EXPERIMENTO · AULA

MATERIAL DO PROFESSOR

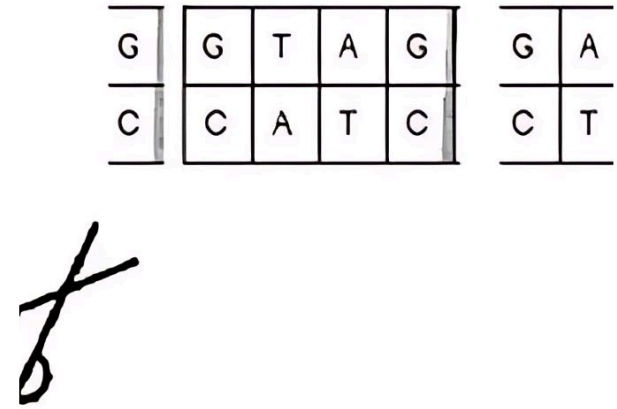
Teste de paternidade

Projeto EMBRIAO +20 · Biologia no Ensino Médio · experimento revisto e ilustrado

SÉRIE/ANO	DURAÇÃO	TEMA	ORGANIZAÇÃO
2ª a 3ª série	1 aula de 50 min (+ pesquisa prévia em casa)	Transmissão da vida, ética e manipulação gênica	grupos de 3 a 5

Em uma aula de 50 minutos, com papel, lápis e tesoura, a turma simula um teste de paternidade: Caio, de 5 anos, perdeu a mãe e três homens dizem ser seu pai. Os alunos completam fitas de DNA, cortam com uma 'enzima de restrição' de papel, montam o gel e descobrem qual dos três explica as bandas de Caio que não vieram da mãe. A simulação dá base concreta para discutir herança, técnicas de DNA e as dimensões legais e afetivas da paternidade.

Simulação em papel de um teste de paternidade por análise de fragmentos de DNA. O caso: Caio, 5 anos, cuja mãe faleceu, tem três supostos pais (P1, P2 e P3). Com fitas de DNA impressas de Caio, da mãe e dos três homens, os alunos completam as fitas complementares, aplicam uma 'enzima de restrição' que reconhece GG e corta entre os dois G, recortam e contam os pares de bases, desenham o gel de eletroforese (menores migram mais) e interpretam: cada banda da criança deve vir da mãe ou do pai; no roteiro original, a banda de 5 pb da mãe aparece mais espessa por repetição e o pai biológico é o sujeito 3.



Exemplo do corte: a 'enzima' reconhece GG e corta entre os dois G; a tesoura corta as duas fitas no traço.

Objetivos

- Explicar o fundamento do teste de paternidade: metade dos cromossomos (e das bandas) vem de cada genitor
- Simular corte por enzima de restrição e eletroforese e construir o perfil de bandas de cinco pessoas
- Interpretar o gel identificando bandas herdadas da mãe, bandas que devem vir do pai e bandas incompatíveis
- Discutir aplicações, limites e implicações éticas e sociais do teste de DNA

Conceitos

- Herança biparental (23 pares de cromossomos)
- Perfil genético ('código de barras' de DNA)
- PCR, enzimas de restrição e eletroforese
- Bandas compartilhadas e exclusão de paternidade
- Fragmentos repetidos e intensidade da banda
- Materiais biológicos para análise (sangue, bulbo de cabelo, ossos, dentes)
- Ética e direito de filiação

BNCC

EM13CNT304 Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de tecnologias do DNA, considerando aspectos éticos e sociais

EM13CNT202 Analisar as formas de manifestação da vida em seus níveis de organização, incluindo a transmissão de características

EM13CNT301 Representar e interpretar modelos explicativos e dados

Fundamentação: o que acontece em cada etapa

Herança cromossômica. Cada célula somática humana tem 23 pares de cromossomos homólogos: 23 cromossomos vieram do óvulo e 23 do espermatozoide. Para qualquer região do DNA nuclear, a criança tem portanto uma versão (alelo) da mãe e uma do pai. Esse é o fundamento do teste: toda característica do perfil genético da criança precisa estar presente na mãe ou no pai biológico. A exceção é o DNA mitocondrial, herdado só da mãe, que não entra neste tipo de teste.

Regiões variáveis. Duas pessoas quaisquer têm mais de 99% do DNA idêntico; o teste não compara genomas inteiros, mas algumas regiões muito variáveis entre pessoas. Como o roteiro ressalta, o exame não lê a informação genética: compara o tamanho de fragmentos.

Enzimas de restrição. São enzimas bacterianas que reconhecem sequências curtas e específicas e cortam as duas fitas do DNA naquele ponto, rompendo a ligação fosfodiéster entre nucleotídeos vizinhos. Se duas pessoas diferem na sequência, os sítios de corte ficam em posições diferentes e os fragmentos têm tamanhos diferentes (polimorfismo de comprimento de fragmentos de restrição, RFLP). Na simulação, a 'enzima' reconhece GG e corta entre os dois G; como a sequência pode estar em qualquer das fitas, um CC na fita impressa corresponde a um GG na complementar e também é sítio de corte.

Eletroforese. O DNA tem carga negativa por causa dos fosfatos. Aplicado num gel de agarose sob corrente elétrica, ele migra do polo negativo (cátodo) para o polo positivo (ânodo). Como todos os fragmentos têm a mesma proporção carga/massa, quem decide a velocidade é o tamanho: fragmentos menores passam mais facilmente pelos poros do gel e chegam mais longe. O roteiro de 2010 tem os polos trocados ('aproximação do Cátodo (polo positivo)'): o cátodo é o polo negativo, e o DNA se afasta dele em direção ao ânodo. A Tabela 1 do próprio roteiro está correta, com o sinal negativo no alto e o positivo embaixo, junto aos fragmentos menores.

Bandas mais grossas. Fragmentos de mesmo tamanho param no mesmo lugar e formam uma única banda, mais intensa. No caso de Caio, a mãe tem dois fragmentos de 5 pb, que aparecem como uma banda grossa. O roteiro diz que ela é 'mais densa'; o termo correto é mais intensa, porque contém mais DNA.

Leitura do resultado. Primeiro identificam-se as bandas do filho presentes na mãe (11 e 5 pb). As restantes (7, 4, 2 e 1 pb) obrigatoriamente vieram do pai biológico. Um suposto pai que não tenha todas essas bandas é excluído. P1 e P2 são excluídos; P3 tem as quatro. Bandas da mãe ou do pai que não aparecem no filho são esperadas: cada genitor passa só um dos dois alelos de cada região. Uma banda presente só no filho indicaria mutação nova, erro de laboratório ou, se houvesse várias, que nenhum dos homens testados é o pai.

Simplificação do modelo. Cada pessoa da simulação tem uma única fita de 30 bases, e a fita de Caio é literalmente metade igual à de P3 e metade igual à da mãe. Na realidade cada pessoa tem dois alelos por região, e os laboratórios analisam de 15 a mais de 20 regiões ao mesmo tempo. Vale explicitar essa diferença para os alunos.

Técnica atual. O roteiro descreve amplificação por PCR seguida de corte por enzimas, mistura de duas técnicas. O RFLP clássico (anos 1980 e 1990) cortava o DNA genômico com enzimas, sem PCR. Os testes atuais amplificam por PCR regiões de repetições curtas em tandem (STR), cujo tamanho varia de pessoa para pessoa, e separam os produtos por eletroforese capilar, sem enzimas de restrição. A lógica de comparar tamanhos é a

mesma da simulação. A probabilidade de paternidade relatada hoje costuma ser superior a 99,99%; a exclusão, quando há incompatibilidade em várias regiões, é praticamente certa.

Material biológico. Usa-se sangue (o DNA vem dos leucócitos; as hemácias maduras não têm núcleo), células da mucosa da bochecha coletadas com swab, cabelo com bulbo e, em pessoas falecidas, ossos e dentes, desde que o material não tenha sido destruído pelo calor. Graças à PCR, bastam quantidades mínimas de DNA.

Materiais

- Fitas de DNA impressas (sequências curtas, letras grandes) de Caio, da mãe e dos supostos pais P1, P2 e P3 — uma folha por grupo (as sequências do roteiro original devem ser obtidas no PDF do experimento ou criadas pelo professor de modo que apenas P3 explique todas as bandas de Caio não herdadas da mãe)
- Tesoura sem ponta e lápis ou caneta por grupo
- Tabela 1 (gel): colunas para Caio, mãe, P1, P2, P3; linhas para os tamanhos em pb, polo negativo em cima e positivo embaixo
- Lápis de cor para pintar as bandas (banda mais grossa para fragmentos repetidos)
- Pesquisa prévia dos alunos sobre como o teste é feito hoje (material coletado, extração, quantidade de DNA, base da análise)
- Esquema da dupla-hélice e do pareamento de bases para consulta

Preparação antecipada

- Imprima por grupo a folha de fitas do anexo (fig-06), ampliada para que cada quadradinho tenha pelo menos 1 cm, e a Tabela 1 em branco (fig-05). Confira as fitas com a lista de fragmentos esperados abaixo antes de imprimir.
- Na aula anterior, peça a pesquisa sobre como o teste de paternidade é feito hoje: material coletado, o que se extrai, quantidade necessária e em que se baseia a comparação.
- Separe tesouras sem ponta, lápis de cor e envelopes para os fragmentos.
- Desenhe no quadro um exemplo curto de dupla fita com um sítio GG e um CC, para mostrar o corte antes de os grupos começarem.
- Fragmentos esperados (corte entre G e G em qualquer das fitas): filho 7, 4, 2, 1, 11 e 5 pb; mãe 9, 5, 11 e 5 pb; P1 3, 12 e 15 pb; P2 6, 14 e 10 pb; P3 7, 4, 2, 1, 6 e 10 pb.

SEGURANÇA

Risco mínimo: tesouras sem ponta e papel. Cuidado ético: o caso é fictício; o tema pode ser sensível para alunos com histórias familiares de paternidade não reconhecida — conduza a discussão sem expor situações pessoais e sem juízo de valor.

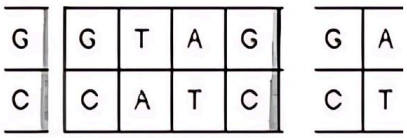
Protocolo ilustrado

1. **Apresentar o caso de Caio e recolher a pesquisa prévia sobre o teste de paternidade.**
   Construa no quadro a ideia central: metade dos cromossomos de Caio veio da mãe e metade do pai biológico.

2. **Distribuir as fitas do filho, da mãe e dos supostos pais P1, P2 e P3 e pedir que os grupos completem a fita complementar.**
   Pareamento A–T e C–G. Os grupos podem dividir as cinco fitas entre si e trocar as listas depois. As fitas estão redesenhadas no anexo do guia do aluno (com a fita da mãe corrigida).

3 Marcar todos os sítios de corte: GG na fita de cima ou na de baixo, com um traço vertical entre os dois G.

O erro mais comum é esquecer o GG da fita complementar (CC na fita impressa). Sequências como CCC geram dois cortes seguidos e um fragmento de 1 pb.



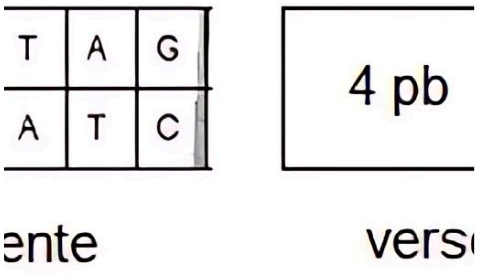


Exemplo do corte: a 'enzima' reconhece GG e corta entre os dois G; a tesoura corta as duas fitas no traço.

4 Cortar a dupla fita com a tesoura em cada traço e anotar no verso o número de pares de bases de cada fragmento.

A soma dos fragmentos de cada pessoa deve dar 30 pb.

Segurança: Tesouras sem ponta.



Fragmento recortado: na frente as bases; no verso, o tamanho anotado (4 pb).

5 Pintar as bandas na Tabela 1, uma coluna por pessoa, na linha do tamanho de cada fragmento.

Explique a migração: polo negativo em cima, positivo embaixo; os menores ficam embaixo. Dois fragmentos de mesmo tamanho viram uma banda mais grossa (os dois de 5 pb da mãe).

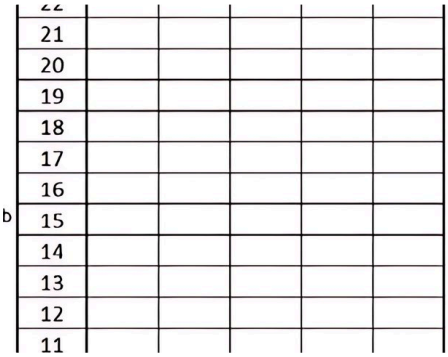
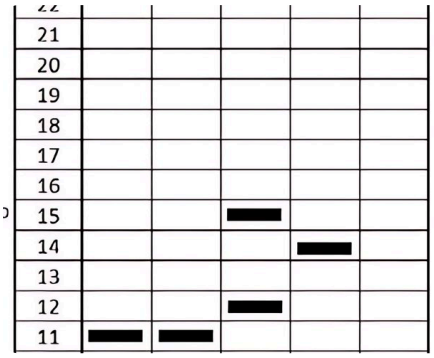


Tabela 1 em branco: gel de papel com colunas Mãe, Filho, P1, P2, P3 e linhas de 1 a 30 pb; polo negativo em cima, positivo embaixo.

6 **Interpretar: marcar as bandas do filho presentes na mãe, listar as restantes e procurar o homem que tem todas elas.**

Bandas maternas no filho: 11 e 5 pb. Bandas paternas: 7, 4, 2 e 1 pb, todas presentes em P3. P1 e P2 não têm nenhuma delas.



Resultado esperado do gel: as bandas do filho que não vêm da mãe coincidem com as de P3.

7 **Discutir as bandas dos pais ausentes no filho e o caso hipotético de uma banda só no filho.**

Cada genitor transmite só um dos dois alelos de cada região; uma banda exclusiva do filho indicaria mutação, erro ou que o pai não foi testado.

8 **Corrigir o gel no quadro e fechar com a dimensão social e legal do teste.**

Diferença entre paternidade biológica e socioafetiva; acesso ao exame pela Defensoria Pública; dados genéticos como dados sensíveis.

Resultado esperado

Gel com a mãe em 11, 9 e 5 pb (esta mais grossa), Caio em 11, 7, 5, 4, 2 e 1 pb, P1 em 15, 12 e 3 pb, P2 em 14, 10 e 6 pb e P3 em 10, 7, 6, 4, 2 e 1 pb. As bandas de 11 e 5 pb de Caio vêm da mãe e as de 7, 4, 2 e 1 pb só podem vir de P3, que é o pai biológico. Grupos que esquecem os sítios na fita complementar obtêm poucos fragmentos grandes e não chegam ao resultado, o que é um bom ponto de discussão sobre a importância do protocolo. Atenção: a fita da mãe no anexo do roteiro de 2010 começa com C-G-G, o que geraria um corte a mais; no guia novo a 3ª base foi corrigida para A, e o resultado esperado é o descrito acima.

Sequência didática

ANTES **Como se faz um teste de paternidade?** **10 min**

Recolha a pesquisa prévia: de que material se extrai o DNA (sangue — leucócitos, pois hemácias não têm núcleo —, saliva, cabelo com bulbo, ossos e dentes), quanto DNA é necessário (pouco, graças à PCR) e o que se compara (tamanhos de fragmentos de regiões variáveis, não a sequência inteira). Construa o fundamento: cada pessoa tem 23 pares de cromossomos, um de cada genitor; logo, cada banda do perfil da criança deve aparecer na mãe ou no pai. Apresente o caso de Caio.

- Por que o sangue serve para o teste se as hemácias não têm DNA?
- Se uma banda de Caio não está na mãe, de onde ela veio obrigatoriamente?

DURANTE **Fitas complementares e corte pela enzima** **15 min**

Em grupos, os alunos completam a fita complementar de cada uma das cinco amostras (A–T, C–G), marcam todos os sítios GG, traçam o corte entre os dois G, recortam os fragmentos e contam os pares de bases de cada um, registrando uma lista por pessoa. Conferem se a soma dos fragmentos reproduz o comprimento original. Grupos podem dividir as amostras entre si para ganhar tempo e depois trocar listas.

- Quantos fragmentos a enzima gerou em cada pessoa? Por que o número varia?

DURANTE **Gel de eletroforese e leitura** **15 min**

Explique a eletroforese (DNA negativo migra ao polo positivo; fragmentos menores migram mais) e peça que pintem as bandas na Tabela 1, uma coluna por pessoa, com banda mais grossa quando dois fragmentos têm o mesmo tamanho (no roteiro, a banda de 5 pb da mãe). Interpretação em três passos: marcar as bandas de Caio que coincidem com a mãe; as restantes devem vir do pai; verificar qual dos três homens tem todas essas bandas. Resultado esperado: P3. Discuta bandas presentes em um suposto pai e ausentes em Caio (normal: a criança herda só um de cada par) e a situação hipotética de uma banda só na criança (mutação ou erro).

- P1 tem uma banda igual a uma de Caio. Isso basta para ser o pai? Por que não?
- Uma banda do pai não aparece em Caio. Isso exclui a paternidade?

DEPOIS **Além do gel: o que o teste decide e o que não decide** **7 min**

Corrija o gel na lousa e feche com a dimensão social: o teste de DNA é usado em ações de reconhecimento de paternidade (direito à filiação, alimentos), identificação de pessoas desaparecidas e investigação criminal; discuta confiabilidade (probabilidade de paternidade acima de 99,99%), custo e acesso gratuito pela Defensoria em muitos estados, e o fato de que paternidade biológica e socioafetiva são coisas distintas perante a lei. Peça uma frase de cada grupo sobre o que o teste prova e o que não prova.

- O teste diz quem é o pai biológico. Isso é o mesmo que dizer quem é o pai?

AVALIAÇÃO **Gel e interpretação** **3 min**

Avalie as fitas complementares, as listas de fragmentos, o gel pintado e a interpretação escrita (bandas da mãe, bandas do pai, exclusão de P1 e P2, inclusão de P3, com justificativa). A correção coletiva na lousa serve de fechamento, como no roteiro original.

Respostas esperadas às questões do aluno

1. Como é transmitido o material genético dos pais para os filhos?

Pelos gametas: o óvulo e o espermatozoide levam, cada um, 23 cromossomos, um de cada par. Na fecundação o zigoto passa a ter 23 pares, com um cromossomo de cada par vindo da mãe e o outro do pai.

2. Por que metade das bandas dos pais coincide com as do filho?

Porque o filho recebe só um dos dois cromossomos de cada par de cada genitor; das duas versões de cada região, ele herda uma da mãe e uma do pai, e as outras ficam de fora. Por isso cerca de metade do perfil vem de cada genitor.

3. No caso proposto, quais fragmentos do DNA do filho são herdados do pai? E da mãe?

Da mãe: os fragmentos de 11 e 5 pb. Do pai: os de 7, 4, 2 e 1 pb.

4. Quem é o suposto pai?

O suposto pai 3 (P3), o único que tem todas as bandas de Caio que não vieram da mãe. P1 e P2 ficam excluídos.

5. Cite algumas características humanas que você acha que são hereditárias.
Respostas variadas: tipo sanguíneo ABO e Rh, cor dos olhos, capacidade de enrolar a língua (exemplo clássico, embora hoje se saiba que não é herança simples), daltonismo, hemofilia, fibrose cística, anemia falciforme. Vale distinguir características com forte influência ambiental (altura, peso) e as que não são biológicas (sotaque, religião).

Se algo der errado

O grupo encontra poucos fragmentos e a soma não fecha com o gel esperado.	Esqueceu os sítios da fita complementar: cada CC na fita impressa também é corte. Refaça a marcação olhando as duas fitas.
A soma dos fragmentos não dá 30 pb.	Algum quadradinho se perdeu ou foi contado duas vezes. Remonte a fita sobre a mesa na ordem original e reconte.
Bandas pintadas na parte de cima do gel para fragmentos pequenos.	Inversão dos polos. Relembre: os poços ficam no polo negativo, em cima; os fragmentos pequenos migram mais e ficam embaixo, perto do positivo.
A banda de 9 pb da mãe sai como 2 + 7 pb.	Confira a impressão da fita da mãe: o gel do roteiro original mostra 9 pb, compatível com não haver corte entre as bases 2 e 3. Ajuste a fita antes da aula (ver preparo).
A aula não fecha nos 50 minutos.	Distribua uma fita por grupo e monte o gel coletivo no quadro, com um representante de cada grupo pintando as bandas.

Avaliação

- Completa as fitas e aplica o corte GG corretamente, com soma de fragmentos consistente
- Monta o gel com bandas na posição e espessura corretas
- Interpreta o gel identificando origem materna e paterna das bandas e excluindo os não compatíveis
- Discute limites e implicações do teste com argumentos

Instrumento: Fitas e lista de fragmentos + Tabela 1 (gel) + interpretação escrita; correção na lousa

Adaptações

ACESSIBILIDADE
Para alunos com deficiência visual, fitas com letras em relevo ou braile e gel tátil com bandas em fita texturizada (mais larga para banda grossa); a interpretação pode ser oral. Para alunos surdos, caso e regras por escrito e demonstração visual do corte e da migração no quadro.

SEM LABORATÓRIO
Só papel, tesoura e lápis; não requer laboratório nem internet. As fitas podem ser escritas à mão pelo professor se não houver impressora.

REMOTO OU HÍBRIDO
Fitas em PDF para impressão ou documento editável; gel em planilha compartilhada com uma coluna por pessoa; interpretação e debate em videochamada.

O que mudou desde 2010

> Os testes atuais usam marcadores STR com PCR e eletroforese capilar, com resultado em poucos dias e kits de coleta de saliva; há também testes pré-natais não invasivos de paternidade a partir do sangue materno. O tema conecta-se à LGPD (dados genéticos como sensíveis) e ao reconhecimento jurídico da paternidade socioafetiva no Brasil.

Para ir além (no material do aluno)

INVESTIGAÇÃO **E se a enzima fosse outra?.** Refaça o corte das mesmas fitas com uma enzima que reconhece AA (cortando entre os dois A, nas duas fitas). O pai continua sendo o mesmo? Por que os laboratórios usam mais de uma enzima ou várias regiões do DNA?

MEDIDA **Gel de verdade com corante de comida.** Com o professor, monte um gel de ágar ou amido de milho numa forminha, aplique gotas de corantes alimentícios e ligue cinco baterias de 9 V com papel-alumínio nas pontas. Os corantes se separam como o DNA na eletroforese. Para que lado cada cor andou? Por quê?

PESQUISA **Paternidade biológica e socioafetiva.** Pesquise o que a lei brasileira diz sobre o reconhecimento de paternidade, como pedir o exame de DNA gratuito pela Defensoria Pública e o que é paternidade socioafetiva. O exame de DNA responde a todas as perguntas sobre quem é o pai de alguém?

VARIAÇÃO **Crie o seu próprio caso.** Em grupo, invente uma família com mãe, pai e filho e escreva fitas de 30 bases de modo que o filho tenha metade das bandas de cada um. Inclua um suposto pai 'falso' que divida uma banda com o filho por acaso. Troque o caso com outro grupo e resolva o deles.

CONEXÃO **A mesma técnica na perícia.** O experimento do acervo 'Investigação através da identificação de DNA' usa a mesma simulação para descobrir quem roubou um troféu. Compare: no teste de paternidade se procuram bandas compartilhadas por herança; na perícia, um perfil idêntico.

Material do aluno (guia de execução, registro e variações): **https://www.embriao.ib.unicamp.br/embriao20/pdf/experimento-teste-paternidade-aluno.pdf**
Página do material: **https://www.embriao.ib.unicamp.br/embriao20/acervo/experimento-teste-paternidade/**
Roteiro original (2010): **https://www.embriao.ib.unicamp.br/embriao20/midia/experimento-teste-paternidade/roteiro-original-2010.pdf**

Referências

- REED, E. A DNA fingerprint simulation: different, simple, effective. *The American Biology Teacher*, v. 63, n. 6, 2001.
- KOCH, A.; ANDRADE, F. M. A utilização de técnicas de biologia molecular na genética forense: uma revisão. *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, v. 40, n. 1, p. 17-23, 2008.
- BUTLER, J. M. *Fundamentals of forensic DNA typing*. San Diego: Academic Press, 2009.
- GRIFFITHS, A. J. F. et al. *Introdução à genética*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan (capítulos sobre herança e marcadores moleculares).
- BRASIL. Lei nº 8.560, de 29 de dezembro de 1992 (investigação de paternidade) e Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 (LGPD; dados genéticos como dados pessoais sensíveis).
- *Genética na Escola* — revista da Sociedade Brasileira de Genética, com simulações de PCR e eletroforese.

Ficha técnica

Universidade Estadual de Campinas

Reitor	Fernando Ferreira Costa
Vice-reitor	Edgar Salvadori de Decca
Pró-reitor de pós-graduação	Euclides de Mesquita Neto

Instituto de Biologia

Diretor	Paulo Mazzafera
Vice-diretora	Shirlei Maria Recco-Pimentel

Execução: Projeto EMBRIAO

Coordenação geral	Eduardo Galembeck
Coordenação de mídia: audiovisuais	Eduardo Paiva
Coordenação de mídia: software	Eduardo Galembeck e Heloisa Vieira Rocha
Coordenação de mídia: experimentos	Helika A. Chikuchi, Marcelo J. de Moraes e Bayardo B. Torres
Apoio logístico e administrativo	Eduardo K. Kimura, Gabriel G. Hornink e Juliana M. G. Garaldi

Roteiro: Teste de paternidade

Edição EMBRIAO +20 (2027)

Coordenação	Eduardo Galembeck
Revisão e atualização	Revisão do conteúdo, alinhamento à BNCC e nova diagramação com apoio de inteligência artificial; 4 ampliadas com IA a partir do PDF de 2010

Ficha catalográfica

Rossi-Rodrigues, Bianca Caroline.

Teste de paternidade [recurso eletrônico]: roteiro de experimento / Bianca Caroline Rossi-Rodrigues, Eric Dias da Silva, Helika Amemiya Chikuchi, Eduardo Galembeck. – Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Projeto EMBRIAO, 2010.

Edição EMBRIAO +20 (2027): material do professor e guia do aluno. Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 2.5 Brasil.

Disponível em: https://www.embriao.ib.unicamp.br/embriao20/acervo/experimento-teste-paternidade/

1. Hereditariedade. 2. DNA. 3. Biologia (Ensino médio). I. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. Projeto EMBRIAO. II. Título.

Como citar (Vancouver): Rossi-Rodrigues BC, Silva ED, Chikuchi HA, Galembeck E. Teste de paternidade [roteiro de experimento na Internet]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Projeto EMBRIAO; 2010. Edição EMBRIAO +20, 2027. Disponível em: https://www.embriao.ib.unicamp.br/embriao20/acervo/experimento-teste-paternidade/

Fonte da ficha: ficha de catalogação original (E_6_1_6, 2010).

Material do professor EMBRIAO +20 (2027), revisto a partir do roteiro original de 2010. Projeto EMBRIAO, Laboratório de Tecnologia Educacional, Instituto de Biologia, Unicamp — produzido com recursos do FNDE, MCT e MEC. Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 2.5 Brasil.