cresce horizontal e paralelamente ao solo.

Soro
Pequena cápsula que se localiza na parte inferior das folhas da samambaia e que abriga os esporos.

Prótalo
Estrutura que abriga os gametas da planta samambaia (femininos ou masculinos).

HORA DA CHECAGEM

Atividade 1 - Organelas citoplasmáticas de um espermatozoide

O espermatozoide precisa "nadar" até encontrar o óvulo. Para isso, ele utiliza o flagelo, uma grande cauda que vibra. A presença de muitas mitocôndrias indica que a locomoção exige grande

quantidade de energia, pois produzir energia é a função dessa organela. Por fim, o núcleo, que não é exatamente uma organela citoplasmática, contém o material genético, que, juntamente com aquele contido no óvulo, refará o número de cromossomos da espécie humana, 46.

Desafio

1 Alternativa correta: **b**. Trata-se da figura de uma meiose, pois formam-se quatro células com a metade do número de cromossomos ao final.

2 Alternativa correta: **e**. Essas são as únicas estruturas capazes de produzir células de reprodução, ou seja, gametas.



Registro de dúvidas e comentários

FUNDAMENTOS DA HEREDITARIEDADE, GENÉTICA HUMANA E SAÚDE

TEMAS

1. Fundamentos da hereditariedade
2. Genética humana e saúde

Introdução

Nesta Unidade, você vai estudar como as características dos seres vivos podem passar de pais para filhos, identificando os mecanismos de hereditariedade, e conhecer algumas das heranças mais comuns, bem como algumas doenças genéticas, suas formas de prevenção e tratamento.

TEMA 1 Fundamentos da hereditariedade

Neste tema, você saberá como as características dos seres vivos são herdadas e como elas se manifestam, além da contribuição dos recentes avanços tecnológicos para o estudo da hereditariedade.

O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Pais e filhos costumam ser muito parecidos; às vezes, os filhos são mais parecidos com o pai ou com a mãe, ou, ainda, com os avós. Como isso acontece em sua família?

Observe o quadro *La familia* (A família), do pintor colombiano Fernando Botero. Essa obra retrata como os filhos muitas vezes são bastante parecidos com os pais. Quais características você consegue observar que apoiam essa ideia?



© Christie's Images/Bridgeman Images/Keystone

Fernando Botero. *La familia*, 1969. Óleo sobre tela, 210 cm × 194,5 cm. Museu Botero, Bogotá, Colômbia.

A semelhança entre parentes também pode ser observada em outros animais e em plantas. As características dos seres vivos são, portanto, herdadas de ascendentes para descendentes, ou seja, de pais para filhos.

Mas por que será que ocorre essa herança de características dos pais ou ancestrais? Você sabe quais são e como agem os mecanismos que fazem com que elas se perpetuem e/ou se modifiquem ao longo das gerações?

Hereditariedade e concepções pré-mendelianas

As características são passadas dos progenitores (como os pais) para os descendentes (como os filhos), ou seja, as características são herdadas, constituindo a **hereditariedade**.

O modo como ocorre a transmissão dessas características tem sido um questionamento do ser humano desde os tempos mais remotos. Na Antiguidade, alguns filósofos já haviam sugerido explicações para a hereditariedade, mas apenas no século XIX os cientistas começaram a encontrar respostas mais adequadas, até chegar ao conhecimento atual.

Por exemplo, o filósofo grego Hipócrates (460-377 a.C.), considerado o "pai da Medicina", acreditava que as características eram herdadas de pais para filhos por meio de fluidos do corpo, como sangue e sêmen, explicação conhecida como **pangênese**.

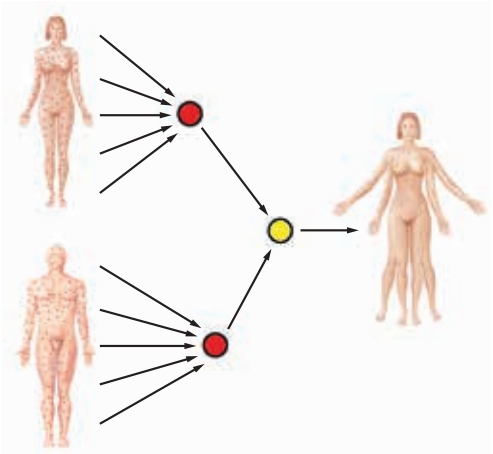
Mesmo na Grécia Antiga, já havia filósofos que criticavam a pangênese. Aristóteles (384-322 a.C.) defendia uma base física da hereditariedade: todas as partes do corpo de uma pessoa formariam pequeníssimas partículas hereditárias (as gêmulas), que circulariam pelo organismo através do sangue e chegariam ao sêmen dos pais. Na reprodução, o sêmen do pai e o da mãe, com as respectivas gêmulas, se uniriam e formariam o feto, ou seja, o novo ser seria originado a partir das características contidas nas gêmulas provenientes de seus pais. Essa ideia persistiu por muito tempo (até o fim do século XIX).

Para Aristóteles, a simples semelhança de pais e filhos não era prova da pangênese, pois características como a voz, os cabelos, as unhas e o movimento não poderiam provir de gêmulas. Assim, as semelhanças entre pais e filhos não se restringiriam à estrutura corporal (na produção de gêmulas), mas poderiam abranger outras características além das puramente físicas, como as modulações da voz e o

jeito de andar. Além disso, como seria possível que plantas mutiladas produzissem descendência perfeita?

ATIVIDADE 1 Críticas à pangênese

Observe a figura ao lado. Com base em seus conhecimentos sobre a hereditariedade, formule uma crítica contra a pangênese.


© Vagner Coelho

Mendel e os fatores hereditários

A pangênese só começou a deixar de ser aceita depois de várias descobertas acerca do desenvolvimento dos seres vivos. A teoria celular, estudada na Unidade 1, propiciou que se soubesse algo que hoje parece muito simples, mas que foi decisivo para entender o desenvolvimento dos seres multicelulares: o fato de que todos os tecidos são constituídos de células e que estas provêm de outras células.

Levando em conta a origem dos tecidos, podia-se pensar na primeira célula do indivíduo, a célula-ovo (ou zigoto), que se formou da união dos gametas. A existência dos gametas indicava que havia uma diferença entre as células destinadas à reprodução (células reprodutivas, os gametas) e as demais células do corpo (células somáticas, do grego *soma*, "corpo"), o que a pangênese não distinguia. A esse processo de união de gametas deu-se o nome de **fecundação** ou **fertilização**.

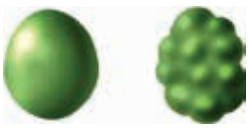
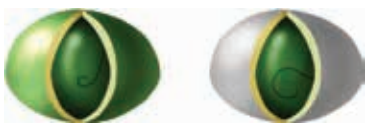
Em 1865, um monge austríaco chamado Gregor Mendel (1822-1884), com os novos conhecimentos da época, fez experimentos com cruzamentos de ervilhas e chegou ao que hoje se considera a base da **Genética**. O cruzamento programado de algumas variedades de ervilhas e a contagem de seus descendentes permitiram a formulação de duas leis, as famosas 1ª e 2ª leis de Mendel. Você verá a 1ª lei a seguir.

Mendel acreditava que os organismos carregavam em suas células **fatores hereditários** provenientes de seus progenitores, pois estes se originavam do pai e da mãe (no caso das plantas, das partes feminina e masculina). Como se tratava

de dois progenitores, os fatores hereditários deveriam aparecer aos pares nos descendentes. Já para formar as células reprodutivas dos organismos (gametas), que se juntavam para formar o descendente, era necessário que esses fatores se separassem. Dessa forma, os gametas formados na reprodução carregariam um fator de cada par, entre vários fatores hereditários existentes nos indivíduos.

Dessa forma, Mendel propôs uma lei que ficou conhecida como a **1ª lei de Mendel** ou **lei da segregação**: cada caráter é determinado por um par de fatores hereditários que se separam (segregam) durante a formação dos gametas; e apenas um fator hereditário vai para cada gameta.

No caso das ervilhas, Mendel cruzava as variedades levando em conta seus estados possíveis. Por exemplo, em relação à textura da semente, ele podia cruzar ervilhas lisas e rugosas, em diferentes combinações, e analisar os resultados desses cruzamentos. Veja o quadro a seguir.

Variedades de ervilhas estudadas por Mendel e seus estados	
Caráter estudado	**Estado**
Textura da semente	lisa ou rugosa 
Cor da semente	amarela ou verde 
Revestimento da semente	colorido ou branco 

Ilustrações: © Vagner Coelho

Variedades de ervilhas estudadas por Mendel e seus estados	
Caráter estudado	**Estado**
Textura da vagem	inflada ou enrugada 
Cor da vagem	verde ou amarela 
Posição da flor	axilar ou apical 
Comprimento do caule	longo ou curto 

Ilustrações: © Vagner Coelho

Os resultados de Mendel

Mendel partia sempre de cruzamentos entre indivíduos que ele chamava de **puros**, ou seja, de indivíduos que, se fossem cruzados entre si, dariam sempre a mesma descendência. Ele cruzava indivíduos puros (denominados **parentais – P**) para determinada variedade (quanto à textura da semente da ervilha, por exemplo), só que de estados diferentes (por exemplo, lisa ou rugosa). Quando fazia isso, a primeira geração de descendentes (**F1**) aparecia apenas com uma forma da variedade, ou seja, uma das variedades "desaparecia" na primeira descendência.

No entanto, quando Mendel cruzava os indivíduos de F1 entre si, o resultado era que nasciam plantas com os dois estados da variedade novamente (F2). Além disso, a única forma da variedade que havia aparecido em F1 surgia em F2, em maior número que a outra, na proporção aproximada de 3:1, ou seja, de 75%:25%. Veja o exemplo a seguir.

Geração parental (P):

ervilhas lisas
RR (puro)



×

ervilhas rugosas
rr (puro)



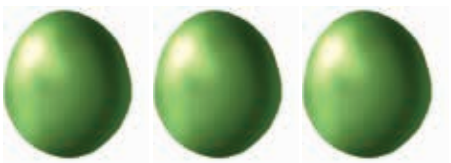
Primeira geração de descendentes (F1):

ervilhas lisas (100%)
Rr (híbrido)



Segunda geração de descendentes (F2):

ervilhas lisas (75%)
RR, Rr, Rr



×

ervilhas rugosas (25%)
rr



Ilustrações: © Vagner Coelho

Mendel explicou seus resultados da seguinte maneira: como os fatores hereditários estavam aos pares nos indivíduos, e os parentais eram puros, ao formarem os gametas para a geração seguinte, cada um dos parentais contribuiu com um fator hereditário de um tipo. Em F1, esses fatores hereditários dos pais se juntaram na formação dos filhos e, conforme o exemplo, um fator informava a textura lisa e o outro informava a rugosa, e os filhos apresentavam os dois fatores diferentes, ou seja, esses filhos eram **híbridos** para esses fatores. Atualmente, os híbridos são chamados **heterozigotos** e os indivíduos puros, **homozigotos**.

No exemplo, a textura rugosa não aparece na geração F1 e só volta a aparecer na geração F2. Por isso, Mendel considerou esse fator hereditário **recessivo** (entrou em recesso em uma geração), e o fator que apareceu em todas as gerações (a textura lisa), **dominante**.

Os cientistas convencionaram representar os fatores hereditários com letras: os fatores dominantes com maiúsculas e os recessivos com minúsculas. Normalmente, a letra utilizada é a da característica recessiva; no caso da textura das sementes das ervilhas seria a letra **r**, já que a característica recessiva é rugosa. Dessa maneira, todos os indivíduos possuem pares de fatores hereditários para determinada característica representados por pares de letras.

Para entender a proporção encontrada por Mendel em F2, deve-se lembrar que os fatores hereditários (que estão aos pares nos indivíduos) se separam, tornando-se unitários na formação dos gametas, como visto no estudo da meiose, na Unidade 2. Assim, há possibilidades diferentes de combinações desses gametas na formação do zigoto.

Por exemplo, no caso das ervilhas da geração parental, os gametas formados têm apenas os fatores **R** (pai com ervilhas lisas) e **r** (pai com ervilhas rugosas); assim, os filhos só podem ser **Rr**. No caso dos filhos de F1, os pais podem formar gametas com **R** ou com **r**, e é dessas combinações que resultam as proporções encontradas em F2.

Repare que basta possuir um fator dominante para que se manifeste a característica dominante. Para a forma recessiva se manifestar, é necessário que haja dois fatores recessivos no indivíduo. Acompanhe o quadro de cruzamentos possíveis e seus resultados.

		Rr (indivíduo parental)	
	Gametas	R	r
Rr (indivíduo parental)	R	RR 	Rr 
	r	Rr 	rr 

Ilustrações: © Vagner Coelho

Os trabalhos de Mendel só foram reconhecidos em 1900, infelizmente depois de sua morte (1884), e substituíram de modo definitivo a ideia de hereditariedade por meio dos fluidos pela de hereditariedade por fatores hereditários, que viriam a ser chamados mais tarde de genes.

ATIVIDADE 2 Cruzamento-teste

Quando os cientistas desejam saber o **genótipo** de um organismo que é condicionado por uma característica dominante, como a semente lisa em ervilhas, eles realizam o chamado "cruzamento-teste".

Genótipo

Constituição genética de um ser vivo.

Nesse cruzamento, observando o resultado da descendência, é possível identificar se o organismo cruzado – no caso, a ervilha lisa – é um indivíduo puro (homozigoto) ou híbrido (heterozigoto).

O cruzamento-teste consiste em cruzar a ervilha dominante lisa com um indivíduo igual a ela (também dominante) ou com um indivíduo diferente dela, ou seja, uma ervilha recessiva rugosa? Justifique sua resposta.

Genes

Mendel estava mesmo certo: havia fatores hereditários e eles se localizavam nos cromossomos. Com novos estudos sobre hereditariedade, novos termos foram propostos. Entre eles estava o termo *gene*, que substituiu a expressão *fator hereditário*, proposta por Mendel, e que será utilizado aqui de agora em diante.

O conceito de gene tem passado por muitas modificações à medida que novas descobertas são feitas. Atualmente, os cientistas estão discutindo novos conceitos para os genes, pois eles são muito mais complexos do que se imaginava. Neste Caderno, será adotado um conceito mais simples, que permite um bom entendimento das principais funções dos genes e de sua estrutura.

Uma característica pode se expressar por variantes de um determinado gene. É o caso dos genes responsáveis pela textura da semente das ervilhas ou, como você verá mais adiante, de genes responsáveis pelo tipo sanguíneo, no sistema ABO. Esses genes chamados de **alelos** surgem por mutações no DNA.

Os **genes** são estruturas responsáveis pelas características hereditárias, ou seja, por todas as características que um indivíduo herda dos pais ou antecessores. Esses genes podem ter variações. Por exemplo, no caso das ervilhas que Mendel estudou, as sementes poderiam apresentar dois tipos de textura: lisa (condicionada por uma forma dominante) ou rugosa (condicionada por uma forma recessiva do gene). O conjunto de genes de um ser vivo é conhecido como **genoma**.



From Science Magazine, v. 291, n. 5507. Reprinted with permission from AAAS



Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd: Nature Magazine, v. 409, n. 6822, © 2001

Em 2000, o genoma humano teve seu primeiro grande rascunho, sendo logo anunciado em importantes revistas científicas. Nos anos seguintes, o mapa do genoma humano foi concluído e nele foi estimada a existência de cerca de 25 mil genes.

Genes e o ambiente

A constituição genética de um indivíduo para uma característica é chamada de **genótipo**. No caso das ervilhas de Mendel, o genótipo para ervilhas rugosas foi representado por **rr**, e o genótipo para as ervilhas lisas, por **RR** ou **Rr**.

As características observáveis nos indivíduos, que resultam da interação entre genótipo e ambiente, são denominadas **fenótipo**. No caso das ervilhas de Mendel, o tipo de textura da semente – lisa ou rugosa – constitui o fenótipo.

Pode parecer, então, que determinado genótipo vai gerar um fenótipo específico, mas nem sempre é assim. Os cientistas perceberam que existe, em muitos casos, outro elemento fundamental na manifestação dos genes: o **ambiente**.

Por exemplo, na espécie humana, a cor da pele é determinada geneticamente e, mesmo que duas pessoas tenham exatamente o mesmo genótipo, isso não indica que têm o mesmo fenótipo, pois os genes que controlam a produção do pigmento melanina são influenciados pelo ambiente, ou seja, pelo estímulo dos raios solares. Quanto mais tempo o organismo ficar exposto ao Sol, maior o estímulo para a produção de melanina na quantidade máxima que o genótipo permite. É por isso que a pele muda de tonalidade ao longo do ano.

ATIVIDADE 3 Interpretando um experimento

Em animais como coelhos da raça himalaia e gatos siameses, a temperatura do corpo influencia a expressão do gene. As partes mais frias do corpo, como as extremidades (veja as fotografias a seguir), são mais escuras que as demais.

Há um experimento clássico feito em coelhos da raça himalaia que mostra o efeito do frio na coloração da pelagem. No experimento, raspa-se uma faixa de pelos da região clara do dorso do coelho, mantendo-a resfriada (com uma bolsa de gelo, por exemplo). Na região, crescerá pelagem com pigmento escuro, como a das extremidades do corpo.



© Arco Images GmbH/Alamy/Glow Images



© Nopparat Manakul/123RF

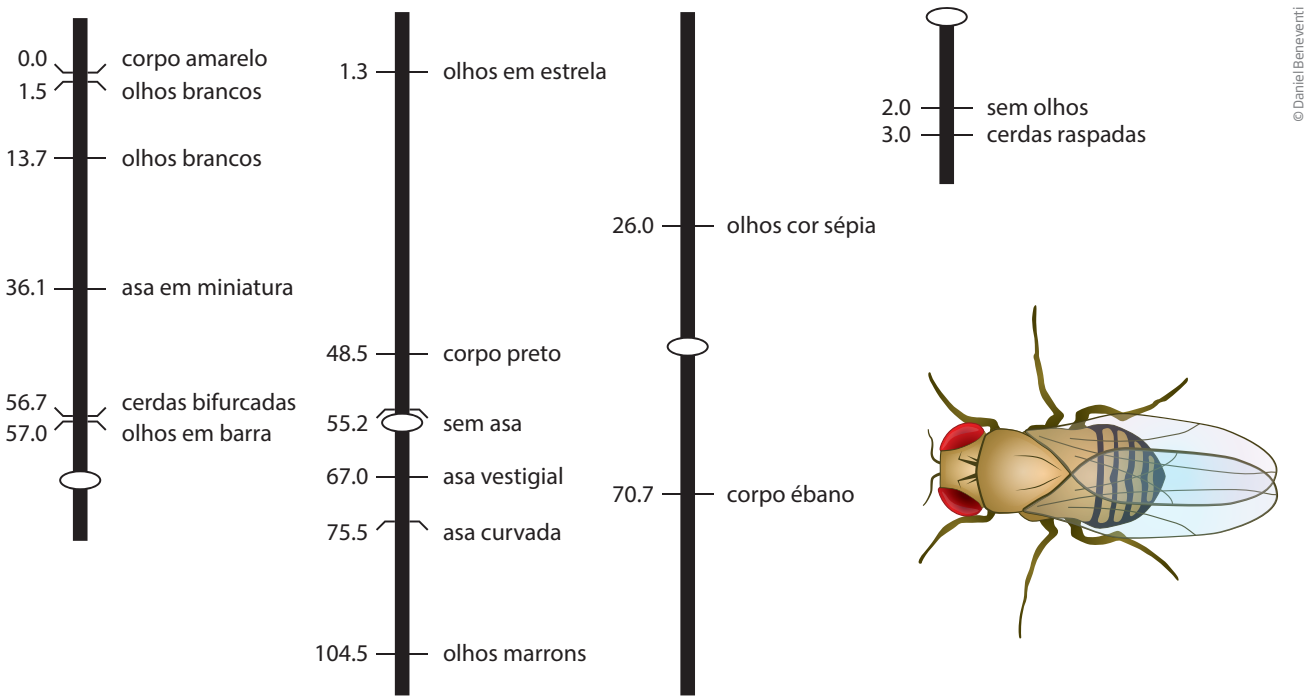
As extremidades (focinho, orelhas, patas e cauda) de coelhos da raça himalaia (à esquerda) e gatos siameses (à direita) são mais escuras que a pelagem do restante do corpo.

Elabore uma interpretação que justifique a vantagem evolutiva para o fato de, em coelhos da raça himalaia, as regiões mais frias do corpo apresentarem mais pigmentos. Se necessário, consulte o Volume 2, Unidade 3, Tema 2, que trata da evolução das espécies.

Genes nos cromossomos

Na década de 1920, os cientistas chegaram à conclusão de que os fatores hereditários de Mendel, os genes, estavam localizados nos cromossomos. A partir de então, os cientistas começaram a adotar essa ideia, primeiro para organismos como as moscas-das-frutas, as drosófilas, depois para os mais diferentes grupos de organismos.

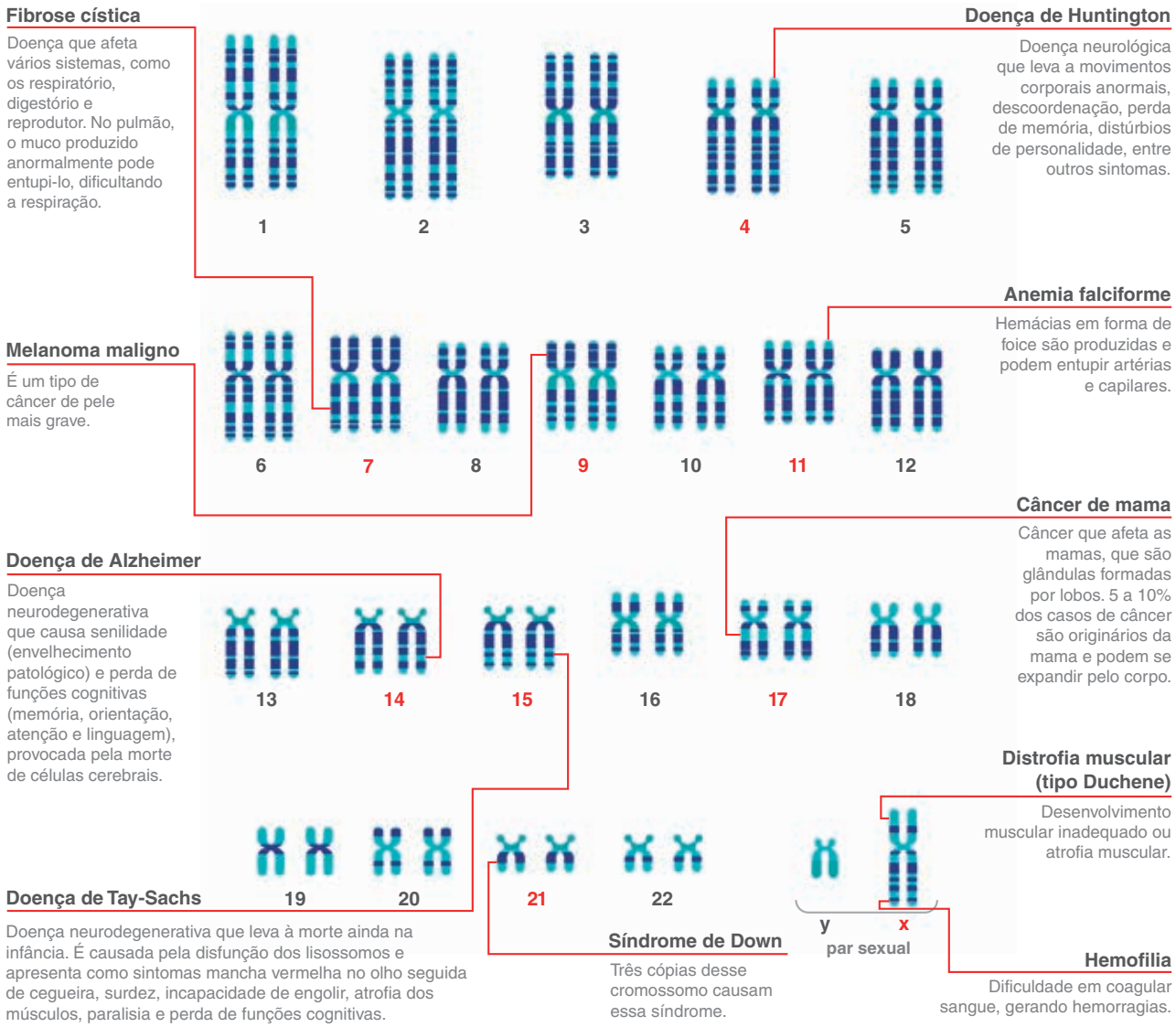
A hipótese de que os genes estavam localizados nos cromossomos decorreu dos cruzamentos experimentais que realizaram. Quando apareciam mutações nas moscas cultivadas em laboratório, os cientistas promoviam cruzamentos específicos e localizavam os genes para essas mutações nos cromossomos. Estava surgindo a genética moderna.



Representação dos cromossomos de uma mosca-das-frutas, a drosófila. Essa espécie possui quatro pares de cromossomos, e cada par apresenta vários genes alelos. Os alelos que sofrem as mutações mais frequentes estão representados nos mapas dos cromossomos.

Atualmente, vários projetos estão mapeando os genes nos cromossomos pela leitura direta do DNA, isto é, sem a necessidade de fazer cruzamentos preferenciais. Isso facilitou muito o estudo da Genética, sobretudo nos seres humanos.

Posição de alguns genes que causam as doenças hereditárias mais conhecidas



© Vagner Coelho

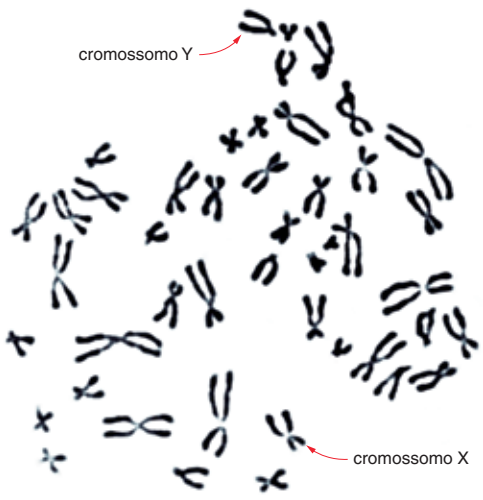
Representação dos 23 pares de cromossomos humanos e a posição de alguns genes que causam as doenças hereditárias mais conhecidas.

Cromossomos sexuais e autossomos

Na espécie humana existem 23 pares de cromossomos presentes em células não reprodutivas (células somáticas). Esses pares de cromossomos apresentam formas e tamanhos diferentes. No entanto, cada par possui dois cromossomos de tamanho e forma iguais, com exceção de um par, em que os cromossomos possuem

formas diferentes. Esse par de cromossomos está relacionado, entre outras características, com a determinação do sexo (par de **cromossomos sexuais**). Os demais pares de cromossomos, chamados **cromossomos autossômicos** (ou **autossomos**), estão relacionados com outras características.

A imagem, à esquerda, mostra uma célula humana com seus 46 cromossomos. À direita, estão representados os 23 pares de cromossomos, que os cientistas chamam de **cariótipo**. Observe que há 22 pares (1 a 22) de tamanho e forma idênticos, os autossomos, e um par de cromossomos sexuais, que estão relacionados com a determinação do sexo. Quando os cromossomos desse par são do tipo **X** (**XX**), o indivíduo é do sexo feminino; quando os cromossomos desse par são um do tipo **X** e outro do tipo **Y** (**XY**), então o sexo é masculino. É por isso que se considera que os gametas masculinos determinam, ao acaso, o sexo da criança. Note que os cromossomos **X** e **Y** têm tamanho e forma diferentes, mas mesmo assim formam um par.





© Science Source/Photo Researchers, Inc./Latinstock

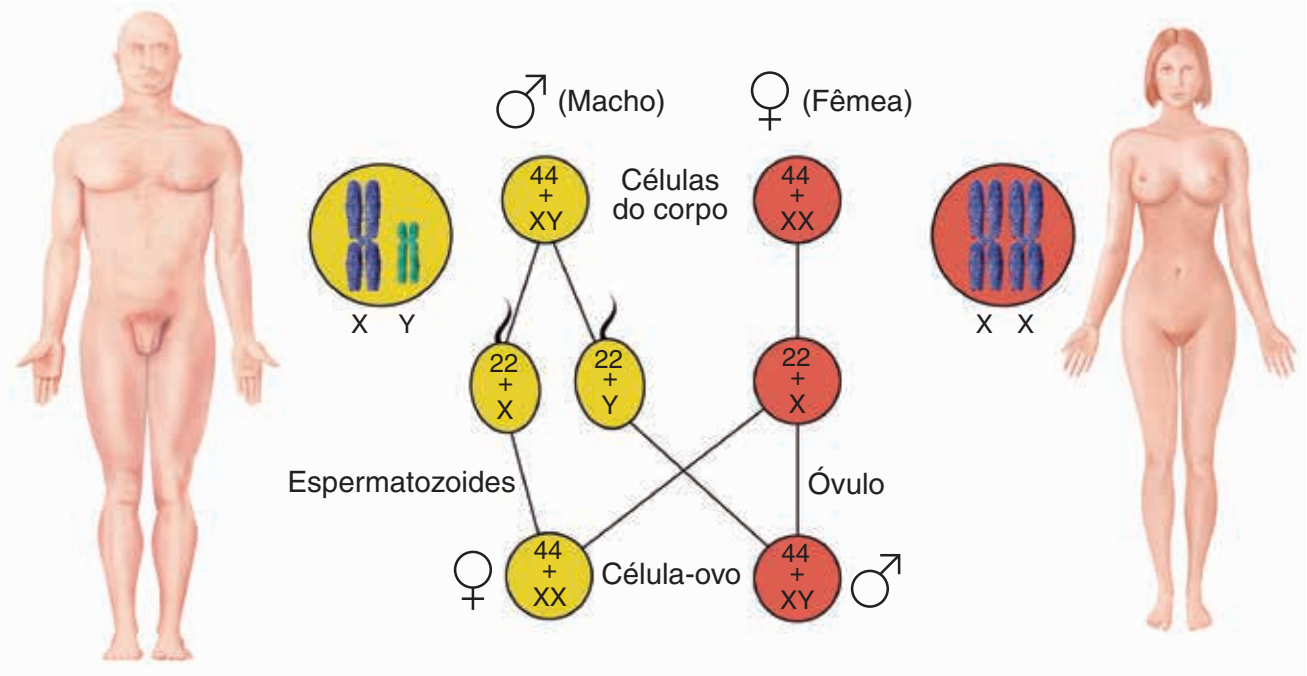
© Dept. of Clinical Cytogenetics, Addenbrookes Hospital/SPL/Latinstock

Conjunto de cromossomos da espécie humana.

Herança de genes em cromossomos sexuais

Como você viu, na espécie humana e nos mamíferos de modo geral, um par de cromossomos está relacionado com as características sexuais. A composição desse par de cromossomos determina de qual sexo será o indivíduo. Retorne às imagens anteriores e veja, no cariótipo, como são os cromossomos **X** e **Y**. Essa diferença entre os cromossomos do par sexual determina padrões de herança um pouco diferentes dos que você viu até agora.

No sistema **XX/XY**, os gametas formados por machos e por fêmeas serão diferentes. Você deve recordar que na meiose há separação dos pares de cromossomos e, depois, dos próprios cromossomos que estão duplicados. Nas fêmeas, que possuem dois cromossomos **X**, em cada gameta formado existirá, em condições normais, sempre um cromossomo **X**. Já os machos, por serem **XY**, formarão metade de seus gametas com o cromossomo **X** e outra metade com o cromossomo **Y**.



O ser humano tem 44 cromossomos autossômicos e um par de cromossomos sexuais, XY nos homens e XX nas mulheres.

OUTROS MECANISMOS DE DETERMINAÇÃO DO SEXO

Além do sistema **XY** dos mamíferos, existem outros mecanismos de determinação do sexo. Por exemplo, em muitas aves e mariposas, o sistema é conhecido como **ZW**. Embora os princípios sejam semelhantes, o par de cromossomos sexuais do macho é **ZZ**, e o par da fêmea é **ZW**. Em alguns insetos, como percevejos e gafanhotos, o sistema é conhecido como **X0**, no qual a fêmea tem um par de cromossomos sexuais (**XX**), e o macho, apenas um cromossomo sexual (**X0**).

Efeitos ambientais também determinam o sexo de algumas espécies, como no caso de crocodilos e tartarugas. Nos crocodilos, se os ovos forem incubados em temperaturas abaixo de 30 °C, eclodirão preferencialmente fêmeas, e, acima de 33 °C, machos. Nas tartarugas, as temperaturas mais baixas geram machos, e as mais altas, fêmeas.

PARA SABER MAIS

O cromossomo X

http://cienciahoje.uol.com.br/alo-professor/intervalo/2012/12/por-que-o-cromossomo-x-humano

CIÊNCIA HOJE | ALÔ, PROFESSOR

06/12/2012

Por que o cromossomo X humano recebeu esse nome?

Paulo Roberto Jubilut e Marcelo Valério

[...] Muitos [...] estudantes e mesmo professores [...] acreditam que o cromossomo xis é assim chamado porque sua forma lembra a grafia da letra "X" de nosso alfabeto. Mas a coisa não é tão simples assim. Foram necessários muitos anos para que os cientistas aprendessem o que sabemos a respeito dos cromossomos. Até meados de 1955, inclusive, os biólogos descreviam os seres humanos como donos de 48 cromossomos (tal qual os macacos), em vez dos 46 que hoje observamos facilmente.

A questão é que, entre todos os cromossomos humanos, seria o de número 45 o detentor dos maiores mistérios. Ele, o cromossomo xis, estava envolvido numa série de doenças "geneticamente carregadas" pelas mulheres, como a hemofilia [...] e o daltonismo, que (praticamente) não afetava suas portadoras, mas frequentemente seus filhos homens.

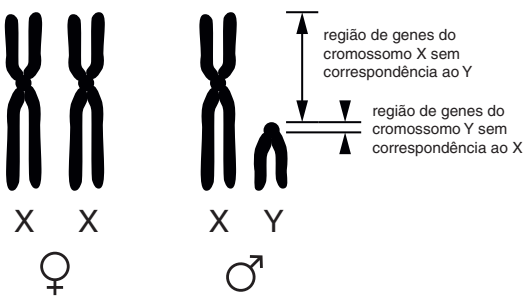
E aqui está a resposta: foi a estranheza de sua natureza que batizou o cromossomo xis, não o seu formato! Um legado da álgebra, onde o símbolo "X" representa até hoje um valor desconhecido, uma incógnita. [...]

Ciência Hoje, 6 dez. 2012. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/alo-professor/intervalo/2012/12/por-que-o-cromossomo-x-humano-recebeu-esse-nome>. Acesso em: 29 set. 2014.

Daltonismo na espécie humana

Os cromossomos **X** e **Y**, apesar de formarem pares, são bem diferentes, sendo o **X** bem maior que o **Y**. Alguns genes que estão posicionados na região superior do cromossomo **X** não têm correspondência no cromossomo **Y**, como mostra a figura a seguir.

Genes localizados na porção do cromossomo **X** que não têm correspondência no cromossomo **Y** não formam pares, manifestando-se, portanto, com apenas um exemplar do gene. Assim, haverá diferença entre a presença de determinados fenótipos entre homens (apenas um exemplar do gene em seu único cromossomo **X**) e mulheres (pares de genes, um em cada cromossomo **X**). Essa diferença provoca o daltonismo.

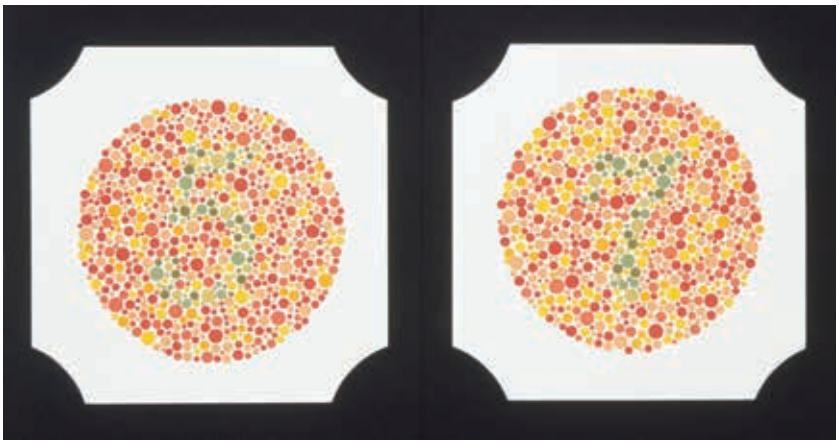


© Daniel Beneventi

No sexo feminino (♀), todos os genes têm correspondência, formando pares. No sexo masculino (♂), alguns genes do cromossomo X não têm correspondência no cromossomo Y e vice-versa.

O daltonismo é um distúrbio em que o indivíduo é incapaz de enxergar determinadas cores. A visão de cores (comum à maioria das pessoas) depende da presença de pigmentos nas células receptoras da retina do olho: vermelho, verde e roxo. A não produção dos pigmentos causa cegueira para essas cores.

Os casos mais comuns de daltonismo são aqueles em que não há produção dos pigmentos vermelho e verde. Nesse caso, o gene responsável pelo daltonismo é recessivo e está localizado no cromossomo **X**.



© Dorling Kindersley/Getty Images

Um dos testes para verificar se uma pessoa é portadora do tipo mais comum de daltonismo: as pessoas daltônicas não conseguem distinguir, nos quadros, os números 5 e 7.

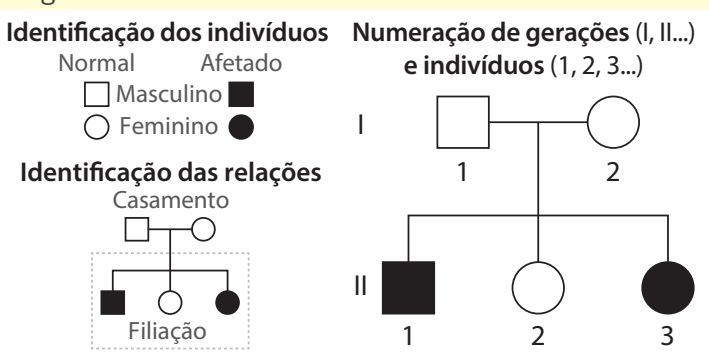
O homem recebe o cromossomo **X** de sua mãe e não o transmite para os filhos, apenas para as filhas, ou seja, cada mulher recebe um cromossomo **X** do pai e outro da mãe. Pode-se concluir que filhos homens de pais daltônicos não herdam essa anomalia do pai, e, sim, da mãe.

A mãe pode ser daltônica ou não, porém portadora do gene recessivo que causa o daltonismo. Se é portadora, independentemente de como seja o pai, seus filhos homens têm 50% de chance de ser daltônicos. Para que uma menina seja daltônica, seu pai necessariamente tem de ser daltônico e sua mãe pode ser daltônica ou simplesmente portadora. Tudo isso faz que o daltonismo seja mais comum em homens que em mulheres.

HEREDOGRAMA

Os heredogramas são esquemas que representam a genealogia familiar. Eles são usados para analisar a ocorrência de alguma característica genética em uma família, o que facilita o entendimento de heranças, como o daltonismo, por exemplo. Para isso, há algumas padronizações. Observe a imagem 1.

Imagem 1



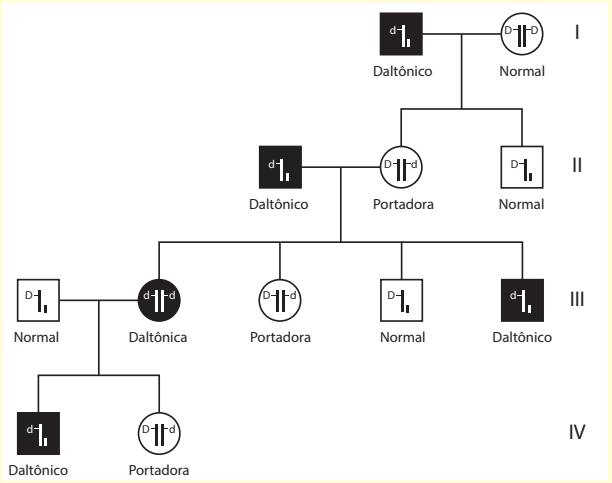
© Daniel Beneventi

No heredograma da imagem 2, apresentado na próxima página, os traços maiores dentro dos quadrados ou dos círculos correspondem ao cromossomo **X**, e os menores, ao cromossomo **Y**. As pessoas com daltonismo são representadas por quadrados (sexo masculino) ou círculos

(sexo feminino) escuros, e as pessoas sem a disfunção, pelas figuras claras.

Na geração I, um homem daltônico se casa com uma mulher não daltônica e não portadora do gene para o daltonismo. O filho desse casal não possui esse distúrbio de visão, e a filha é portadora (geração II), pois herdou de seu pai o gene recessivo do daltonismo. Ela se casa com um homem daltônico, com o qual tem quatro filhos (geração III): um homem não daltônico e outro daltônico; uma mulher daltônica e outra portadora. A mulher daltônica se casa com um homem não daltônico e nasce um casal (geração IV), sendo a menina portadora e o menino daltônico.

Imagem 2



Representação do heredograma de uma família com vários casos de daltonismo.

Hemofilia na espécie humana

A hemofilia é uma doença que impede a coagulação adequada do sangue. Sua forma mais comum, conhecida como **hemofilia A**, tem o mesmo padrão genético presente no daltonismo, isto é, trata-se de uma doença recessiva ligada ao cromossomo **X**.

Os hemofílicos podem ter sangramentos graves (hemorragias) com apenas pequenos ferimentos. No entanto, é mais comum ocorrerem sangramentos espontâneos e frequentes dentro dos músculos ou das articulações, causando sequelas que podem levar a incapacidades físicas irreversíveis.

O tratamento dos hemofílicos consiste em receber os produtos responsáveis pela coagulação sanguínea diretamente no sangue (via intravenosa). Os produtos coaguladores são derivados do plasma sanguíneo humano ou de técnicas mais avançadas de Biotecnologia, que você vai ver na Unidade 4. Em casos de intensos sangramentos, os hemofílicos também recebem transfusões sanguíneas.

ASSISTA!

Biologia – Volume 3

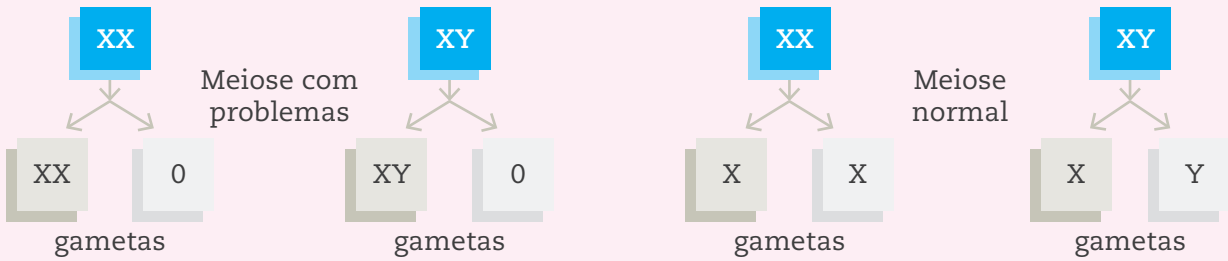
DNA, molécula da vida

O vídeo ajuda você a complementar as informações sobre a natureza química da molécula de DNA e sobre como ela se relaciona à transmissão de características hereditárias de pais para filhos. Por meio da fala de especialistas, você pode conhecer o mecanismo de duplicação da molécula de DNA, as aplicações desse conhecimento sobre a hereditariedade – incluindo o Projeto Genoma Humano (PGH) –, até chegar à demonstração na prática de um teste de DNA com fins forenses.

PARA SABER MAIS

Síndromes de Turner, Klinefelter e Down

Quando ocorrem certos problemas na meiose durante a formação dos gametas masculinos ou femininos, alguns gametas podem ter uma quantidade não esperada de cromossomos. Em vez de possuírem, no caso da espécie humana, 23 cromossomos, eles podem apresentar um cromossomo a mais ou a menos:



Se um gameta com **XX** se juntar a um gameta **X**, formará um indivíduo **XXX**, isto é, uma mulher com um cromossomo **X** a mais, mas que é fértil e raramente apresenta problemas.

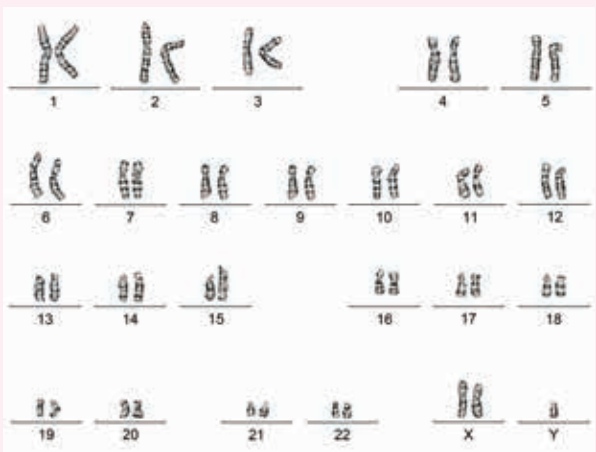
Se um gameta com nenhum cromossomo sexual **0** se juntar a um gameta **X**, formará um indivíduo **0X**, isto é, uma mulher com a chamada **síndrome de Turner**, caracterizada por possuir estatura baixa, pescoço curto e largo, geralmente, apresentar pouco desenvolvimento de mamas e ser estéril, na maioria dos casos.

Se um gameta com **XY** se juntar a um gameta **X**, formará um indivíduo **XXY**, afetado pela chamada **síndrome de Klinefelter**, pessoa com aparência masculina, mas que possui mamas desenvolvidas, braços e pernas longos, poucos pelos e é estéril.



© Dept. of Clinical Cytogenetics, Addnbrookes Hospital/SPL/Latinstock

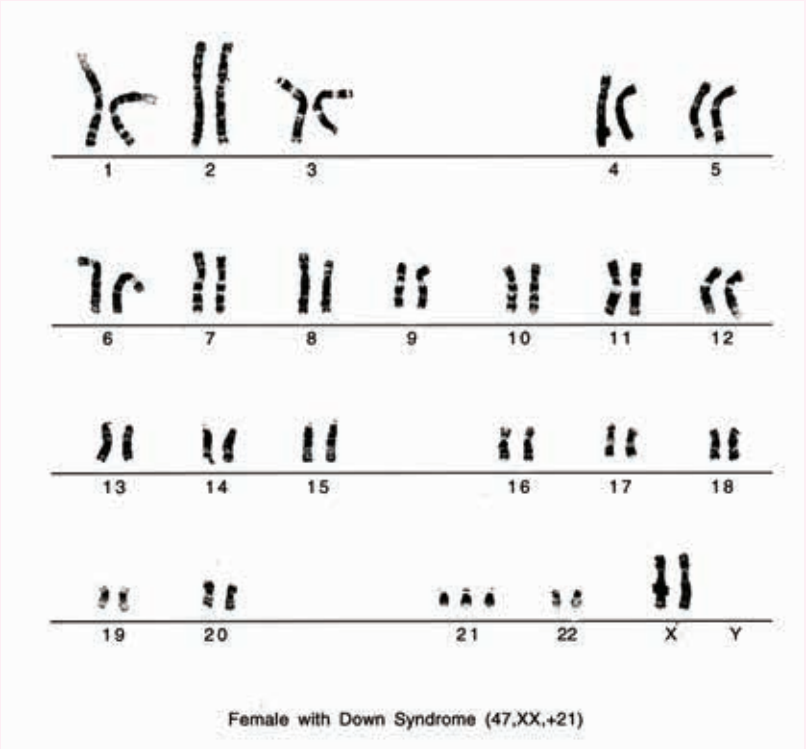
Cariótipo da síndrome de Turner.



© Pr Philippe Vago, Ism/SPL/Latinstock

Cariótipo da síndrome de Klinefelter.

Se um gameta **0** se juntar a um gameta **Y**, formará um indivíduo **0Y**, cujo zigoto não se desenvolve.



© Science VU/Visuals Unlimited, Inc./SPL/Latinstock

Cariótipo de uma menina (XX) com síndrome de Down (SD).

Uma alteração genética bem mais conhecida é a **síndrome de Down** (**SD**), que se manifesta por causa de um erro de divisão celular, que pode ocorrer durante a formação dos gametas ou durante o processo de divisão embrionária. Ela pode ser identificada no cariótipo que possui um cromossomo a mais no par 21, totalizando 47 cromossomos, por isso também é conhecida como "trissomia do 21". Entre as características dessa síndrome, pode-se observar o déficit intelectual e a presença de prega palpebral.

Mulheres com mais de 35 anos apresentam maior risco de ter filhos com **SD**. É possível realizar o diagnóstico pré-natal que pode ser feito por meio de diversos exames clínicos que analisam os cromossomos das células do feto entre a 14ª e a 18ª semanas de gestação. Exames que avaliam substâncias químicas no sangue materno, entre a 14ª e a 17ª semanas, também podem detectar a **SD** no feto. Cerca de 50% das crianças com essa síndrome nascem com problemas cardíacos, e algumas precisam ser operadas nos primeiros anos de vida.

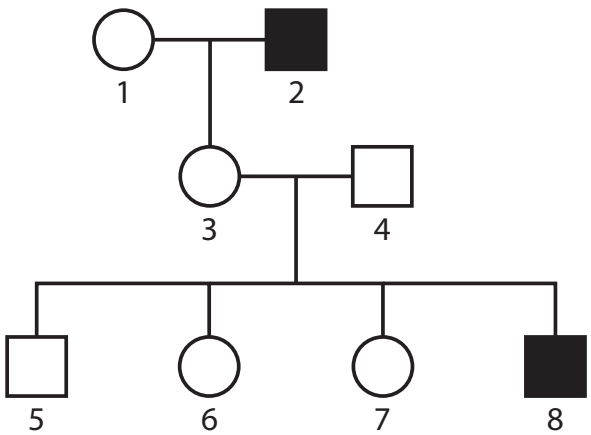
VOCÊ SABIA?

Os genes que só existem no cromossomo **Y** são chamados de genes holândricos (do grego *holos*, "completamente", e *andros*, "masculino"). Um desses genes é o que induz a diferenciação dos testículos, ainda no embrião, determinando, assim, o sexo masculino.

ATIVIDADE 4 Análise de um heredograma

O heredograma ao lado mostra três gerações de uma família. Nela, os indivíduos afetados por hemofilia, uma doença recessiva ligada ao cromossomo **X**, estão marcados em preto.

Após a análise do heredograma, determine os genótipos de cada indivíduo (quando possível).



© Daniel Beneventi

HORA DA CHECAGEM

Atividade 1 - Críticas à pangênese

Resposta pessoal. Um dos argumentos contrários à pangênese poderia ser: se o pai e a mãe produzissem sêmen com gêmulas de todas as partes do corpo, haveria nos descendentes duas cabeças, quatro pernas etc.

Atividade 2 - Cruzamento-teste

O cruzamento-teste consiste em cruzar a ervilha dominante lisa com uma ervilha recessiva rugosa, pois o nascimento de uma ervilha rugosa (pura, **rr**) na descendência significa que a ervilha lisa cruzada é necessariamente híbrida (heterozigota, **Rr**); caso contrário, não haveria como formar um indivíduo com os dois fatores **r** (cada um vindo de um dos pais). Se esse cruzamento originar apenas ervilhas lisas, isso significa que a ervilha lisa cruzada deveria ser pura (homozigota, **RR**), fornecendo sempre para seus descendentes o fator **R**, que, com o fator **r** proveniente da ervilha rugosa, formaria sempre indivíduos **Rr**, isto é, ervilhas lisas (híbridas).

Atividade 3 - Interpretando um experimento

As extremidades do corpo são áreas de intensa vascularização (há muitas veias periféricas, próximas à superfície), o que facilita a perda de calor que vem dos músculos e outros órgãos internos. Dessa forma, supõe-se que, como as cores mais escuras absorvem mais calor, as extremidades do corpo, locais em que há maior perda de calor (e, por isso, mais frios), são justamente as regiões que mais necessitam que o calor seja retido.

HORA DA CHECAGEM

Atividade 4 - Análise de um heredograma

Os genótipos são:

Indivíduo 1: $\mathbf{X^HX^h}$, mulher sem hemofilia, portadora de gene para hemofilia.

Indivíduo 2: $\mathbf{X^hY}$, homem hemofílico.

Indivíduo 3: $\mathbf{X^HX^h}$, mulher sem hemofilia, portadora de gene para hemofilia; ela recebeu o cromossomo normal da mãe (por isso, ela não é hemofílica) e o afetado do pai (o único cromossomo **X** que o pai poderia passar).

Indivíduo 4: $\mathbf{X^HY}$, homem sem hemofilia.

Indivíduo 5: $\mathbf{X^HY}$, homem sem hemofilia.

Indivíduo 6: $\mathbf{X^HX^?}$, mulher sem hemofilia; não é possível saber o genótipo ao certo.

Indivíduo 7: $\mathbf{X^HX^?}$, mulher sem hemofilia; não é possível saber o genótipo ao certo.

Indivíduo 8: $\mathbf{X^hY}$, homem hemofílico; recebeu o $\mathbf{X^h}$ da mãe portadora.



Registro de dúvidas e comentários

Neste tema, você conhecerá algumas características do ser humano que possuem base genética, como os grupos sanguíneos. Também estudará doenças decorrentes de mau funcionamento ou ausência de determinadas proteínas, como a fenilcetonúria, e outros aspectos relacionados com a manutenção da saúde ou restauração dela, como o caso dos transplantes. Por fim, vai saber por que o aconselhamento genético é importante em certos casos.

O QUE VOCÊ JÁ SABE?

O estudo das características hereditárias, ou seja, que passam de pais para filhos, permite estimar as características de um indivíduo, como seu tipo sanguíneo. Em sua opinião, em que essa informação pode ser importante para a vida das pessoas?

Você sabe qual é seu tipo sanguíneo? E o que significa ser O^+ (O positivo), por exemplo, em relação à transfusão sanguínea? Já ouviu falar em sangue doador universal e sangue receptor universal?

Há casos em que se pode excluir a paternidade de supostos pais comparando o tipo sanguíneo de pai, mãe e criança. Como isso é possível? Esse tipo de conclusão é sempre confiável? O que a genética tem a ver com toda essa situação?

Essas são algumas das perguntas que serão respondidas neste tema.

Grupos sanguíneos (ABO e Rh): transfusão e incompatibilidade

Como você viu no tema anterior, a hemofilia e o daltonismo estão relacionados aos cromossomos sexuais. No entanto, a grande maioria das características observadas nos organismos deve-se a genes localizados em cromossomos não sexuais, os autossomos. Alguns genes autossômicos estão associados à formação de determinadas características observadas no sangue.

O chamado sistema **ABO** de grupos sanguíneos abrange quatro grupos: **A**, **B**, **AB** e **O**. Nas transfusões de sangue, as incompatibilidades sanguíneas decorrem de uma reação entre os glóbulos vermelhos do sangue doador com os **anticorpos** existentes no plasma sanguíneo do receptor. Nas transfusões, o princípio é o mesmo. Quando o sangue do receptor

Anticorpo

Proteína produzida pelo organismo quando este reconhece a existência de algo estranho a ele, como bactérias e vírus. Um anticorpo é específico para determinado antígeno, isto é, ele só consegue combater aquele antígeno.

reconhece glóbulos vermelhos estranhos (**antígenos**) no sangue transfundido (do doador), os anticorpos existentes no sangue do receptor tentam neutralizar aqueles glóbulos vermelhos, que são considerados corpos estranhos no organismo, ocorrendo, então, a coagulação ou **aglutinação sanguínea**.

Glossário

Antígeno

Substância considerada estranha a um organismo, como microrganismos (um vírus ou uma bactéria, por exemplo), medicamentos e toxinas (substâncias que podem causar intoxicação ou envenenamento), que provoca uma resposta do organismo, ou seja, a produção de anticorpos.

Aglutinação sanguínea

Processo em que os componentes do sangue se juntam de tal forma que chegam a interromper a circulação sanguínea nos vasos, podendo entupir artérias ou veias.

No sistema ABO, há dois tipos de antígenos: o **aglutinogênio A** e o **aglutinogênio B**, proteínas presentes na superfície dos glóbulos vermelhos. Os anticorpos, presentes no plasma, que reagem a esses aglutinogênios são, respectivamente, a **aglutinina anti-A** e a **aglutinina anti-B**. Esses anticorpos são chamados de aglutininas e são anticorpos naturais, isto é, a pessoa que os possui nasce com eles, pois são determinados geneticamente, como você verá a seguir.

Observe, no quadro a seguir, os aglutinogênios e as aglutininas dos tipos sanguíneos do sistema ABO.

Sistema ABO e seus aglutinogênios e aglutininas		
Tipo sanguíneo	**Aglutinogênios (glóbulos vermelhos)**	**Aglutininas (plasma)**
A	A	Anti-B
B	B	Anti-A
AB	A e B	Nenhuma
O	Nenhum	Anti-A e anti-B

Com base nesses dados, é possível concluir quais são as transfusões possíveis entre os grupos sanguíneos do sistema ABO.

Primeiro, cada tipo sanguíneo pode receber sangue do mesmo tipo. Quem tem sangue tipo A, por exemplo, possui em seu plasma a aglutinina anti-B, o que inviabiliza receber qualquer hemácia que apresente em sua superfície o aglutinogênio B, pois haveria aglutinação do sangue. Assim, quem é tipo A não pode receber sangue tipo B, nem tipo AB. Quem tem sangue tipo B, por possuir aglutinina anti-A, não pode receber sangue tipo A, nem tipo AB.

Contudo, tanto o tipo A como o B podem receber sangue tipo O. Aliás, qualquer grupo sanguíneo pode receber sangue tipo O, porque este não possui aglutinogênios nos glóbulos vermelhos, não havendo a possibilidade, portanto, de aglutinação. Por isso, o sangue tipo O é considerado o **doador universal**.

No caso do sangue tipo AB, por não possuir aglutininas em seu plasma, ele pode receber qualquer hemácia de outros tipos sanguíneos, uma vez que nunca haverá aglutinação, motivo pelo qual é considerado **receptor universal**. No entanto, o tipo AB só pode ser doado para indivíduos também AB, pois seus aglutinogênios reagiriam com as aglutininas dos outros tipos sanguíneos; afinal, o tipo AB possui os dois aglutinogênios (A e B).

O quadro a seguir mostra as possibilidades de transfusão sanguínea entre pessoas, considerando o sistema ABO.

Sistema ABO e possibilidades de transfusão sanguínea		
Tipo sanguíneo da pessoa	**Pode receber de**	**Pode doar para**
A	A e O	A e AB
B	B e O	B e AB
AB	A, B, AB e O	AB
O	O	A, B, AB e O

A genética do sistema ABO

Os tipos sanguíneos do sistema ABO (A, B, AB e O) correspondem a quatro **fenótipos**. Essa característica é determinada por um único gene com três variacões: I^A, I^B e **i**. Assim, as possibilidades para a formação de pares de genes, ou genótipos, são: I^AI^A, I^Ai, I^BI^B, I^Bi, I^AI^B, **ii**.

A forma do gene I^A determina a existência do aglutinogênio A; a forma do gene I^B, a presença do aglutinogênio B; e a forma do gene **i**, a ausência de qualquer aglutinogênio.

- Quem possui o genótipo I^AI^A ou I^A**i** produz apenas o aglutinogênio A; portanto, é do tipo **A**.
- Quem possui o genótipo I^BI^B ou I^B**i** produz apenas o aglutinogênio B; portanto, é do tipo **B**.
- Quem possui o genótipo I^AI^B produz aglutinogênios A e B; portanto, é do tipo **AB**.
- Quem possui o genótipo **ii** não produz aglutinogênios; portanto, é do tipo **O**.

No quadro a seguir estão representados os tipos sanguíneos para o sistema ABO e seus possíveis genótipos.

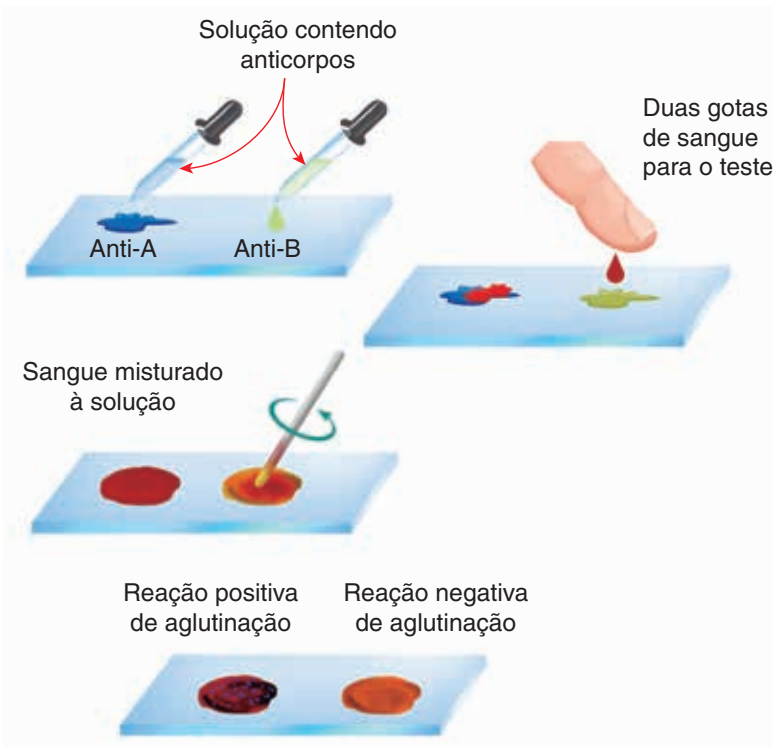
Genótipos do sistema ABO	
Tipo sanguíneo (fenótipo)	**Genótipos**
A	I^AI^A, I^Ai
B	I^BI^B, I^Bi
AB	I^AI^B
O	ii

Os genes I^A e I^B são dominantes e o gene **ii** é recessivo. E no genótipo I^AI^B? Qual é o gene dominante? Esse é um caso de **codominância**, em que as duas formas do gene para a produção dos aglutinogênios se manifestam ao mesmo tempo, produzindo tanto o aglutinogênio A como o B (tipo AB).

ATIVIDADE 1 Descobrindo o tipo sanguíneo

Para saber o tipo sanguíneo no sistema ABO, é necessário que em uma gota de sangue seja pingado o anticorpo aglutinina, que pode ser anti-A ou anti-B. Depois, mistura-se a gota de sangue ao anticorpo e verifica-se se ocorreu reação de aglutinação. Se ocorreu aglutinação (formação de pequenos grumos), por exemplo, com o anticorpo anti-A, pode-se chegar à conclusão de que naquela gota de sangue existe o aglutinogênio A; portanto, o sangue é do tipo A.

Veja o esquema ao lado, que resume esse procedimento.



Agora é sua vez de descobrir qual o tipo sanguíneo em cada uma das seguintes situações:

1 Na lâmina houve aglutinação apenas na gota de sangue misturada com anti-A.

2 Na lâmina houve aglutinação apenas na gota de sangue misturada com anti-B.

3 Na lâmina houve aglutinação na gota de sangue misturada com anti-A e também na gota de sangue misturada com anti-B.

4 Na lâmina não houve aglutinação em nenhuma das gotas de sangue misturadas com anticorpos.

O sistema Rh

Outro sistema de grupos sanguíneos muito utilizado é o sistema **Rh**. Nesse caso, há dois tipos de grupos sanguíneos: **Rh**$^+$ (Rh positivo) e **Rh**$^-$ (Rh negativo).

A genética do sistema Rh é relativamente simples. Trata-se de um par de genes, que podem ser **R** e **r**, sendo **R** dominante sobre **r**. Assim, as pessoas Rh$^+$, ou seja, que possuem uma proteína chamada de fator Rh em seus glóbulos vermelhos, podem ter os genótipos **RR** ou **Rr**, e as pessoas Rh$^-$ são **rr** e não possuem o fator **Rh**.

Em uma transfusão sanguínea, as pessoas Rh$^+$ podem receber sangue tipo Rh$^+$ e Rh$^-$. No entanto, quem é Rh$^-$ só pode receber sangue tipo Rh$^-$; se receber Rh$^+$, ocorrerá aglutinação de seus glóbulos vermelhos.

SISTEMA ABO/ RH NA POPULAÇÃO BRASILEIRA

Na população brasileira, a ocorrência aproximada dos tipos sanguíneos é muito parecida com a da população mundial e é de aproximadamente:

Grupo O$^+$	37%	**Grupo A$^-$**	6%
Grupo A$^+$	36%	**Grupo AB$^+$**	3%
Grupo B$^+$	9%	**Grupo B$^-$**	2%
Grupo O$^-$	7%	**Grupo AB$^-$**	1%

As exceções na população brasileira são as de alguns grupos étnicos, como os índios, que em geral são O$^+$.

Fonte: BANCO de Sangue Paulista. *Sangue, transfusão e doação*. Disponível em: <http://www.hemoterapiabsp.com.br/o_sangue.asp>. Acesso em: 29 set. 2014.

PARA SABER MAIS

Eritroblastose fetal

A eritroblastose fetal, também chamada de doença hemolítica do recém-nascido, ocorre quando uma mulher grávida Rh^- vai dar à luz uma criança Rh^+.

Durante a gestação, geralmente não há problemas para a mãe e a criança. No entanto, durante o parto, o sangue da mãe e da criança se encontram, por causa do rompimento da placenta. Esse encontro do sangue da criança Rh^+ com o da mãe Rh^- estimula a mãe a produzir anticorpos contra o sangue da criança.

Isso pode ser um problema durante uma segunda gestação de uma criança Rh^+, pois os anticorpos continuam a circular no sangue materno. Esses anticorpos atravessam a placenta, chegam à corrente sanguínea do feto e provocam a aglutinação e destruição das hemácias.

Com menos hemácias no sangue, o feto busca produzir mais para repor o déficit. Entretanto, como o processo de aglutinação das hemácias no feto continua, o organismo começa a lançar no sangue hemácias ainda imaturas, conhecidas por eritroblastos, por isso o nome, eritroblastose fetal. O termo doença hemolítica é outra designação da doença, dada em razão de que nela ocorre quebra (lise) das hemácias.

O prejuízo para a criança, ao nascer, costuma ser uma forte icterícia (pele amarelada em decorrência da presença da bilirrubina no sangue, um produto da destruição das hemoglobinas das hemácias), que é tratada com banhos de luz que transformam a bilirrubina superficial em produtos que podem ser eliminados pelos rins e fígado. Em casos mais severos, é necessária a troca do sangue da criança logo após o nascimento.

Uma forma de bloquear a produção dos anti-Rh depois da primeira gestação, evitando a sensibilização da mãe, é aplicar-lhe, após o parto, uma vacina anti-Rh. Isso fará que as eventuais hemácias da criança que entrem em contato com o sangue materno sejam logo aglutinadas e, dessa maneira, o sistema imunológico da mãe não terá tempo de reconhecê-las e fabricar os anticorpos anti-Rh.

ATIVIDADE 2 Contando uma história de detetive

Os grupos sanguíneos já foram (e ainda são, algumas vezes) muito utilizados para tentar solucionar casos de polícia, como assassinatos e identificação de paternidade.

Um caso famoso aconteceu com Charles Chaplin (1889--1977), o ator e comediante que imortalizou o personagem Carlitos. Em maio de 1943, sua namorada, Joan Barry, pediu a ele que assumisse a paternidade do filho que ia nascer.



From the archives of Roy Export Company Establishment

Carlitos, o personagem imortal de Charles Chaplin.

Foram feitos exames de sangue após o nascimento que comprovaram que Chaplin não era o pai, mas na época tais exames não eram validados e ele foi obrigado a pagar 75 dólares por semana até a criança completar 21 anos.

O sangue da criança era **B**; o da mãe, **A**; e o de Chaplin, **O**. Por ser tipo O, Chaplin nunca poderia ter fornecido o gene para o tipo B, já que o genótipo do tipo O é necessariamente **ii**. Como o genótipo da mãe poderia ser $\mathbf{I^AI^A}$ ou $\mathbf{I^Ai}$, o pai da criança, necessariamente, teria de ter o gene $\mathbf{I^B}$, podendo ser tipo B ($\mathbf{I^BI^B}$ ou $\mathbf{I^Bi}$) ou AB ($\mathbf{I^AI^B}$).

Agora é sua vez de construir uma história de detetive, usando os testes de grupos sanguíneos para desvendar o mistério. Para isso, imagine uma situação de questionamento de paternidade que envolva um casal e uma criança com tipos sanguíneos diferentes dos mostrados aqui. Pode até ser um caso de assassinato, mas deixe sua criatividade fluir. Amostras de sangue, por exemplo, no local do crime podem ser uma pista muito importante na solução de um assassinato.

Para poder escolher qual(is) cruzamento(s) utilizar em sua história, indique os filhos possíveis dos cruzamentos descritos a seguir. Considere todos os genótipos. Veja os exemplos:

Mãe **A** × Pai **A**

Mãe $\mathbf{I^AI^A}$ × Pai $\mathbf{I^AI^A}$

Gametas		Pai	
		I^A	I^A
Mãe	I^A	I^AI^A	I^AI^A
	I^A	I^AI^A	I^AI^A

Todos os filhos tipo **A** (100% $\mathbf{I^AI^A}$)

Mãe I^AI^A × Pai I^Ai (ou vice-versa, o resultado é o mesmo)

Gametas		Pai	
		I^A	i
Mãe	I^A	I^AI^A	I^Ai
	I^A	I^AI^A	I^Ai

Todos os filhos do tipo **A** (50% I^AI^A e 50% I^Ai)

Mãe I^Ai × Pai I^Ai

Gametas		Pai	
		I^A	i
Mãe	I^A	I^AI^A	I^Ai
	i	I^Ai	ii

75% dos filhos tipo **A** (25% I^AI^A e 50% I^Ai) e 25% dos filhos tipo **O** (**ii**)

Agora é sua vez:

a) Mãe **A** × Pai **B**

b) Mãe **A** × Pai **AB**

c) Mãe **A** × Pai **O**

d) Mãe **B** × Pai **O**

e) Mãe **AB** × Pai **AB**

f) Mãe **AB** × Pai **B**

g) Mãe **O** × Pai **B**

h) Mãe **O** × Pai **AB**

ATIVIDADE 3 Análise dos grupos sanguíneos de uma família

Em uma família, o pai é AB, Rh^+, a mãe é O, Rh^-. Esse casal teve três filhos: o primeiro é um menino A, Rh^+; o segundo é uma menina B, Rh^-; e o terceiro é outra menina, de tipagem sanguínea desconhecida.

1 Com base nesses dados, monte o heredograma dessa família, indicando os fenótipos de cada indivíduo.

2 Agora, responda:

a) Qual é o genótipo do pai?

b) Qual é o genótipo da mãe?

c) Qual é o genótipo do primeiro filho?

d) Qual é o genótipo do segundo filho?

e) Há chance de o terceiro filho ser do tipo O? Por quê?

f) Há chance de o terceiro filho ser do tipo AB? Por quê?

g) Há chance de o terceiro filho ser do tipo Rh^+? E Rh^-? Por quê?

MOMENTO CIDADANIA

Doar sangue, antes de qualquer coisa, é um ato de solidariedade. Uma série de campanhas é veiculada pela mídia para estimular a doação. Certamente, neste exato momento, alguém está precisando de sangue. Até seis pessoas podem receber o sangue e seus derivados de um doador.

Você já doou sangue? Conhece as condições necessárias para que uma pessoa possa ser doadora? Sabe como o sangue, após a doação, é preparado para poder ser ministrado em um paciente? Existe risco em doar sangue? Você já ouviu falar em doação de plaquetas? Será que é o mesmo que doar sangue?

Mesmo que você não possa doar sangue (por doença, razões religiosas ou outros motivos), é importante que haja reflexão sobre essas questões. Contudo, a questão mais fundamental é: Se você pode ser um doador, mas não o é, qual é o motivo que o impede?

O albinismo: um caso de herança mendeliana

Uma das características dos seres humanos e de outros animais que seguem os padrões de herança mendeliana, estudados anteriormente, é o **albinismo**.

O albinismo manifesta a ausência de pigmentação nos indivíduos. O pigmento ausente é a melanina, produzida no próprio organismo e responsável pela cor da pele, dos cabelos e dos olhos. A ausência de produção de melanina leva os indivíduos a ter uma pele muito clara, pelos e cabelos amarelados e olhos muito sensíveis à luz, por causa da falta de pigmento na íris.


© David Hosking/Alamy/Glow Images

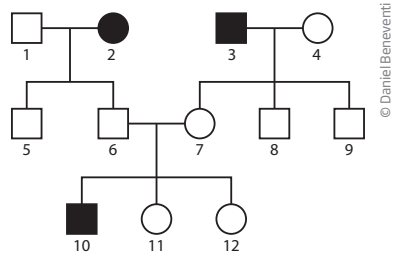
© Lajos Endrédi/123RF

© Friedrich Stark/Alamy/Latinstock

Indivíduos albinos mostram padrões claros de cor de pele e de pelos.

Há quatro formas conhecidas de albinismo. Na forma mais comum, chamada entre os cientistas de albinismo tirosinase-negativo, os indivíduos albinos possuem duas cópias recessivas do gene para a produção do pigmento melanina (**aa**), e indivíduos normais apresentam pelo menos um gene dominante para a produção de melanina (**AA** ou **Aa**).

O heredograma ao lado mostra o caso de uma família com três indivíduos albinos (afetados). Note que é possível nascer filhos albinos de casais normais. Como isso é possível? No caso, os indivíduos 6 e 7 necessariamente herdaram um gene **a** de seus pais e passaram para um de seus filhos; portanto, os indivíduos 6 e 7 são **Aa**.



© Daniel Beneventi

O albinismo e a expressão de genes

Os genes fornecem as informações para as características dos indivíduos, mas como são processadas essas informações? Os genes estão nos cromossomos, que se localizam no núcleo das células. Os cromossomos são principalmente constituídos do ácido nucleico conhecido como DNA (sigla em inglês de ácido desoxirribonucleico).

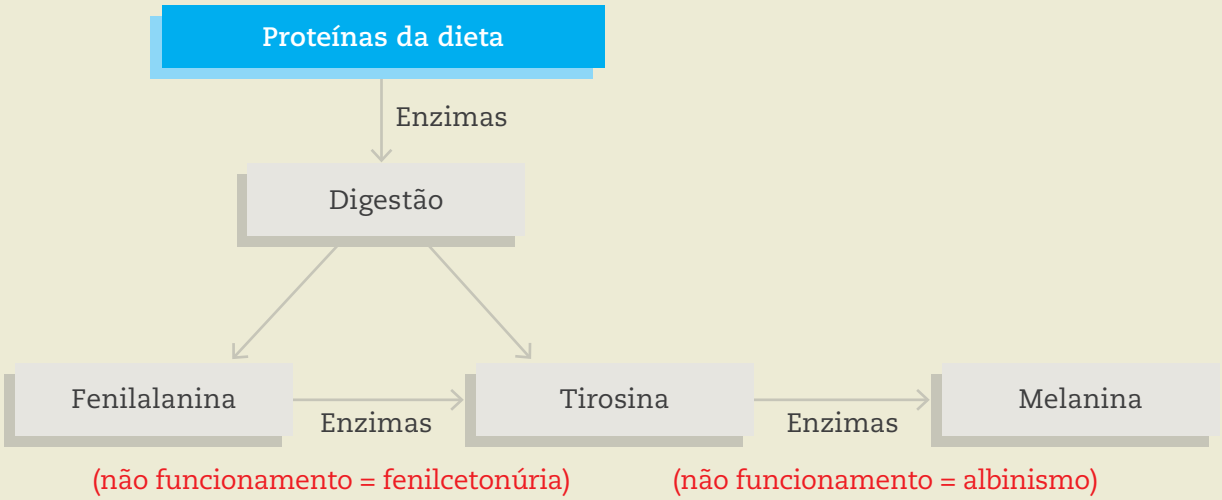
O DNA é considerado a molécula da vida, pois é nele que estão as informações genéticas, os genes. As informações contidas no DNA são traduzidas em proteínas nas células. As proteínas são substâncias responsáveis por diversas características do ser vivo, direta ou indiretamente. Você vai estudar todos esses processos na Unidade 4.

Um tipo de proteína formada nos seres vivos são as enzimas, substâncias responsáveis por muitas reações químicas que ocorrem nas células (metabolismo celular). As enzimas ajudam a transformar determinadas substâncias em outras.

Voltando ao caso dos albinos, a não produção de melanina é condicionada, geneticamente, por genes recessivos. Se o indivíduo tiver o genótipo **aa**, ele não produz melanina, ou seja, quem tem o genótipo **aa** não produz a enzima responsável pela transformação da tirosina em melanina. Essa é a forma pela qual o fenótipo albino se manifesta – pela não formação de uma enzima específica – e isso é condicionado geneticamente.

Outra doença, a fenilcetonúria, também é decorrente do mau funcionamento de uma enzima que faz parte da mesma via metabólica relacionada ao albinismo.

ALBINISMO E FENILCETONÚRIA



Os aminoácidos fenilalanina e tirosina são obtidos na alimentação. Quando a tirosina não é convertida em melanina pelo não funcionamento de uma enzima específica, ocorre o tipo de albinismo mais frequente.

A fenilalanina também é convertida em tirosina por meio de uma enzima. Quando esta não funciona, ocorre o excesso de fenilalanina no organismo, o que pode acarretar a fenilcetonúria. Essa doença causa danos às células do cérebro, com a possibilidade de haver retardamento mental e problemas na fala e nos movimentos. A fenilcetonúria pode ser controlada por meio de uma dieta especial com pouca fenilalanina, como frutas e legumes.

No Brasil e em outros países, é obrigatório um teste laboratorial para identificar se o recém-nascido tem fenilcetonúria, conhecido como "teste do pezinho". Além disso, alimentos ricos em fenilalanina, como os adoçantes artificiais à base de aspartame, devem apresentar no rótulo uma advertência para os fenilcetonúricos.

ATIVIDADE 4 Será ou não albino?

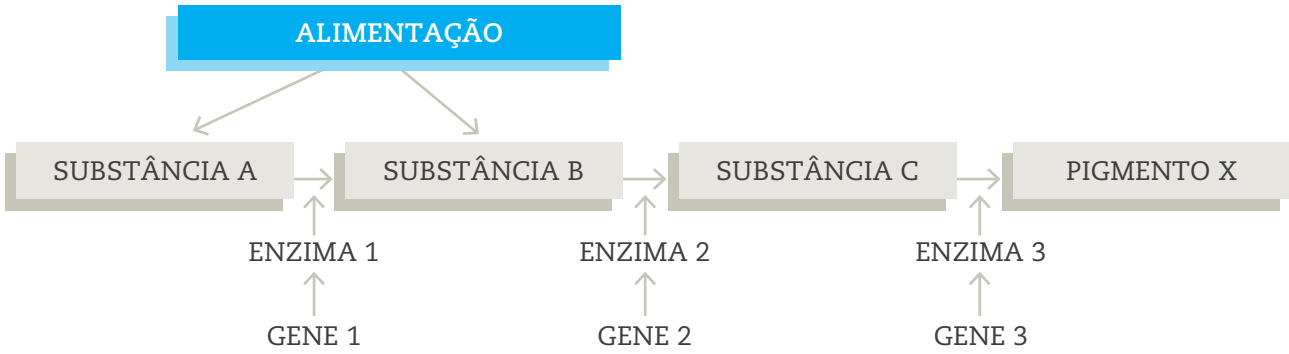
Analise a situação a seguir e responda às questões propostas.

Um pigmento **X** é formado depois que acontece uma cadeia de transformações:

- a substância **A** é transformada em substância **B** com a ação da enzima **1**, que é produzida pelo gene **1**.
- a substância **B** é transformada em substância **C** com a ação da enzima **2**, que é produzida pelo gene **2**.

• a substância **C** é transformada em pigmento **X** com a ação da enzima **3**, que é produzida pelo gene **3**.

Na ausência da formação do pigmento, o indivíduo é albino. As substâncias **A** e **B** podem ser obtidas na alimentação.



1 Se o gene **3** não produzir a enzima **3**, o indivíduo vai ser albino? Justifique.

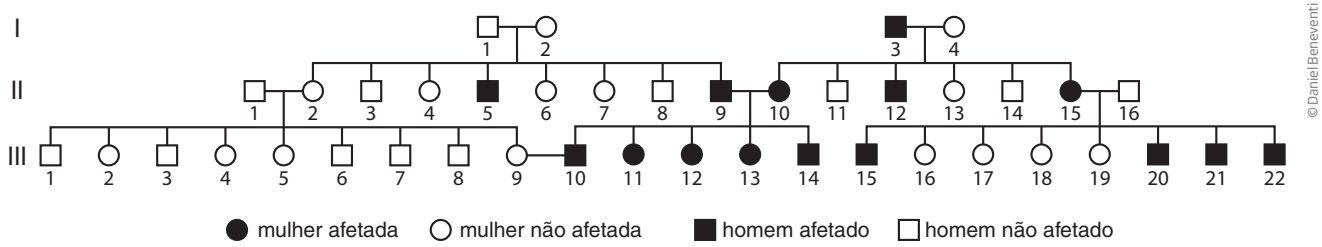
2 Se o gene **2** não produzir a enzima **2**, o indivíduo vai ser albino? Justifique.

3 Se o gene **1** não produzir a enzima **1**, o indivíduo vai ser albino? Justifique.

ATIVIDADE 5 Análise de um heredograma

O heredograma a seguir mostra três gerações de uma família. Os indivíduos afetados por determinada doença estão marcados em preto.

Analise-o e responda às questões.



© Daniel Beneventi

Heredograma de uma família que apresenta determinada doença, indicada pela cor preta.

1 Essa doença é condicionada por um gene dominante ou por um gene recessivo? Justifique.

2 Essa doença ocorre por causa de um gene autossômico ou de um gene do cromossomo X? Justifique.

3 Essa doença pode ser decorrente de um gene existente no cromossomo Y? Justifique.

4 Essa doença pode ser o daltonismo? Justifique.

5 Essa doença pode ser a hemofilia A? Justifique.

6 Quais mulheres não afetadas nessa família certamente são portadoras para a doença em questão? Justifique.

Transplantes

Os transplantes são cada vez mais comuns como procedimentos médicos. Trata-se de implantar um órgão, tecido ou parte deles de uma pessoa doadora em um paciente, o receptor.

Esses transplantes muitas vezes são feitos para tentar recuperar a função perdida por algum órgão ou tecido. São exemplos os transplantes de rim, de fígado, de coração, de medula óssea, entre outros.

Um dos grandes fatores que impedem o sucesso de um transplante é a possibilidade de rejeição do receptor ao órgão transplantado. Essa rejeição está muitas vezes ligada à incompatibilidade que pode ocorrer entre os tecidos do receptor e do doador. A maioria dos casos de rejeição a implantes advém do reconhecimento, por parte do sistema imunológico do paciente, de substâncias que existem na superfície das células do órgão transplantado. O sistema imunológico do paciente reconhece o órgão transplantado como um "inimigo" e tenta combatê-lo, daí a rejeição.

VOCÊ SABIA?

Existem doenças, chamadas de "autoimunes", em que o organismo começa a produzir anticorpos para combater os próprios tecidos, reconhecendo-os como "inimigos". Esse processo é semelhante ao que ocorre nos transplantes, quando um órgão ou tecido transplantado é reconhecido como inimigo, sendo, portanto, rejeitado e destruído.

Entre as doenças autoimunes mais conhecidas estão a doença celíaca (intolerância ao glúten), a esclerose múltipla (destruição de parte das células nervosas do cérebro e medula espinhal), o lúpus eritematoso sistêmico (inflamação da pele, das articulações, dos rins, do cérebro e de outros órgãos), a artrite reumatoide (inflamação das articulações) e a diabete tipo I (incapacidade de produzir insulina).

As doenças autoimunes em geral possuem tratamento de acordo com sua natureza, e seus sintomas podem até desaparecer. Não há formas de prevenção contra essas doenças e elas são causadas, em sua maioria, por predisposição genética.

Importância e acesso ao aconselhamento genético

Um casal que deseja ter filhos pode mapear certas doenças genéticas preexistentes em suas famílias, por meio do aconselhamento genético. Trata-se de uma consulta feita com especialistas, geralmente biólogos, médicos ou biomédicos, que analisam o heredograma do casal. Ao analisar estes esquemas, a equipe de especialistas consegue estimar a chance de o casal ter um filho com determinada doença.

Além dessa análise, os profissionais do aconselhamento genético fornecem informações sobre a doença, **diagnóstico**, **prognóstico**, tratamentos, possibilidade de testes genéticos para pacientes e familiares em risco, ou seja, tudo o que estiver ao alcance dos especialistas para orientar e apoiar as pessoas interessadas, a fim de permitir que elas tomem decisões relativas à concepção ou não dessa criança.

Glossário

Diagnóstico

É o resultado da análise clínica feita por um médico que descreve o quadro geral de uma doença em um paciente.

Prognóstico

É uma avaliação feita por um médico de como uma doença poderá evoluir naquele paciente.

ASSISTA!

Biologia – Volume 3

Aconselhamento genético

Ao tratar do campo da pesquisa médica que se dedica a calcular as probabilidades da transmissão e desenvolvimento de determinadas doenças genéticas, este vídeo permite que você organize alguns conceitos da Genética, tais como genes alelos, dominantes e recessivos, cromossomos homólogos, fenótipo e genótipo, além de fazer uma rápida revisão da estrutura da molécula de DNA.

O acesso ao aconselhamento genético no Brasil ainda está longe do ideal. Muitas famílias que possuem casos de doenças genéticas nem sequer sabem da existência desse serviço. O Sistema Único de Saúde (SUS) é o caminho de entrada para uma família que necessita de aconselhamento genético. No entanto, o serviço é oferecido em poucas unidades de saúde, faltam profissionais disponíveis e sua política de implantação no SUS ainda não está em pleno funcionamento.

FICA A DICA!

O Centro de Pesquisas sobre o Genoma Humano e Células-tronco é um dos centros que fornecem aconselhamento genético à comunidade. Ele se localiza na Cidade Universitária – Universidade de São Paulo (USP), em São Paulo (SP), e o *site* está disponível em: <http://genoma.ib.usp.br> (acesso em: 29 set. 2014).

DESAFIO

Em famílias constituídas a partir da união de primos em primeiro grau, é mais alta a ocorrência de distúrbios genéticos, em comparação com famílias formadas por casais que não têm consanguinidade.

a) A que se deve essa maior ocorrência de distúrbios genéticos em uniões consanguíneas?

b) A fenilcetonúria (FCU) é um distúrbio genético que se deve a uma mutação no gene que expressa a enzima responsável pelo metabolismo do aminoácido fenilalanina. Na ausência da enzima, a fenilalanina se acumula no organismo e pode afetar o desenvolvimento neurológico da criança. Esse distúrbio é facilmente detectado no recém-nascido pelo exame do pezinho. No caso de ser constatada a doença, a alimentação dessa criança deve ser controlada. Que tipos de alimento devem ser evitados: os ricos em carboidratos, lipídios ou proteínas? Justifique.

Unicamp 2010. Disponível em: <http://www.comvest.unicamp.br/vest2010/F1/f12010questoes.pdf>. Acesso em: 29 set. 2014.

HORA DA CHECAGEM

Atividade 1 - Descobrindo o tipo sanguíneo

1 Grupo sanguíneo A.

2 Grupo sanguíneo B.

3 Grupo sanguíneo AB.

4 Grupo sanguíneo O.

Atividade 2 - Contando uma história de detetive

a) Mãe I^AI^A × Pai I^BI^B – 100% I^AI^B (AB)

Mãe I^Ai × Pai I^BI^B – 50% I^AI^B (AB), 50% I^Bi (B)

Mãe I^AI^A × Pai I^Bi – 50% I^AI^B (AB), 50% I^Ai (A)

Mãe I^Ai × Pai I^Bi – 25% I^AI^B (AB), 25% I^Bi (B), 25% I^Ai (A), 25% **ii** (O)

b) Mãe I^AI^A × Pai I^AI^B – 50% I^AI^B (AB), 50% I^AI^A (A)

Mãe I^Ai × Pai I^AI^B – 25% I^AI^B (AB), 25% I^Bi (B), 25% I^Ai (A), 25% I^AI^A (A)

c) Mãe I^AI^A × Pai **ii** – 100% I^Ai (A)

Mãe I^Ai × Pai **ii** – 50% I^Ai (A), 50% **ii** (O)

d) Mãe I^BI^B × Pai **ii** – 100% I^Bi (B)

Mãe I^Bi × Pai **ii** – 50% I^Bi (B), 50% **ii** (O)

e) Mãe I^AI^B × Pai I^AI^B – 25% I^AI^A (A), 50% I^AI^B (AB), 25% I^BI^B (B)

f) Mãe I^AI^B × Pai I^BI^B – 50% I^BI^B (B), 50% I^AI^B (AB)

Mãe I^AI^B × Pai I^Bi – 25% I^Ai (A), 25% I^AI^B (AB), 25% I^BI^B (B), 25% I^Bi (B)

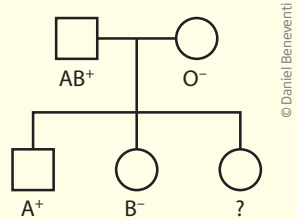
g) Mãe **ii** × Pai I^BI^B – 100% I^Bi (B)

Mãe **ii** × Pai I^Bi – 50% I^Bi (B), 50% **ii** (O)

h) Mãe **ii** × Pai I^AI^B – 50% I^Ai (A), 50% I^Bi (B)

Atividade 3 - Análise dos grupos sanguíneos de uma família

1



© Daniel Beneventi

2

a) I^AI^BRr

b) **iirr**

c) I^Ai**Rr**

d) I^Bi**rr**

e) Não, porque, para ser O, ele precisa receber os genes **i** tanto do pai como da mãe e, nesse caso, é impossível receber o gene **i** do pai.

f) Não, porque, para ser AB, o filho precisa ter o genótipo I^AI^B e, nesse caso, sua mãe não pode passar nenhum desses dois tipos de genes (I^A e I^B), pois ela só possui genes **i**.

g) Sim, os outros dois filhos já apresentam os dois fenótipos possíveis, já que o pai deve ter o genótipo **Rr** (**Rh**$^+$ com filho **Rh**$^-$) e a mãe, o genótipo **rr** (**Rh**$^-$).

Atividade 4 - Será ou não albino?

1 Sim, o indivíduo vai ser albino porque não ocorrerá transformação da substância **C** em pigmento **X**.

2 Sim, o indivíduo vai ser albino porque não ocorrerá transformação da substância **B** em **C**, não havendo, portanto, matéria-prima para a produção do pigmento **X**.

3 Não, o indivíduo não vai ser albino porque apesar de a substância **A** não ser transformada em substância **B**, esta pode ser obtida na alimentação, então o pigmento **X** poderá ser fabricado, desde que os outros genes estejam ativos.

Atividade 5 - Análise de um heredograma

1 A doença é condicionada por um gene recessivo, porque todos os indivíduos não afetados têm pelo menos um pai não afetado e existem filhos afetados de pais não afetados. Quando os pais são afetados (II.9 e II.10) só geram indivíduos também afetados.

2 A doença ocorre por causa de um gene existente no cromossomo X. Na segunda geração, o cruzamento entre II.15 e II.16 produz oito filhos, porém todos os homens são afetados e nenhuma mulher é afetada, o que raramente aconteceria caso os genes estivessem em cromossomos autossômicos (seria de se esperar que metade dos homens e das mulheres fossem não afetados e a outra metade afetados). Além disso, a mãe II.15 é afetada; portanto, todos os seus filhos homens também o são, já que eles herdam da mãe o cromossomo X (no caso, com o gene recessivo).

3 A doença não pode ser decorrente de um gene existente no cromossomo Y. Se a doença fosse de um gene holândrico, todos os filhos homens de pais afetados também teriam a doença. Além disso, apenas homens seriam afetados.

4 A doença pode ser o daltonismo, pois se trata de uma herança ligada ao cromossomo X e não há uma frequência de incidência muito diferente da doença de acordo com o sexo – é comum tanto mulheres como homens serem daltônicos.

5 A doença não pode ser a hemofilia A, pois, apesar de ser uma doença ligada ao cromossomo X, como é o caso da hemofilia A, é extremamente raro encontrar mulheres hemofílicas, tanto por probabilidade como pela possibilidade de vários partos, como é o caso das mães II.10 e II.15, dada a dificuldade de conter hemorragias em pessoas hemofílicas.

6 As mulheres não afetadas portadoras para o gene da doença são: I.2 e I.4, por terem filhos com a doença (herdaram o cromossomo X delas); II.13, por seu pai ser afetado (ela herdou o cromossomo X do pai); III.16, III.17, III.18 e III.19 por sua mãe ser afetada (herdaram dela o cromossomo X). As mulheres II.4, II.6 e II.7 também podem ser portadoras, mas não é possível ter certeza.

Desafio

a) Como os cônjuges apresentam um ancestral comum, seu patrimônio genético é mais semelhante entre si do que entre cônjuges não aparentados. Assim, sempre entre primos de primeiro grau a chance de ocorrência de um gene deletério (que prejudica a saúde) e recessivo em dose dupla (provindo, portanto, de cada um dos primos) nos descendentes é elevada.

b) Como a fenilalanina é um aminoácido e seu acúmulo no organismo leva à fenilcetonúria, as substâncias constituídas por aminoácidos é que devem ser evitadas – no caso, as proteínas ricas em fenilalanina, presentes em carne, ovos e leite.



Registro de dúvidas e comentários

DNA: LINGUAGEM DA VIDA E BIOTECNOLOGIA

TEMAS

1. O DNA em ação: estrutura e função
2. Biotecnologia

Introdução

O objetivo desta Unidade é conhecer um pouco da história da descoberta da estrutura do DNA e como essa molécula se relaciona com as informações genéticas. Você também vai estudar o que as novas tecnologias decorrentes da manipulação da molécula de DNA têm permitido à humanidade nos dias de hoje.

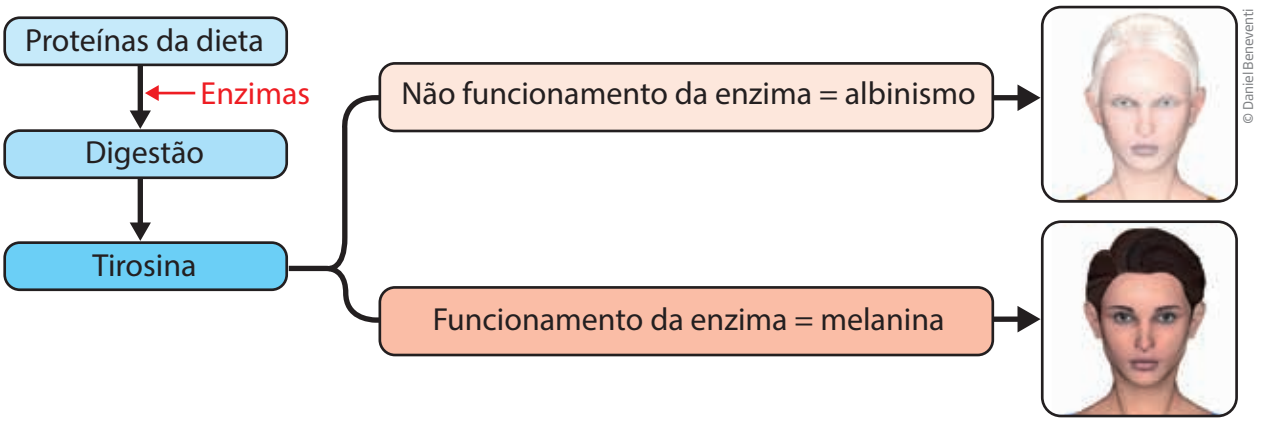
O DNA em ação: estrutura e função — TEMA 1

Neste tema, você conhecerá a estrutura química do DNA e o modelo que foi criado para compreender a capacidade duplicadora dessa molécula, explicando os processos de tradução e transcrição das informações contidas no DNA até resultarem nas proteínas.

O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Como você estudou na Unidade anterior, as características hereditárias estão nos cromossomos, com seus genes, e passam de pais para filhos. Mas como as informações que estão nos genes (o genótipo) podem ser traduzidas em características expressas pelo organismo (o fenótipo)? Qual é a natureza química dos genes?

O esquema da página a seguir resume o que você viu a respeito do albinismo, resultado da ausência de uma enzima que consegue converter uma molécula (tirosina) em outra (melanina), por causa de um gene recessivo. Observe-o com atenção.



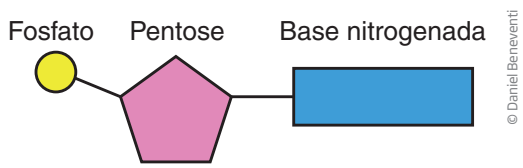
Como a informação desse gene recessivo (em dose dupla) pode levar à ausência dessa proteína no indivíduo? São muitas as questões, e você talvez já tenha alguma ideia das respostas, então pode conferi-las nos textos deste tema.

Estrutura química do DNA

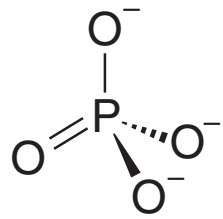
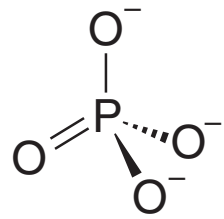
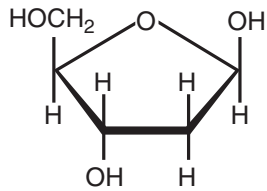
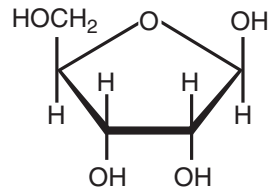
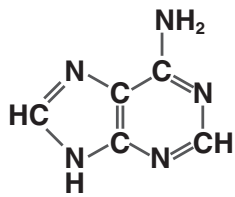
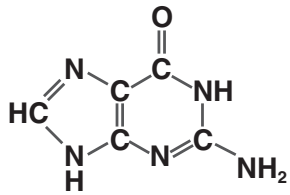
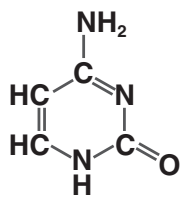
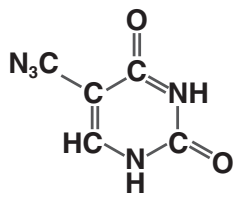
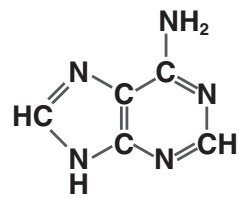
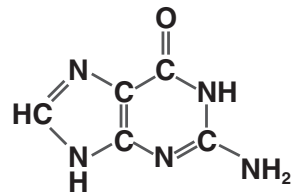
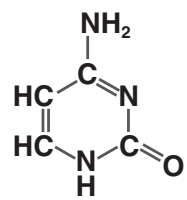
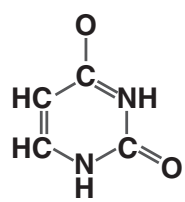
Em 1920, já se sabia que o ácido nucleico é formado por açúcar, ácido fosfórico e bases nitrogenadas (certos compostos ricos em nitrogênio). Nessa época, foram descobertos dois tipos de ácido nucleico, diferenciados pelo tipo de açúcar presente em sua estrutura. O ácido nucleico com o açúcar desoxirribose foi chamado de ácido desoxirribonucleico (**ADN**, ou em inglês **DNA**, sigla de *deoxyribonucleic acid*). Já o ácido nucleico com o açúcar ribose recebeu o nome de ácido ribonucleico (**ARN**, ou em inglês **RNA**, sigla de *ribonucleic acid*).

Outra diferença entre o DNA e o RNA está relacionada com a constituição de suas bases nitrogenadas: o DNA possui as bases adenina (**A**), citosina (**C**), guanina (**G**) e timina (**T**), e, no RNA, a base timina é substituída pela uracila (**U**), conforme mostra o quadro a seguir.

Tanto no RNA como no DNA, cada molécula de açúcar está ligada a uma molécula de fosfato e a uma base nitrogenada, formando o **nucleotídeo**, que é a unidade básica dos ácidos nucleicos.

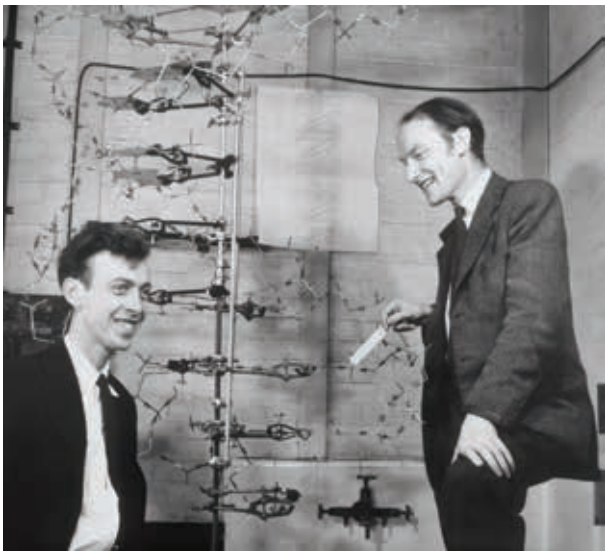


Representação de um nucleotídeo.

Composição química dos ácidos nucleicos DNA e RNA		
	DNA	RNA
Ácido fosfórico (fosfato)		
Açúcar com cinco carbonos (pentose)	Desoxirribose 	Ribose 
Bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina, uracila e timina)	 Adenina (A)  Guanina (G)  Citosina (C)  Timina (T)	 Adenina (A)  Guanina (G)  Citosina (C)  Uracila (U)

Ilustrações: © Daniel Beneventi

Depois dessas descobertas, buscou-se uma explicação de como seria a estrutura da molécula de DNA, como ela organizaria seus nucleotídeos. Estiveram envolvidos nessa busca vários pesquisadores, como o bioquímico austríaco Erwin Chargaff (1905-2002) e os biofísicos Rosalind Franklin (1920-1958), inglesa, e seu professor, Maurice Wilkins (1916-2004), neozelandês.



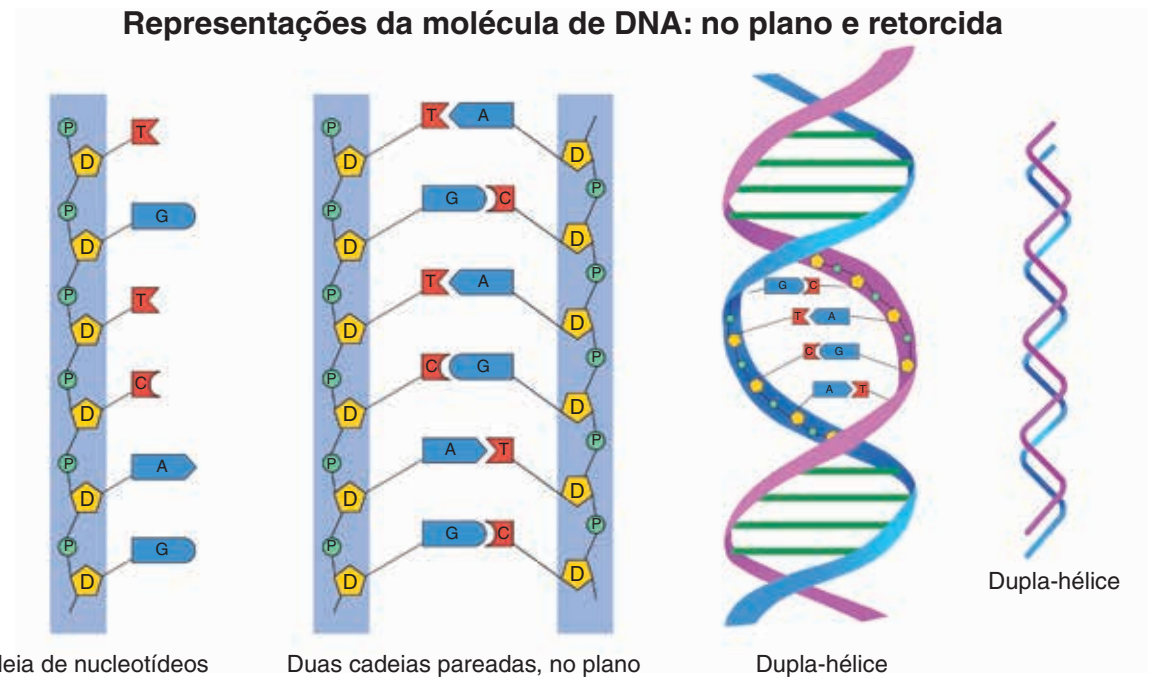
© A. Barrington Brown/SPL/Latinstock

Watson e Crick diante de seu modelo de dupla-hélice para o DNA.

Apenas em 1953 o modelo definitivo para a estruturação do DNA foi proposto pelo biólogo estadunidense James Watson (1928-) e pelo físico inglês Francis Crick (1916-2004): o **modelo de dupla-hélice** para a molécula de DNA. Esse modelo foi amplamente aceito por se ajustar perfeitamente aos dados que se conheciam na época a respeito do DNA.

A molécula de DNA, segundo Watson e Crick, é constituída por duas cadeias (fitas) de nucleotídeos ligados entre si por pontes de hidrogênio (um tipo de ligação química). As pontes de hidrogênio acontecem entre pares específicos de bases: a adenina se liga sempre à timina, e a citosina, à guanina. Como o DNA tem formato helicoidal (que lembra uma hélice), Watson e Crick propuseram o nome de modelo de dupla-hélice.

Representações da molécula de DNA: no plano e retorcida



© Vagner Coelho

Modelo de dupla-hélice para a molécula de DNA.

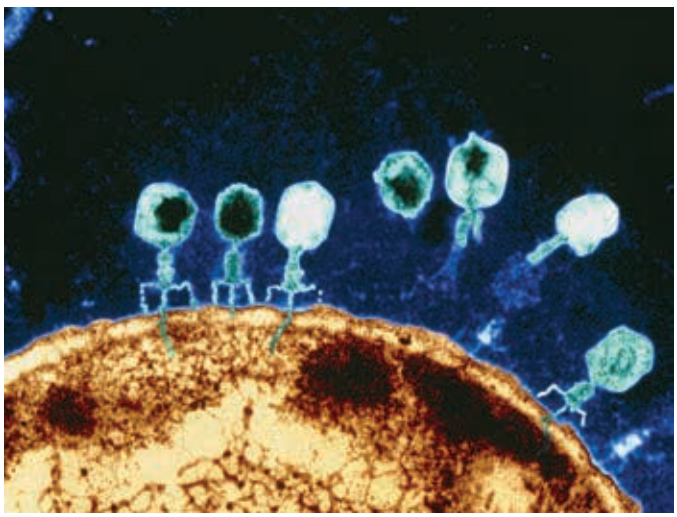
ATIVIDADE 1 A contribuição dos bacteriófagos

Os vírus bacteriófagos parasitam bactérias. Durante esse parasitismo, eles aderem à parede da bactéria e, nela, injetam o seu DNA. A cápsula de proteína de que são formados fica presa na parte externa da parede celular da bactéria. Ao final do processo, novos vírus saem prontos de dentro da bactéria, que, rompida, morre.

Em 1952, os cientistas estadunidenses Alfred Hershey (1908-1997) e Martha Chase (1927-2003), usando vírus bacteriófagos T_2, conseguiram confirmar qual é o material responsável pela reprodução de novos vírus.

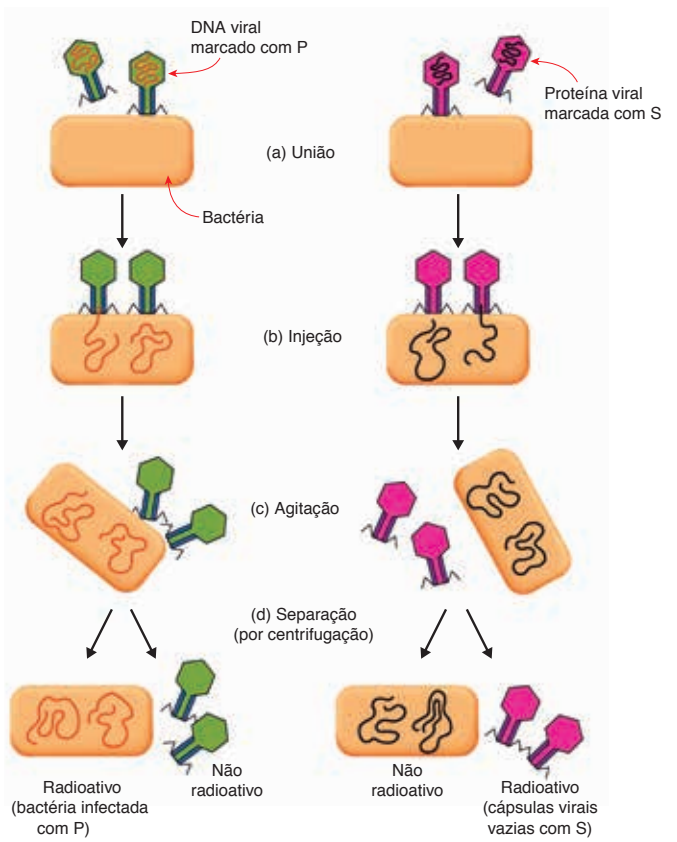
Até então, ainda persistiam dúvidas se o material hereditário era a proteína ou o DNA. Em um experimento engenhoso, esses dois cientistas conseguiram "marcar" as moléculas de DNA do interior de um grupo de vírus com fósforo radioativo e as moléculas de proteína da cápsula de outro grupo de bacteriófagos com enxofre radioativo. O fósforo e o enxofre precisam ser radioativos para ficarem visíveis quando expostos à luz ultravioleta.

Agora, analise a figura ao lado e explique, com base nas informações presentes no texto, quais foram as conclusões apontadas pelos cientistas a respeito do material responsável (DNA ou cápsula de proteína) pela produção de novos vírus.



© Eye of Science/SPL/Latinstock

Bacteriófagos atacando bactéria. Fotografia feita em microscópio eletrônico de transmissão, colorida artificialmente.



© Vagner Coelho

ATIVIDADE 2 Quem é meu par?

Um pesquisador determinou a sequência de bases de uma das fitas de uma molécula de DNA:

ATTTATACGATCGGCATGCAAGGGCTACTAG

Nessa representação, as letras correspondem às bases nitrogenadas (A – adenina, T – timina, C – citosina e G – guanina) e a linha (sublinhado), à lateral da fita, composta pelo açúcar e pelo fosfato.

1 Determine, com base no modelo de dupla-hélice, qual será a sequência de bases correspondentes a essa fita de DNA.

2 Quantos nucleotídeos diferentes é possível encontrar em uma molécula de DNA? E em uma molécula de RNA? Justifique suas respostas.

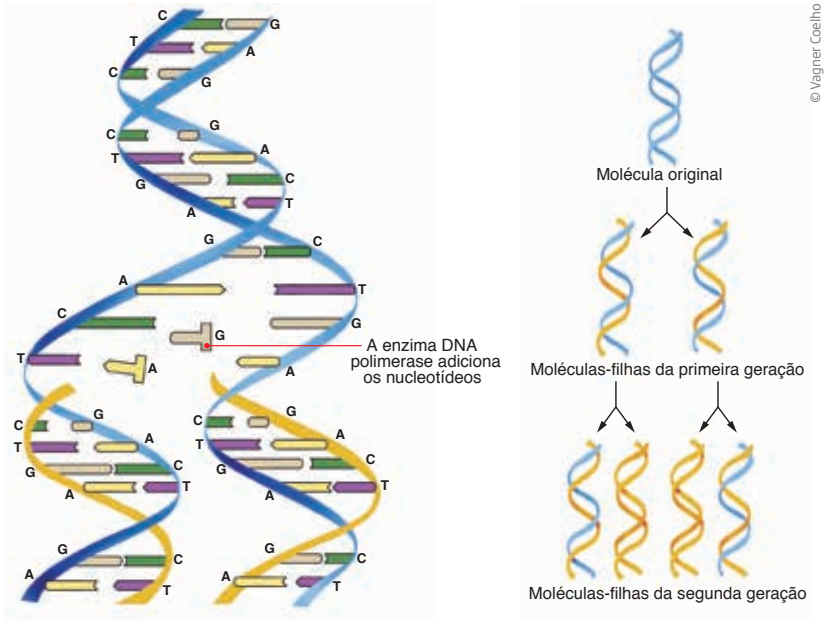
ATIVIDADE 3 Complemente-me

Um pesquisador investigando a molécula de DNA de uma célula de certa espécie encontrou 20% das bases nitrogenadas compostas por guanina. Quais são as porcentagens das bases nitrogenadas adenina, timina e citosina nessa molécula de DNA? Explique seu raciocínio.

Modelo de duplicação do DNA

A elegância e a engenhosidade do modelo de Watson e Crick são incontestáveis. O modelo explica como ocorre a transmissão das características hereditárias de célula para célula por meio da capacidade de duplicação da molécula de DNA. Ele mostra, também, a existência de um conjunto de instruções que informa como e qual proteína será produzida, conforme você verá adiante; indica, ainda, como parte da variabilidade existente entre as espécies é consequência de mutações.

A duplicação do DNA se dá pelo desemparelhamento das cadeias de nucleotídeos (fitas) decorrente da ruptura das pontes de hidrogênio que as mantinham unidas. Esse rompimento permite que as duas fitas de DNA que compõem a molécula de dupla-hélice fiquem com suas bases nitrogenadas livres para ligação com nucleotídeos que estão soltos dentro da célula por meio de uma enzima, a DNA polimerase. A união desses nucleotídeos à fita-molde (cada uma das fitas iniciais) segue a regra de emparelhamento (A-T; C-G), de modo que as novas duplas-fitas que vão sendo formadas retenham uma das fitas iniciais, motivo pelo qual essa duplicação é chamada de **semiconservativa**.



Esquema da duplicação semiconservativa da molécula do DNA.

O código genético e a síntese de proteínas

A questão, agora, é: Com base nas informações contidas no DNA, como se manifestam as características observadas nos seres vivos?

Uma série de hipóteses foi construída desde meados do século XX até hoje para tentar responder a essa questão. Várias evidências foram recolhidas até chegar ao que será apresentado a seguir, de forma resumida.

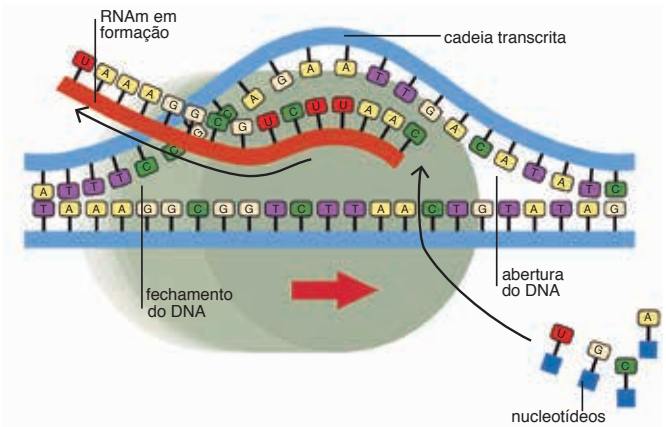
A sequência de informações (sequência de nucleotídeos) contida em um trecho de uma fita de DNA correspondente a um gene é **transcrita** para uma fita de **RNA mensageiro** (**RNAm**), nome dado justamente pelo fato de essa molécula carregar as informações transcritas do DNA. Isso quer dizer que a fita de DNA é "lida" e usada como um molde para construir uma nova fita, agora de RNAm. Essa fita de RNAm é complementar ao gene, ou seja, o trecho transcrito da molécula de DNA.

Esse processo, chamado de pareamento, ocorre no núcleo de células eucarióticas e no citoplasma de organismos procarióticos. A molécula de DNA vai sendo

aberta, permitindo que os nucleotídeos de RNA que estão soltos no núcleo se encaixem a uma dessas fitas de DNA.

Esse encaixe, no entanto, não é aleatório, e sim específico.

- Quando existir uma base nitrogenada timina no DNA, a base correspondente no RNA será a adenina.
- Quando existir citosina no DNA, a base correspondente no RNA será a guanina.
- Quando existir guanina no DNA, a base correspondente no RNA será a citosina.



© Vagner Coelho

Representação da síntese de uma molécula de RNAm (transcrição) a partir de uma molécula de DNA.

- Quando existir adenina no DNA, a base correspondente no RNA será a uracila. Lembre-se de que o RNA não contém timina; em seu lugar encontra-se uracila.

O quadro a seguir compara moléculas de DNA e de RNA quanto a algumas características e quanto à relação entre as bases nitrogenadas, nas diferentes situações de pareamento, com o objetivo de visualizar melhor essas situações.

	DNA	RNA
Açúcar com cinco carbonos (pentose)	Desoxirribose	Ribose
Estrutura	Duas cadeias	Uma cadeia
Bases nitrogenadas	Adenina (A), timina (T), citosina (C) e guanina (G)	Adenina (A), uracila (U), citosina (C) e guanina (G)
Pareamento DNA/DNA (autoduplicação)	A-T; C-G	–
Pareamento DNA/RNA (transcrição)	–	A-U; T-A; C-G
Pareamento RNA/RNA (tradução)	–	A-U; U-A; C-G
Função	Contém a informação genética	Síntese de proteína

Essa fita de RNAm recém-transcrita do DNA vai para o citoplasma (no caso dos seres eucarióticos, pois nos procarióticos já estará no citoplasma), e lá outra organela, o **ribossomo**, vai fazer o próximo processo: a **tradução** da informação trazida pelo RNAm em uma proteína.

Os ribossomos encaixam-se na fita de RNAm e vão percorrendo-a, fazendo a identificação das bases nitrogenadas da fita. O ribossomo faz essa leitura a cada trinca de bases nitrogenadas do RNAm. Essa trinca de bases nitrogenadas do RNAm é chamada de **códon**. Nesse momento,

entra em ação outra molécula de RNA, o **RNA transportador** (**RNAt**), que tem esse nome justamente por transportar os **aminoácidos**, isto é, as unidades da proteína.

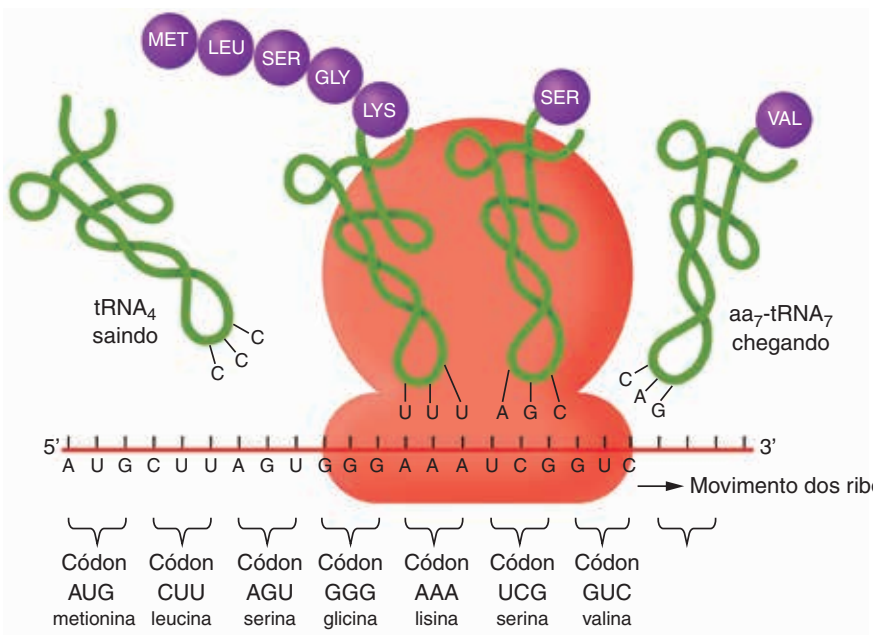
Um RNAt vai se encaixar a uma trinca do RNAm com a ajuda do ribossomo. Esse encaixe é único, pois, para acontecer, as trincas do RNAm e do RNAt que vão se encaixar precisam ser complementares (por exemplo: se a trinca do RNAm for AAA, a do RNAt será UUU). As trincas do RNAt são chamadas de **anticódon**. Além disso, cada trinca do RNAm vai corresponder a um aminoácido específico, que será trazido pelo RNAt. É a isso que se dá o nome de **código genético**. Por exemplo, se existir a trinca UUU no RNAm, o RNAt que consegue se encaixar será sempre o que transporta o aminoácido fenilalanina. Observe a tabela ao lado.

© Daniel Beneventi

Primeira letra	Segunda letra: U	Segunda letra: C	Segunda letra: A	Segunda letra: G	Terceira letra
U	UUU, UUC: Fenilalanina UUA, UUG: Leucina	UCU, UCC, UCA, UCG: Serina	UAU, UAC: Tirosina UAA, UAG: Código de parada (*stop codon*)	UGU, UGC: Cisteína UGA: Código de parada (**) UGG: Triptofano	U C A G
C	CUU, CUC, CUA, CUG: Leucina	CCU, CCC, CCA, CCG: Prolina	CAU, CAC: Histidina CAA, CAG: Glutamina	CGU, CGC, CGA, CGG: Arginina	U C A G
A	AUU, AUC, AUA: Isoleucina AUG: Metionina (iniciação)	ACU, ACC, ACA, ACG: Treonina	AAU, AAC: Asparagina AAA, AAG: Lisina	AGU, AGC: Serina AGA, AGG: Arginina	U C A G
G	GUU, GUC, GUA, GUG: Valina	GCU, GCC, GCA, GCG: Alanina	GAU, GAC: Ácido arpártico GAA, GAG: Ácido glutâmico	GGU, GGC, GGA, GGG: Glicina	U C A G

Tabela do código genético. As trincas representadas são as que aparecem no RNAm.

À medida que o ribossomo vai passando pelo RNAm, os RNAt correspondentes vão se encaixando no ribossomo e, depois que o ribossomo caminhar mais uma trinca no RNAm, esses RNAt vão se soltando, e os aminoácidos vão se unindo, formando uma cadeia de aminoácidos, ou seja, uma **proteína**.



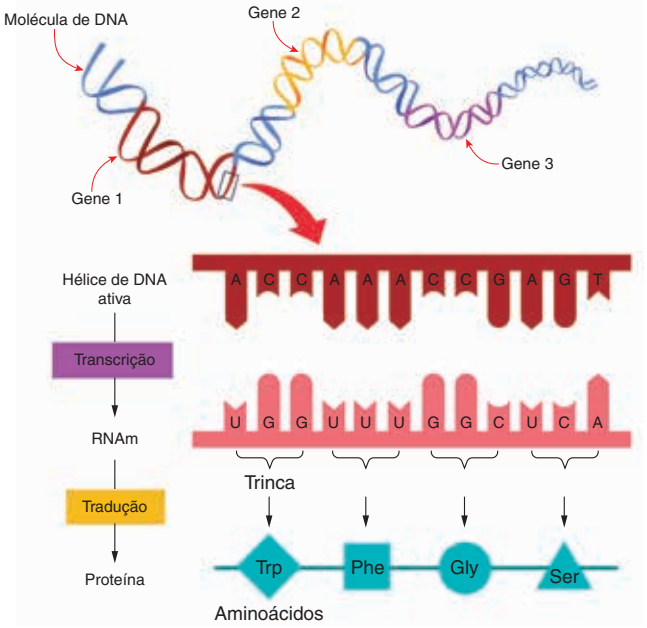
© Vagner Coelho

Representação da síntese de uma proteína em seu início.

Resumindo, pode-se dizer que, a partir do DNA, com suas informações genéticas, ocorre uma transcrição dessas informações no RNAm e, a partir deste, ocorre, com a ação do ribossomo e do RNAt, a tradução do código genético (trincas de nucleotídeos) em proteínas formadas da união dos aminoácidos correspondentes a esse código.

Foi assim que se decifrou a chave da hereditariedade para todos os seres vivos, já que, posteriormente, foi constatado que esse código era universal.

Correspondência entre as unidades do DNA e do RNA e os aminoácidos da proteína que está sendo sintetizada



© Vagner Coelho

Representação da síntese de uma proteína indicando os processos de transcrição e tradução.

ATIVIDADE 4 Receita da vida

O título desta Unidade é: *DNA: linguagem da vida e Biotecnologia*. Depois de tudo o que você estudou, como você explicaria o uso da expressão *DNA: linguagem da vida*?

DESAFIO

1

Nos dias de hoje, podemos dizer que praticamente todos os seres humanos já ouviram em algum momento falar sobre o DNA e seu papel na hereditariedade da maioria dos organismos. Porém, foi apenas em 1952, um ano antes da descrição do modelo do DNA em dupla-hélice por Watson e Crick, que foi confirmado sem sombra de dúvidas que o DNA é material genético. No artigo em que Watson e Crick descreveram a molécula de DNA, eles sugeriram um modelo de como essa molécula deveria se replicar. Em 1958, Meselson e Stahl realizaram experimentos utilizando isótopos pesados de nitrogênio que foram incorporados às bases nitrogenadas para avaliar como se daria a replicação da molécula. A partir dos resultados, confirmaram o modelo sugerido por Watson e Crick, que tinha como premissa básica o rompimento das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. Introdução à genética. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

Considerando a estrutura da molécula de DNA e a posição das pontes de hidrogênio na mesma, os experimentos realizados por Meselson e Stahl a respeito da replicação dessa molécula levaram à conclusão de que

a) a replicação do DNA é conservativa, isto é, a fita dupla filha é recém-sintetizada e o filamento parental é conservado.
b) a replicação de DNA é dispersiva, isto é, as fitas filhas contêm DNA recém-sintetizado e parentais em cada uma das fitas.
c) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita parental e uma recém-sintetizada.
d) a replicação do DNA é conservativa, isto é, as fitas filhas consistem de moléculas de DNA parental.
e) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita molde e uma codificadora.

Enem 2011. Prova azul. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2011/01_AZUL_GAB.pdf>. Acesso em: 30 set. 2014./ GRIFFITHS, A. J. F. et al. Introdução à genética, publicado em língua portuguesa por Editora Guanabara Koogan, Copyright © 2002, reproduzido com permissão da Editora.

2 Define-se genoma como o conjunto de todo o material genético de uma espécie, que, na maioria dos casos, são as moléculas de DNA. Durante muito tempo, especulou-se sobre a possível relação entre o tamanho do genoma – medido pelo número de pares de bases (pb) –, o número de proteínas produzidas e a complexidade do organismo. As primeiras respostas começam a aparecer e já deixam claro que essa relação não existe, como mostra a tabela abaixo.

espécie	nome comum	tamanho estimado do genoma (pb)	n.º de proteínas descritas
Oryza sativa	arroz	5.000.000.000	224.181
Mus musculus	camundongo	3.454.200.000	249.081
Homo sapiens	homem	3.400.000.000	459.114
Rattus norvegicus	rato	2.900.000.000	109.077
Drosophila melanogaster	mosca-da-fruta	180.000.000	86.255

Internet: www.cbs.dtu.dk e <www.ncbi.nlm.nih.gov>.

De acordo com as informações acima,

a) o conjunto de genes de um organismo define o seu DNA.
b) a produção de proteínas não está vinculada à molécula de DNA.
c) o tamanho do genoma não é diretamente proporcional ao número de proteínas produzidas pelo organismo.
d) quanto mais complexo o organismo, maior o tamanho de seu genoma.
e) genomas com mais de um bilhão de pares de bases são encontrados apenas nos seres vertebrados.

Enem 2008. Prova amarela. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2008/2008_amarela.pdf>. Acesso em: 30 set. 2014.

3 A identificação da estrutura do DNA foi fundamental para compreender seu papel na continuidade da vida. Na década de 1950, um estudo pioneiro determinou a proporção das bases nitrogenadas que compõem moléculas de DNA de várias espécies.

Exemplos de materiais analisados	BASES NITROGENADAS			
	ADENINA	GUANINA	CITOSINA	TIMINA
Espermatozoide humano	30,7%	19,3%	18,8%	31,2%
Fígado humano	30,4%	19,5%	19,9%	30,2%
Medula óssea de rato	28,6%	21,4%	21,5%	28,5%
Espermatozoide de ouriço-do-mar	32,8%	17,7%	18,4%	32,1%
Plântulas de trigo	27,9%	21,8%	22,7%	27,6%
Bactéria *E. coli*	26,1%	24,8%	23,9%	25,1%

A comparação das proporções permitiu concluir que ocorre emparelhamento entre as bases nitrogenadas e que elas formam

a) pares de mesmo tipo em todas as espécies, evidenciando a universalidade da estrutura do DNA.
b) pares diferentes de acordo com a espécie considerada, o que garante a diversidade da vida.
c) pares diferentes em diferentes células de uma espécie, como resultado da diferenciação celular.
d) pares específicos apenas nos gametas, pois essas células são responsáveis pela perpetuação das espécies.
e) pares específicos somente nas bactérias, pois esses organismos são formados por uma única célula.

Enem 2004. Prova amarela. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2004/2004_amarela.pdf>. Acesso em: 30 set. 2014.

HORA DA CHECAGEM

Atividade 1 - A contribuição dos bacteriófagos

Os cientistas puderam verificar que o material injetado pelo vírus na bactéria – o DNA – foi o responsável pela produção de novos vírus, que saíram prontos do interior da bactéria (com seu DNA e sua cápsula proteica). A cápsula de proteína permaneceu fora da bactéria; portanto, não participou do processo de produção de novos vírus.

Atividade 2 - Quem é meu par?

1 A fita complementar será: TAAATATGCTAGCCGTACGTTCCCGATGATC.

2 Tanto na molécula de DNA como na de RNA, é possível encontrar quatro nucleotídeos diferentes. Isso porque os nucleotídeos de DNA sempre têm um fosfato e um açúcar (a desoxirribose) junto a uma base nitrogenada, que pode ser de quatro tipos diferentes (adenina, timina, guanina e citosina). O mesmo se aplica ao RNA, em que o fosfato se liga a um açúcar (a ribose), e este, a uma base nitrogenada entre as quatro possíveis (adenina, uracila, guanina e citosina).

Atividade 3 - Complemente-me

Se uma molécula de DNA possui 20% de guanina, então também deve ter 20% de citosina, pois essa é sua base complementar. Sobram então 60% (100% – 20% – 20%) de bases nitrogenadas de adenina e timina. Como estas também são complementares, então se espera que cada uma tenha 30% (metade de 60%). Portanto, essa molécula de DNA tem 20% de guanina, 20% de citosina, 30% de adenina e 30% de timina.

Atividade 4 - Receita da vida

Resposta pessoal. É possível que você tenha pensado que a expressão *DNA: linguagem da vida* foi usada para evidenciar que a molécula de DNA é a base para a existência da vida em nosso planeta, já que atualmente todos os organismos vivos possuem essa molécula como responsável pela transmissão de características de pais para filhos. Além disso, ela é responsável por fornecer as informações necessárias para a construção das proteínas que vão definir, influenciadas pelo ambiente, uma série de características dos seres vivos, por isso a ideia de "linguagem".

Desafio

1 Alternativa correta: **c**. O processo de replicação do DNA é semiconservativo. Isso quer dizer que, para cada nova molécula formada, uma das fitas é parental (oriunda da molécula-mãe) e a outra é recém-sintetizada com base no molde da fita parental.

2 Alternativa correta: **c**. Não há proporcionalidade entre o tamanho estimado do genoma de cada uma das espécies e a respectiva tradução em proteínas, como se vê na disparidade entre as espécies *Oryza sativa* (arroz) e *Homo sapiens* (homem).

3 Alternativa correta: **b**. A análise quantitativa da tabela mostra que, mesmo observando diferentes espécies, adenina e timina sempre contêm quantidades semelhantes, o mesmo ocorrendo para citosina e guanina, indicando, assim, o emparelhamento entre bases informado no enunciado. Isso ocorre em razão da universalidade da estrutura do DNA.



Registro de dúvidas e comentários

Neste tema, você vai conhecer uma série de técnicas de manipulação do material genético dos seres vivos, desenvolvidas por uma área chamada de Engenharia genética. Essas técnicas são utilizadas pelas indústrias e empresas do ramo da Biotecnologia. As tecnologias associadas à Biotecnologia são diversas e lidam, por exemplo, com a transformação de indivíduos, introduzindo neles genes de outras espécies, e até mesmo com a manipulação de células-tronco, que podem se transformar em outros tipos de célula.

O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Imagine as seguintes manchetes de um jornal fictício:

Sexta-feira, 25 de julho de 2014 **BIONEWS**

Diabéticos já compram insulina em farmácias

Soja transgênica produz insulina e hormônios de crescimento humano

Proteína anticoagulante do sangue humano é produzida por cabra transgênica

Porcos transgênicos são clonados com sucesso

Vasos sanguíneos e células do coração são regenerados a partir de células-tronco

Análise de DNA mostra que tifo era a praga de Atenas no século V a.C.

Você conseguiu entender o que todas essas manchetes querem dizer? É possível que tenha tido problema com alguns termos técnicos, que ainda não foram discutidos. Mas você percebeu que elas falam de acontecimentos relacionados com a Genética e a saúde?

Essas manchetes possuem algo em comum: todas têm a ver com a Biotecnologia ou com a Engenharia genética. Algumas já são realidades há algum tempo, como é o caso da que fala da compra de insulina em farmácias por diabéticos. Outras, porém, estão prestes a fazer parte do dia a dia dos seres humanos.

Se essas manchetes aparecessem em jornais de 1950, por exemplo, as pessoas, além de não entenderem a maioria dos termos técnicos, provavelmente achariam que se tratava de pura ficção científica.

A Biotecnologia faz parte de seu dia a dia muito mais do que você imagina e fará mais parte ainda no futuro. Você verá aqui que ela pode trazer grandes benefícios, bem como provocar problemas ambientais ou mesmo segregar cada vez mais os países pobres dos ricos em relação ao acesso a essas novas tecnologias.

O que é Biotecnologia?

A Convenção sobre Diversidade Biológica das Nações Unidas, em 1992, definiu que Biotecnologia é

> [...] qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica.
>
> BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Convenção sobre Diversidade Biológica,* p. 9. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/cdbport_72.pdf>. Acesso em: 30 set. 2014.

Pode-se dizer que os cientistas que fazem uso da Biotecnologia em seus laboratórios modificam partes dos seres vivos para que estes possam produzir algo que seja útil à sociedade. Dessa modificação são criadas novas substâncias, formas de produção e até mesmo novas espécies.

Quais são as técnicas que a Biotecnologia utiliza?

As tecnologias que usam o material genético dos seres vivos como matéria-prima estão resumidas a seguir.

Aplicações da Biotecnologia

Identificação de pessoas pelo DNA (teste de DNA)

Uma descoberta feita no início da década de 1970 permitiu uma verdadeira revolução nas técnicas de Biotecnologia. Trata-se das enzimas de restrição, que nada mais são que moléculas existentes em certas bactérias que têm a capacidade de cortar o DNA em pontos específicos. Dessa forma, as bactérias podem se proteger da invasão de alguns vírus, "picotando" seu DNA.

Os cientistas viram nas enzimas de restrição uma ferramenta importante, pois foi possível cortar qualquer DNA em pontos conhecidos e comparar os fragmentos formados em termos de tamanho.

Se dois organismos forem exatamente iguais em seu DNA, no caso de gêmeos idênticos, por exemplo, todos os fragmentos formados com o uso de enzimas de restrição devem ter tamanhos idênticos entre os dois indivíduos. Assim, pode-se comparar o tamanho dos fragmentos de determinada sequência de DNA entre indivíduos diferentes. Isso tem sido usado em casos de determinação de paternidade, de identificação de vítimas em acidentes, de suspeitos, por meio de vestígios deixados no local do crime, tais como sangue, fios de cabelo, sêmen etc.

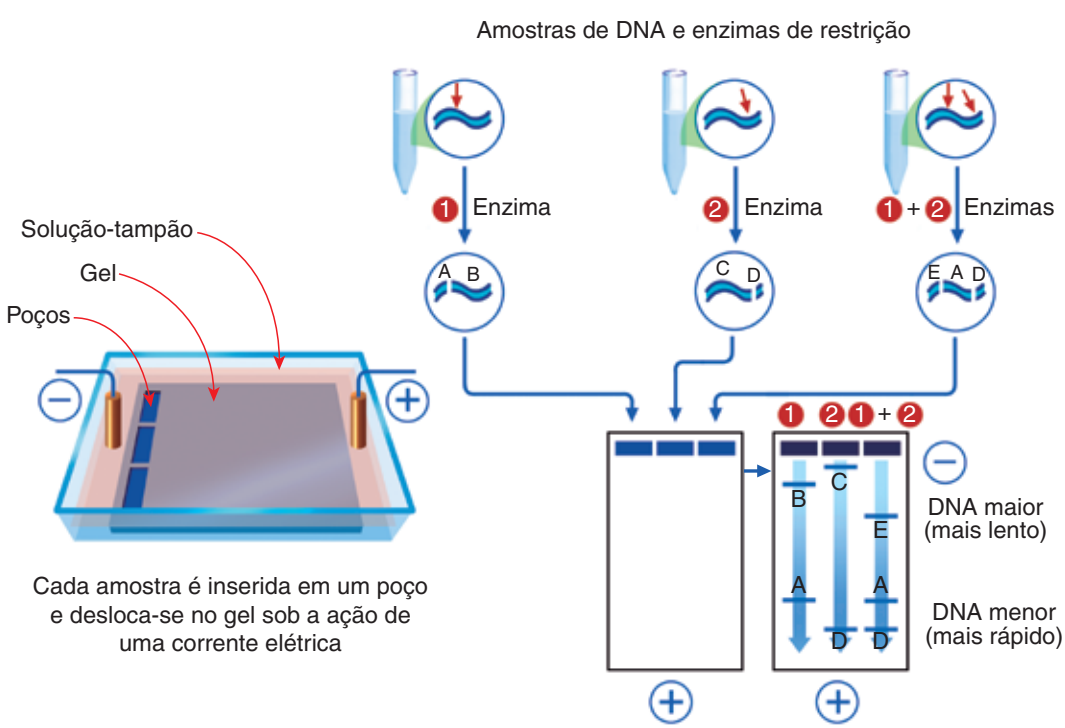
Na figura da página seguinte, está representada a técnica para a obtenção de dados em amostras de DNA. O gel (um tipo de material gelatinoso) é colocado em uma bandeja de acrílico e uma espécie de pente realiza furos nele, formando "poços", onde são colocadas as amostras de DNA, lado a lado, uma em cada poço. Essas amostras são tratadas com enzimas de restrição, que vão cortar a fita do DNA em locais específicos e formar fragmentos.

Na bandeja, o gel é banhado por uma **solução-tampão**, que permitirá submetê-lo a uma corrente elétrica, possibilitando, assim, o deslocamento dos fragmentos de DNA, já que estes possuem carga elétrica negativa e migrarão para o polo oposto com carga elétrica positiva. Como os fragmentos têm tamanhos diferentes, os maiores migram mais lentamente do que os menores. Esse processo é conhecido como **eletroforese**. Depois de um tempo, a corrente é desligada e é feita uma coloração específica no gel para mostrar as "bandas", que nada mais são que os fragmentos de DNA de diferentes tamanhos.

Solução-tampão

Líquido que ajuda a manter as condições da solução constantes, como o valor de pH.

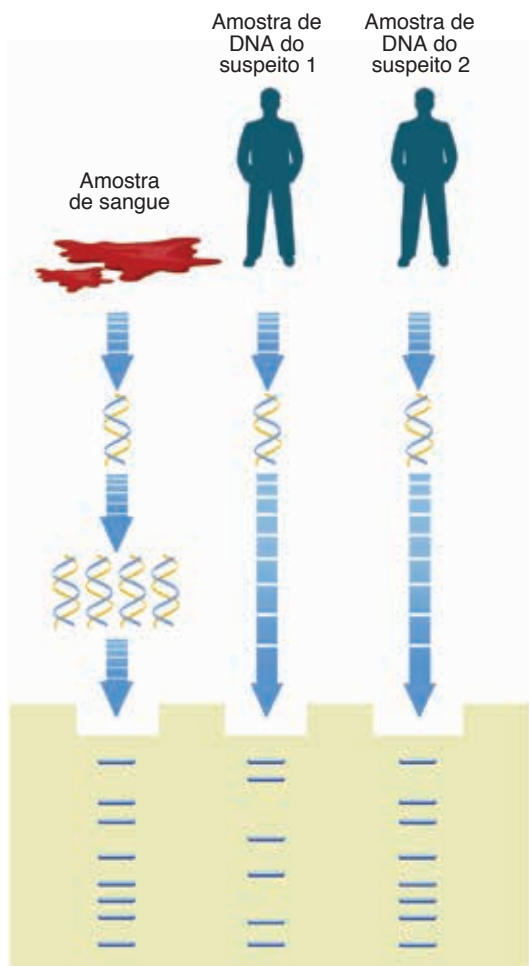
Na ilustração, as amostras foram tratadas com as enzimas de restrição 1 e 2, primeiro separadamente e depois juntas. Os padrões resultantes são uma espécie de identidade genética daquele indivíduo.



Representação das etapas de um teste de DNA.

Para exemplificar um teste de DNA, imagine que um criminoso deixou vestígios de seu sangue na cena do crime. Inicialmente, coletam-se as amostras de sangue encontradas no local do crime e, também, as dos suspeitos. Depois, o DNA dessas amostras é isolado e dele são feitas cópias (amplificação), caso a quantidade de DNA seja insuficiente para a análise. Em seguida, as amostras de DNA são tratadas com enzimas de restrição e, posteriormente, submetidas à eletroforese. As bandas formadas são, então, comparadas.

No caso da figura ao lado, o suspeito 2 possui o mesmo padrão eletroforético (de bandas) da amostra de sangue da cena do crime e, portanto, é apontado como o criminoso.



Representação do resultado de eletroforese de um caso de dois suspeitos de um crime.

Vale lembrar que, em caso de gêmeos idênticos (univitelinos), os padrões eletroforéticos serão idênticos. Contudo, essa é uma exceção, pois as sequências de DNA são únicas para cada indivíduo, e isso é o que justifica usar a eletroforese para obter uma evidência.

PENSE SOBRE...

Os organismos geneticamente modificados (OGMs) são quase sempre apresentados de maneira bem maniqueísta, isto é, ou são "do bem" ou são "do mal". No entanto, esse modo de analisar uma questão pode levar a erros de interpretação.

Para os diabéticos, por exemplo, que agora podem receber insulina humana obtida de bactérias geneticamente modificadas, esses OGMs são muito importantes, a ponto de lhes garantir melhor qualidade de vida e maior longevidade.

Entretanto, em casos como o da soja transgênica, que possui genes capazes de fazer a planta resistir a certos herbicidas (venenos que matam ervas consideradas prejudiciais ao cultivo da soja), as opiniões são divididas.

Ambientalistas apontam para o fato de que o cultivo da soja transgênica só aumenta a quantidade de agrotóxicos (no caso, herbicidas) que são despejados no ambiente, pois algumas ervas são resistentes às aplicações, exigindo doses extras para eliminá-las. O uso exagerado dessas substâncias causa prejuízos ao solo e danos à saúde dos seres vivos que entram em contato com elas, inclusive os seres humanos.

Os agricultores, por sua vez, veem a soja transgênica aumentar a produtividade de sua lavoura, podendo diminuir custos.

De que lado você ficaria? Só com essas informações você se sente capaz de se posicionar? Não seria necessário também desvendar um pouco mais os interesses que existem por trás dos grupos envolvidos na questão, principalmente os econômicos? Pense sobre isso e se informe mais para se posicionar.

Tecnologias de Engenharia genética e DNA recombinante

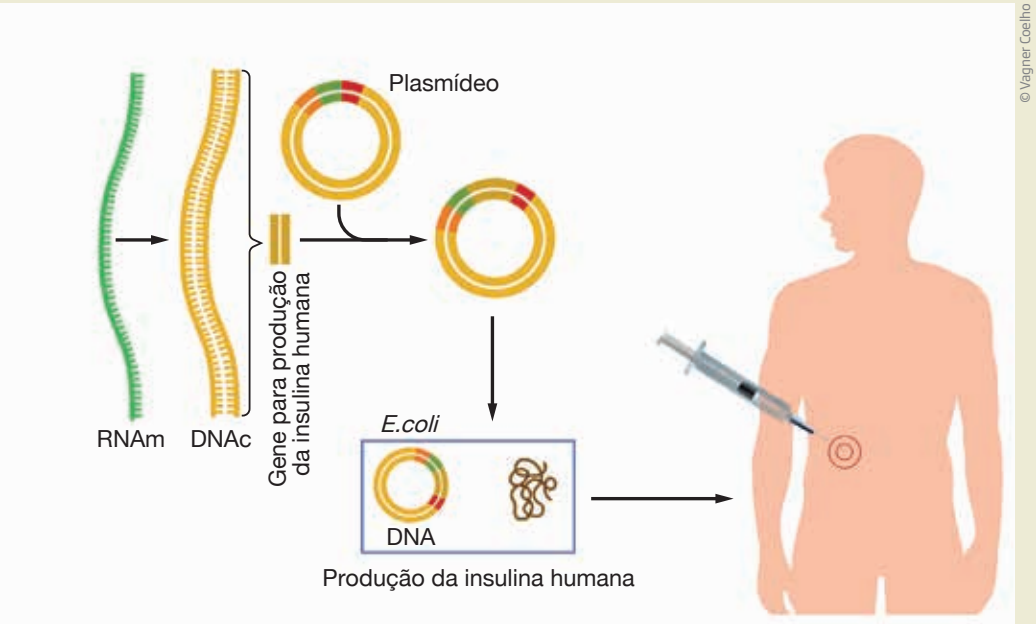
Essas tecnologias promovem mudanças no patrimônio genético de um ser vivo. Um exemplo é a inclusão de um gene humano em uma bactéria para que esta fabrique o que é determinado pelo gene. Com isso, a bactéria pode produzir em escala industrial um produto que seja de interesse para os seres humanos, como a insulina (veja o quadro *Organismos transgênicos*) e o hormônio de crescimento humano, que, em algumas pessoas, por falhas genéticas, acabam não sendo produzidos em quantidades adequadas.

ORGANISMOS TRANSGÊNICOS

Organismo transgênico ou **organismo geneticamente modificado** (**OGM**) é aquele que tem seu material genético alterado em laboratório, introduzindo-se nele um ou mais genes de outro organismo. Um dos primeiros exemplos de organismo transgênico é a bactéria *Escherichia coli*, que foi geneticamente transformada para produzir insulina humana.

Observe a figura a seguir. Inicialmente, isola-se o RNAm responsável pela produção da insulina humana e, a partir dele, depois de um tratamento com certas enzimas, é sintetizada a molécula de DNA correspondente (DNAc). Essa molécula de DNA é inserida na molécula de DNA circular existente na bactéria, conhecida como plasmídeo, e a bactéria passa a conter o gene que sintetiza a insulina humana.

Então, estimula-se a bactéria a se replicar diversas vezes e, no meio de cultura onde vive, é produzida a insulina humana, que é separada por processos bioquímicos e utilizada na produção de medicamentos usados por diabéticos.



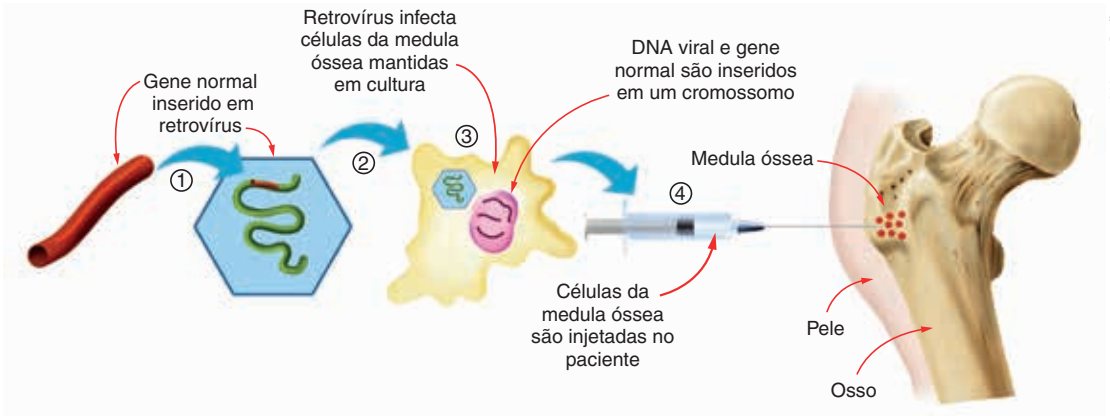
© Vagner Coelho

Representação da produção do hormônio insulina humana em uma bactéria.

Terapia gênica

É um método no qual se insere material genético em uma célula para modificar seu genoma com a finalidade de "curar" um defeito genético.

Um exemplo dessa terapia é o tratamento da fibrose cística, uma doença genética fatal que ataca órgãos como pulmões, pâncreas, fígado e intestino ainda na fase da infância. O grande desafio está em como fazer que o gene sem defeito substitua o gene defeituoso dentro da célula. Alguns vírus (vetores) estão sendo usados para realizar esse transporte, mas ainda não há notícias de um vetor eficiente que tenha eliminado a doença totalmente.



© Vagner Coelho

Estratégia da terapia gênica *in vivo* em células da medula óssea.

Métodos de cultura de células e tecidos

Permitem, por exemplo, guardar partes de plantas e animais úteis ao ser humano para que sejam recuperadas caso alguma variedade desapareça por alguma catástrofe.


© Sinclair Stammers/SPL/Latinstock

Cultura de tecidos vegetais realizada em laboratório em condições controladas para evitar contaminação.

A cultura de tecidos também é utilizada para acompanhar o crescimento, por exemplo, de células com suspeita de serem cancerosas. A análise do crescimento dessas células em meio de cultura possibilita a determinação de sua natureza cancerosa ou não. Outro exemplo acontece na cultura de células sanguíneas (glóbulos brancos) de um paciente para análise de seus cromossomos. Durante a divisão dessas células no meio de cultura é possível verificar se o indivíduo é portador de alguma síndrome, por exemplo pela presença de um cromossomo a mais, como é o caso da síndrome de Down (trissomia do 21).

Técnicas avançadas de separação e isolamento de produtos naturais

Muitas espécies de animais e vegetais apresentam substâncias que podem ser utilizadas em diferentes ramos da indústria. Para que essas substâncias sejam extraídas, são empregadas técnicas de separação e isolamento. Um exemplo desta técnica é a extração de produtos de interesse médico de animais marinhos, como duas substâncias de uma esponja jamaicana que compõem o AZT, medicamento usado no combate à aids.


© Sven Zea/The Sponge Guide

Esponja *Tectitethya crypta,* da qual se extraem duas substâncias que compõem a droga AZT.

Técnicas de fertilização *in vitro*, transferência de embrião e clonagem

A pecuária brasileira tem se modificado muito com essas técnicas. Hoje é possível, por exemplo, retirar de vacas abatidas ovócitos (células que dão origem ao óvulo) e fertilizá-los *in vitro* (fecundação fora do organismo materno, em condições de laboratório). Em seguida, os embriões formados, em seu estágio inicial, são bipartidos, dobrando a produção de embriões (clones). Estes, então, são implantados em vacas receptoras e nelas se desenvolvem.

É possível obter até 36 bezerros de uma mesma vaca doadora por ano, três vezes mais que com as técnicas de fertilização tradicionais.



© John Mclean/SPL/Latinstock

Sêmen e embriões podem ser armazenados em camburões de nitrogênio líquido (–173 °C).

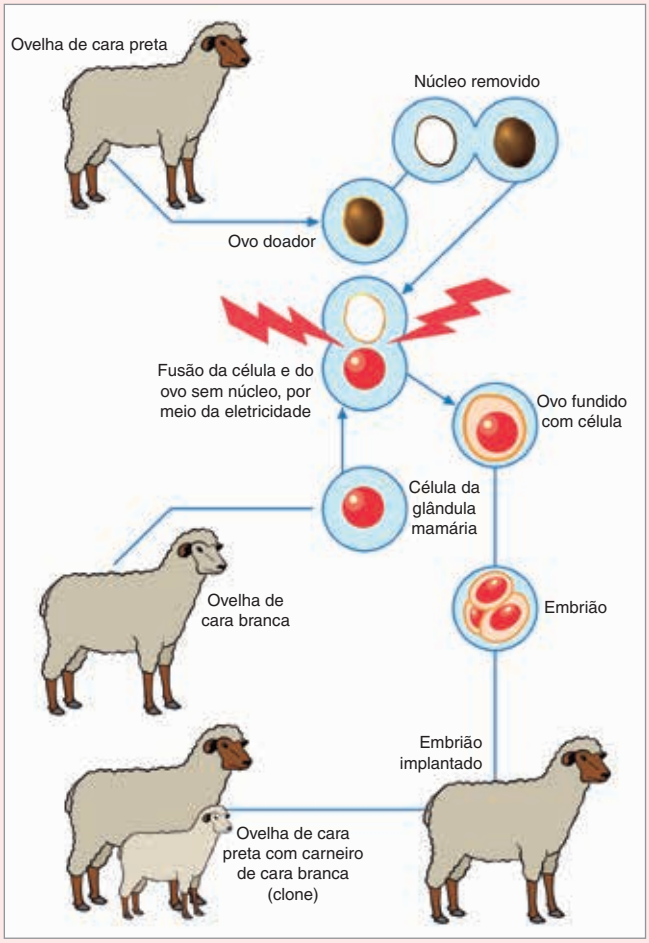
VOCÊ SABIA?

A clonagem induzida, feita normalmente em laboratório, é uma técnica por meio da qual se consegue, a partir de uma célula do corpo de uma planta ou animal, produzir novas cópias idênticas desse organismo.

Na natureza, existe a clonagem natural em seres unicelulares, como bactérias, protozoários, algumas algas e alguns fungos, bem como em animais e plantas. O nascimento de gêmeos univitelinos em mamíferos, por exemplo, é uma forma de clonagem natural. Nos vegetais, há casos em que partes de determinados tubérculos podem originar novas plantas idênticas à original, portanto clones.

O caso mais célebre de clonagem induzida até hoje foi o da ovelha Dolly, o primeiro clone de um mamífero realizado em laboratório, na Escócia.

No processo, o pesquisador Ian Wilmut (1944-) e colaboradores, em 1997, transplantaram o núcleo de uma célula da glândula mamária de uma ovelha de cara branca no ovo sem núcleo de uma



© Vagner Coelho

Representação do processo de clonagem da ovelha Dolly.

ovelha de cara preta. Depois de uma descarga elétrica, núcleo e ovo se fundiram e passaram a se dividir (mitoses), formando um embrião, que foi implantado no útero da ovelha de cara preta, onde se desenvolveu.

Passados alguns meses, Dolly nasceu, com padrão genético idêntico à célula mamária da ovelha de cara branca da qual havia sido clonada. Isso significa que Dolly foi gerada de uma célula somática, e não da união de dois gametas em uma célula-ovo. Se uma vaca, por exemplo, produz muito leite, essa característica pode ser perdida no descendente em um cruzamento natural. No entanto, se de uma célula dessa vaca leiteira forem criados clones, todos eles terão a mesma capacidade da vaca doadora de produzir leite.

Por isso, a clonagem de Dolly foi importante do ponto de vista científico e econômico.

Melhoramento de espécies domesticadas por meio de cruzamentos e seleção

Várias raças de cavalos, gado e cães, bem como de espécies de plantas usadas na alimentação, como milho, arroz, feijão e laranja, foram criadas por meio de cruzamentos preferenciais entre indivíduos selecionados artificialmente de acordo com características consideradas interessantes.



© Martim Cintula/123RF

O fila brasileiro é uma raça de cães desenvolvida por cruzamentos preferenciais entre outras raças que foram trazidas para o Brasil, gerando um animal grande, forte, resistente, com a pele bem solta, pelagem curta e orelhas baixas.

Utilização de microrganismos na fabricação e processamento de alimentos

Essa é uma ação humana milenar, já que, para obter alimentos como queijo, iogurte, pão, coalhada, vinho e vinagre, é necessária a ação de alguns microrganismos como certas bactérias e fungos.

O iogurte é um exemplo de que a Biotecnologia já vem sendo empregada desde tempos remotos, quando ainda não se sabia que ela "existia". Tipos rudimentares de iogurte eram produzidos por pastores que domesticavam animais mamíferos (camelas, búfalas, cabras, ovelhas e vacas) para utilizar o leite, que era, posteriormente, armazenado em marmitas de barro. Nelas, o leite fermentava e produzia o iogurte.

Essa fermentação também ocorria quando pastores, no deserto da Turquia, armazenavam o leite em bolsas feitas de pele de cabra. O contato dessas bolsas com o corpo do camelo as aquecia, o que propiciava a ação das bactérias (*Lactobacillus*), responsáveis pela fermentação do leite, transformando-o em iogurte.

Até o guerreiro mongol Gêngis Khan alimentava seu exército com iogurte e ainda o usava como conservante natural de carne e outros alimentos, que ficavam mergulhados nele.

ATIVIDADE 1 Os primórdios da Biotecnologia

Agora é sua vez de reproduzir essa "Biotecnologia milenar". Depois, responda às questões propostas saboreando um gostoso iogurte.

Material

- 1 litro de leite de origem animal
- Panela
- Termômetro
- 100 gramas de iogurte natural
- Vasilha de vidro
- Prato
- 2 toalhas de pano
- Filme plástico
- Frutas em calda ou frescas (opcionais)
- Açúcar (opcional)

Você pode adicionar dois tipos de frutas ao seu iogurte:

- Frutas frescas: devem ser adicionadas no momento do consumo. Corte-as em pedaços pequenos e junte-as ao iogurte com açúcar ou mel a gosto.
- Frutas em calda: as frutas em calda podem ser colocadas no iogurte para ser consumido depois. Lave morangos, por exemplo, e cozinhe-os por cerca de 10 minutos em uma calda preparada com água e um pouco de açúcar. Depois, junte essa calda ao iogurte e adoce mais se sentir necessidade.

Como fazer

– Coloque o leite na panela e o aqueça até chegar a 85 °C. Depois, deixe que esfrie até 43 °C.

– Misture o iogurte natural e mexa até dissolver.

– Despeje o leite com o iogurte na vasilha.

– Cubra a vasilha com o prato e embrulhe-os com as toalhas de pano.

– Deixe descansar em lugar protegido por 5 horas ou mais.

– Desembrulhe e cubra a vasilha com filme plástico. Leve à geladeira para consumo posterior.

Após o experimento, responda às questões a seguir, pesquisando em livros de Biologia ou na internet.

1 Há muitas bactérias úteis para a humanidade (alimentação, medicina, indústria farmacêutica etc.). Indique qual é a utilização das seguintes bactérias:

a) *Lactobacillus:*

b) *Streptococcus:*

c) *Acetobacter:*

d) *Escherichia*:

2 Qual é a importância da ingestão de lactobacilos para o organismo, uma vez que eles já existem no intestino?

3 Quais são os benefícios dos lactobacilos para as pessoas?

Controle de doenças por meio de vacinas

Desde a primeira vacina contra a varíola, criada pelo médico inglês Edward Jenner (1749-1823) em 1796, as técnicas de obtenção de vacinas progrediram muito. Hoje, muitas delas são feitas utilizando trechos do próprio DNA de vírus, bactérias, fungos ou parasitas.

Esse DNA é incorporado em bactérias, que passam a produzir trechos desse DNA. Como são apenas partes de DNA, não há perigo de ter produtos que causem algum mal. Esses produtos (proteínas não virulentas) são usados para fabricar as vacinas.



© Delfim Martins/Pulsar Imagens



© Jayme de Carvalho Jr/Folhapress

O Instituto Butantan, em São Paulo (SP), é responsável por 51% das vacinas e 56% dos soros para uso profilático e curativo do País.

Controle biológico

Trata-se de um processo natural de controle de populações de pragas por meio de seus inimigos naturais. São utilizados no controle biológico seres vivos como algumas bactérias, insetos predadores e parasitoides. Por exemplo, no controle biológico da broca-da-cana-de-açúcar (*Diatrea saccharalis*), que se alimenta da cana-de-açúcar, utiliza-se a vespa *Cotesia flavipes* que parasita as lagartas dessa praga, impedindo seu desenvolvimento.


© Fabio Colombini

Mariposa da broca-da-cana-de-açúcar (*Diatrea saccharalis*), praga da cana-de-açúcar.


© Fabio Colombini

Vespa *Cotesia flavipes* parasitando a lagarta da broca-da-cana-de-açúcar.

Outra forma de controle biológico é feita liberando machos estéreis de uma praga, de modo que estes, ao tentar se reproduzir, não produzirão descendentes, diminuindo assim sua população.

Atualmente, a praga agrícola lagarta-do-cartucho, que come o milho e suas folhas, tem sido controlada com o uso de um bioinseticida feito de um vírus que ataca a lagarta. O vírus foi modificado geneticamente para matar a lagarta rapidamente. Essa modificação consistiu em introduzir no vírus genes de aranhas e escorpiões que produzem um veneno letal para a lagarta.

Promessas da Biotecnologia e questões polêmicas

A Biotecnologia, como você pôde ver, envolve não apenas questões de saúde, mas, também, econômicas, éticas, morais e políticas. Ela oferece boas oportunidades no mercado de trabalho e tem sido uma das ocupações econômicas que mais cresceram nos últimos anos.

Apesar de ter centros de pesquisa de Biotecnologia, como é o caso da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), e de sua rica biodiversidade, o Brasil ainda depende de pesquisas feitas no exterior. Assim, o incentivo ao uso racional de recursos naturais, aliado à Biotecnologia, pode trazer independência tecnológica ao Brasil e, com isso, mais crescimento nas áreas científica e econômica.

Além das questões econômicas, a pesquisa e o uso da Biotecnologia levam à reflexão sobre as questões morais e éticas que dizem respeito, principalmente, à manipulação do genoma humano. Diante da possibilidade de fazer clones de seres humanos e de usar as células-tronco de embriões para a formação de tecidos, muitas pessoas classificam essas técnicas como antiéticas e imorais, o que vem causando muitas discussões e controvérsias.

FICA A DICA!

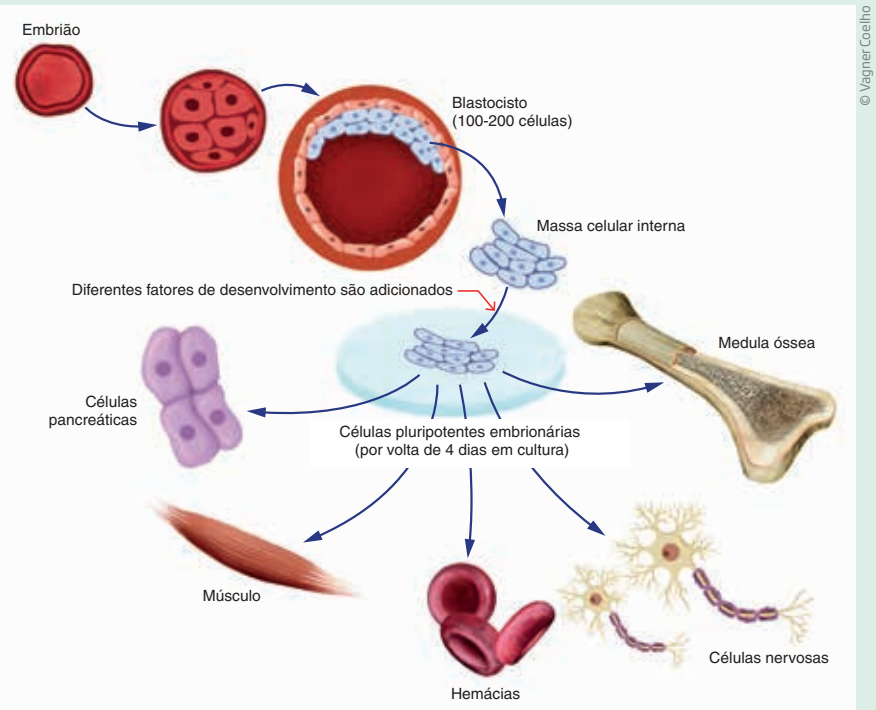
Vale a pena acessar o *site* da Embrapa para conhecer um pouco mais sobre os recentes avanços na área de Biotecnologia associada à agropecuária, realizados pelo Centro Nacional de Recursos Genéticos (Cenargen), disponível em: <https://www.embrapa.br/recursos-geneticos-e-biotecnologia> (acesso em: 30 set. 2014).

Atualmente, várias pesquisas com células-tronco estão buscando desenvolver **células-tronco pluripotentes induzidas** (veja a figura a seguir). Trata-se de células-tronco que podem se tornar diferentes tipos de células (por isso, pluripotentes) e que são originadas de células adultas e não embrionárias, diminuindo, dessa forma, os problemas éticos.

Ainda não há terapias com células-tronco testadas e aplicadas em seres humanos para doenças como diabete, leucemia, mal de Parkinson e glaucoma. No entanto, espera-se que em um futuro não distante essas terapias estejam disponíveis.

CÉLULAS-TRONCO

Células-tronco, como visto na Unidade 2, são células do organismo que podem se diferenciar em outros tipos de célula. Por exemplo, quando um embrião está se desenvolvendo, as células iniciais ainda não estão diferenciadas, isto é, ainda não têm função definida. As células nesse estágio são consideradas células-tronco.



Representação esquemática de células-tronco pluripotentes.

PARA SABER MAIS

Gripe espanhola e gripe aviária

O cientista estadunidense Terrence Tumpey, do National Center for Infectious Diseases (NCID), chefiou a equipe que reconstituiu o influenza, vírus responsável pela pandemia de gripe espanhola em 1918. O feito foi possível após a descrição do genoma do vírus por pesquisadores do corpo médico do exército dos Estados Unidos.



© SuperStock/Science Faction/Glow Images

Terrence Tumpey observa um meio de cultura com o vírus em um laboratório de biossegurança.

Com a reconstituição do vírus de 1918, foi possível compreender as propriedades biológicas que o tornaram tão mortífero. Como esse vírus possui muitas características em comum com o vírus da gripe das aves (H5N1), ele pode ser referência para desenvolver medicamentos ou vacinas específicos para a gripe aviária.

Embora o contágio dessa doença não seja fácil (é preciso entrar em contato com as fezes e secreções do animal infectado), a taxa de letalidade entre humanos é alta (mais de 50%). Nesse sentido, a produção de medicamentos e vacinas é imprescindível, porque se o vírus conseguir ser transmitido de uma pessoa diretamente a outra poderá provocar uma pandemia de gripe aviária.

Benefícios e riscos da Biotecnologia

A Biotecnologia pode gerar muitos benefícios à humanidade, entre eles:

- novas vacinas;
- novos tratamentos médicos;
- novos medicamentos;
- plantas mais produtivas e resistentes;
- animais mais produtivos;

- novos sistemas de controle de pragas;
- soluções para a conservação da biodiversidade;
- novas técnicas de identificação de pessoas, de espécies e de variedades.

No entanto, há também riscos em relação às técnicas de Biotecnologia. Algumas questões têm sido discutidas, como a impossibilidade de prever o impacto de organismos modificados no ambiente e nos seres humanos. Além disso, é importante que se reflita sobre algumas questões.

- Qual é o limite aceitável para a manipulação de material genético humano?
- Qual é o limite aceitável para a "escolha" de genes dos filhos?
- A ciência caminha para um "melhoramento" da espécie humana (eugenia)?
- A clonagem de pessoas é aceitável?
- É aceitável o uso de embriões humanos para a obtenção de células-tronco?
- É seguro recriar espécies ou vírus já extintos?
- Como controlar o uso adequado dessas novas tecnologias?
- É correto patentear genes e organismos?
- O acesso a essas tecnologias pode gerar mais desigualdades nas sociedades?

Não há dúvida de que a Biotecnologia trouxe e trará benefícios à humanidade. Não se deve, porém, simplesmente aceitar a imposição de novas tecnologias porque existem e estão disponíveis. É preciso analisar essa questão com bastante cuidado, levando em conta vários aspectos (sociais, econômicos, políticos, éticos, morais), para tomar uma posição consciente.

ATIVIDADE 2 Reflexões sobre Biotecnologia, soberania nacional e biodiversidade

1 Que vantagem pode existir em fazer uma bactéria produzir insulina humana?

2 Por que se deve buscar a independência tecnológica em um país como o Brasil?

3 Que relação é possível estabelecer entre biodiversidade e Biotecnologia?

DESAFIO

1

Um instituto de pesquisa norte-americano divulgou recentemente ter criado uma "célula sintética", uma bactéria chamada de *Mycoplasma mycoides*. Os pesquisadores montaram uma sequência de nucleotídeos, que formam o único cromossomo dessa bactéria, o qual foi introduzido em outra espécie de bactéria, a *Mycoplasma capricolum*. Após a introdução, o cromossomo da *M. capricolum* foi neutralizado e o cromossomo artificial da *M. mycoides* começou a gerenciar a célula, produzindo suas proteínas.

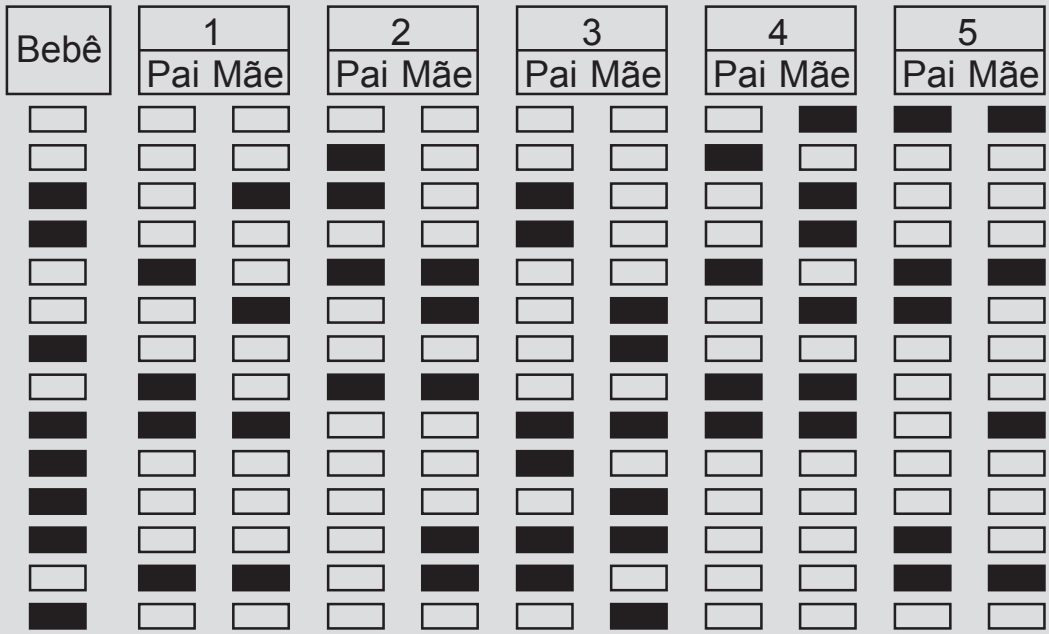
GILBSON, D. G. et al. Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome. *Science*, v. 329, 2010 (adaptado).

A importância dessa inovação tecnológica para a comunidade científica se deve à

a) possibilidade de sequenciar os genomas de bactérias para serem usados como receptoras de cromossomos artificiais.
b) capacidade de criação, pela ciência, de novas formas de vida, utilizando substâncias como carboidratos e lipídios.
c) possibilidade de produção em massa da bactéria *Mycoplasma capricolum* para sua distribuição em ambientes naturais.
d) possibilidade de programar geneticamente microrganismos ou seres mais complexos para produzir medicamentos, vacinas e combustíveis.
e) capacidade da bactéria *Mycoplasma capricolum* de expressar suas proteínas na bactéria sintética e estas serem usadas na indústria.

Enem 2011. Prova azul. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2011/01_AZUL_GAB.pdf>. Acesso em: 30 set. 2014.

2 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.



Que casal pode ser considerado como pais biológicos do bebê?

a) 1.
b) 2.
c) 3.
d) 4.
e) 5.

Enem 2013. Prova azul. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2013/caderno_enem2013_sab_azul.pdf>. Acesso em: 30 set. 2014.

3 A estratégia de obtenção de plantas transgênicas pela inserção de transgenes em cloroplastos, em substituição à metodologia clássica de inserção do transgene no núcleo da célula hospedeira, resultou no aumento quantitativo da produção de proteínas recombinantes com diversas finalidades biotecnológicas. O mesmo tipo de estratégia poderia ser utilizada para produzir proteínas recombinantes em células de organismos eucarióticos não fotossintetizantes, como as leveduras, que são usadas para produção comercial de várias proteínas recombinantes e que podem ser cultivadas em grandes fermentadores.

Considerando a estratégia metodológica descrita, qual organela celular poderia ser utilizada para inserção de transgenes em leveduras?

a) Lisossomo.
b) Mitocôndria.
c) Peroxissomo.
d) Complexo golgiense.
e) Retículo endoplasmático.

Enem 2013. Prova azul. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2013/caderno_enem2013_sab_azul.pdf>. Acesso em: 30 set. 2014.

HORA DA CHECAGEM

Atividade 1 - Os primórdios da Biotecnologia

Respostas esperadas na pesquisa:

1

a) *Lactobacillus*: produção de queijos, iogurtes, requeijões.

b) *Streptococcus*: produção de queijos, iogurtes, requeijões.

c) *Acetobacter*: produção de vinagre.

d) *Escherichia*: Engenharia genética.

2 No intestino humano há um equilíbrio entre os lactobacilos que não causam problemas à saúde e os que podem provocar doenças ou alergias. Os microrganismos que não provocam doenças devem ser maioria no intestino. A morte desses microrganismos benéficos, causada, por exemplo, por situações de estresse, doenças intestinais, uso de antibióticos ou envelhecimento, afeta o equilíbrio nessa relação, que deve ser refeito com a renovação constante desses microrganismos pela dieta.

3 Os lactobacilos melhoram e regulam todo o funcionamento da flora intestinal, além de combater as substâncias tóxicas e causadoras do câncer. O sistema imunológico fica mais fortalecido, e os efeitos colaterais provocados por antibióticos – que desequilibram o intestino – podem ser minimizados.

Atividade 2 - Reflexões sobre Biotecnologia, soberania nacional e biodiversidade

1 Bactérias capazes de produzir insulina humana podem ser cultivadas em grande escala (industrial), ou seja, grandes quantidades da substância podem ser produzidas. A produção de insulina humana diminuiu a possibilidade de rejeição dos diabéticos que recebiam insulina extraída de outros animais e, também, barateou o custo do tratamento.

2 A independência tecnológica de um país como o Brasil pode ser fundamental para seu desenvolvimento e crescimento econômico. O Brasil depende de outros países, o que o coloca em uma situação delicada. Isso porque o crescimento desejado é bloqueado pelos interesses dos grandes laboratórios farmacêuticos e biotecnológicos internacionais em manter o monopólio no setor. Essa área movimenta bilhões de dólares, anualmente, e é uma das mais importantes para a economia de países desenvolvidos. Com sua rica biodiversidade e com autonomia tecnológica, o Brasil poderia participar de uma fatia muito maior desse mercado. Além disso, o Brasil também poderia garantir, dessa forma, mais proteção contra espionagem (política, biológica etc.) e autonomia na produção de vacinas e/ou remédios em caso de epidemias.

3 A Biotecnologia fornece ferramentas importantes para a exploração sustentável da biodiversidade, o que poderá resultar, por exemplo, em medicamentos novos e alimentos nutricionalmente bem melhores.

HORA DA CHECAGEM

Desafio

1 Alternativa correta: **d**. Ao receber genes de uma bactéria sintética, a bactéria original passa a ser um organismo transgênico, que terá a expressão dos genes introduzidos, que podem ser de importância médica, por exemplo, na produção de hormônios humanos.

2 Alternativa correta: **c**. Todas as bandas de DNA do bebê devem aparecer em pelo menos uma das bandas de DNA dos pais, condição que ocorre apenas no casal 3.

3 Alternativa correta: **b**. As únicas organelas que apresentam DNA próprio são os cloroplastos (ausentes em organismos não fotossintetizantes como as leveduras) e as mitocôndrias.



Registro de dúvidas e comentários