

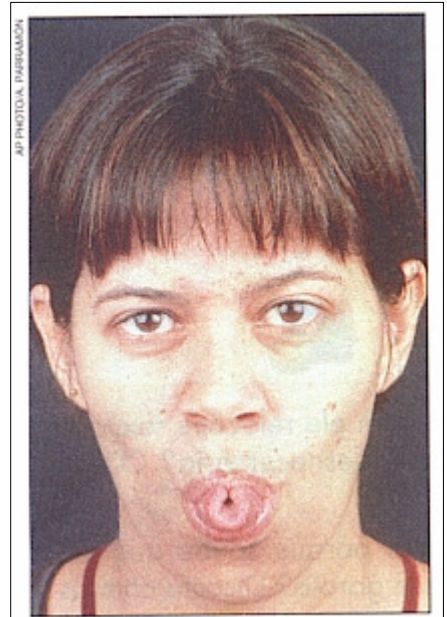
As bases da hereditariedade

Veja se você consegue dobrar sua língua formando um "U", como mostra a figura.

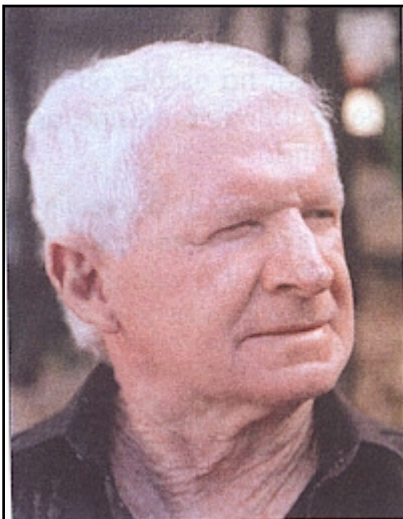
Algumas pessoas conseguem, outras não. E não se trata de uma questão de treino ou aprendizagem: mesmo tentando, algumas pessoas simplesmente não vão conseguir dobrar a língua desse modo.

Essa é uma entre muitas características hereditárias, isto é, controladas por genes que são transmitidos de pais para filhos.

Neste módulo, você irá compreender alguns dos "segredos" da hereditariedade: como os genes são transmitidos e por que os filhos são semelhantes aos pais.



Os genes e as características



O organismo de pessoas albinas não produz melanina, uma substância que dá cor à pele e aos cabelos. Isso quer dizer que elas têm pele e cabelos bem claros.

Conseqüentemente, são muito sensíveis ao sol, podem sofrer de queimaduras e devem sempre usar filtro solar para se prevenir contra o câncer de pele.

O albinismo é uma característica hereditária ou genética: é controlado por genes. Mas... como os genes fazem uma pessoa ser albina?

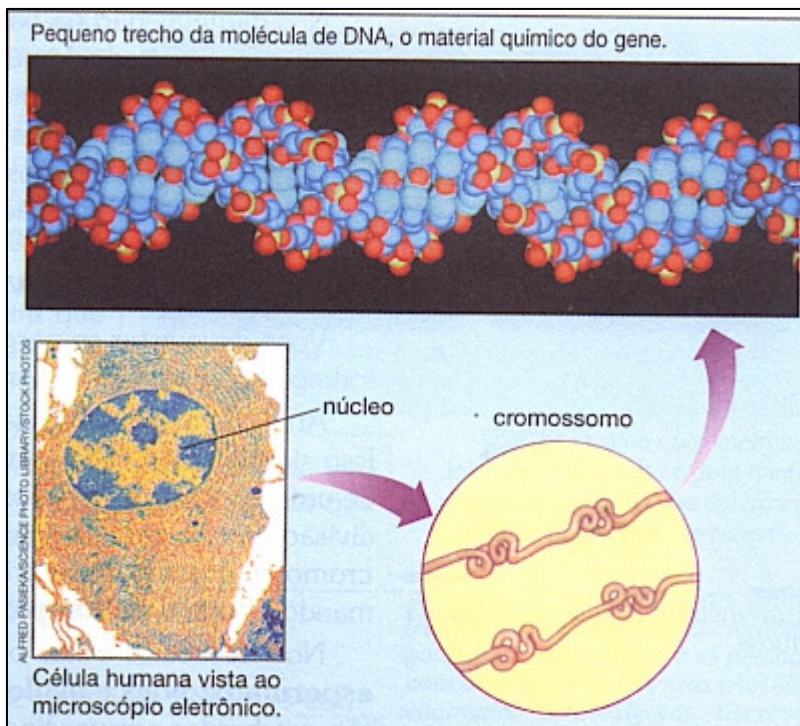
A melanina é produzida em nosso organismo a partir de uma série de transformações químicas que ocorrem na célula. E todas as transformações do corpo são facilitadas por proteínas especiais, as enzimas.

A pessoa albina não possui uma das enzimas que controlam a produção de melanina. Em outras palavras: não possui os genes que fazem a célula fabricar essa enzima. O albino recebe dos pais um gene diferente do gene das pessoas não-albinas.

Dizemos, então, que o albinismo é uma característica hereditária. Além do albinismo, há muitas outras características hereditárias, como a capacidade de dobrar ou não a língua em forma de "U", a cor dos olhos, a altura, a forma do queixo, a tendência a ter certas doenças, etc.

Em resumo, os genes contêm "receitas" ou "instruções" para fabricar proteínas. E as proteínas, por sua vez, executam diversas funções no organismo e são responsáveis por muitas características dos seres vivos.

Onde estão os genes



Os genes estão situados no núcleo das células, cada célula do nosso corpo possui no interior do núcleo um conjunto de fios, os cromossomos. O cromossomo é formado por milhares de genes. No total, cada célula de nosso corpo tem cerca de 30 mil genes. Por sua vez, o gene é formado por uma substância química chamada ácido desoxirribonucléico: o DNA.

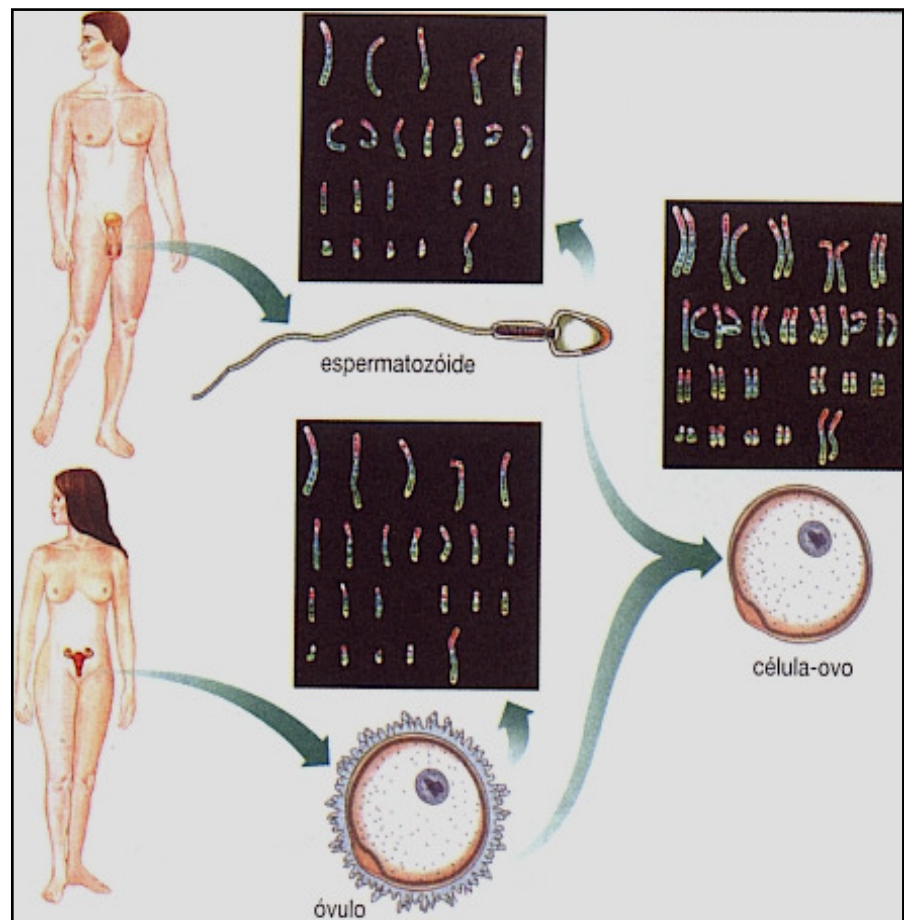
Cada espécie tem o seu conjunto típico de cromossomos. Na espécie humana, há 46 cromossomos em cada célula; no rato, há 40.

Você pode ver o conjunto de cromossomos típico da

espécie humana. Na figura, os cromossomos estão arrumados em ordem decrescente de tamanho, do maior para o menor (exceto o último).

Você pode notar um dado importante: os cromossomos ocorrem aos pares. Para cada cromossomo há um outro muito parecido com ele, com a mesma forma e o mesmo tamanho.

Nos gametas não há pares de cromossomos. Cada gameta contém apenas a metade do número de cromossomos das outras células do corpo. Assim, o espermatozóide e o óvulo têm, cada um, 23 cromossomos. Quando os gametas se unem (fecundação), forma-se a célula-ovo, com 46 cromossomos. A metade desse número veio do pai; a outra metade, da mãe.



A formação de novas células

Você deve estar se perguntando: "Como ocorre a formação de todo o corpo humano a partir da célula-ovo?".

Antes de qualquer célula se dividir, cada cromossomo se duplica. Isso significa que cada gene do cromossomo comanda a produção de uma cópia de si mesmo. Com a duplicação dos cromossomos, a divisão da célula-ovo origina duas células-filhas com os mesmos 46 cromossomos da célula original. E todo o processo se repete, formando as outras células do corpo.

Nos testículos e nos ovários são produzidos, respectivamente, espermatozóides e óvulos. Essas células — chamadas gametas — são produzidas por um tipo especial de divisão e possuem a metade do número de cromossomos da célula-ovo e da maioria do nosso corpo.

Duplas de cromossomos e de genes: cada característica é controlada por, pelo menos, um par de genes. Vamos estudar um exemplo: o caso do lobo da orelha. Observe. Em determinado ponto de um cromossomo existe um gene que controla uma característica da orelha. No outro cromossomo do par, no mesmo ponto, existe também um gene que controla essa característica.

Uma pessoa pode apresentar no par de cromossomos dois genes iguais ou dois diferentes. Por exemplo, dois genes que determinam lobo de orelha preso; ou dois genes que determinam lobo de orelha solto; ou ainda um gene para lobo de orelha preso num cromossomo e, no outro, um gene para lobo de orelha solto. Então você pode estar imaginando; "Como será a orelha da pessoa que tem dois genes diferentes?".



Ela terá o lobo da orelha solto. Dizemos que o gene responsável pelo lobo solto é **dominante**, enquanto o gene responsável pelo lobo preso é **recessivo**.

O gene recessivo é representado sempre por uma letra minúscula, que é a letra inicial do nome da característica que ele determina. O gene dominante é representado pela mesma letra, só que maiúscula.

No caso do albinismo, há um gene dominante (que podemos chamar de A) que faz a pessoa ter melanina e um gene recessivo (o gene a) que faz a

pessoa não produzir essa substância. A pessoa albina tem dois genes a: é então representada como aa. Já as não-albinas podem ter dois genes A, sendo representadas por AA, ou um gene A e outro a, sendo representadas por Aa.

Há várias características humanas em que ocorre a influência de genes dominantes e recessivos.

Em outros casos, porém, um gene não domina o outro. Uma pessoa do grupo sanguíneo AB, por exemplo, tem em suas células um gene A e um gene B. Nesse caso, dizemos que há ausência de dominância entre esses dois genes.



O gene que determina lobo de orelha solto é dominante, enquanto o gene que determina lobo de orelha preso é recessivo.

As pessoas com dois genes iguais (AA ou aa) são chamadas homocigotas dois genes diferentes (Aa). São chamadas heterocigotas.

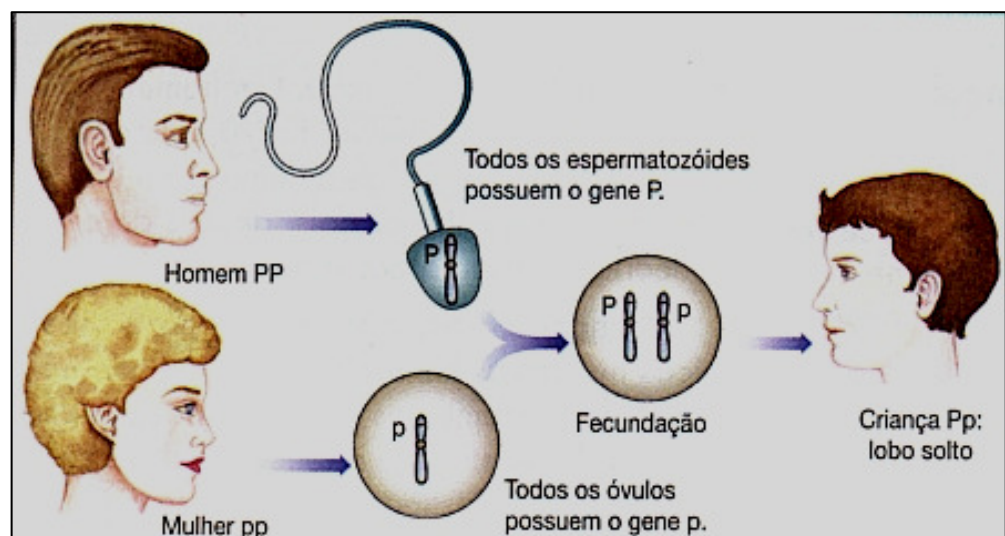
A transmissão dos genes dos pais para os filhos.

Genética é a ciência que estuda as leis da hereditariedade.

Com os conhecimentos que temos de genética, podemos compreender como algumas características hereditárias são transmitidas e até prever qual a chance de um casal ter um filho com determinada característica.

Veremos apenas dois exemplos para você ter uma idéia de como isso pode ser feito. Vamos supor que um homem com dois genes para lobos soltos (representado por PP) case-se com uma mulher com dois genes para lobos presos (representada por pp). Em outras palavras, tanto o homem quanto a mulher têm pares de genes iguais. Como poderia ser um filho desse casal em relação ao lobo da orelha?

Homem PP
e
Mulher pp
Tem filhos
Pp



Lembre-se de que os gametas têm a metade do número de cromossomos e genes das outras células. Portanto, os espermatozoides do homem terão apenas um gene para lobo

da orelha, que no caso é P. Os espermatozoides do homem serão representados então por P. Pelo mesmo raciocínio, vamos representar os óvulos da mulher por p.

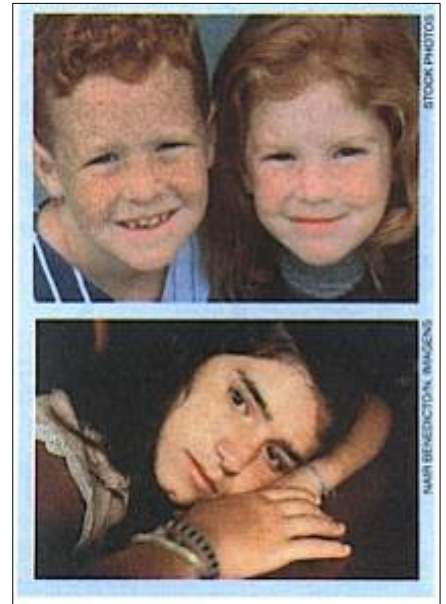
Nesse caso, é fácil determinar como serão os filhos do casal: todos resultarão da fecundação de um óvulo com o gene p por um espermatozoide com o gene P. Portanto, eles serão Pp e terão lobos soltos, já que o gene P é dominante.

E como poderão ser os filhos de um homem Pp (lobo solto) com uma mulher pp (lobo preso)?

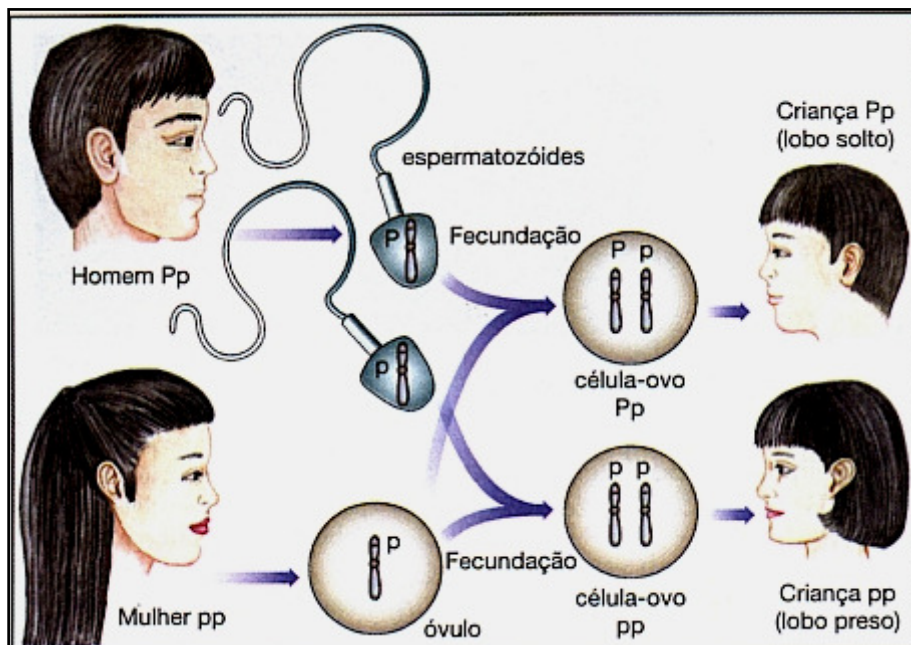
Observe que a mulher produz tipo de óvulo, todo um o gene p. Já o homem, nesse caso, produz dois tipos de espermatozoides: a metade do número de espermatozoides terá o gene P, e a outra metade, o gene p.

E como será o filho do casal? Tudo vai depender do espermatozoide que penetrar primeiro no óvulo. Se for um espermatozoide P, o filho será Pp — lobo da orelha solto. Mas, se for um espermatozoide p, o filho será pp e terá lobo preso.

A chance ou probabilidade de um espermatozoide com o gene P “ganhar a corrida” e fecundar o óvulo é a mesma que a de um espermatozoide com o gene p. Por isso, nesse caso, a probabilidade de nascer um indivíduo Pp é a mesma de nascer um indivíduo pp — 50%.



Sardas e covinhas no queixo: exemplos de características aparentes determinadas por genes dominantes. Já o cabelo ruivo é definido por genes recessivos.



Homem Pp e Mulher pp: os filhos podem ser Pp ou pp.

Agora responda à seguinte questão: você acha que um homem e uma mulher que não são albinos podem ter um filho albino?

Você já sabe que no caso do albinismo há um gene dominante que faz a pessoa produzir melanina — que podemos chamar de gene A — e um gene recessivo que não produz melanina — o gene a. Isso pode acontecer se tanto o homem quanto a mulher tiverem um

gene para albinismo. Em outras palavras, se ambos forem Aa, poderão ter um filho aa.

O trabalho de Mendel

As primeiras descobertas sobre hereditariedade ocorreram bem antes de se ter noção do significado da palavra *gene*.

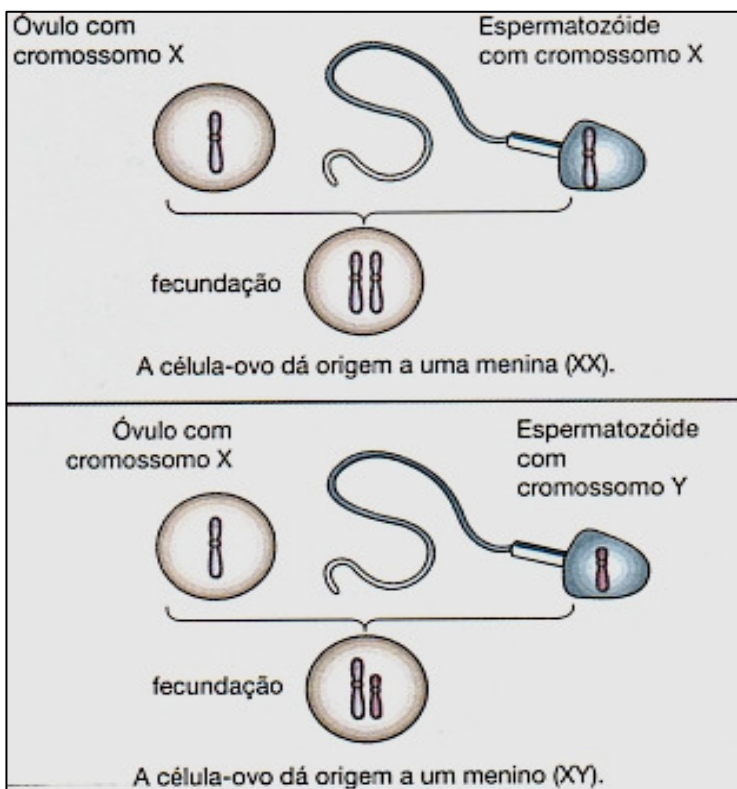
Tudo começou com o trabalho do monge Gregor Mendel.

Na época de Mendel, ainda se acreditava que a explicação para a semelhança entre pais e filhos estava em uma mistura de sangues do pai e da mãe. Um homem alto casado com uma mulher baixa, por exemplo, iria originar, em geral, filhos com altura intermediária entre os dois, de acordo com a teoria da mistura dos sangues.

Mendel, porém, não estudou características humanas. Ele realizou um grande número de cruzamentos entre ervilhas em um jardim do mosteiro e analisou como as diversas características se distribuía entre um grande número de descendentes. Ele cruzava, por exemplo, ervilhas de semente amarela com as de semente verde; ervilhas de semente lisa com as de semente enrugada, e assim por diante.

Nesses cruzamentos, Mendel percebeu que variedades amarelas cruzadas entre si podiam originar ervilhas verdes. Portanto, alguma coisa responsável pela cor verde podia existir nas ervilhas amarelas.

Sem ter noção do que seriam genes ou cromossomos, Mendel tentou explicar seus resultados supondo que cada ervilha carregava dois "fatores" responsáveis por determinada característica. Supôs também que os gametas de cada planta possuíam apenas um fator para cada característica. E descobriu também que o efeito de um fator podia dominar o do outro.



terminada característica. Supôs também que os gametas de cada planta possuíam apenas um fator para cada característica. E descobriu também que o efeito de um fator podia dominar o do outro.

O trabalho de Mendel foi publicado em 1866, mas não recebeu a atenção devida. Só em 1900 seu trabalho foi redescoberto por outros cientistas. A partir daí, Mendel foi considerado o "pai da genética".

Menino ou menina?

O sexo de uma pessoa é determinado por um par de cromossomos chamados cromossomos sexuais. Genes situados nesses cromossomos determinam se o embrião vai desenvolver testículos ou ovários.

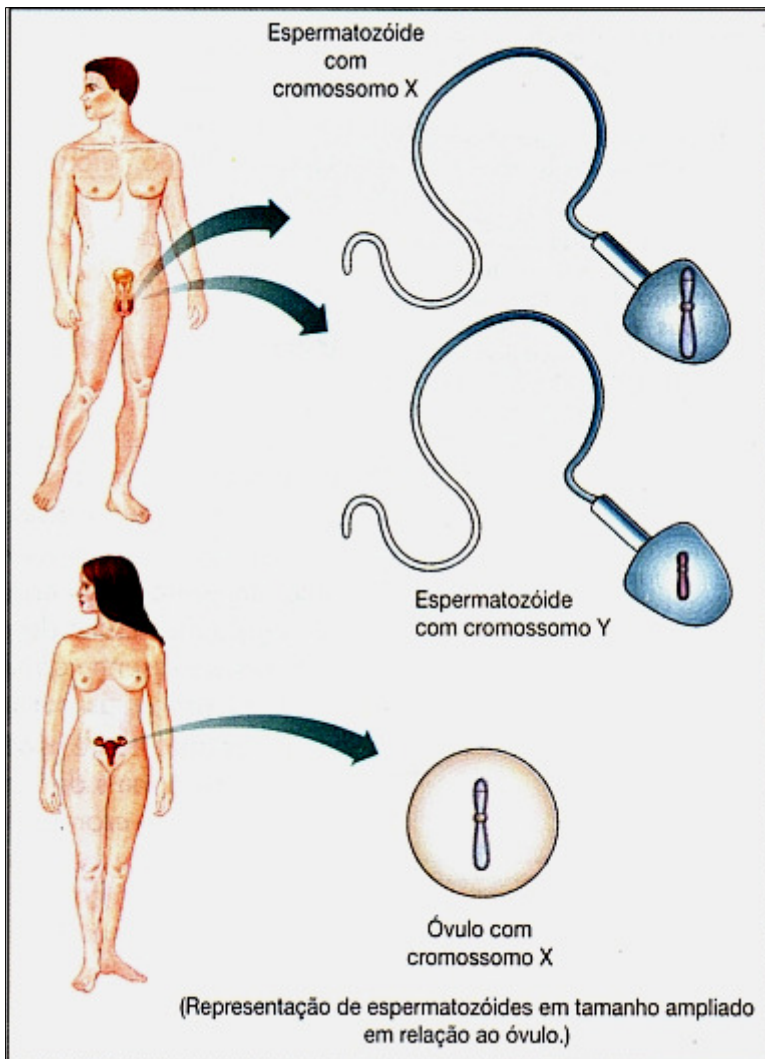
Os testículos e os ovários, por sua vez, fabricam hormônios masculinos e femininos, respectivamente, que controlam diversas características sexuais do homem e da mulher.

As mulheres apresentam dois cromossomos sexuais, chamados cromossomos X. Já o homem apresenta um cromossomo X e um cromossomo Y, este com tamanho bem menor que o cromossomo X.

Os óvulos que as garotas começam a produzir na puberdade contêm, todos eles, um cromossomo X. Já a metade dos espermatozoides produzidos pelo garoto terá um cromossomo X, enquanto a outra metade será portadora do cromossomo Y.

Agora veja o que pode acontecer na fecundação:

- o óvulo é fecundado por um espermatozoide X — a célula-ovo dará origem a uma menina (XX):
- o óvulo é fecundado por um espermatozoide Y — a célula-ovo dará origem a um menino (XY).



Nos homens, a metade do número de espermatozoides tem o cromossomo X e outra metade tem o cromossomo Y. Já nas mulheres, todos os óvulos têm apenas o cromossomo X.

Entenda melhor esse processo observando a figura.

Portanto, o sexo da criança é determinado pelo espermatozoide no momento da fecundação, já que o óvulo tem sempre o cromossomo X.

Os genes e o ambiente

A cor dos olhos e o grupo sanguíneo de uma pessoa são exemplos de características determinadas apenas pelos genes. Mas o ambiente também

influencia muitas características. Na maioria dos casos, uma característica é influenciada tanto pelos genes quanto pelo ambiente.

Uma pessoa com genes para pouca melanina, por exemplo, terá a pele clara. Se ela se expuser muito ao sol poderá ficar mais morena, mas nunca chegará a ter pele negra, já que não tem genes para produzir uma grande quantidade de melanina.

É preciso compreender também que o efeito de um gene pode ser modificado pelo ambiente. Uma pessoa que tenha uma tendência genética para a obesidade, por exemplo, pode manter um peso ideal controlando sua alimentação. Nesse caso, um fator ambiental, a alimentação, impede que um possível efeito genético apareça.

Problemas genéticos

Algumas pessoas nascem com um gene que não comanda a produção de certas enzimas e por isso, podem ter problemas. Esses problemas, considerados genéticos, são, muitas vezes, diagnosticados por meio de exames simples.

Um exame é o teste do pezinho, feito a partir do segundo dia de vida, de preferência antes do fim da primeira semana. Nesse teste, uma gota de sangue do pé do bebê é analisada em laboratório para verificar a presença de algumas doenças. Em certos casos, a doença pode ser prevenida por meio de dietas ou medicamentos.

Ocasionalmente, pode ocorrer a formação de gametas com cromossomos a mais ou a menos. Essas falhas originam crianças com um número de cromossomos diferente de 46, o que, em geral, traz diversos problemas. Um desses casos é a síndrome de Down: as crianças nascem com três cromossomos do tipo 21, o que provoca retardamento mental, entre outros problemas.

Descobrimo problemas genéticos

Em muitos casos, é possível descobrir quais os riscos que um casal corre de ter um filho com problemas genéticos. Esse trabalho é feito por um especialista em aconselhamento genético.

Lembre-se de que, se o problema for causado por um gene recessivo, os pais podem não apresentar essa característica, mas ela poderá se manifestar no filho. O especialista considera se o problema apareceu entre os pais, avós e outros parentes do casal.

Alguns exames permitem descobrir certos problemas genéticos na criança, antes do nascimento. Um deles é a amniocentese que pode ser feita a partir da 14ª ou 16ª semana de gestação. O médico retira com uma agulha um pouco do líquido amniótico, que contém células do feto. As células são examinadas para verificar se há anormalidade nos cromossomos, como a que ocorre na síndrome de Down, ou outros problemas.

Como esses exames envolvem um pequeno risco de aborto (entre 0,5 e 2%), eles são indicados apenas em certos casos, como os de gravidez em mulheres com mais de 35 anos, ou que já tiveram filhos com síndrome de Down, ou ainda com problemas genéticos na família.

Decifrando e controlando os genes

O conhecimento que acumulamos ao longo do tempo sobre os genes nos deu uma ferramenta com aplicações incríveis: a engenharia genética.

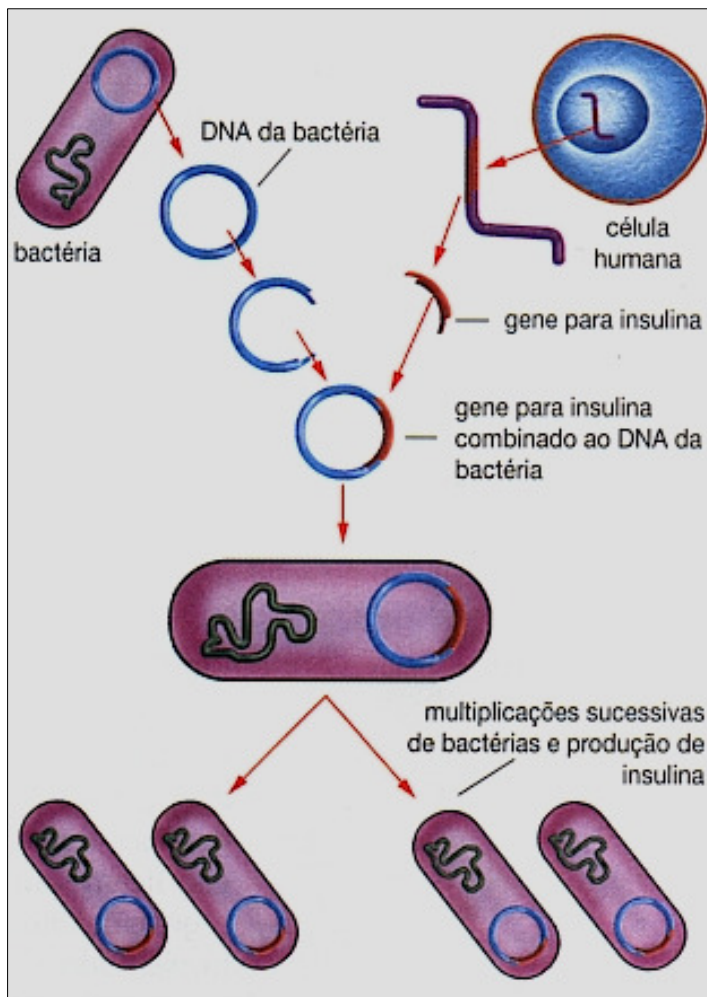
Vamos conhecer melhor essa técnica.

Os organismos transgênicos

A engenharia genética desenvolveu técnicas especiais que tornam possível a passagem de genes de um organismo para outro — como se estivéssemos fazendo um "transplante genético". Vamos ver um exemplo: conseguimos introduzir em bactérias o gene humano responsável pela produção de insulina.

Quando a bactéria recebe o gene para a insulina, passa a seguir as "instruções" desse gene e começa a produzir insulina idêntica à humana. Além disso, quando a bactéria se reproduz, o gene se duplica junto com o DNA da bactéria. O resultado é que em pouco tempo, temos bilhões de bactérias produzindo insulina humana.

Por meio desse processo, é possível fabricar diversos hormônios, vacinas e outras proteínas importantes para tratar doenças.



Foram implantados também genes em animais e plantas, produzindo os chamados organismos transgênicos. Assim, alguns porcos receberam genes para hormônios de crescimento de outras espécies, passando a ter uma carne mais musculosa e menos gordurosa; plantas como a soja receberam genes capazes de dar resistência contra herbicidas, tomando mais fácil e eficiente o seu cultivo.

Os riscos dos transgênicos

Apesar das vantagens oferecidas pelos avanços no campo da engenharia genética, algumas de suas aplicações podem trazer riscos. O caso da soja e do milho transgênico levanta polêmicas.

Certos estudiosos acreditam, por exemplo, que os genes implantados em determinados vegetais para dar resistência contra agrotóxicos podem ser transmitidos a outras plantas. E, com o tempo, é possível

que se desenvolvam ervas daninhas também resistentes, resultando em desequilíbrios ecológicos.

A resistência da planta transgênica a agrotóxicos pode levar os agricultores a exagerarem no uso desses produtos, o que também afetaria o equilíbrio ecológico da região e poderia provocar a contaminação do alimento para o consumidor.

Há um outro ponto desfavorável a considerar: a preferência por um único tipo de planta transgênica, em detrimento de variedades naturais, pode colaborar para reduzir a biodiversidade.

Os estudos mostram que o consumo de transgênicos não causa danos à saúde humana — pelo menos a curto prazo. Algumas pessoas, no entanto, podem ser alérgicas às novas proteínas contidas nesses produtos.

Por tudo isso, enquanto determinados países consomem sem restrições os produtos transgênicos, outros impõem certos limites e preferem realizar mais estudos para conhecer melhor os riscos. Acha, inclusive, que o consumidor tem o direito de saber que está consumindo um produto feito com plantas ou animais geneticamente modificados e, por isso, obrigam a inscrição de um aviso no rótulo do produto.

A terapia gênica

Entre os seres humanos está em desenvolvimento a terapia gênica, que consiste em "reprogramar" células de uma pessoa para curar doenças genéticas. Algumas pessoas, por exemplo, têm um problema genético que as torna incapazes de produzir anticorpos. Desse modo, elas ficam sem defesas contra doenças infecciosas. Na terapia gênica, o gene defeituoso é retirado dos glóbulos brancos e um gene normal é implantado, de modo que o sistema de defesa da pessoa volte a funcionar. Essa terapia, no entanto, ainda está em fase experimental.

A identificação pelo DNA

O DNA de uma pessoa pode ser usado também como uma espécie de "impressão digital". Isso quer dizer que é possível identificar uma pessoa pelo exame do código genético de qualquer célula de seu corpo. Essa técnica permite, por exemplo, identificar um criminoso pelo exame de fios de cabelo, de vestígios de sangue ou esperma encontrados no local do crime. E permite também avaliar se um homem é o pai de uma criança nos processos de paternidade. Em muitos casos, para fins práticos, a chance de acerto é muito próxima a 100%.

O mapa dos genes

O desenvolvimento da engenharia genética também possibilitou o Projeto Genoma Humano, que tem por objetivo descobrir o "endereço" de cada gene, isto é, a localização exata do gene no cromossomo, e desvendar também a sua estrutura química. Com isso, espera-se identificar os genes que causam doenças hereditárias, por exemplo. Abre-se o caminho para o desenvolvimento de testes que permitam prever se uma pessoa terá ou não determinada doença genética, facilitando também o seu tratamento.

Além de provocar uma revolução na biologia, essas descobertas levantam uma série de questões de ordem moral, social, econômica e política. É importante que todos nós estejamos bem informados sobre os avanços dessas técnicas, para que a nossa sociedade possa tomar decisões a respeito de como o conhecimento científico deve ser utilizado.

Em sua opinião, o que é mais importante para melhorar a saúde da maior parte da população e evitar muitas das doenças de países em desenvolvimento, como o Brasil? Seria o investimento em tratamentos avançados, como a engenharia genética? Ou as medidas ligadas à saúde pública, como o acesso à água tratada e à rede de esgotos, o combate à desnutrição e às drogas?

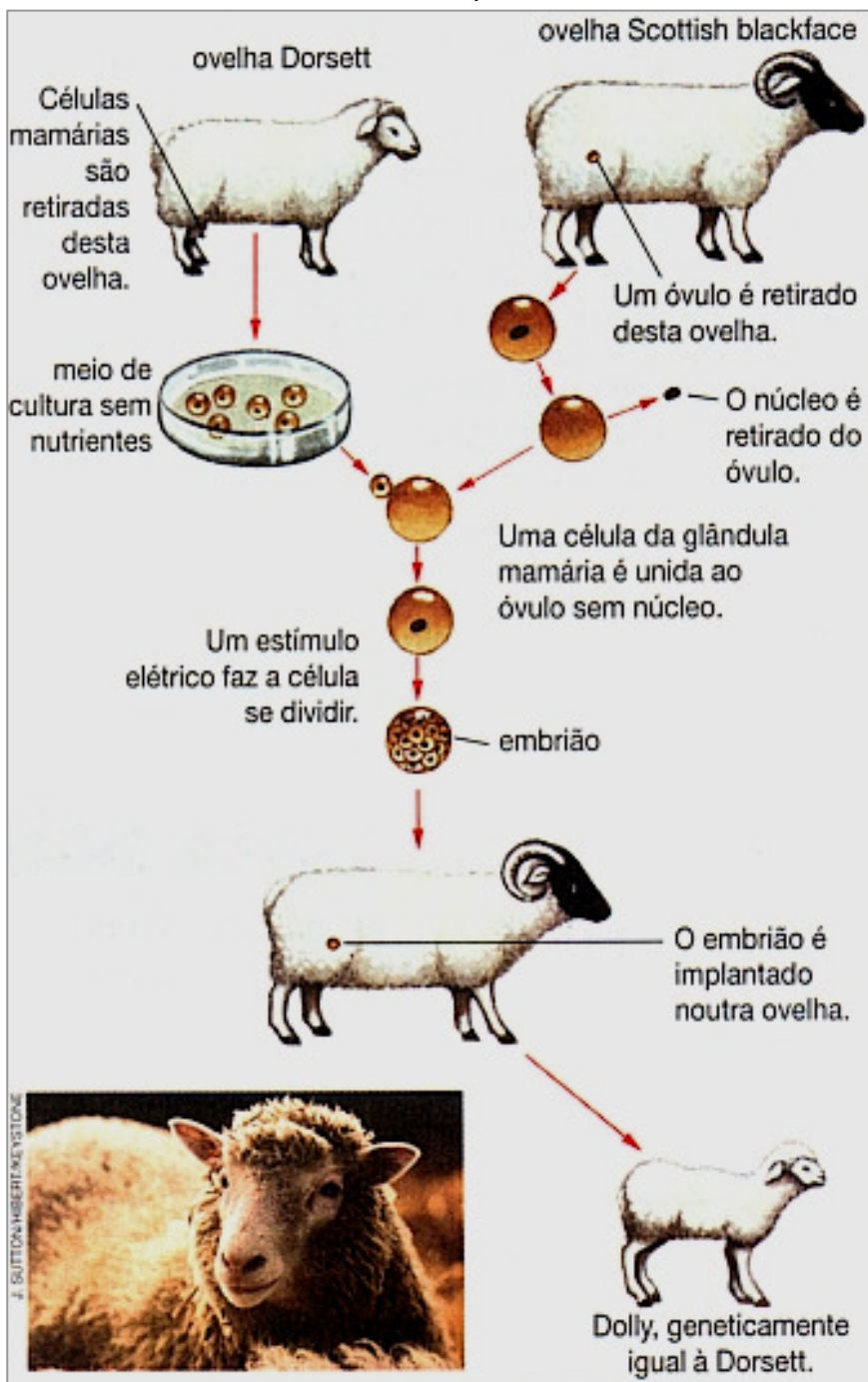
[O termo clone indica indivíduos surgidos a partir da reprodução assexuada de outros indivíduos.](#)

A clonagem

Em 1997, nasceu Dolly, a primeira ovelha clonada a partir de uma célula adulta. Pesquisadores escoceses uniram uma célula da glândula mamária de uma ovelha de "cara branca" (ovelha *Finn Dorsett*) com um óvulo — do qual foi retirado o núcleo — de uma ovelha de "cara preta" (Scotirsh *blackface*). A célula resultante foi implantada no útero de outra ovelha de "cara preta". Observe a figura. Nasceu, então, Dolly, uma ovelha de "cara branca", que é um clone daquela que forneceu a célula da glândula mamária.

No final de 1998, pesquisadores japoneses, utilizando uma técnica mais eficiente, produziram dezenas de vacas clonadas de animais adultos. Eles trataram células do sistema reprodutor de uma vaca adulta, retiraram seus núcleos e os implantaram em óvulos de outra vaca, que tiveram seus núcleos removidos.

Por meio dessa técnica, é possível clonar, por exemplo, todo um rebanho a partir de um único animal com carne de boa qualidade.



Outra aplicação para a clonagem consiste em produzir cópias de animais transgênicos, isto é, portadores de genes que produzem proteínas importantes para o homem, como medicamentos e hormônios. Os animais seriam então fábricas vivas de remédios e outros produtos.

No entanto, a criação de Dolly levantou logo intensas discussões. Seria possível fazer cópias de seres humanos, criando, por exemplo, crianças idênticas a um adulto? Do ponto de vista legal, seria possível realizar experimentos desse tipo com seres humanos? Quais as consequências morais desse ato?

Mesmo em meio a tanta polêmica, alguns países estudam a possibilidade de permitir a clonagem para fins especiais de transplante. Nesse caso órgãos e tecidos seriam desenvolvidos a partir das células da pessoa que necessita de transplante — isso evitaria os problemas de rejeição.

Mas, muitos governos, inclusive o brasileiro, têm leis que proíbem a clonagem de células humanas, tanto para gerar clones quanto para desenvolver pesquisas médicas.