



Aluno: _____ nº _____

Atividade prática

Quem é o pai? Quem é o criminoso?

OBJETIVOS

Compreender a importância prática da Engenharia Genética na identificação das pessoas. Conhecer os princípios básicos da manipulação genética e algumas de suas principais aplicações, como identificação de pessoas através do DNA.

PRÉ-REQUISITOS

É necessário que o aluno tenha noções de genética (DNA, gene, cromossomos homólogos) e de algumas técnicas de engenharia genética (enzimas de restrição, gel de eletroforese).

INTRODUÇÃO

O primeiro caso de identificação criminal através de exames de DNA ocorreu em 1985, na Inglaterra. Num pequeno condado, rodeado de montanhas e com uma única estrada de acesso, uma mulher foi estuprada e assassinada. "Lá havia um geneticista, Alec Jeffreys, que colheu o esperma encontrado na vítima e fez o exame de DNA. Mais tarde houve outro crime similar. Novamente Jeffreys analisou o sêmen encontrado na vítima. Era do mesmo homem que cometera o primeiro crime", conta José Maria Marlet, professor de medicina legal da USP.

As autoridades locais forjaram uma campanha de doação de sangue cuja finalidade era identificar o agressor. Todos os habitantes foram doar sangue, mas nenhum deles possuía DNA igual ao do estuprador.

"A polícia prosseguiu com as investigações e descobriu que havia um viajante no condado. Quando o sujeito voltou, foi convidado a doar sangue. Feito o teste de DNA no sangue colhido, Jeffreys concluiu que o código genético do viajante era o mesmo do estuprador", conta Marlet.

Fonte: Folha de S. Paulo, 28/05/95

As técnicas da Engenharia Genética permitem identificar pessoas pela análise de suas moléculas de DNA (ácido desoxirribonucléico), a substância que constitui os genes. Com exceção dos gêmeos univitelinos, cada pessoa possui um conjunto de genes e, portanto, de moléculas de DNA, único e particular.

O processo mais simples para caracterizar o DNA consiste em cortar as moléculas dessa substância com o auxílio de "tesouras moleculares", as chamadas **enzimas de restrição**, analisando em seguida o tamanho dos fragmentos que se formaram. Uma enzima de restrição corta a molécula de DNA em pontos específicos, somente onde ocorre determinada seqüência de bases nitrogenadas. Como cada pessoa tem seqüências típicas de bases nitrogenadas, o número e o tamanho dos fragmentos obtidos pelo corte enzimático acabam por caracterizar seu DNA.

O tamanho dos "fragmentos de restrição", como são chamados os fragmentos obtidos após o corte enzimático, é determinado através da técnica de **eletroforese**. A mistura de fragmentos de DNA é aplicada em uma camada de gelatina (gel) e submetida a um campo elétrico. Nessas



Atividades de apoio em Biologia Celular e Molecular



condições, os fragmentos se movem em velocidades proporcionais ao seu tamanho, os menores mais rapidamente que os maiores.

Quando o campo elétrico é desligado, fragmentos de mesmo tamanho estacionam juntos em determinada posição do gel, formando uma faixa. O padrão de faixas que surge é característico para cada pessoa, e corresponde à sua "impressão digital" genética.



Foto de um gel de eletroforese iluminado com luz ultravioleta. Sob essa luz, o DNA previamente tratado fluoresce, revelando um padrão de faixas típico de DNA analisado.

ATIVIDADE: SIMULANDO A IDENTIFICAÇÃO DE PESSOAS ATRAVÉS DO DNA

Nesta atividade você aplicará os princípios da identificação de pessoas pelo DNA na solução de duas questões judiciais. Em uma delas identificará um criminoso entre três suspeitos, e em outra descobrirá quem é o pai de uma criança.

Na figura 1 estão representados segmentos de DNA de cinco pessoas (P-1 a P-5). Cada uma tem dois segmentos, correspondentes a um par de cromossomos homólogos (Ca e Cb). As seqüências de bases dos homólogos podem ser ligeiramente desiguais em função da diferença entre os genes alelos.

O primeiro passo para a análise do DNA é cortá-lo com uma enzima de restrição hipotética que, neste exemplo, reconhece a seqüência de dois pares de bases **C-G** adjacentes (dois **C** em uma cadeia e dois **G** na outra). Para facilitar, essas "seqüências de corte" estão destacadas no DNA. Localize, nos dois segmentos de DNA de cada pessoa, todas as seqüências de corte. Marque-as a lápis com um traço horizontal, de modo a separar um par **C-G** do par **C-G** adjacente.

O passo seguinte é organizar os fragmentos obtidos por ordem de tamanho. Para isso, conte o número de pares de bases de cada fragmento e complete o preenchimento do gráfico da figura 2. Cada coluna do gráfico simula o padrão eletroforético de uma pessoa, onde os fragmentos de DNA se distribuem em faixas por ordem de tamanho. A título de exemplo, a coluna correspondente ao padrão da pessoa P-5 já está preenchida.



Atividades de apoio em Biologia Celular e Molecular



P 1		P 2		P 3		P 4		P 5	
Ca	Cb	Ca	Cb	Ca	Cb	Ca	Cb	Ca	Cb
C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G
C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A
T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A
C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G
G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C
C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G
T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C
C-G	C-G	C-G	T-A	T-A	T-A	C-G	T-A	T-A	C-G
C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A
C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G
C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G
T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
G-C	G-C	G-C	G-C	A-T	G-C	A-T	A-T	A-T	A-T
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
G-C	A-T	A-T	G-C	A-T	G-C	A-T	A-T	A-T	A-T
T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
A-T	A-T	A-T	A-T	G-C	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C
C-G	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	C-G	T-A	T-A	T-A
C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G
T-A	T-A	C-G	C-G	T-A	C-G	T-A	C-G	C-G	C-G
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A
G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C
G-C	G-C	G-C	A-T	G-C	G-C	G-C	G-C	A-T	G-C
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A
C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G
C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A
G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
C-G	T-A	T-A	C-G	T-A	C-G	C-G	C-G	C-G	T-A
C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A
G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C
C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A
G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C
C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G	C-G
A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T	A-T
T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A	T-A
G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C
G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C
G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C	G-C

Figura 1: Segmentos de DNA de 5 pessoas (P-1 a P-5). Ca e Cb correspondem a um par de cromossomos homólogos.



Atividades de apoio em Biologia Celular e Molecular

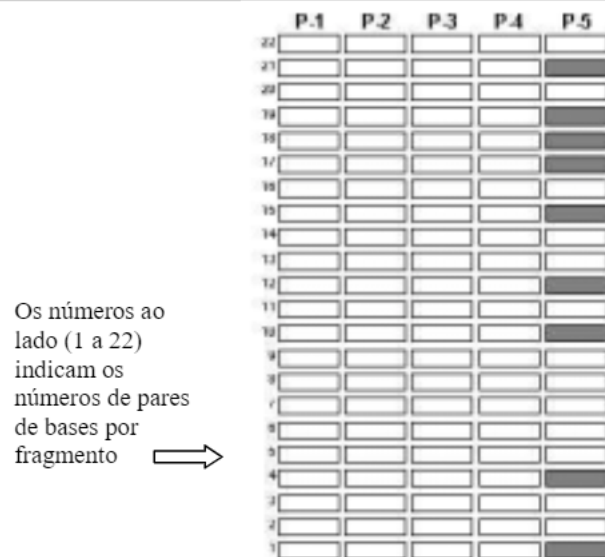


Figura 2: Gráfico que simula o padrão eletroforético de uma pessoa. Os fragmentos de DNA se distribuem em faixas por ordem de tamanho.

QUESTÕES:

Quem é o criminoso?

Restos de pele encontrados sob as unhas de uma pessoa assassinada foram submetidos ao teste de DNA, revelando o padrão eletroforético P-5. Três pessoas, P-1, P-2 e P-3, suspeitas do crime, também foram submetidas ao teste de DNA. Qual delas é a provável culpada?

Quem é o pai da criança?

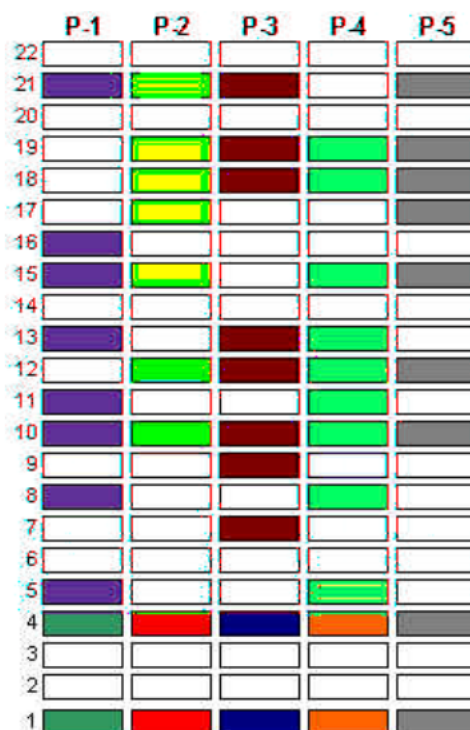
Dois homens, P- 1 e P-2, disputam a paternidade de uma criança,P-4, filha da mulher P-3. Com base no teste de DNA dos quatro implicados, quem é o provável pai da criança?

BIBLIOGRAFIA: Esta atividade foi retirada de
AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R. **Guia de apoio didático para os três volumes da obra
Conceitos de Biologia: objetivos de ensino, mapeamento de conceitos, sugestões de
atividades.** São Paulo: Editora Moderna, 2001. 256p.



ANEXO (PARA O PROFESSOR)

Resposta dos testes



Quem é o criminoso?

P-2. O padrão eletroforético do DNA deste suspeito é idêntico ao da amostra de pele encontrada sob as unhas da Vítima (P-5).

Quem é o pai da criança?

P-1. A criança P-4, pode ter recebido da mãe (P-3) DNA relativo as faixas de números 1,4,10,12,13,18 e 19. As faixas 5,8,11 e 15 de P-4 provêm necessariamente do pai. P-2 o outro postulante, não apresenta as faixas 5,8 e 11.

A identificação positiva do DNA de um suspeito pela técnica mostrada na atividade, particularmente se for utilizado diferentes tipos de enzimas de restrição, atinge um índice de acerto de mais de 99%. Há uma probabilidade ínfima de duas pessoas não-gêmeas idênticas apresentarem o mesmo padrão eletroforético do DNA.