

# **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**

## **BIOLOGIA**

### **Módulo 1**

#### **Unidades 3 e 4**

**2**

## **Unidade 3**

**<pág. 69>**

### **Ervilhas, Hereditariedade e o Nascimento da Genética**

**Para início de conversa...**

**Bactérias e micro-organismos estão presentes em qualquer lugar. Em laboratório, uma experiência simples comprova isso: encoste seu dedo, ou um fio de cabelo, ou uma nota de R\$ 2,00 em meio de cultura de bactérias. O resultado disso é que você verá pontos aparecendo na superfície do meio de cultura, significando que bactérias o contaminaram**

**e se multiplicaram (em grande quantidade, podemos vê-las a olho nu). Deixe esse meio apenas em contato com o ar e verá que elas aparecerão.**

## **Verbete**

### **Meio de cultura**

**É uma preparação química que serve para cultivo de células vivas, que podem ser de bactérias ou de outros seres vivos. No caso das bactérias, existem meios na forma líquida e na sólida. Quando na forma líquida, as bactérias deixam o meio turvo ao se multiplicarem nele. Quando na forma sólida, elas colonizam a**

**4**

**superfície do meio,  
tornando-se pontos ou  
“tapetes” visíveis a olho nu.  
\*\*\*\*\***

**Alguns tipos de bactérias  
podem causar doenças  
capazes de nos levar à  
morte. Outros,  
curiosamente, fazem bem ao  
funcionamento do nosso  
corpo: podem viver em  
nosso trato digestivo sem  
causar danos e ajudar a  
processar certos alimentos  
que ingerimos.**

**<pág. 70>**

**Se todos são micro-  
organismos, por que uns são  
mais nocivos que outros? O**

**que está por trás dessas  
semelhanças e diferenças?**

**Temos ainda a situação  
representada por alguns  
tipos de vírus que, até hoje,  
são prejudiciais apenas a  
outros animais (como aves,  
ou alguns grupos de  
macacos, por exemplo).  
Nesse caso, cientistas  
alertam para a possibilidade  
de que, em um futuro não  
muito distante, tais vírus  
possam sofrer  
transformações que  
permitam que eles passem a  
infectar também seres  
humanos.**

## 6

**Como explicar essa capacidade que as espécies têm de se transformar ao longo do tempo, acompanhando (ou não) as mudanças do ambiente e dos outros seres com os quais convivem? A Biologia tem buscado respostas para essas e outras perguntas importantíssimas, e algumas das explicações mais interessantes têm sido oferecidas pela Genética.**

**A Genética, em comparação com outras áreas da Biologia, é um campo relativamente novo e tem crescido de maneira notável nas últimas décadas, especialmente a**

**partir da segunda metade do século XX. Por meio dela, temos compreendido o que nos faz, ao mesmo tempo, parecidos e diferentes em relação a outros seres vivos (e isso se refere às mais diversas características, aquelas que vemos e mesmo as que não vemos!).**

**É sobre como as características dos organismos são passadas e como eles se diferenciam uns dos outros que vamos conversar um pouco nesta unidade.**

**8**

**Objetivos de aprendizagem:**

**.Aplicar as leis de Mendel;**

**.construir um heredograma.**

**Seção 1**

**O nascimento da  
Genética: Gregor Mendel  
e suas ervilhas**

**A Genética nasceu e  
cresceu a partir de estudos  
cada vez mais aprofundados  
sobre a hereditariedade. Em  
outras palavras, sobre como  
e por que as características  
de seres vivos, em geral,  
são transmitidas dos pais  
para seus filhos através da  
reprodução. E, depois,**



**passadas adiante, geração após geração.**

**<pág. 71>**

**Criadores de animais e agricultores da antiguidade já trabalhavam com a possibilidade de “direcionar” cruzamentos entre indivíduos à sua disposição para conseguir novas linhagens. Estas deveriam exibir determinadas características que lhes fossem úteis (por exemplo, vacas que dessem mais leite ou galinhas que colocassem mais ovos e que fossem maiores). No entanto, eles**

**10**

**não sabiam muito (ou mesmo nada) sobre mecanismos e processos genéticos.**

**Por volta da metade do século XIX, um monge austríaco chamado Gregor Mendel planejou cuidadosamente experiências para estudar como se dava a transmissão de características de uma geração para outra. Ele estava interessado em pesquisar as características e a reprodução de certos grupos de plantas. Embora tenha trabalhado com diferentes grupos de plantas ao longo de sua vida, os estudos mais importantes**

**de Mendel foram feitos com ervilhas, desenvolvidos entre os anos de 1856 e 1863, nos jardins do mosteiro onde vivia.**





**Figura 1: Mendel (1822–1884) era um monge que dedicou grande parte de sua vida ao estudo da transmissão de características de uma geração para outra. Assim, chegou a importantes achados, sendo, por isso, considerado o “pai da genética”. Em seus estudos, ele usou sementes de ervilha, de cor verde; elas ficam no interior de**

**uma vagem, como você vê à direita.**

**Saiba Mais**

**Por que ervilhas?**

**Mendel percebeu que, para o sucesso de suas experiências, algumas características da planta que seria estudada eram importantes – e que as ervilhas apresentavam essas características.**

**Primeiramente, as ervilhas eram relativamente fáceis de cultivar e produziam muitas sementes. Assim, ele teria sempre muitos descendentes a cada**

**14**

**geração, o que garantia um número sempre grande e confiável de observações.**

**Além disso, as principais características que variavam entre os indivíduos eram simples**

**de serem notadas e registradas.**

**<pág. 72>**

**Por exemplo:**

- .a altura de cada planta (alta ou baixa);**
- . a cor das flores (roxa ou branca);**
- . a cor das sementes (amarela ou verde);**

**. a textura da semente (lisa ou rugosa).**

**Durante os anos de trabalho com as ervilhas, Mendel cultivou e estudou detalhadamente cerca de 30.000 plantas.**

**\*\*\*\*\***

## **Seção 2**

### **Alguns estudos de Gregor Mendel**

**Em um de seus experimentos mais importantes e conhecidos com ervilhas, Mendel cruzou plantas que exibiam apenas sementes amarelas com outras de sementes apenas**

**16**

**verdes. Esse grupo inicial de plantas, constituído por linhagens “puras” (isto é, cada tipo jamais havia sido cruzado com outro de cor diferente de semente), foi o ponto de partida dos cruzamentos. Essa é a chamada “geração parental”.**

**Depois de cruzar as plantas dos dois tipos entre si, ele observou, então, que todas (sim, todas!) as plantas nascidas desse primeiro cruzamento tinham apenas sementes de cor amarela. Em outras palavras, as sementes amarelas haviam “dominado” a nova geração**



**de plantas, que, por ser a primeira, foi chamada de F1.**

**Por que isso tinha acontecido? Ora, se metade das plantas da geração parental tinha sementes verdes, para onde teria ido a característica “cor verde” das sementes? Será que não havia mais possibilidades de surgirem novas plantas com sementes verdes?**

**<pág. 73>**

**Determinado a buscar respostas para essas perguntas, Mendel começou, então, uma nova etapa de trabalho. Ele cruzou as**

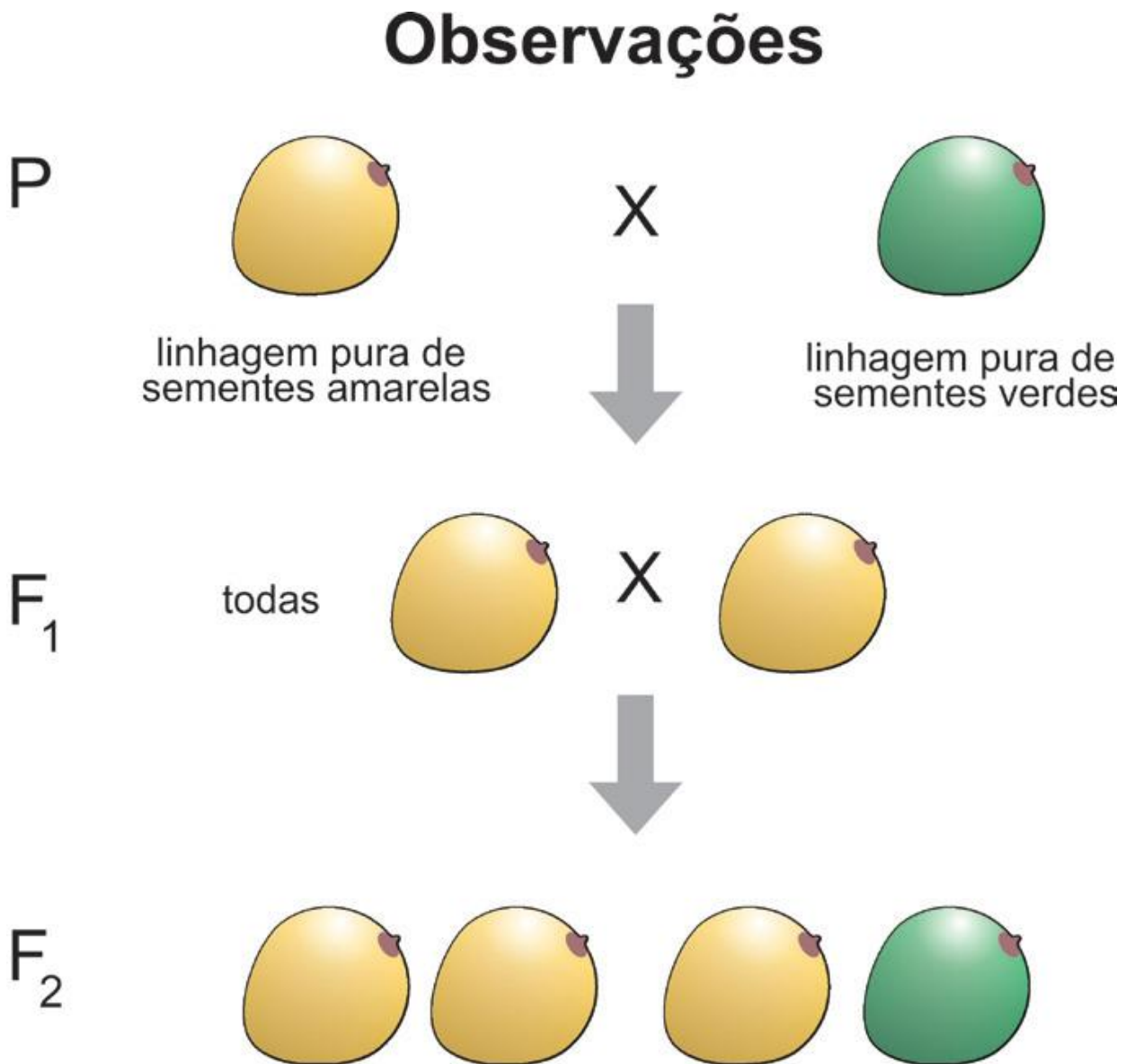
**18**

**plantas filhas entre elas (lembre-se de que todas possuíam sementes amarelas) e o resultado foi ainda mais interessante!**

**A maioria das novas plantas nascidas nessa “segunda geração”, como esperado, tinha apenas sementes amarelas (3 em cada 4 plantas, ou 75% do total). Mas surgiu uma novidade: uma parte menor das novas plantas (1 em cada 4 plantas, ou 25% do total) apresentava, outra vez, sementes verdes.**

**A “cor verde” das sementes, então, não havia desaparecido**

**completamente das plantas!  
Era como se ela estivesse  
“escondida”, ou tivesse sido  
“desativada”, em plantas da  
primeira geração. Ela foi  
completamente “dominada”  
pela cor amarela, mas  
reapareceu (porém em  
menor proporção) ou foi  
novamente “ativada”, na  
segunda geração (chamada  
de F2).**



**Figura 2: Esquema mostrando a característica “cor da semente” nas diferentes gerações de ervilhas trabalhadas por Mendel, e os resultados gerais obtidos após os cruzamentos. Observe que,**

**em F1, não houve aparição da característica “semente verde”. Esta só surgiu novamente na F2, em menor proporção (1 semente verde para cada 4 sementes).**

**O que pensar dessas observações? Nesse experimento, Mendel examinou apenas uma característica das ervilhas, a cor das sementes. Ele notou que essa característica foi passada entre as gerações de maneira inalterada, isto é, não houve misturas, ou contaminação das cores. O amarelo foi passado intacto da geração parental para a primeira e a segunda**

**22**

**gerações. O verde, por sua vez, embora “escondido”, por alguma razão, nas plantas da primeira geração, reapareceu, também sem misturas ou contaminações, na geração seguinte.**

**Mendel, então, repetiu esse experimento usando outras características das ervilhas (por exemplo, a textura das sementes e a cor das flores) e obteve sempre resultados que confirmaram aqueles primeiros.**

**<pág. 74>**

**Estudando as quantidades e proporções**

**de plantas com sementes amarelas e verdes (ou de textura lisa ou rugosa; ou com flores roxas ou brancas; ou mesmo plantas altas ou baixas, por exemplo) em cada uma das gerações, Mendel chegou a conclusões importantíssimas! Elas são atualmente vistas como fundamentais para o estabelecimento da Genética dentro da Biologia.**

### **Seção 3**

#### **A “Primeira Lei de Mendel”**

**No nosso exemplo anterior, a coloração**

**amarela das sementes é o fator dominante (que será representado mais adiante por letras maiúsculas). Por outro lado, aquela característica que foi completamente dominada na primeira geração, mas que reapareceu em número reduzido na segunda geração (no exemplo, a cor verde das sementes), representa o “fator recessivo” (que será representado por letras minúsculas). A coloração verde das sementes, dessa forma, é o fator recessivo.**

**Lembre que plantas com sementes verdes (aquelas da segunda geração da**



**experiência de Mendel) podem nascer de outras que têm apenas sementes amarelas (da primeira geração). Isso, como vimos, sugere que a característica “cor verde” da semente (o fator recessivo), embora não se desenvolva e nem se torne visível, está de fato presente em algum lugar nas plantas da primeira geração.**

## **Multimídia**

**Vale a pena assistir a uma animação sobre os experimentos de Mendel. Indicamos a que está disponível em:**

**26**

**[http://www.educacaopublica.rj.gov.br/oficinas/biologia/experimentos1/os\\_experimentos\\_de\\_mendel.php](http://www.educacaopublica.rj.gov.br/oficinas/biologia/experimentos1/os_experimentos_de_mendel.php)**

**\*\*\*\*\***

**Tal observação nos leva a uma conclusão muito importante: aparentemente, cada planta guarda sempre um par de fatores responsáveis pelo desenvolvimento de uma determinada característica. Um deles é herdado do pai, e o outro, da mãe.**

**No entanto, esses fatores, embora estejam juntos nas células de cada indivíduo, jamais se misturam, mas, sim, se somam. No exemplo**

**das ervilhas de Mendel,  
quando:**

**<pág. 75>**

**.os dois fatores herdados pela planta de seus pais são dominantes, ela obviamente desenvolverá a característica dominante (no caso, a semente amarela);**

**.um fator herdado de um dos pais é dominante, e o outro é recessivo, a planta também exibirá a característica dominante (novamente, nesse caso, a semente será amarela). Isso significa que o fator**

**28**

**recessivo permanece  
"escondido";**

**.os dois fatores herdados  
forem recessivos, a  
característica recessiva irá,  
finalmente, se desenvolver e  
será exibida (no caso, as  
sementes verdes).**

**Importante**

**Zigoto é o nome que se dá à  
célula formada pela união  
do gameta do pai com o  
gameta da mãe. Nesses  
gametas, existem diversos  
fatores que são  
responsáveis pela promoção  
de uma série de  
características. Analisando  
uma característica, como a  
cor das sementes, por**

**exemplo, podemos dizer que:**

- . Se a planta apresenta os dois fatores dominantes, ela é homozigota dominante (homo = igual).**
- . Se a planta apresenta os dois fatores recessivos, ela é homozigota recessiva.**
- . Se a planta apresenta dois fatores diferentes, um dominante e um recessivo, ela é heterozigota (hetero = diferente). Essa denominação serve para qualquer característica de qualquer ser vivo. Muita atenção a esses termos, pois eles serão usados não só aqui nas aulas, mas também**

**30**

**são muito mencionados em provas de vestibular.**

**\*\*\*\*\***

**Através de um estudo detalhado das quantidades de plantas com sementes amarelas ou verdes obtidas em cada uma das gerações que cultivou, Mendel compreendeu definitivamente essa explicação. Observe, a seguir, um esquema de como se deram os cruzamentos e como os resultados deles foram interpretados por Mendel.**

**<pág. 76>**

**Geração parental:  
Plantas amarelas puras –  
fator dominante:  
representaremos por VV;  
Plantas verdes puras – fator  
recessivo: representaremos  
por vv.**

**Cruzamento entre elas:  
VV x vv (representaremos  
separadamente e  
numerados cada um dos  
fatores para facilitar a  
visualização do  
cruzamento).**

		<b>Verdes</b>	
		<b>V(3)</b>	<b>V(4)</b>
<b>Ama- relas</b>	<b>V(1)</b>	<b>Vv (resul- tado de 1-3)</b>	<b>Vv (re- sul- tado de 1-4)</b>
	<b>V(2)</b>	<b>Vv (resul- tado de 2-3)</b>	<b>Vv (re- sul- tado de 2- 4)</b>

**Resultado: a geração filha, F1, é toda composta por plantas Vv, que**



**apresentam coloração  
amarela.**

**Geração F1: Plantas  
amarelas - Vv**

**Cruzamento: Vv x Vv**

		<b>Amarelas</b>	
		<b>V(3)</b>	<b>V(4)</b>
<b>Ama- relas</b>	<b>V(1)</b>	<b>VV (re- sul- tado de 1- 3)</b>	<b>Vv (re- sul- tado de 1 -4)</b>
	<b>V(2)</b>	<b>Vv  resul- -tado de 2- 3)</b>	<b>vv  (re- sul- tado de 2- 4)</b>

**Resultado: Três plantas apresentam cor amarela (VV, Vv e Vv), e uma apresenta cor verde (vv). Ou seja, a chance de se ter uma ervilha com semente verde, nesse caso, é 1 em cada 4 cruzamentos.**

**E ainda há mais a ser concluído.**

**Como você viu na Unidade 1, cada célula reprodutora, ou gameta (masculino ou feminino), contém apenas metade do material genético existente em uma célula original. Assim, durante o processo**

**36**

**de formação dos gametas (chamado de gametogênese), a partir de células originais, aquele par de fatores presente nas células dos indivíduos adultos (como vimos, ambos dominantes ou recessivos, ou um de cada) precisa ser separado entre si. O resultado é que cada gameta terá sempre apenas um único fator (dominante ou recessivo) para cada respectiva característica.**

**<pág. 77>**

**Com relação aos experimentos de Mendel, no caso específico da cor das**

**sementes, cada gameta formado pode conter apenas o fator dominante (“amarelo”), ou o fator recessivo (“verde”). A partir da união de um gameta masculino com um feminino, na fecundação, fica determinada a combinação entre fatores dominantes e recessivos (que, como vimos, podem variar) e que irá caracterizar aquele novo indivíduo que será formado.**

**Por sua importância, essa última conclusão ficou conhecida como a “Primeira Lei de Mendel”, ou “Lei da Segregação”, ou ainda “Lei da Pureza dos Gametas”.**

## **Importante**

**A reprodução entre indivíduos é algo que possibilita que a combinação gênica aconteça de tal forma que a diversidade seja favorecida. A pureza dos gametas, identificada por Mendel, é um mecanismo genético que permite, por exemplo, que de duas sementes de ervilha amarelas lisas se tenha uma semente verde rugosa. Em outras palavras, a segregação dos gametas contribui para a biodiversidade!**

**\*\*\*\*\***

**“Genótipo” e “Fenótipo”:  
nomes estranhos, mas  
fáceis de entender**

**Outra conclusão  
importantíssima pode ser  
feita a partir das  
observações de Mendel.  
Voltemos ao exemplo das  
ervilhas e das diferentes  
possibilidades de colorações  
das sementes.**

**Na geração parental,  
onde as plantas eram  
“puras”, os fatores  
hereditários herdados dos  
pais são iguais. Assim, nas  
plantas “puras” com  
sementes amarelas temos  
dois fatores “amarelos”**

**40**

**(dominantes), enquanto nas plantas "puras" com sementes verdes temos dois fatores "verdes" (recessivos).**

**Mas e quanto às plantas da primeira e segunda gerações, resultantes de cruzamentos entre tipos diferentes, onde ocorreu a mistura de fatores hereditários distintos?**

**Nesses casos, vimos que quando temos plantas com fatores diferentes a característica que irá aparecer será aquela representada pelo fator dominante (isto é, uma planta com um fator**



**“amarelo” e um “verde” terá sempre sementes amarelas). Note bem: as plantas “puras” da geração parental e que têm sementes amarelas, embora similares na aparência àquelas “cruzadas” das gerações seguintes, são diferentes na sua composição genética. As plantas “puras” têm os dois fatores dominantes, enquanto as “cruzadas” têm um fator dominante e um recessivo. Ou seja, embora sejam iguais na aparência, geneticamente elas são diferentes.**

<pág. 78>

**A compreensão desse fato nos leva a dois conceitos fundamentais em Genética:**

**Importante**

**Genótipo é a composição genética de um indivíduo; e fenótipo é a "aparência" de um indivíduo.**

**\*\*\*\*\***

**Pés de ervilhas com sementes amarelas (um único fenótipo), como vimos, podem ter genótipos diferentes. Por outro lado, um mesmo indivíduo pode exibir fenótipos diferentes ao longo de sua vida,**

**embora seu genótipo não seja alterado. Para ilustrar isso, imagine uma lagarta que, em um dado momento da sua vida, transforma-se em borboleta; ou um bebê que, com o passar dos anos, torna-se um indivíduo idoso.**



**Figura 3: Esquema exibindo, de maneira resumida, o ciclo de vida de uma borboleta e indicando as transformações dramáticas na aparência do indivíduo (isto é, seu fenótipo) ao longo do tempo. Da lagarta para a borboleta, quantas diferenças! Mas, acredite, o seu genótipo é sempre o mesmo.**

**<pág. 79>**

## **Atividade 1**

**É possível saber, antes do nascimento, se seu filho possuirá uma doença?  
Na época de Mendel, somente fazendo-se os**

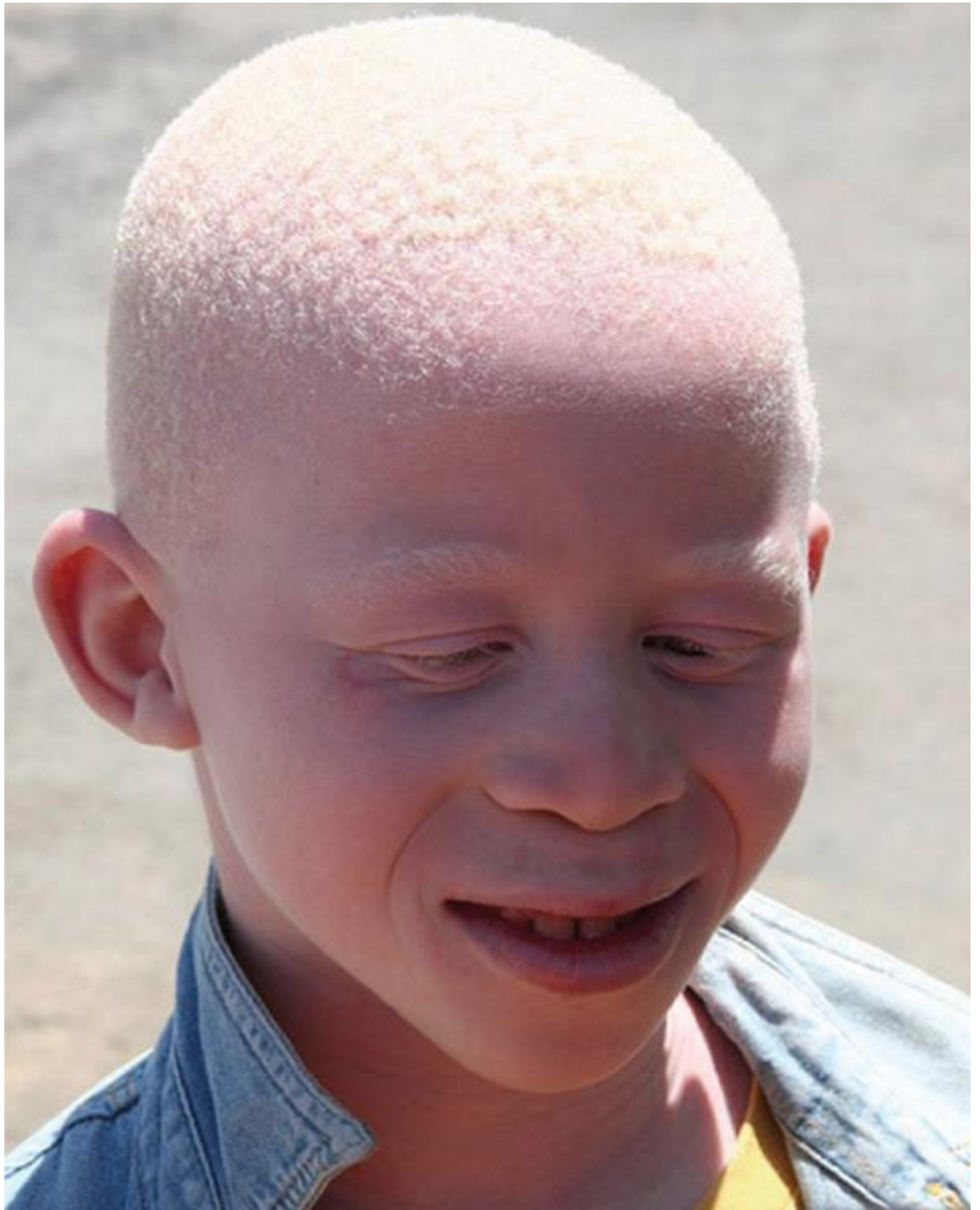
**cruzamentos com a geração parental seria possível saber quais características a geração F1 teria.**

**Atualmente, um ramo da genética (a Genética Molecular) é capaz de, por meio de experimentos com o material genético da geração parental, descobrir a probabilidade de determinado genótipo ou fenótipo acontecer na geração F1.**

**Há empresas que fornecem consultoria genética para pais que gostariam de saber a probabilidade de terem**

**46**

**filhos com essa ou aquela característica/doença.**



**O albinismo é um distúrbio caracterizado pela ausência parcial ou total de**

**pigmento na pele, no cabelo e nos olhos. Os indivíduos albinos sofrem muito na presença do sol, pois sua pele é muito propensa a queimaduras e ao câncer de pele. Além disso, é comum que apresentem uma série de problemas na visão e, por não apresentarem pigmento nos olhos também, são muito sensíveis à luminosidade, tendo fotofobia. É conhecido que o albinismo é uma característica recessiva, ou seja, pode ser representada por "aa".**

**Imagine um casal que decide procurar uma**

**48**

**consultoria desse tipo para saber qual a probabilidade de terem um filho albino.**

**Em testes genéticos, foi verificado que os dois membros do casal**

**apresentam genótipo Aa.**

**a. É possível que eles tenham filhos albinos? Por quê?**

**<pág. 80>**

**b. Realize o cruzamento entre os fatores desse casal. Use a tabela a seguir para facilitar:**



		<b>Pai</b>	
<b>Mãe</b>			

**c. Qual é a chance de eles terem filhos albinos?**

**\*\*\*\*\***

## **Seção 4**

### **A “Segunda Lei de Mendel”**

**Mas Mendel não parou por aí e, em outro**

**50**

**experimento famoso, resolveu complicar um pouco as coisas. Em vez de continuar estudando suas ervilhas examinando, por exemplo, apenas a coloração das sementes ou das flores separadamente, desta vez ele selecionou plantas para poder pesquisar mais de uma característica de uma vez só.**

**Assim, ele cruzou plantas com sementes amarelas e lisas (“cor amarela” e “textura lisa” são fatores dominantes) com outras que exibiam sementes verdes e rugosas (“cor verde” e “textura rugosa” são fatores recessivos; lembrando mais**

**uma vez que as plantas da geração parental são sempre “puras”). O resultado?**

**<pág. 81>**

**Todas as plantas da primeira geração, como esperado, apresentaram apenas sementes amarelas e lisas. Isso significa que os fatores dominantes e recessivos foram misturados entre si e as características desenvolvidas referem-se aos fenótipos dominantes. Observe a seguir:**

		<b>Verdes rugosas (vvrr)</b>	
		<b>vr(3)</b>	<b>vr(4)</b>
<b>Ama- relas lisas (VVR R)</b>	<b>VR(1)</b>	<b>VvRr (re- sul- tado de 1- 3)</b>	<b>VvRr (re- sultado de 1-4)</b>
	<b>VR(2)</b>	<b>VvRr (re- sul- tado de 2- 3)</b>	<b>VvRr (re- sultado de de 2- 4)</b>

**Resultado do cruzamento: todas as plantas têm sementes amarelas e lisas (todas apresentam fator dominante V e R).**

**Como feito anteriormente, Mendel cruzou entre si as plantas da primeira geração e obteve, mais uma vez, resultados novos bastante interessantes:**

**. A maioria das plantas da segunda geração (mais precisamente, 9 em cada dezesseis, ou cerca de 56%) tinha sementes amarelas e lisas;**









**. três em cada dezesseis (ou pouco mais de 18%) exibiam sementes amarelas e rugosas;**









**. uma quantidade igual (pouco mais de 18%) tinha sementes verdes e lisas;**

**. somente pouco mais de 6% (ou seja, uma em cada dezesseis) tinham sementes verdes e rugosas.**

**<pág. 82>**

**Observe:**

		Amarelas lisas	
		VR	Vr
Amarelas lisas	VR	VVRR 	VVRr 
	Vr	VVRr 	VVrr 
	vR	VvRR 	VvRr 
	vr	VvRr 	Vvrr 

		Amarelas lisas	
		vR	vr
Amarelas lisas	VR	VvRR 	VvRr 
	Vr	VvRr 	Vvrr 
	vR	vvRR 	vvRr 
	vr	vvRr 	vvrr 



### **Resultados obtidos:**

- . 9 de 16 plantas com sementes amarelas lisas;**
- . 3 de 16 plantas com sementes amarelas rugosas;**
- . 3 de 16 plantas com sementes verdes lisas;**
- . 1 de 16 plantas com semente verde rugosa.**

**Como previsto, tais resultados confirmaram várias observações e conclusões do experimento anterior de Mendel sobre a coloração das sementes das ervilhas. Também reafirmou a “Lei da Pureza dos Gametas”, como apresentada anteriormente.**

**Mais importante, porém, foi a constatação de que aquelas características das ervilhas, escolhidas por Mendel e que estavam juntas nas plantas originais (semente amarela + textura lisa; ou semente verde + textura rugosa), foram separadas entre si quando da realização dos cruzamentos, ou seja, não permaneciam juntas nas gerações seguintes.**

**Mais uma vez, o processo de formação dos gametas parecia separar os fatores hereditários entre eles, nesse caso independentemente. Essa nova conclusão, também**

**fundamental no início do estabelecimento dos estudos sobre Genética, ficou conhecida como a “Segunda Lei de Mendel”, ou “Lei da Segregação Independente”.**

**<pág. 83>**

## **Atividade 2**

### **A genética do sangue**

**Muito provavelmente, você já ouviu alguém falando que tem sangue A+ (A positivo) ou O- (O negativo), ou qualquer outro tipo. Os tipos sanguíneos são determinados por fatores genéticos, assim**

**60**

**como a coloração e a textura das sementes das ervilhas, e como basicamente quase tudo nos seres vivos.**

**Nós temos duas características independentes, no que se refere ao tipo sanguíneo, mas que acabam sempre sendo faladas juntas:**

- . O tipo propriamente dito (A, B, AB ou O);**
- . o fator Rh (positivo ou negativo).**

**Assim, as possibilidades são essas: A<sup>+</sup> A<sup>-</sup> B<sup>+</sup> B<sup>-</sup> AB<sup>+</sup> AB<sup>-</sup> O<sup>+</sup> O<sup>-</sup>**

**O tipo (A, B, AB ou O) é determinado por fatores denominados I. Os tipos A, B e AB são compostos por fatores dominantes (I) e os indivíduos com sangue tipo O são compostos por fatores recessivos (i). Assim:**

- . o indivíduo tipo A tem o genótipo  $I^A I^A$  ou  $I^A i$ ;**
- . o indivíduo tipo B tem  $I^B I^B$  ou  $I^B i$ ;**
- . o indivíduo tipo AB tem  $I^A I^B$ ;**
- . o indivíduo tipo O tem ii. O fator Rh pode ser positivo ou negativo:**
  - . Indivíduos Rh+ têm fator dominante (RR ou Rr);**
  - . indivíduos Rh- têm fator**

**62**

**recessivo (rr). Se ainda estiver com dúvidas até esse ponto da atividade, vale a pena você dar uma paradinha e assistir a esse vídeo, sobre sistema ABO: <http://www.youtube.com/watch?v=1LG5ITkgP0g&feature=relmfu>.**

**<pág. 84>**

**Agora, continuando...**

**Considere um casal. O pai tem sangue  $A^+$ , e a mãe,  $B^+$ . Faça o que se pede:**

**a. Marque quais as possibilidades de genótipo do casal:**

**Mãe ( $A^+$ ): ( )  $I^A I^A$  RR ( )  $I^A I^A$   
RR ( )  $I^A I^A$  Rr ( )  $I^A i$  RR ( )**

$I^A i Rr$  ( )  $I^A i rr$  ( )  $iiRR$  ( )  
 $ii rr$

Pai ( $B^+$ ): ( )  $I^B I^B rr$  ( )  $I^B I^B$   
 $RR$  ( )  $I^B I^B Rr$  ( )  $I^B i RR$  ( )  $I^B$   
 $i Rr$  ( )  $I^B i rr$  ( )  $iiRR$  ( )  $ii rr$

**b. Imagine que a mãe tenha genótipo  $I^A i Rr$ , e o pai tenha genótipo  $I^B i Rr$ .**

**Realizando o cruzamento entre esses fatores, quais possíveis tipos sanguíneos os filhos poderiam ter? Use o quadro para realizar os cruzamentos.**

**64**

		<b>Pai</b>			
		<b>I<sup>B</sup>R</b>	<b>I<sup>B</sup>r</b>	<b>iR</b>	<b>ir</b>
<b>Mãe</b>	<b>I<sup>A</sup>R</b>				
	<b>I<sup>A</sup>r</b>				
	<b>iR</b>				
	<b>ir</b>				

**Resultados:**

**\*\*\*\*\***



**<pág. 85>**

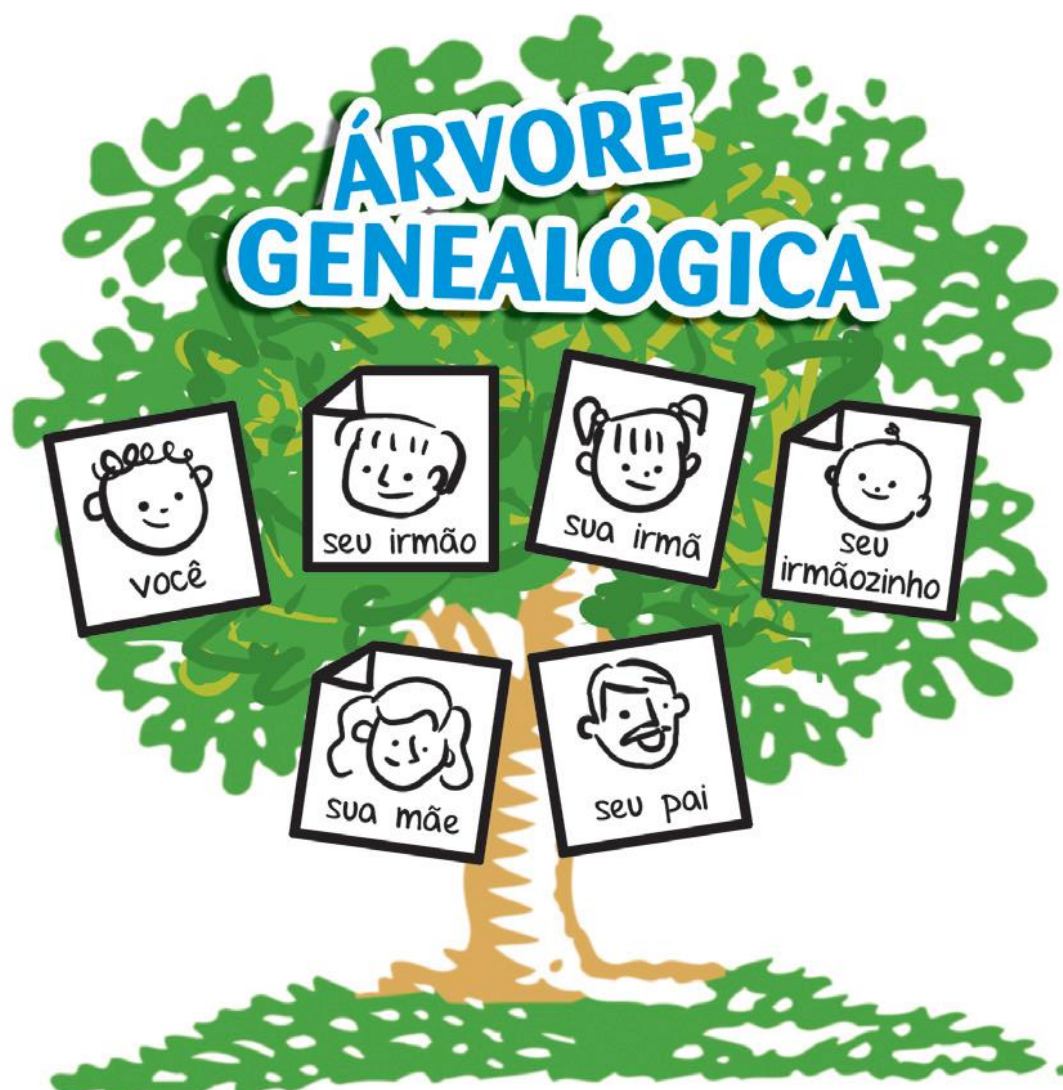
## **Seção 5**

### **Aprendendo mais com Árvores Genealógicas: os “Heredogramas”**

**Nem sempre temos à disposição material vivo ou em condições adequadas para tentar pesquisar diretamente a história dos cruzamentos entre indivíduos. Tal procedimento permitia-nos buscar compreender que caminhos seguiram os vários “fatores hereditários” desde gerações mais antigas até as atuais.**

**66**

**No entanto, podemos realizar esse levantamento de maneira mais simples: por meio de um esquema que nos ajude a mostrar como determinada característica foi sendo passada entre gerações, por exemplo, desde os bisavós até os bisnetos, em uma dada família. Podemos organizar essas informações em uma folha de papel. Como?**



**Figura 4: Estudando as características dos indivíduos e suas relações de parentesco, podemos aprender muito sobre como elas são passadas entre gerações.**

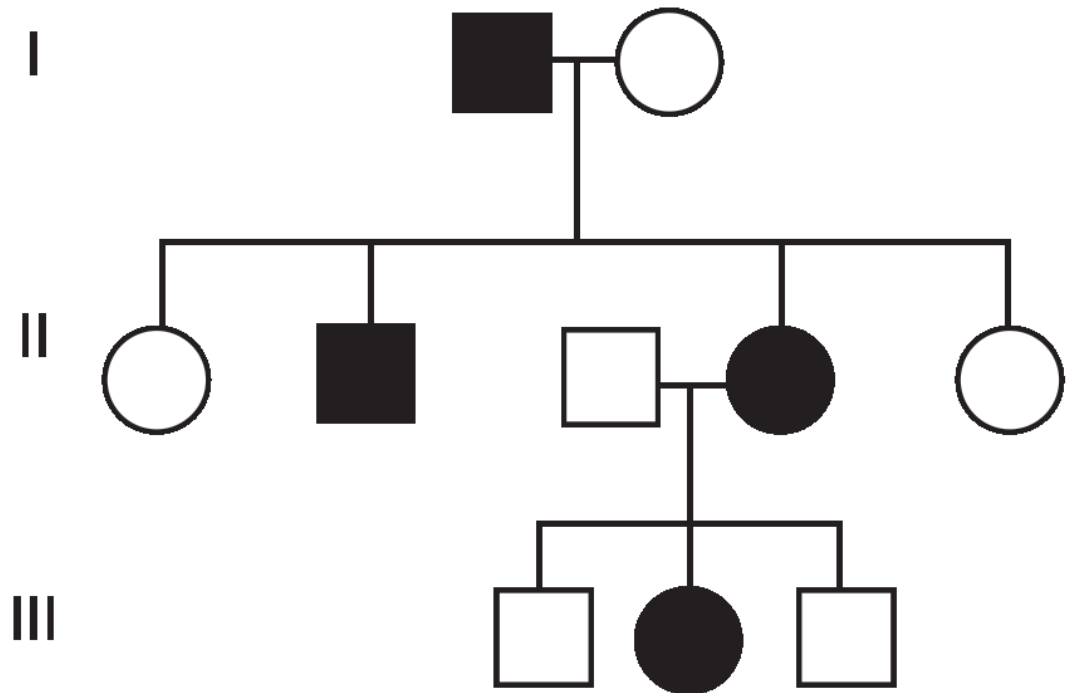
**Bem, sabendo quem formou par com quem (ou seja, quais foram os cruzamentos) em uma determinada família, podemos indicar, nesse esquema, por exemplo, a cor dos olhos exibida por cada um dos filhos de um casal. Depois, indicamos a cor dos olhos de cada um de seus pais; a seguir, dos avós paternos e maternos, dos bisavós, e assim por diante. É claro que só podemos seguir adiante na medida em que temos a maioria dessas informações disponíveis com certeza.**

**<pág. 86>**

**Uma vez que tal esquema esteja completo, ou pelo menos o mais completo possível, tentaremos compreender como tal característica foi sendo transmitida entre as gerações. Dessa forma, podemos saber se ela é de fato hereditária ou não, e a maneira (ou maneiras) como se dá sua herança.**

**Pesquisadores da área da Genética referem-se a esses esquemas como heredogramas”, que nada mais são do que representações básicas de**

**genealogias ou, em outras palavras, árvores genealógicas.**



**Figura 5: Exemplo de heredograma (os números romanos, à esquerda, referem-se a cada uma das gerações estudadas). A primeira geração é composta por um casal (geração I); nesta, o pai (quadrado escuro) exibe**

**uma característica que está sendo estudada e, por isso, é representado em preto. Note que a mesma foi transmitida a dois de seus filhos (um homem e uma mulher na geração II) e a uma neta (geração III).**

**Observe, na Figura 5, que há algumas regras para a construção de heredogramas em trabalhos mais formais de Genética. Homens são representados por quadrados, enquanto mulheres aparecem como círculos. As linhas horizontais indicam casamentos (ou “cruzamentos”), enquanto as verticais**

**indicam a descendência. Quando há mais de um filho em um casamento, estes são organizados em uma sequência da esquerda para a direita, por ordem de idade. Quando aquela característica que queremos estudar aparece em um indivíduo, seu símbolo respectivo é pintado de preto. Isso facilita as observações.**

### **Atividade 3**

**Montar um heredograma não é difícil. Tente fazer o seu! Você mesmo pode tentar montar um heredograma simples para**



**estudar algumas de suas características e de seus parentes.**

**<pág. 87>**

**Em uma folha de papel, represente, por exemplo, os indivíduos da sua família, desde a geração de seus avós até a sua. Vamos tomar o exemplo da característica “formato do lóbulo (ou lobo) da orelha”: você já notou que, entre as pessoas, ele pode ser “solto” (isto é, livre, como na figura à direita) ou preso na base (figura à esquerda)?**



**Agora tente entender como essa característica se distribui na sua família e como deve ter sido passada entre as gerações. Pergunte a seus parentes sobre essa característica em cada um deles. Lembre-se de que no seu heredograma as pessoas com lóbulo da orelha preso terão seus símbolos respectivos**

**pintados de preto.**

**O que você percebeu? Com base nos resultados, você acha que "lóbulo da orelha preso na base" é uma característica dominante ou recessiva?**

**\*\*\*\*\***

**Assim como no exemplo da orelha, outras coisas do nosso dia a dia podem ser explicadas por meio da hereditariedade. De um lado, mais simples, é o caso da "canoinha" (uma dobra) com a língua que algumas pessoas conseguem fazer e outras não. De outro, mais complexo e relevante, é o caso de propensão a**

**76**

**doenças cardíacas, diabetes e cânceres.**

**Como você deve perceber, a genética tem muito mais relação com nossas vidas do que você poderia imaginar quando começou a ler sobre ervilhas lá no início da unidade, não é mesmo?**

**<pág. 88>**

**Resumo**

**. A Genética nasceu e cresceu a partir de estudos cada vez mais aprofundados sobre a hereditariedade.**

**. Um monge austríaco chamado Gregor Mendel planejou cuidadosamente experiências para estudar como se dava a transmissão de características de uma geração para outra.**

**. Em um de seus experimentos, Mendel cruzou plantas que exibiam apenas sementes amarelas com outras de sementes apenas verdes. Ele observou que todas as plantas nascidas desse primeiro cruzamento tinham apenas sementes de cor amarela. Depois, cruzou as plantas filhas entre si. A maioria das novas plantas nascidas**

**78**

**nessa “segunda geração”, como esperado, tinha apenas sementes amarelas (3 em cada 4 plantas, ou 75% do total). Uma parte menor das novas plantas (1 em cada 4 plantas, ou 25% do total) apresentava, outra vez, sementes verdes.**

**. A observação das diferenças de proporções da característica “cor da semente” na F2 nos leva a uma conclusão muito importante: aparentemente, cada planta guarda sempre um par de fatores responsáveis pelo desenvolvimento de uma determinada característica.**

**Um deles é herdado do pai e o outro da mãe.**

**. No entanto, esses fatores, embora estejam juntos nas células de cada indivíduo, jamais se misturam; ao contrário, eles se somam. Isso porque, na formação dos gametas, eles se separam independentemente. Por sua importância, essa última conclusão ficou conhecida como a “Primeira Lei de Mendel”, ou “Lei da Segregação”, ou, ainda, “Lei da Pureza dos Gametas”.**

**. Genótipo é a composição genética de um indivíduo.**

**Fenótipo é a “aparência” de um indivíduo.**

**. Mendel continuou seus estudos selecionando plantas a fim de pesquisar mais de uma característica de uma vez só. Assim, ele cruzou plantas com sementes amarelas e lisas (fatores dominantes) com outras que exibiam sementes verdes e rugosas (fatores recessivos). Todas as plantas da primeira geração, como esperado, apresentaram apenas sementes amarelas e lisas.**

**. Como nos primeiros experimentos, Mendel**



**cruzou as plantas da primeira geração entre si e obteve como resultados: 9 em cada 16 tinham sementes amarelas e lisas; 3 em cada 16, amarelas e rugosas; 3 em 16, sementes verdes e lisas; 1 em 16 era verde rugosa.**

**. Mendel constatou que aquelas características das ervilhas que estavam juntas nas plantas originais não permaneciam juntas nas gerações seguintes.**

**<pág. 89>**

**. Ele concluiu que o processo de formação dos gametas parecia separar os fatores**

**82**

**hereditários entre eles, nesse caso independentemente. Essa nova conclusão ficou conhecida como a “Segunda Lei de Mendel”, ou “Lei da Segregação Independente”.**

**. Heredogramas são representações básicas de genealogias ou, em outras palavras, árvores genealógicas.**

**Veja ainda**

**. A National Geographic fez um programa sobre o Mendel, chamado Mendel e a ervilha, contando um pouco de sua vida e das experiências que ele**

**realizou. Esse documentário está disponível no youtube, dublado, em 3 partes:**

**1. Mendel e a ervilha (parte 1 de 3) – A estranha ervilha na vagem:**

**<http://www.youtube.com/watch?v=tfjDJE4kWhM>**

**2. Mendel e a ervilha (parte 2 de 3) – A simples ervilha:**

**<http://www.youtube.com/watch?v=VVIr37xPkk0&feature=related>**

**3. Mendel e a ervilha (parte 3 de 3) – Minha hora chegará:**

**<http://www.youtube.com/watch?v=hEdc96wxyZ8&feature=related>**

## **Respostas das atividades**

### **Atividade 1**

**a. Sim, pois ambos possuem um alelo recessivo (a) e podem gerar um gameta recessivo que, se conjugados pelo cruzamento, darão o genótipo aa.**

**b. Com os pais apresentando genótipo Aa, os gametas formados são A e a para cada um deles. Assim, o cruzamento ficaria:**

		<b>Pai</b>	
		<b>A</b>	<b>a</b>
<b>Mãe</b>	<b>A</b>	<b>AA</b>	<b>Aa</b>
	<b>a</b>	<b>Aa</b>	<b>aa</b>

<pág. 90>

**c. cruzamento de seus gametas. Assim, como podemos observar no quadro da letra b, a chance é 1 em 4.**

## Atividade 2

**a. Mãe ( $A^+$ ):** Se a mãe tem sangue  $A^+$ , ela tem pelo menos um fator dominante **I:**  $I^A I$  ou  $I i$ .

Se ela é  $RH^+$ , ela tem pelo menos um fator dominante **R:**  $RR$  ou  $Rr$ .

Assim, os possíveis genótipos para ela, dentre essas opções, são:

$( ) I^A I r r$   $( x ) I^A I^A R R$   $( x ) I^A I^A R r$   $( x ) I^A i R R$   $( x ) I^A i R r$   $( ) I^A i R R$   $( ) i i R R$   $( ) i i r r$

**Pai ( $B^+$ ):** Se o pai tem sangue  $B^+$ , ele tem pelo menos um fator dominante **I:**  $I^B I^B$  ou  $I^B i$ .

**Se ele é  $RH^+$ , ela tem pelo menos um fator dominante R: RR ou Rr.**

**Assim, os possíveis genótipos para ele, dentre essas opções, são:**

- $I^B I^B rr$       $I^B I^B RR$   
  $I^B I^B Rr$       $I^B i RR$   
  $I^B i Rr$       $I^B i rr$   
  $iiRR$       $ii rr$

**b. As chances de eles terem um filho albino são expressas pelas chances de eles formarem o genótipo aa pelo Sabendo que a mãe é  $I^A i Rr$  e o pai é  $I^B i Rr$ , os gametas gerados são: Mãe:  $I^A R$ ,  $I^A r$ ,  $i R$  e  $i r$ .**

**88**

**Pai:  $I^B R$ ,  $I^B R$ ,  $iR$  e  $ir$ .**

**<pág. 91>**

**Assim, o cruzamento fica:**

		<b>Pai</b>	
		<b><math>I^B R</math></b>	<b><math>I^B r</math></b>
<b>Mãe</b>	<b><math>I^A R</math></b>	<b><math>I^A I^B RR</math></b>	<b><math>I^A I^B Rr</math></b>
	<b><math>I^A r</math></b>	<b><math>I^A I^B Rr</math></b>	<b><math>I^A I^B rr</math></b>
	<b><math>i R</math></b>	<b><math>I^B i RR</math></b>	<b><math>I^B i Rr</math></b>
	<b><math>ir</math></b>	<b><math>I^B i Rr</math></b>	<b><math>I^B i rr</math></b>



		<b>Pai</b>	
		<b>iR</b>	<b>ir</b>
<b>Mãe</b>	<b>I<sup>A</sup> R</b>	<b>I<sup>A</sup> i RR</b>	<b>I<sup>A</sup> i Rr</b>
	<b>I<sup>A</sup> r</b>	<b>I<sup>A</sup> i Rr</b>	<b>I<sup>A</sup> i rr</b>
	<b>i R</b>	<b>ii RR</b>	<b>iiRr</b>
	<b>ir</b>	<b>iiRr</b>	<b>iirr</b>

**Resultados: Traduzindo os genótipos encontrados no cruzamento, temos**

		Pai			
		$I^B R$	$I^B r$	$iR$	$ir$
M ã e	$I^A R$	$AB^+$	$AB^+$	$A^+$	$A^+$
	$I^A r$	$AB^+$	$AB^-$	$A^+$	$A^-$
	$iR$	$B^+$	$B^+$	$O^-$	$O^+$
	$ir$	$B^+$	$B^-$	$O^-$	$O^-$

**Em chances, temos:**

- . 3 em 16 de o filho ser  $A^+$ ;**
- . 1 em 16 de ser  $A^-$ ;**
- . 3 em 16 de o filho ser  $B^+$ ;**
- . 1 em 16 de o filho ser  $B^-$ ;**

- . 3 em 16 de o filho ser AB<sup>+</sup>;**
- . 1 em 16 de ser AB<sup>-</sup>;**
- . 3 em 16 de ser O<sup>+</sup>;**
- . 1 em 16 de ser O<sup>-</sup>.**

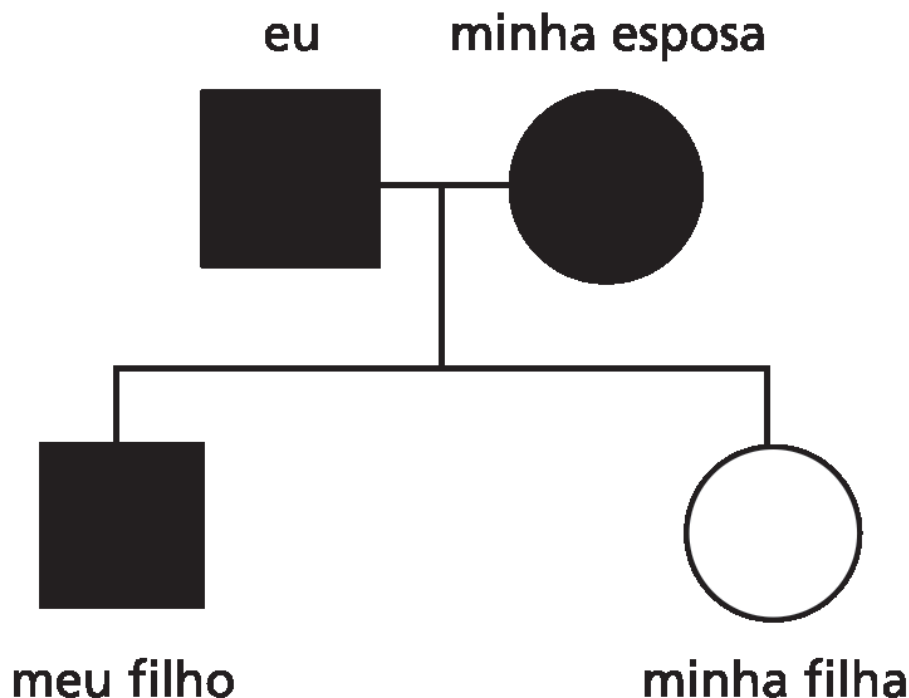
**<pág. 92>**

### **Atividade 3**

**É impossível que eu consiga dar uma resposta a essa atividade, considerando que o enunciado pedia para que você avaliasse os lóbulos das orelhas da sua família. O que posso fazer é lhe mostrar como é na minha, para que você tenha um exemplo.**

92

**Eu tenho lóbulo preso.  
Minha esposa também.  
Temos dois filhos: um tem  
lóbulo solto; e a outra tem  
lóbulo preso. No  
heredograma,  
representamos o lóbulo  
preso pelas figuras pretas:**



**Repare que, apesar de eu e minha esposa termos o lóbulo preso, nossa filha tem lóbulo solto. Isso significa**

**que a característica lóbulo solto estava “escondida” em nós (minha esposa e eu) e que, na formação dos gametas, ela pôde se expressar.**

**Podemos concluir que essa característica que ficou escondida (lóbulo solto) é recessiva (aa), enquanto o lóbulo preso é dominante (AA ou Aa).**

**Outra conclusão é que, se nossa filha tem lóbulo solto (ou seja, aa), minha esposa e eu temos que ter passado para ela um alelo recessivo (um a do pai e um a da mãe).**

**94**

**Assim, só podemos ser heterozigotos para essa característica, ou seja, Aa.**

**<pág. 93>**

**O que perguntam por aí?**

**Questão 1 (ENEM 2009)**

**Em um experimento, preparou-se um conjunto de plantas por técnica de clonagem a partir de uma planta original que apresentava folhas verdes. Esse conjunto foi dividido em dois grupos, que foram tratados de maneira idêntica, com exceção das condições de iluminação, sendo um grupo exposto a**

**ciclos de iluminação solar natural e outro mantido no escuro. Após alguns dias, observou-se que o grupo exposto à luz apresentava folhas verdes como a planta original e o grupo cultivado no escuro apresentava folhas amareladas.**

**Ao final do experimento, os dois grupos de plantas apresentaram:**

**a. os genótipos e os fenótipos idênticos.**

**b. os genótipos idênticos e os fenótipos diferentes.**

**c. diferenças nos genótipos e fenótipos.**

**d. o mesmo fenótipo e apenas dois genótipos diferentes.**

**e. o mesmo fenótipo e grande variedade de genótipos.**

**Gabarito: Letra B.**

**Comentário: Essa pergunta se responde em duas partes.**

**Na primeira, vamos analisar o início do enunciado. As plantas foram preparadas por clonagem. Embora não esteja aqui na nossa aula, você já deve ter ouvido falar muitas vezes na mídia sobre clonagem. Houve até uma novela sobre isso (*O Clone*, Rede Globo,**



**2001). Um clone é um indivíduo que apresenta genótipo exatamente igual a outro. Para se fazer um clone, os cientistas pegam uma célula de um indivíduo e provocam a multiplicação dessa célula muitas e muitas vezes, em condições especiais e controladas. Assim, o indivíduo novo é igual ao doador da célula que foi clonada. Na natureza, isso acontece naturalmente com os gêmeos idênticos. Eles têm genótipos iguais.**

<pág. 94>

**Como você viu na nossa unidade, genótipo é o material genético, e fenótipo é a aparência. Se uma mulher morena vai ao salão e pinta o cabelo de louro, ela está mudando o fenótipo dela, mas não está alterando seu genótipo. Depois de um tempo, o cabelo que nascer nela nascerá escuro como antes da pintura, pois seu genótipo determina isso.**

**Assim, privar uma planta de luz fazendo com que umas fiquem com folhas amarelas e outras com folhas verdes é análogo à**

**mulher que pintou o cabelo:  
tem alteração no fenótipo,  
mas não no genótipo.**

**Bom, então vamos à  
resposta: clones têm  
genótipos iguais. Plantas  
com folhas de cor diferentes  
têm genótipos diferentes.  
Por isso, a resposta certa é  
a letra B.**

**<pág. 95>**

**Caia na rede!  
Árvore genealógica  
interativa; quer ter uma?**

**Conhecer a sua  
genealogia, ou seja, a  
descendência e ascendência  
de sua família é algo muito**

**100**

**interessante! No entanto, nem sempre é possível você conhecer ou mesmo manter contato presencial com todos os membros da sua família.**

**Virtualmente, porém, já é possível você conhecê-los e trocar mensagens com eles. Quer saber como?**

**Entre nesse *site* e preencha os seus dados. Colocar fotos também é "superválido"!!!**

**<http://www.myheritage.com.br/>**

**Além disso, convença todos os seus parentes**

**conhecidos a fazer o mesmo. Assim, é possível montar uma rede de interações, que se expandirá ao ponto de você se surpreender! Quem sabe você não acaba descobrindo que é o primo em terceiro grau da sua vizinha?!**

**102**

**Unidade 4**

**<pág. 5>**

**As moléculas da vida**

**Para início de conversa...**

**Biodiversidade, hereditariedade, passagem de características entre gerações, material genético... essas foram algumas das expressões que você mais “ouviu” até o momento, neste módulo.**

**Está bem claro que é por meio desse material genético, que vai dos pais para os filhos pelos gametas, que as características vão passando entre os indivíduos, geração**

**após geração. Este material genético duplica-se nos processos de divisão celular, resultando em células-filhas com o mesmo material genético da célula-mãe, não é?**

**Mas você tem ideia real de como isso acontece dentro de uma célula? Você sabe como é esse material genético?**

**Existem exceções na Natureza, mas, em geral, o material genético dos seres vivos é formado por uma molécula chamada DNA.**

**Você já deve ter ouvido falar de DNA muitas vezes, em reportagens, programas de TV,**

**até mesmo novelas. Deve ter ouvido também os termos genes, proteínas... Mas você sabe, de fato, o que esses nomes significam? Conseguir relacioná-los ao que vimos até aqui no módulo, em termos de hereditariedade, mutação e biodiversidade? É isso que vamos fazer pelas próximas páginas desta unidade!**

**<pág. 66>**

**Objetivos de aprendizagem:**

- . Relacionar a estrutura do DNA ao seu papel de conservação e transferência de informação genética.**
- . Reconhecer os processos de replicação, transcrição e**



**tradução, e identificar seus mecanismos e diferenças.**

**. Relacionar os mecanismos de controle da expressão gênica com a diversidade de características em um mesmo indivíduo ou entre indivíduos diferentes.**

**<pág. 7>**

## **Seção 1**

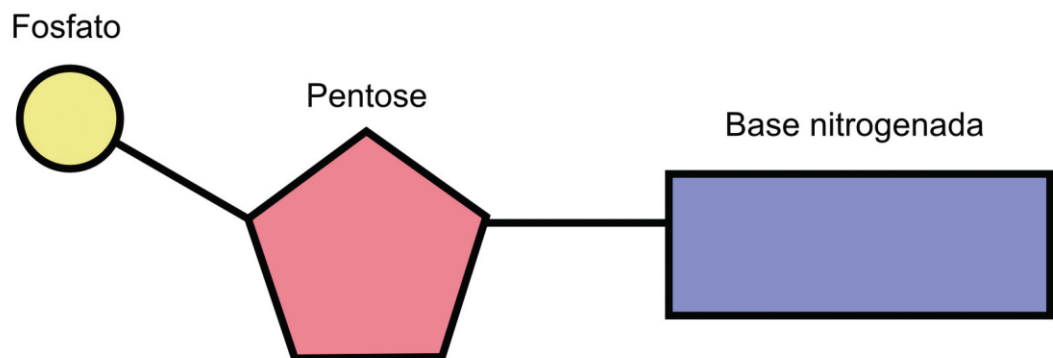
**DNA: A molécula da vida**  
**DNA é a sigla (em Inglês)**  
**para o nome Ácido**  
**desoxirribonucléico. A**  
**primeira coisa que você**  
**precisa saber sobre o DNA é**  
**que ele é uma molécula (ou**

**seja, um conjunto de átomos). Esta molécula, assim como todas as outras, segue as leis da Química – e é importante dizer isso, inclusive, para você entender o porquê de estar estudando certos conteúdos em Química.**

**O DNA é um polímero. Isso significa que a sua totalidade é formada por várias unidades. Estas unidades são formadas de moléculas menores, que se associam de acordo com suas características químicas (como você verá no próximo módulo de Química), formando uma grande cadeia.**

**As unidades que se associam para formar uma cadeia de DNA são chamadas nucleotídeos.**

Nucleotídeo



**Figura 1: Um nucleotídeo é a unidade mínima da molécula de DNA. Um nucleotídeo é formado por um açúcar (chamado desoxirribose), uma das quatro bases nitrogenadas (A, T, C ou G) e por grupamentos fosfato (átomo**

**108**

**de fósforo associado a três de oxigênio).**

**Verbete**

**ATCG**

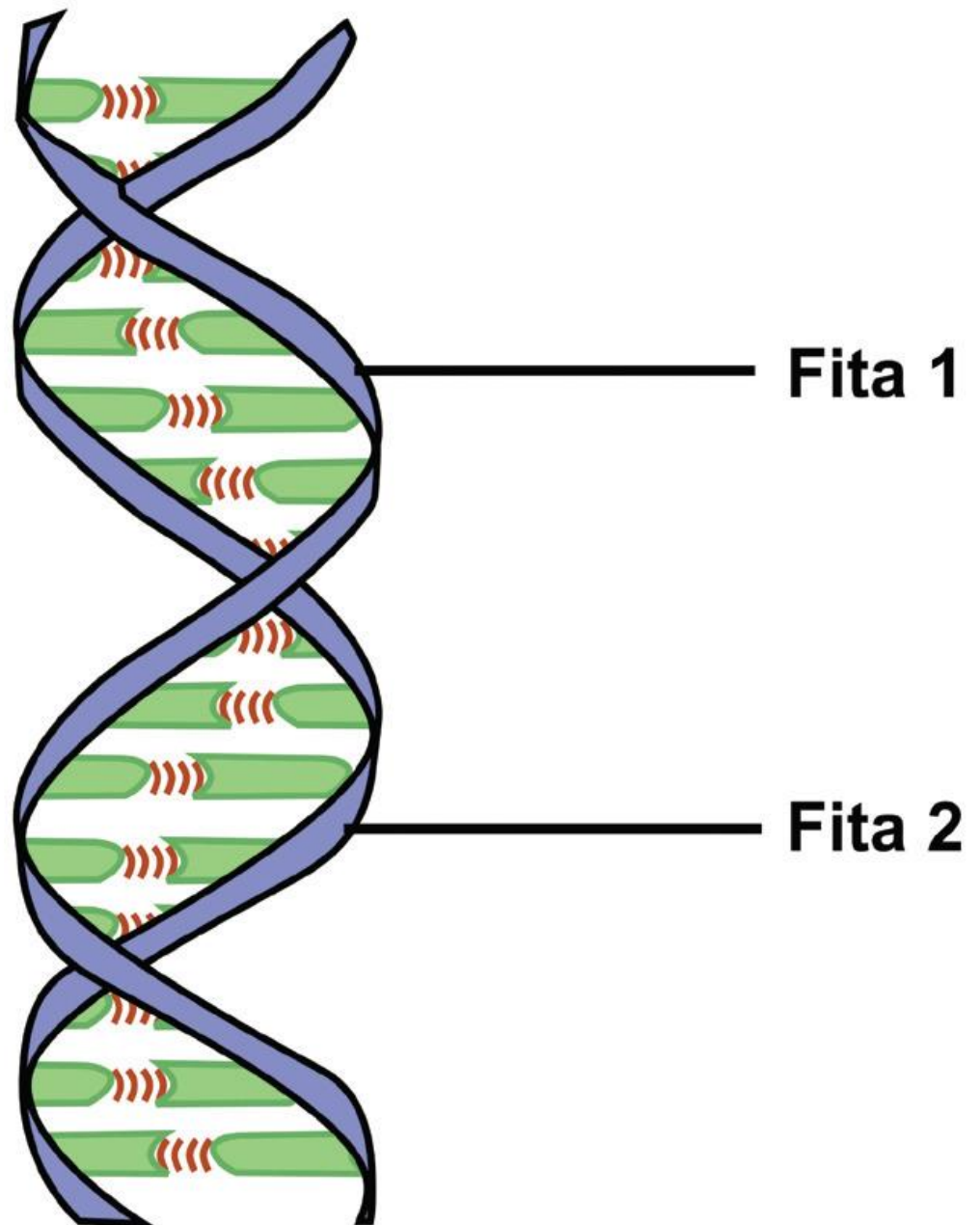
**Estas letras são abreviações dos nomes das quatro bases nitrogenadas: Adenina, Timina, Citosina e Guanina**

**\*\*\*\*\***

**<pág. 8>**

**Quando esses nucleotídeos associam-se, eles formam uma cadeia de DNA, também chamada de fita de DNA, que tem o aspecto de uma hélice. Só que, para ser mesmo uma molécula de DNA, é necessário que duas fitas de nucleotídeos**

**associem-se quimicamente, formando uma dupla-fita.**



**Figura 2: A molécula de DNA é formada por duas fitas (cadeias) de nucleotídeos, que**

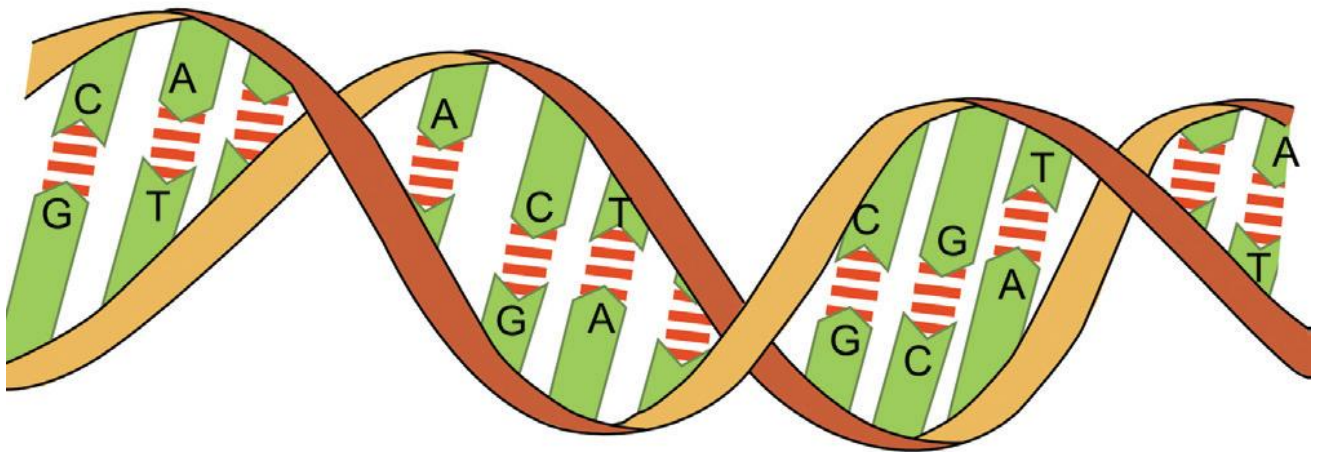
**110**

**se associam, formando a dupla hélice que você vê na figura. Esta é a molécula responsável pela manutenção e passagem de características entre ancestrais e seus descendentes.**

**A associação de uma fita com a outra, para formar a molécula do DNA, acontece por meio de ligações químicas entre as bases nitrogenadas (A, T, C e G) que compõem cada nucleotídeo da fita. As bases são complementares, formando pares da seguinte maneira:**

**(Neste ponto há uma figura. Consulte o professor.)**

**Assim, uma fita que tenha a sequência A T C G vai conseguir parear com outra fita que tenha a sequência T A G C. Veja o exemplo na figura a seguir:**



**Figura 3: As bases nitrogenadas de uma fita de DNA podem se ligar, de forma complementar, às bases nitrogenadas de outra fita, e é assim que se forma a dupla-fita, ou dupla hélice de DNA.**

## **Por que DNA?**

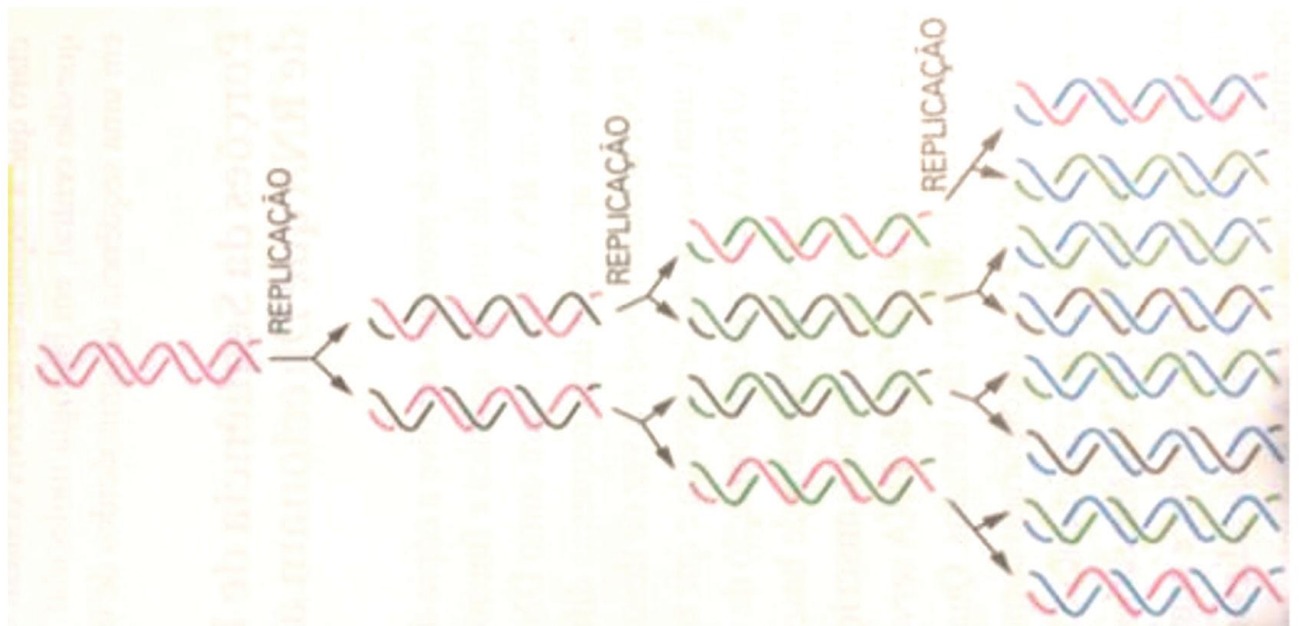
**Agora que você já sabe como é a estrutura da molécula de DNA, podemos discutir um pouco sobre o porquê de esta molécula ser capaz de conservar as características dos indivíduos e transmiti-las às gerações seguintes.**

**Em termos químicos, a molécula de DNA é muito estável, o que significa que ela não se degrada facilmente, perdendo a informação que carrega. Por isso, ela funciona muito bem no processo de manutenção das**



**características de um indivíduo.**

**Outro ponto “a favor do DNA” é que esta molécula consegue ser facilmente duplicada. O fato de a estrutura da molécula de DNA ser em dupla-fita proporciona moldes aos sistemas de duplicação (ou replicação, como é mais conhecido este processo) do DNA para síntese de novas moléculas. Veja:**



**Figura 4: A replicação de uma molécula de DNA acontece, utilizando-se uma molécula já existente de molde. Cada uma das fitas serve de molde para síntese de uma nova fita, complementar à original.**

**Assim, o sistema de replicação sintetiza duas moléculas de DNA a partir de uma. Isso é a duplicação do material genético, que**

**acontece dentro das células quando elas vão entrar em divisão para gerar células-filhas, evento de que falamos muito nas unidades passadas.**

**Repare na Figura 4 que as duplas-fitas novas, sintetizadas pelo sistema de replicação, conservam em si metade da molécula de DNA original. Esse fato acontece sempre nas replicações e, por isso, o sistema é chamado semiconservativo (conserva parte do seu original, digamos assim).**

**Mas, se há conservação e o sistema utiliza um molde para síntese de nova molécula de**

**116**

**DNA, como acontecem alterações nesse DNA, como acontecem as mutações?**

**<pág. 10>**

**Erros na replicação**

**Bom, você viu bastante nas unidades 1 e 2 que, para que tenhamos biodiversidade no planeta, dentre outros fatores, mutações precisam acontecer. Agora, você está vendo que o DNA é, literalmente, copiado, a partir de moldes, quando uma célula vai se dividir. Nesse processo de cópia, de replicação, como surge uma mutação?**

**O sistema de replicação é composto por diversas etapas. Simplificando, vamos falar brevemente de duas:**

**a. Existe uma molécula capaz de “ler” a sequência de bases nitrogenadas de uma fita e replicá-la em outra fita (utilizando as bases complementares). Esta molécula que faz essa leitura e síntese da nova fita é capaz de “ler” milhares e milhares de moléculas em uma velocidade enorme. Ela comete pouquíssimos erros, mas comete (estima-se que seja um erro a cada um bilhão de bases “lidas”).**

**b. Como a manutenção da fidelidade da sequência de bases é importante, já que a molécula que “lê” a original e sintetiza a nova fita é capaz de cometer erros, existe um sistema composto por outras moléculas e que corrige esses erros. Mas ainda assim, embora raramente, alguns erros se estabelecem.**

**Graças a essas duas etapas no processo de replicação de uma molécula de DNA, a possibilidade de termos mutação é sempre baixíssima – mas é possível.**

**Como o DNA determina as minhas características?**

**Você já entendeu o porquê de você ter determinadas características – elas vieram dos seus pais por meio do DNA e, como essa molécula duplica-se fielmente, você conservou em você características dos dois.**

**Mas como essas características se expressam? Como, se o DNA do meu pai está nas minhas células, eu sou parecido com ele, e não igual a ele?**

**A primeira parte dessa resposta você já sabe: você não é igual ao seu pai porque**

**120**

**a outra metade do seu DNA veio da sua mãe. A segunda parte é novidade: o DNA apresenta pedaços capazes de serem convertidos em algumas características. Esses pedaços são chamados de genes.**

**Genes, portanto, são pedaços de DNA capazes de expressar alguma característica (mesmo as que não são visíveis). Assim, a cor dos olhos tem a ver com os genes que estão sendo expressos no seu organismo e determinando se você tem olhos azul, verde ou preto. O fato de você ser alto ou baixo, negro ou branco, sentir muito calor ou muito frio – tudo o**



**que acontece em você tem a ver com a expressão dos seus genes.**

**Uma questão muito importante é o que significa, de fato, expressão de um gene. Como é possível que esse pedaço de DNA determine características e outros pedaços, não?**

**<pág. 11 >**

## **Atividade 1**

### **Protegendo informações preciosas**

**Imagine que você está assistindo a um filme com um colega. Este filme trata de te-**

**mas relativos à Evolução e à Genética, assuntos sobre os quais seu amigo não tem grandes conhecimentos.**

**Depois de uma cena que discute a hereditariedade, ele afirma: “Não entendo como que funciona essa história de DNA! Como é que isso pode determinar que meu filho será parecido comigo? Ao mesmo tempo, eu sou parecido com meu bisavô... não entendo... como pode?”**

**Como você ajudaria seu amigo a entender? Leve em consideração em sua resposta:**

**.as características da estrutura da molécula de DNA;**

**.o seu processo de  
replicação.**

**\*\*\*\*\***

## **RNA: Versatilidade dentro da célula**

**O DNA guarda toda a  
informação genética de um  
indivíduo. Ele é uma molécula  
enorme, que fica situada  
dentro do núcleo da célula,  
muitas vezes condensada na  
de cromossomos, sem  
comunicação direta com o  
restante da célula e sem  
comunicação com os meios  
extracelulares no nosso corpo  
(ex.: sangue, interior do  
estômago etc).**

**Até um gene expressar uma determinada característica, existem dois processos acontecendo: a transcrição e a tradução.**

**A transcrição é um processo que transforma pedaços do DNA (genes) em pedaços de um outro tipo de ácido nucléico, o RNA. O RNA é um ácido nucléico muito mais “versátil” dentro da célula, porque ele é bem menor que o DNA e consegue sair do núcleo, carregando a informação genética que ela contém. Quando esse RNA sai do núcleo da célula para sua outra parte, o citoplasma, ele pode ser *traduzido* em moléculas que, no final das**

**contas, vão ser as responsáveis pela manifestação das nossas características. Essas moléculas são as proteínas.**

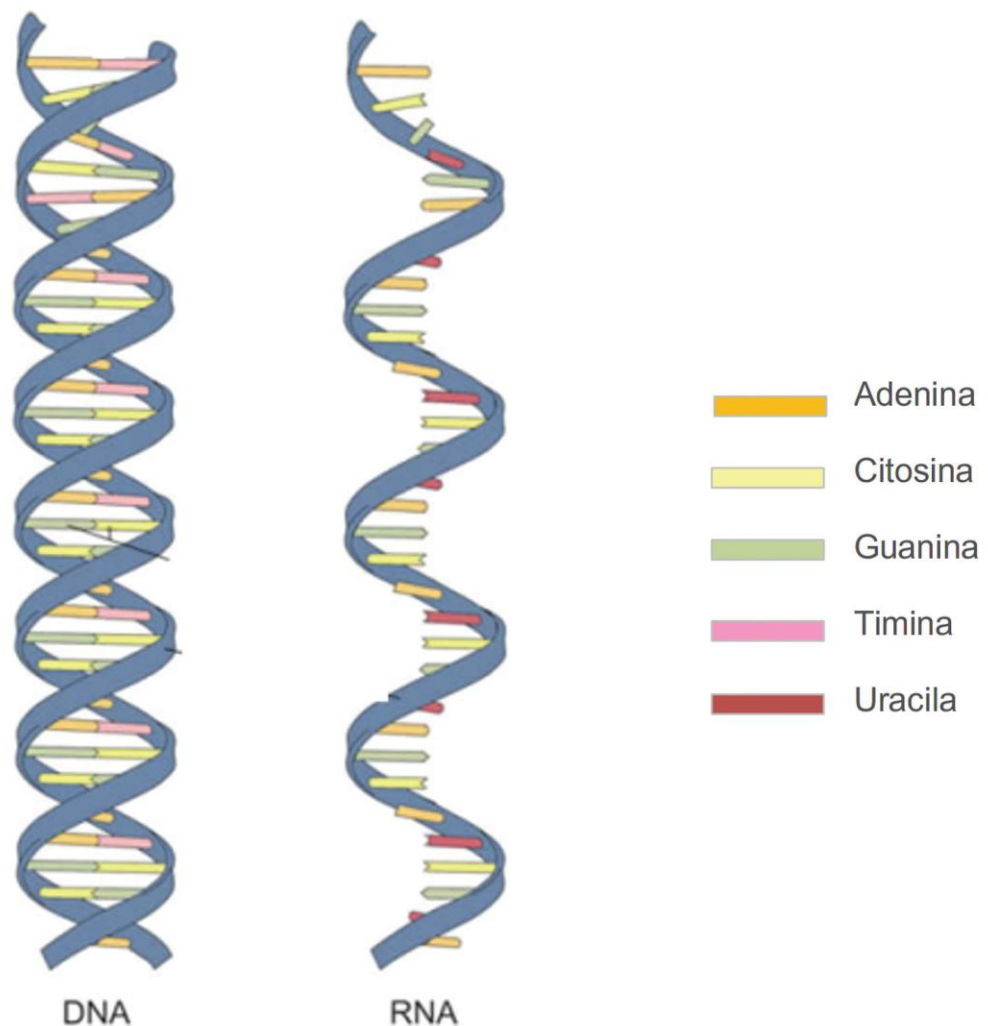
**Mas vamos por partes...**

**<pág. 12>**

## **Transcrição**

**O RNA também é formado por nucleotídeos que, em vez de desoxirribose (como no DNA), apresentam outro açúcar, a ribose. Outra diferença está nas bases nitrogenadas: em vez de A T C G, no RNA temos A U C G. Estas pequenas diferenças**

fazem com que a estrutura das duas moléculas seja diferente: enquanto o DNA é dupla-fita, o RNA é uma fita simples.



**Figura 5: Molecularmente, as diferenças entre DNA e RNA**

**estão em seus nucleotídeos. Os dois ácidos nucléicos possuem açúcares diferentes na composição de seus nucleotídeos e, no RNA, encontramos a base nitrogenada U, em vez de T. Estas pequenas diferenças conferem ao RNA a característica de ser de fita simples (uma única cadeia) e, por causa disso, esse ácido nucléico é bem mais instável que o DNA.**

### **Importante**

**As diferenças na estrutura das moléculas de DNA e RNA acabam significando diferenças na função das duas moléculas. Enquanto o DNA**

**128**

**armazena, de maneira estável, as informações genéticas dos indivíduos, o RNA possibilita que essa informação seja expressa nas características que compõem o indivíduo.**

**\*\*\*\*\***

**Verbetes**

**U**

**É a abreviação de Uracila, uma das bases nitrogenadas que compõem os nucleotídeos de RNA.**

**\*\*\*\*\***

**<pág. 13>**

**Para carregar a informação genética (do DNA) para fora do núcleo da célula, o RNA precisaria “copiar” esta**



**sequência. No entanto, como DNA e RNA têm propriedades moleculares diferentes (os nucleotídeos – bases e açúcar), acaba que esta não é uma cópia fiel, mas uma *transcrição* de uma informação em outra, que tem o mesmo significado, mas é escrita de outra maneira.**

**No interior do núcleo das células, assim como existe o sistema de replicação do DNA, existe também um sistema de transcrição de DNA em RNA. São moléculas que “lêem” a molécula de DNA e montam uma sequência de RNA (lembrando que as bases continuam respeitando a**

**130**

**lógica complementar, ou seja,  
A faz par com T ou U;  
C faz par com G):**

Sequência DNA **A T C G T C T A**

Transcrição em...

Sequência RNA **U A G C T C T A**

## **Multimídia**

**Se estiver difícil de entender,  
você pode visitar a animação  
que indicamos a seguir para  
visualizar o processo de  
transcrição do DNA em RNA:**

**<http://www.youtube.com/watch?v=fynGKohVYHw>**

**\*\*\*\*\***

**Esses transcritos de RNA a  
partir da “leitura” de um  
pedaço da molécula de DNA  
podem ter diversas funções**

**dentro da célula. A que nos interessa mais no contexto deste módulo é a do RNA mensageiro (RNAm), que serve como um mensageiro mesmo, aquele que leva a mensagem genética do núcleo para o citoplasma, para ser traduzida em proteínas.**

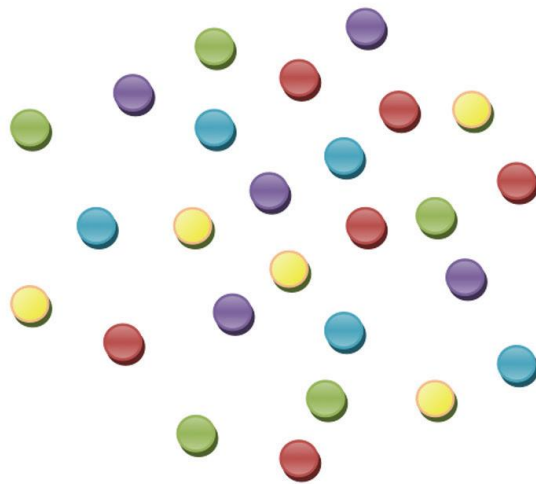
**<pág. 14>**

## **Proteínas**

**Uma proteína é uma molécula que, assim como o DNA e o RNA, tem sua totalidade formada pela associação de várias unidades. As unidades que se associam quimicamente para formar**

**132**

**uma proteína são os aminoácidos.**



Aminoácidos



Proteína

**Figura 6: Proteínas são polímeros formados por aminoácidos, que se associam quimicamente.**

**Existem 20 aminoácidos diferentes que compõem as proteínas. Dependendo da ordem em que eles são dispostos para formar uma proteína, eles originam proteínas diferentes.**

**Esta ordem não é definida aleatoriamente, mas sim pelo código genético. Assim, o DNA que armazena suas características hereditárias teve uma parte transcrita em um RNAm que, no citoplasma da célula, será traduzido em proteína.**

## **Tradução**

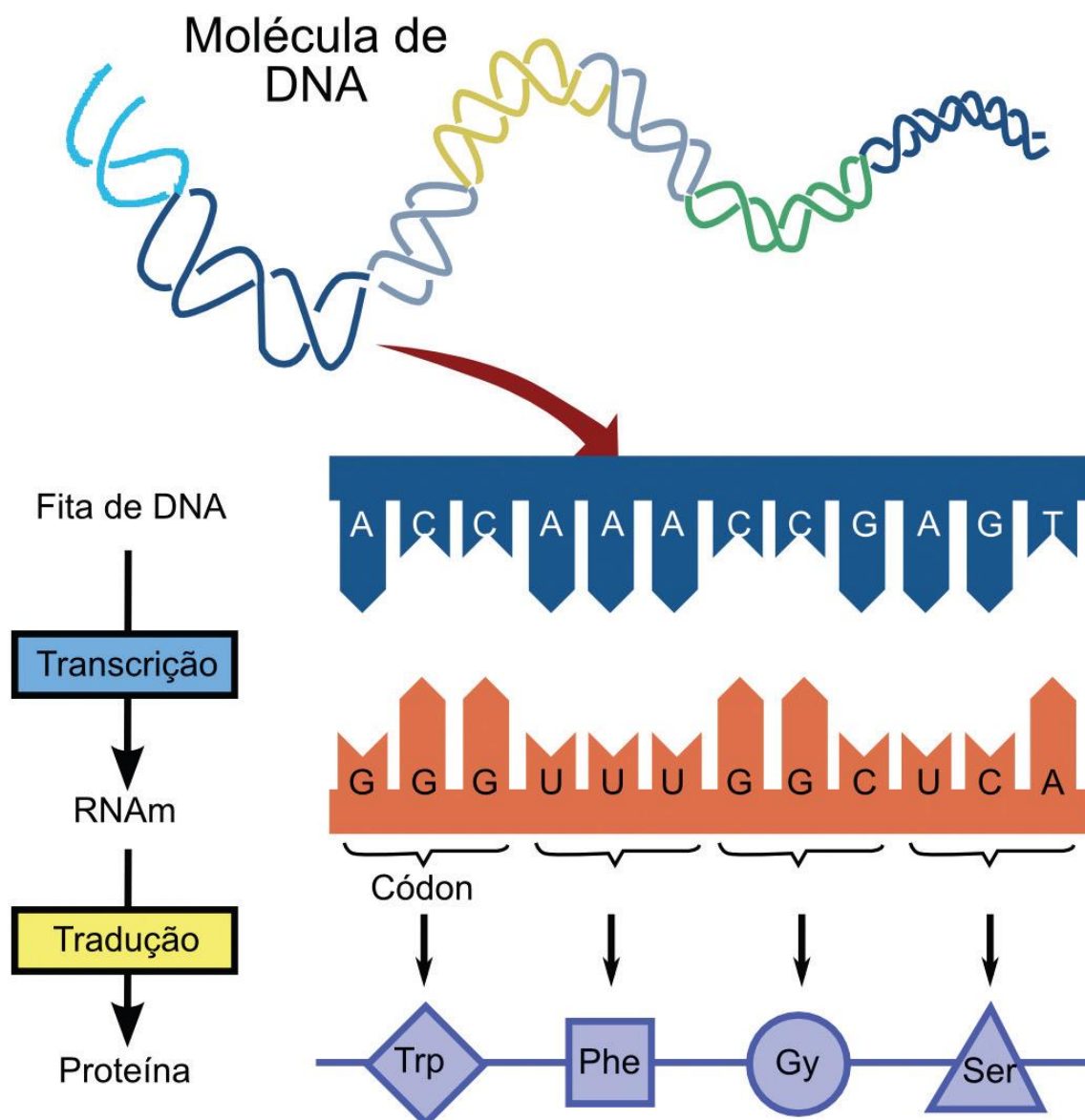
**A replicação e a transcrição são processos que acontecem a partir da leitura de um molde (uma fita de DNA) e adição de nucleotídeos com bases complementares para formar a molécula nova.**

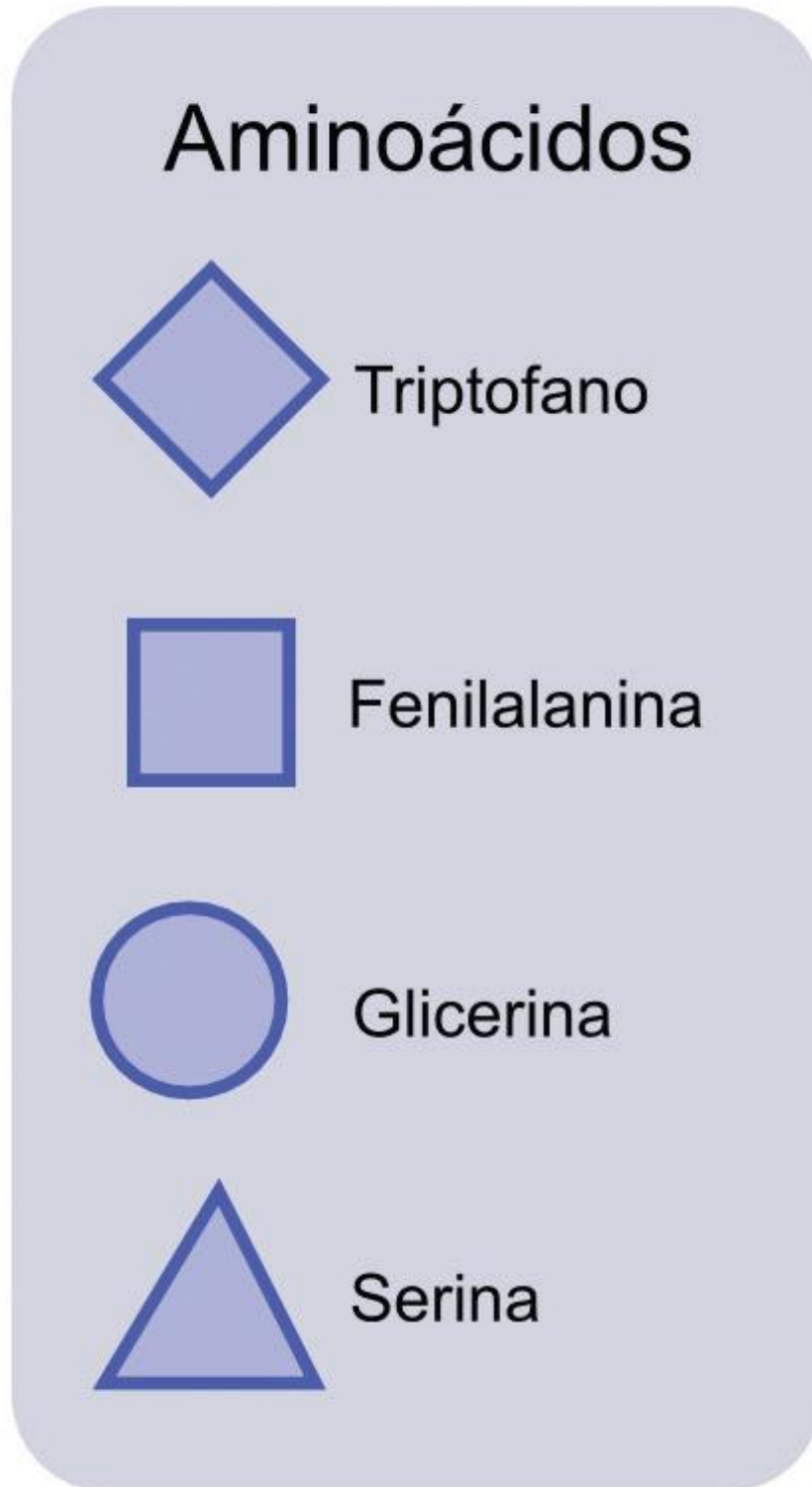
**No caso da tradução, a lógica se mantém, mas o processo é um pouco diferente. A sequência de RNAm é lida para originar as proteínas de três em três bases. Enquanto nos outros dois processos, temos uma base complementar à base original sendo acrescentada na molécula nova, aqui teremos um outro código em questão. É preciso uma sequência de 3 bases nitrogenadas para originar a adição de 1 único aminoácido.**

**Essa sequência de 3 bases é chamada de códon, e pode ser composta por quaisquer das 4 bases, em diferentes posições. Podemos dizer que os códons**

são "palavras de 3 letras que significam um aminoácido".

<pág. 15>





**Figura 7: Veja que cada sequência de 3 bases nitrogenadas de um RNAm**



**(códon) são traduzidas em aminoácidos que, por interações químicas entre eles formam uma cadeia chamada proteína. A primeira linha é a fita de DNA que dá origem ao RNAm (segunda fita) através da transcrição. Na última linha, você vê letras minúsculas que são as siglas dos aminoácidos codificados pelos códon.**

**Quase qualquer combinação de bases é passível de ser traduzida em um aminoácido. Na tabela a seguir, apresentamos a codificação, só para você ter uma ideia.**

# 138

**Dois fatos são importantes de se reparar na tabela:**

**1. O códon AUG, que é o único que codifica o aminoácido Metionina (Met).**

**2. Os códons UAA, UAG e UGA, que não codificam nenhum aminoácido.**

**O códon AUG é o códon onde a síntese de uma proteína começa. O sistema de tradução, que fica no citoplasma e "lê" o RNAm para traduzi-lo em uma proteína, só começa a síntese da proteína quando encontra esse códon na sequência do RNAm.**

**A segunda observação mostra que há um momento**

**da leitura da sequência de RNAm que nada é adicionado à cadeia de proteína, encerrando a síntese dessa proteína. Esses códons de parada, portanto, são fundamentais para determinar o momento em que toda a sequência necessária para dar origem a uma determinada proteína foi lida.**

		2ª LETRA					
		U	C	A	G		
1ª LETRA	U	UUU Fenilalanina	UCU Serina	UAU Tirosina	UGU Cisteína	3ª LETRA	U
		UUC Fenilalanina	UCC Serina	UAC Tirosina	UGC Cisteína		C
	UUA Leucina	UCA Serina	UAA Parada	UGA Parada	A		
	UUG Leucina	UCG Serina	UAG Parada	UGG Triptofano	G		
	CUU Leucina	CCU Prolina	CAU Histidina	CGU Arginina	U		
C	CUC Leucina	CCC Prolina	CAG Histidina	CGC Arginina	C		
	CUA Leucina	CCA Prolina	CAA Glutamina	CGA Arginina	A		
CUG Leucina	CCG Prolina	CAG Glutamina	CGG Arginina	G			
A	AUU Isoleucina	ACU Treonina	AAU Aparagina	AGU Serina	U		
	AUC Isoleucina	ACC Treonina	AAC Aparagina	AGC Serina	C		
	AUA Isoleucina	ACA Treonina	AAA Lisina	AGA Arginina	A		
	AUG Metionina	ACG Treonina	AAG Lisina	AGG Arginina	G		
G	GUU Valina	GCU Alanina	GAU Aspartato	GGU Glicina	U		
	GUC Valina	GCC Alanina	GAC Aspartato	GGC Glicina	C		
	GUA Valina	GCA Alanina	GAA Glutamato	GGA Glicina	A		
	GUG Valina	GCG Alanina	GAG Glutamato	GGG Glicina	G		

**Figura 8: A cada 3 bases, o RNAm é traduzido em um aminoácido. As 3 bases (códon) podem estar quase que em qualquer ordem para serem traduzidas em um aminoácido. Existem apenas 3 combinações que não correspondem a aminoácidos – elas são importantes para determinar onde deve terminar a cadeia de proteína.**

**Esses dois fatos significam que não é necessariamente toda a extensão do RNAm que é traduzida de três em três bases para gerar uma proteína. Somente pedaços específicos são capazes disso. Há casos, inclusive, em que essa proteína é “editada” depois de sua síntese, por diversos mecanismos existentes dentro da célula (mas essa é uma outra história...). Esse “tamanho” da proteína e os tipos de aminoácidos que compõem essa molécula vão determinar a estrutura dela e, conseqüentemente, sua função no organismo.**

**Estima-se que uma única célula sintetize entre 10.000 e 20.000 proteínas diferentes. Só para você ter uma ideia de como elas são importantes para a sua vida, são as proteínas que atuam no seu corpo ajudando a digerir o alimento que você come. Uma delas é responsável por transportar o oxigênio pelo seu sangue para todas as células do seu corpo. Todos os músculos do seu corpo se contraem e se distendem por causa de proteínas que compõem sua estrutura. Suas unhas, cabelo, pele – tudo é composto de proteínas.**

**São infinitos exemplos das funções das proteínas nos**

**organismos (não só no nosso, mas de todos os seres vivos). Um que é curioso e vale a pena destacar no contexto desta unidade é o fato de que elas são capazes de participar da regulação da produção delas mesmas. Em outras palavras, uma proteína pode controlar quando será produzida ou não, bem como controlar a produção de outras proteínas diferentes e outras moléculas diversas. Você vai entender isso melhor já, já, depois da atividade 2!**

## **Atividade 2**

### **Os moldes da vida**

**A seguir você encontrará três esquemas. Eles representam alguns dos processos que envolvem a molécula de DNA: replicação, transcrição e tradução. Identifique cada um dos processos, nomeando-os, e preencha os espaços em branco com as bases nitrogenadas ou os aminoácidos correspondentes. Utilize a tabela da Figura 8, se necessário.**



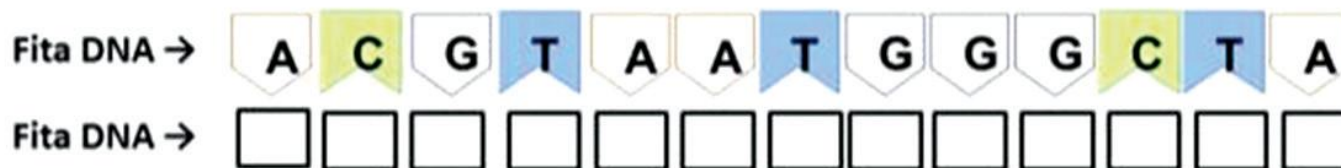
## Processo de



## Processo de



## Processo de



\*\*\*\*\*

## Controlando a expressão dos genes

**Bom, como você viu no início da aula, genes são**

**146**

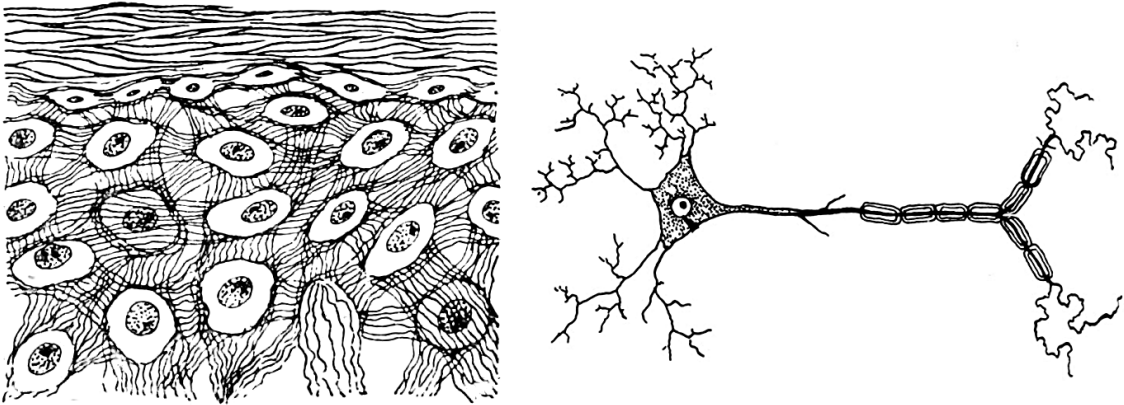
**pedaços de DNA capazes de serem convertidos em alguma característica. Agora, você já sabe que as características que apresentamos são expressas por meio das proteínas que temos no nosso organismo. Juntando as duas informações, temos que os genes são capazes de serem transcritos em RNAm e traduzidos em proteínas e, assim, determinar as nossas características.**

**Isso vale para todas as nossas características. Cabelo preto ou louro, olho verde ou castanho, alto ou baixo, negro ou branco. Eles controlam também aquelas características que não vemos.**

**São eles, por exemplo, que fazem com que as células do seu cérebro (neurônios) sejam completamente diferentes das células do seu estômago que, por sua vez, são diferentes das células do seu pé.**

**<pág. 18>**

**Ora, mas se todas as células do corpo contém o mesmo material genético (que se dividiu inúmeras vezes a partir da célula-ovo), como as células do pé são tão diferentes das células do seu cérebro?**



**Figura 9: À esquerda, você vê células epiteliais, que são as células que compõem superfícies no seu corpo, como a sua pele (incluindo a do seu pé). À direita, você vê um neurônio, a célula que compõe o seu tecido nervoso, incluindo o seu cérebro.**

**A resposta disso está no fato de que, embora todas as células tenham o mesmo DNA, umas transcrevem e traduzem alguns genes e outras, outros genes. Isso é o que faz com que, em um mesmo**

**organismo, você possa ter células tão diferentes.**

**O mecanismo que controla a ativação de um grupo de genes em cada uma das diferentes células de um mesmo organismo é chamado *controle da expressão gênica*.**

**Existem diversos mecanismos de controle da expressão gênica. O mais comum é o controle transcricional, ou seja, aquele que impede que o DNA seja transcrito em um RNAm.**

**Este controle acontece pela ação de proteínas, que são chamadas *proteínas reguladoras da expressão***

**150**

**gênica. Existem formas mais simples e outras mais complexas desse controle, envolvendo uma ou várias proteínas. Vamos nos focar na mais simples.**

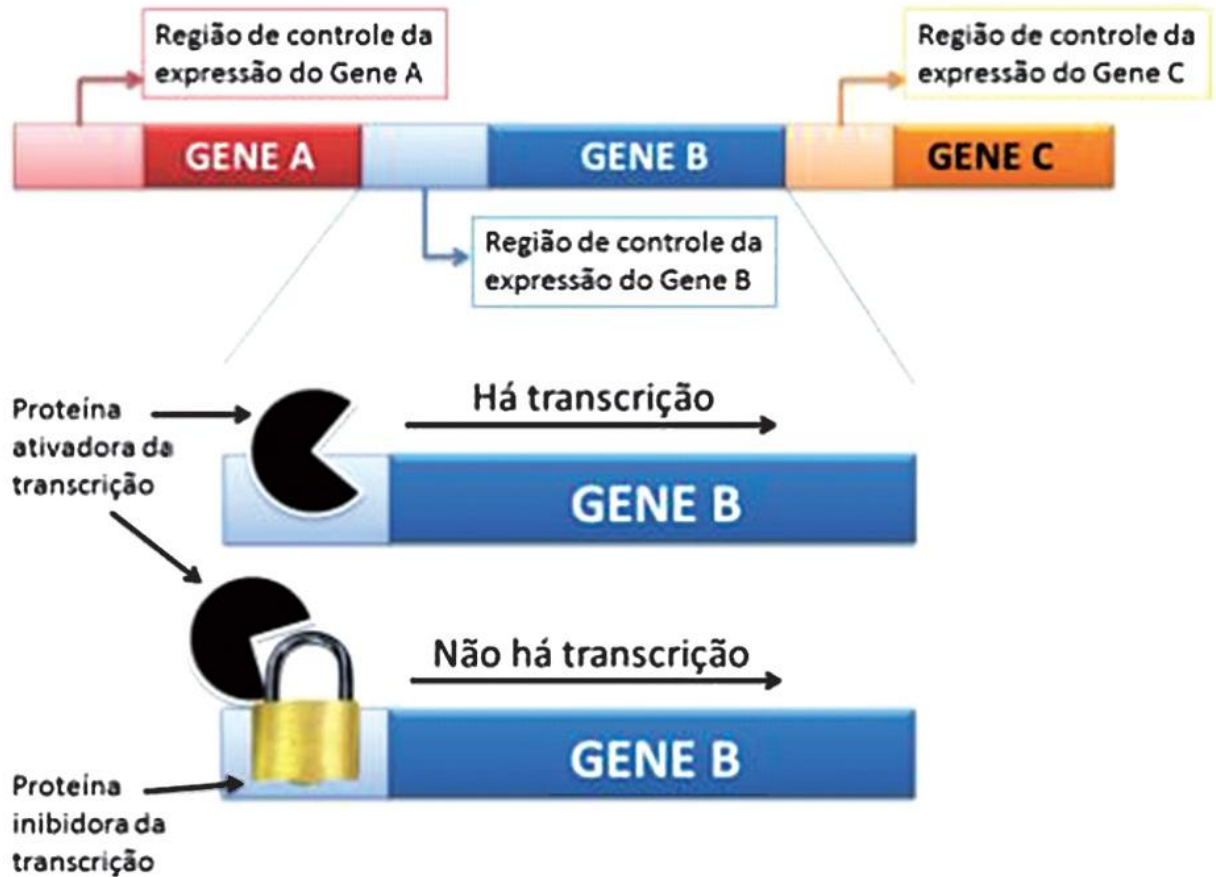
**As proteínas são capazes de se associar quimicamente a trechos específicos da molécula de DNA.**

**Normalmente, os trechos específicos envolvidos no controle de um determinado gene são próximos ao trecho do DNA que codifica aquele gene (ex: controle do gene A é próximo ao trecho que codifica o gene A).**

**Há proteínas reguladoras que são ativadoras ou**

**repressoras da expressão gênica. As proteínas ativadoras, quando se ligam ao DNA, promovem a transcrição do gene. As repressoras são o contrário: todas as vezes que se ligam ao DNA, inibem a transcrição do gene.**

&lt;pág. 19&gt;



**Figura 10: Os trechos envolvidos no controle da transcrição ficam próximos aos respectivos genes. É nessa região que as proteínas reguladoras se inserem para ativar a transcrição, ou ainda, é nela que as proteínas repressoras se posicionam**



**para impedir a expressão do gene.**

**É por meio desses movimentos de ligação e desligamento das proteínas reguladoras no DNA que elas controlam a expressão de um gene. Esse controle pode ser motivado por diversos fatores, por exemplo:**

**.Se um gene já foi transcrito várias vezes, é provável que haja um acúmulo da proteína que ele codifica dentro da célula. Assim, sistemas de regulação são ativados para impedir que se produza mais cópias de uma**

**154**

**proteína que já está abundante.**

**.Se a célula é demandada a realizar uma determinada tarefa (por exemplo, gerar energia), é preciso que as proteínas envolvidas nesse processo sejam sintetizadas (produzidas). Assim, os sistemas que induzem a transcrição dos genes envolvidos na geração de energia estarão mais ativados.**

**.Se nosso organismo detecta que há um processo inflamatório acontecendo, as proteínas do sistema de defesa do organismo (dentre elas, as imunoglobulinas) têm**

**seus genes ativados, para que elas possam ser sintetizadas.**

**Enfim, são inúmeros os casos de regulação, tanto para aumentar a expressão de um determinado gene quanto para inibi-la, dependendo da situação. Os organismos são estruturados química e biologicamente para, em geral, otimizar os processos e uso de recursos (energia) para manutenção da vida. O controle da expressão gênica é um mecanismo fundamental para que essa otimização aconteça e, mais do que isso, para que o organismo "funcione". É claro que há chances de dar errado, o que**

**156**

**efetivamente acontece em alguns casos, como no câncer.**

**<pág. 20>**

**No entanto, muitos mecanismos existem nos organismos para tentar minimizar problemas e erros que possam ameaçar a conservação genética. Alguns desses erros, quer na expressão gênica, quer simplesmente na replicação do DNA, associados a fatores dos ambientes em que os organismos vivem, possibilitam que a gente presencie a existência de um processo evolutivo. Mas isso é papo para a próxima unidade!**

## **Atividade 3**

### **Expressão genética diferencia Humanos e Chimpanzés**

**A seguir você encontrará dois trechos de uma matéria publicada em setembro de 2002 na revista Ciência Hoje. Leia-os atentamente e responda as perguntas que se seguem.**

**“A principal distinção entre chimpanzés e humanos pode estar na expressão de genes em proteínas, sobretudo no cérebro. Embora as duas espécies de primatas compartilhem cerca de 99% do código genético, o modo**

**158**

**como a informação codificada no DNA é convertida em diferentes proteínas pode ser a maior diferença entre elas. A conclusão foi apresentada na revista Science de 12 de abril por pesquisadores da Alemanha, Holanda e Estados Unidos.”**

**“Ajit Varki, professor de medicina na Universidade da Califórnia em San Diego (UCSD) e co-autor do artigo, conta à CH on-line que o estudo das diferenças entre homens e chimpanzés pode esclarecer as causas genéticas por trás de doenças que parecem ser mais nocivas aos humanos.**

**"Vem daí a necessidade do estudo do genoma dos chimpanzés", justifica. Em chimpanzés, observa Yarki, a frequência e intensidade de manifestação de doenças como AIDS, mal de Alzheimer, câncer ou malária é mais branda."**

**Utilizando os conhecimentos aprendidos nesta aula, explique duas espécies, como homens e chimpanzés, que apresentam um código genético muito similar, podem ser tão diferentes.**

**\*\*\*\*\***

## **Recursos Complementares**

**Nesta seção, você encontrará o material não formatado indicado ao longo do texto. Ou seja, não faz parte do conteúdo principal da aula, mas deve ser usado por você como recurso complementar para a sua formação.**

**Como uma molécula enorme como o DNA cabe dentro das células? Simples: eles se condensam em uma forma chamada cromossomo. Para saber mais sobre os Cromossomos, leia o texto a seguir:**



## **A descoberta dos Cromossomos**

**Pesquisadores do final do século XIX e início do século XX, notando a importância de se conhecer melhor os genes, começaram a desenvolver técnicas e estratégias cada vez mais engenhosas para tentar estudá-los. Algumas perguntas pairavam na cabeça dos cientistas: onde, no interior das células, estão localizados os genes? Do que seriam feitos? Hoje em dia sabemos que são feitos de DNA, mas, na época, somente se sabia que estavam diretamente relacionados às características hereditárias.**

**À medida que instrumentos ópticos tornaram-se melhores e mais eficientes, ficou possível examinar, com maior clareza de detalhes, o interior das células, usando-se microscópios. Além disso, algumas técnicas de observação também progrediram: substâncias corantes capazes de colorir diferentemente as várias estruturas presentes dentro das células passaram a ser utilizadas com frequência, facilitando a observação e identificação das mesmas. Uma dessas estruturas, com aspecto filiforme (isto é, como um fio longo, ou como fios entrelaçados e enrolados) e**

**presente no interior do núcleo das células de animais e plantas, podia ser corada com facilidade nas preparações. Especialmente por causa dessa característica, o médico e biólogo alemão Walther Flemming, trabalhando com células de salamandras (um tipo de anfíbios), batizou-a de "cromatina", no final do século XIX.**



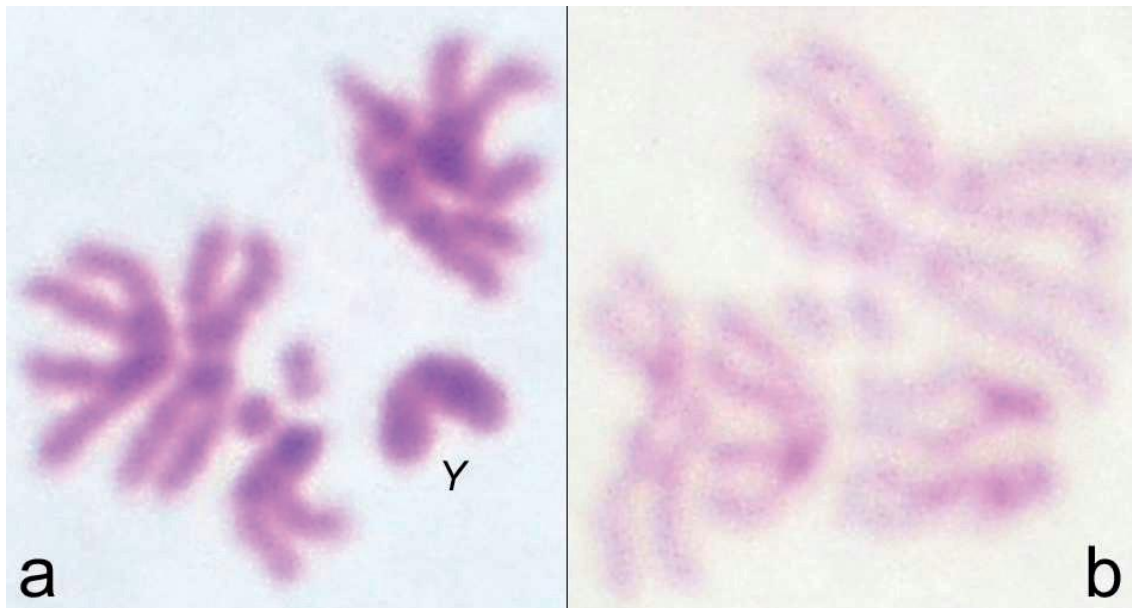
**determinados momentos, se enrolar e condensar, encurtando-se de maneira progressiva. Isso evidenciava a existência de várias estruturas distintas e individualizadas compostas por cromatina. Pouco tempo depois, o termo "cromossomo" (significando "corpo corado") passou a ser utilizado nessas estruturas.**

**<pág. 22>**

**Observações feitas, sob microscópio, dos diferentes momentos da vida de uma célula (fosse ela "comum" ou reprodutiva - gametas) e, especialmente, das diferentes**

**etapas do processo de divisão celular, mostraram que os cromossomos se comportam de maneiras curiosas. Eles têm, por exemplo, a capacidade de duplicar, ou seja, de ter suas partes inteiramente copiadas. Antes que se dê a divisão de uma célula comum, cada cromossomo é copiado (ou duplicado) no núcleo da célula. Depois, eles são liberados no interior da mesma, organizam-se em uma região determinada e, no momento em que a própria célula efetivamente se divide, cada uma dessas cópias é passada para as células-filhas. Nessas, voltam a se agrupar**

**em um novo núcleo que é formado e todo o processo pode recomeçar mais tarde.**



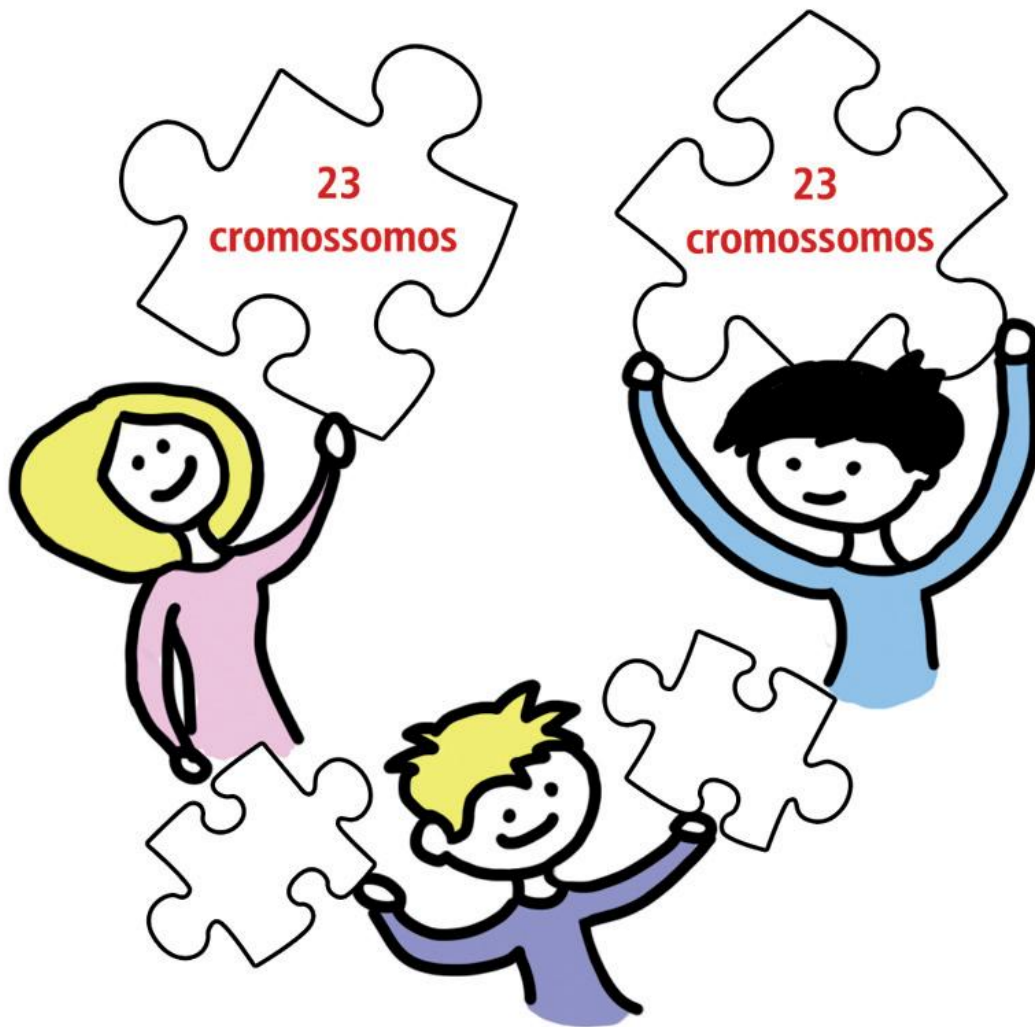
**Figura 12: Corantes ajudam a visualizar os cromossomos dentro de uma célula. Estes cromossomos das imagem são de Drosophila (mosca), em uma fase de divisão celular.**

**Em uma única célula, os cromossomos podem ter**

**tamanhos e formatos diferentes. Além disso, constatou-se, através de outras pesquisas, que cada espécie de animal ou planta tem um número preciso e característico de cromossomos no interior de suas células. Na nossa espécie, por exemplo, há um total de 46 cromossomos, os quais se organizam em 23 pares. Como são dois cromossomos de cada tipo (formando "duplas"), essa condição é chamada "diplóide". Gametas, em geral, por outro lado, têm apenas metade do material genético de uma célula comum. Assim, no caso da nossa espécie, são apenas 23 cromossomos. Essa**



**condição, em que há apenas um exemplar de cada tipo de cromossomo, é chamada "haploide". A partir da junção de dois gametas (haploides) na fecundação (um masculino e um feminino) é formada, então, uma nova célula com 46 cromossomos (diploide).**



**Figura 13: Na reprodução humana, cada uma dos pais, através de seus respectivos gametas (haploides), contribui com 23 cromossomos para a formação de um novo indivíduo. A célula resultante da fecundação e que dará origem a este e terá,**

**normalmente, 46 cromossomos (diploide).**

**Nos seres humanos, há dois tipos de cromossomos: os somáticos e os sexuais. Os sexuais são aqueles que definem o sexo de cada indivíduo, cujos genes são responsáveis por desenvolver no corpo desse indivíduo as características femininas ou masculinas. Os somáticos são os que carregam os genes responsáveis pelos processos do organismo que independem do sexo, como as moléculas envolvidas na digestão, no sistema circulatório, dentre muitas outras.**

**<pág. 23>**

**Temos 23 pares de cromossomos: 22 deles são somáticos e 1 par é de cromossomos sexuais. Os cromossomos sexuais são o XX, nas mulheres, e o XY, nos homens.**

**Existem alguns tipos de doenças/ condições que são ligados aos cromossomos sexuais. Isso significa que os genes relacionados a elas estão nesses cromossomos. São exemplos: calvície, daltonismo, hemofilia e hipertricose auricular (desenvolvimento de pelos na orelha).**

**Existem outras doenças que não têm relação com alteração nos genes que se situam nos cromossomos, mas sim ao número de cromossomos que um indivíduo tem. Essas doenças são chamadas de alterações numéricas e são o acontecimento de um cromossomo a mais ou a menos, dentre os 23 pares que temos.**

**Indivíduos com a chamada “Síndrome de *Down*” trazem em suas células, uma alteração cromossômica também conhecida como “trissomia do 21”. Nesses casos, onde deveria haver apenas um par de**

**174**

**cromossomos identificados como "21" (ou seja, dois cromossomos), existem três cromossomos.**

**Assim como a Síndrome de *Down*, existem diversas outras condições em que um indivíduo é afetado pela variação de seus cromossomos.**

**No que se refere às trissomias (três unidades de um mesmo cromossomo, ao invés de duas), as mais conhecidas são a Síndrome de *Edwards* e a Síndrome de *Patau*. Em todos os casos, os indivíduos trissômicos apresentam retardo mental de níveis variados e problemas**

**cardíacos. Na Síndrome de *Edwards*, a maior parte dos fetos sofre aborto, e não chega a nascer.**

**Outros tipos de alterações cromossômicas são relacionadas aos cromossomos sexuais. Há casos em que um dos cromossomos está ausente ou outros em que esses cromossomos estão em maior número do que o esperado. Veja exemplos dessas alterações cromossômicas na tabela a seguir:**

<b>Síndrome</b>	<b>Ge- nó- tipo</b>	<b>Característi- cas</b>
<b>Turner</b>	<b>X0</b>	<b>Mulheres com seios, ovários e vagina pouco desenvolvidos; não menstruam; pescoço alado; tórax largo com mamilos afastados. Intellectualmente, não sofrem prejuízo.</b>



<b>Klinefelter</b>	<b>XXY</b>	<b>Rapazes que não apresentam sintomas físicos perceptíveis até a adolescência, quando podem ter um desenvolvimento um pouco maior das mamas. Podem apresentar <i>déficit</i> auditivo, de aprendizagem e motor,</b>
--------------------	------------	--

		<b>mas não necessariamente.</b>
<b>Jacobs</b>	<b>XYY</b>	<b>Também conhecida como síndrome do super-macho, afeta rapazes que têm tendência a apresentar estatura muito elevada e algumas dificuldades na linguagem (mas não</b>

		<b>obrigatoriamente).</b>
<b>Triplo X</b>	<b>XYY</b>	<b>Na maioria dos casos, não apresentam sintomas, embora possa ocorrer retardo mental e estatura mais elevada.</b>

## **Verbete**

### **Pescoço alado**

**Um tipo de pescoço que parece um triângulo, que não é fino embaixo da cabeça, mas**

**180**

**que fica mais largo a partir da  
cabeça para o ombro.**

**\*\*\*\*\***



**O que você vê na imagem é  
um câncer de pele, um dos  
diversos tipos de cânceres que  
existem. Não se pode mapear  
bem quais são as origens  
dessa doença, mas se sabe o  
que é, em nível celular. Leia:**

## **Câncer?**

**Todas as células do nosso corpo possuem um relógio biológico, que regula quando elas devem sofrer divisão celular. Um câncer acontece quando uma célula sofre alteração nesse relógio e passa a se dividir com uma frequência muito mais alta. Isso acontece por meio de uma desregulação do controle da expressão gênica das moléculas envolvidas no ciclo celular. Uma célula se divide em duas, essas duas em quatro, essas quatro em dezesseis e pronto: assim se forma uma massa tumoral.**

**Quase todos os tipos de câncer estão relacionados à ocorrência de mutações no material genético de células originalmente normais. São essas mutações não corrigidas pelo sistema de reparo durante a duplicação do material genético que promovem a alteração do relógio biológico das células. Estas, ao serem alteradas, começam a se dividir sem qualquer controle, avançam sobre tecidos próximos e os destroem, causando danos que podem ser letais para o organismo. Células cancerosas podem ainda espalhar-se por outras partes do corpo,**

**quando formam o que chamamos "metástases".**

**<pág. 25>**

## **Resumo**

**.O DNA é uma grande molécula, estável, encontrada dentro do núcleo das células e guarda a informação genética dos indivíduos.**

**.A molécula de DNA é uma cadeia formada pelo encadeamento de várias unidades chamadas nucleotídeos.**

**.Cada nucleotídeo é formado por um açúcar, uma base nitrogenada e um grupamento**

**fosfato. As bases nitrogenadas são: adenina, timina, citosina e guanina.**

**.Para formar uma molécula de DNA, é necessário que duas fitas de nucleotídeos se associem quimicamente, formando uma dupla-fita.**

**.As bases nitrogenadas são complementares, formando pares da seguinte maneira: A-T e C-G.**

**.Durante a divisão celular ocorre a replicação da molécula de DNA que acontece a partir uma molécula pré-existente. Cada uma das duas fitas serve de molde para síntese de uma nova fita, que é complementar à original. Por**



**isso, esse sistema de duplicação é chamado de semi-conservativo.**

**.A molécula que lê a sequência de bases nitrogenadas das fitas do DNA executa essa função muitas vezes e em grande velocidade. Por este motivo, é possível que, às vezes, ela cometa erros. São esses erros que chamamos de mutação.**

**.O DNA é formado por pedaços capazes de serem convertidos em algumas características. Esses pedaços são chamados de genes e existem dois processos que resultam na expressão das características**

**individuais: a transcrição e a tradução.**

**.Com a transcrição os genes dão origem aos RNAs, que são ácidos nucleicos menores e mais versáteis que o DNA. Os RNAs são capazes de sair do núcleo da célula carregando a informação genética para o citoplasma.**

**.O RNA também é formado por nucleotídeos, no entanto, as bases nitrogenadas apresentam uma pequena diferença: ao invés da timina, temos a uracila.**

**.A tradução é o processo em que a sequência de RNAm origina as proteínas que são**

**moléculas formadas pela associação de vários aminoácidos. Elas são as responsáveis, em última instância, pela manifestação das nossas características.**

**.Para originar as proteínas, o RNAm é lido de três em três bases, ou seja, cada sequência de 3 bases nitrogenadas (códon) origina um aminoácido.**

**.Todas as células do seu corpo têm o mesmo DNA, no entanto, elas podem ser diferentes umas das outras por que transcrevem e traduzem genes diferentes. Essas diferenças na expressão**

**188**

**dos genes é consequência de mecanismos que chamamos de controle da expressão gênica. .O controle transcricional da expressão gênica é o mais comum, sendo realizado por proteínas reguladoras que podem ser ativadoras ou repressoras da expressão.**

**<pág. 26>**

**Veja ainda**

**. <http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/revista-ch-2001/171/o-leitor-pergunta-171/o-numero-de-proteinas-de-um-organismo-e-igual-ao/?searchterm=prote%C3%ADnas>**

**. <http://www.youtube.com/watch?v=kY8QCoGTBQw>**

**.<http://cienciahoje.uol.com.br/especiais/estrutura-do-dna-50-anos-de-uma-revolucao/dna-humano-conhecido-com-99-99-de-precisao/?searchterm=transcri%C3%A7%C3%A3o>**

**. <http://super.abril.com.br/ciencia/ciencia-crime-447772.shtml>**

**.<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/deriva-genetica/a-biologia-dos-gemeos/?searchterm=g%C3%Aameos>**

**190**

## **Referência**

**.ALBERTS, Bruce et al.  
Molecular biology of the cell.  
4ed. Nova York: GARLAND  
SCIENCE, 2002.**

**<pág. 27>**

## **Respostas das atividades Atividade 1**

**A molécula de DNA é quimicamente muito estável e não se degrada facilmente. Isso é importante para uma molécula que se presta a preservar as características genéticas de um indivíduo.**

**Outro ponto importante é que ela é dupla fita. Essa**

**dupla fita, no momento de necessidade de duplicação de uma célula, se separa e cada fita simples serve de molde para síntese de uma outra fita nova, formando duas novas duplas-fitas, num processo semiconservativo. Esse sistema de duplicação apresenta taxas de erro baixíssimas, conservando a informação que o DNA carrega. Por isso, seu amigo pode ser parecido com o bisavô!**

## Atividade 2

**Processo de transcrição, pois é DNA servindo de molde**

**para a síntese de uma molécula de RNA.**



**Processo de Tradução, pois é a tradução de um RNAm em uma proteína.**



**Processo de Replicação, pois é a síntese de uma fita de**



**DNA a partir de seu molde (de DNA).**



### **Atividade 3**

**Embora os genomas (conjunto dos genes) de humanos e chimpanzés seja muito semelhante, os dois organismos não o são. Isso pode ser explicado pela diferença na transcrição de genes em cada espécie. No chimpanzé temos conjuntos de genes ativados que não são os mesmos dos humanos.**

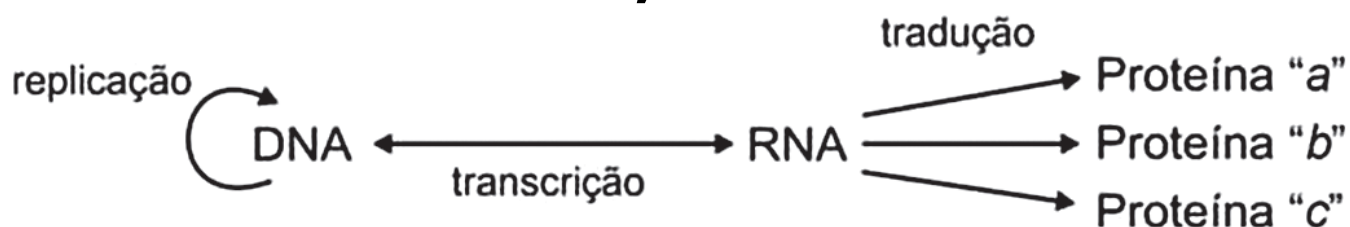
**194**

**<pág. 29>**

**O que perguntam por aí?**

**Questão 1 (ENEM 2009)**

**A figura seguinte representa um modelo de transmissão da informação genética nos sistemas biológicos. No fim do processo, que inclui a replicação, a transcrição e a tradução, há três formas proteicas diferentes, denominadas a, b e c.**



**Depreende-se que:**

**a. A única molécula que participa da produção de proteínas é o DNA.**

**b. O fluxo de informação genética, nos sistemas biológicos, é unidirecional.**

**c. As fontes de informação ativas durante o processo de transcrição são as proteínas.**

**d. É possível obter diferentes variantes proteicas a partir de um mesmo produto de transcrição.**

**e. A molécula de DNA possui forma circular e as demais moléculas possuem forma de fita simples linearizadas.**

**196**

**Resposta: D**

**<pág. 30>**

**Comentário: O item a está errado, pois ao olharmos o esquema percebemos que existem duas moléculas: o DNA e o RNA. O item b também está errado. Por muito tempo, acreditou-se que o DNA apenas se replicava ou era transcrito em RNAm, que traduzia o código genético em proteínas. Com a descoberta da enzima transcriptase reversa, ficou esclarecido que é possível sintetizar DNA utilizando RNAm como molde. Isso acontece em alguns vírus. Pela própria visualização do**

**esquema dá para observar essa possibilidade. O erro do item c é que as fontes de informação são os RNAs e não as proteínas. O processo de transcrição consiste na síntese de RNA a partir de um molde de DNA. Já no caso do item e o erro é que o DNA nuclear (que está no núcleo da célula) apresenta-se na forma linearizada. A forma circular do DNA, denominada plasmídeo, é encontrada nas bactérias e nas mitocôndrias.**

### **Questão 2 (ENEM 2011)**

**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 semiconservativa, isto é, a fita dupla filha é recém-sintetizada e o filamento parental é conservado.**

**b. a replicação do 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 fita codificadora.**

**Resposta: C**

**Comentário: A duplicação do DNA é semiconservativa. Durante o processo de replicação, ocorre ruptura das ligações de hidrogênio existentes entre as bases dos dois filamentos da molécula e, junto à cada filamento velho,**

**200**

**forma-se um novo filamento. Assim, cada molécula-filha de DNA é formada por um filamento velho e por um filamento recém-sintetizado.**

**<pág. 31>**

**Questão 3 (ENEM 2012)**

**Observe a sequência de bases nitrogenadas que compõem a porção inicial de um RNA mensageiro transcrito em uma determinada proteína de uma célula eucariota:**

**AUGGCUAAAUUAGAC.....**

**Nessa proteína, o aminoácido introduzido pelo**



**códon iniciador foi removido durante o processo de síntese.**

**Admita que uma mutação tenha atingido o códon correspondente ao aminoácido número 3 da estrutura primária desse polipeptídeo, acarretando a troca de uma base A, na célula original, pela base U, na célula mutante.**

**A tabela abaixo permite a identificação dos códons dos aminoácidos encontrados tanto na proteína original como na mutante, codificados pelo trecho inicial desse RNA mensageiro:**

<b>AMINOÁCIDO</b>	<b>CÓDONS</b>
<b>Alanina</b>	<b>GCU,GCC,GCA, GCG</b>
<b>Arginina</b>	<b>CGU,CGC,CGA, CGG,AGA,AGG</b>
<b>Aspártico</b>	<b>GAU,GAC</b>
<b>Fenilalanina</b>	<b>UUU,UUC</b>
<b>Leucina</b>	<b>UUA,UUG,CUU, CUC,CUA,CUG</b>
<b>Lisina</b>	<b>AAAS,AAG</b>
<b>Metionina e códon de iniciação</b>	<b>AUG</b>

<b>Serina</b>	<b>UCU,UCC,UCA, UCG,AGU,AGC</b>
<b>Tirosina</b>	<b>UAU,UAC</b>
<b>Triptofano</b>	<b>UGG</b>

**Agora, a estrutura primária da proteína mutante tem como terceiro aminoácido:**

- a) tirosina**
- b) leucina**
- c) triptofano**
- d) fenilalanina**

**Resposta: D**

**Comentário: Como ocorre a remoção do primeiro aminoácido da cadeia**

**204**

**polipeptídica, o terceiro aminoácido da estrutura primária do polipeptídeo em questão é aquele codificado pelo 4º códon, em destaque na sequência acima. Assim, com a substituição do nucleotídeo adenina por uracila, o novo códon será UUU, que codifica o aminoácido fenilalanina.**

**<pág. 33>**

**Caia na rede!**

**Jogo da proteína!**

**Nesta unidade, você conheceu que há complexos mecanismos celulares para que uma proteína seja produzida. Mas que tal tentar**

**produzir a sua própria proteína e conhecer esses processos um pouco mais a fundo?**

**Vamos lá, o jogo é divertido e tenho certeza que você aprenderá bastante! Acesse o *link* a seguir e siga as instruções! Não esqueça de ler com bastante atenção o manual.**

**<http://cbme.usp.br/playercbme/interatividade/jogosintese/sintetizando.html>**

