

DE MENDEL AOS TESTES DE PATERNIDADE: Ensinando genética e biologia
molecular em uma perspectiva investigativa

Ana Paula Pereira Neves

Sete Lagoas
2014

Ana Paula Pereira Neves

De Mendel aos testes de paternidade: ensinando genética e biologia molecular numa perspectiva investigativa

Monografia apresentada ao Curso de Especialização ENCI-UAB do CECIMIG FaE/UFMG como requisito parcial para obtenção de título de Especialista em Ensino de Ciências por Investigação.

Orientador: Alexandre Benvindo de Sousa

Sete Lagoas
2014

RESUMO

O teste de paternidade tornou-se um produto da ciência de consumo popular, mas os alunos apresentam dificuldades em estabelecer relações entre conceitos científicos básicos como ácidos nucleicos, cromossomos, genes, divisão celular e hereditariedade aplicada aos testes de paternidade, ou seja, conhecem o produto, mas não compreendem o conjunto de conceitos científicos atrelados ao processo. Essa realidade sugere a inserção de estratégias didáticas diferenciadas em sala de aula. Nesse sentido, foi elaborada e aplicada uma situação-problema (SP), relacionada à biologia molecular aplicada ao uso do exame de DNA em teste de identificação da paternidade, aos alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola pública de Sete Lagoas – MG. Para responder à SP foi realizado um experimento com caráter investigativo que consiste na simulação de um teste de paternidade. A avaliação da aprendizagem foi processual e contínua e os alunos foram estimulados pelo regente a exporem os seus conhecimentos prévios e participarem ativamente do processo de ensino-aprendizagem. Ao final da atividade os alunos foram capazes perceber a relação dos conceitos científicos sobre genética e biologia molecular aplicado aos testes de paternidade e participaram de forma satisfatória no processo de resolução da SP. Conclui-se que a atividade investigativa envolvendo o assunto teste de paternidade pode ser estrategicamente aplicada como um eixo integrador de temas que envolvem biologia molecular, genética, tecnologia e sociedade.

Palavras-chave: ensino de ciências, investigação científica, genética, biologia molecular, teste de paternidade.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	05
2 METODOLOGIA	09
2.1 Etapas Do Trabalho	09
2.1.1 Apresentação da Situação-Problema	09
2.1.2 Laboratório aberto: Simulando um teste de paternidade	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS	24
ANEXOS	27

1 INTRODUÇÃO

As técnicas de manipulação do material genético são resultados da união dos conhecimentos produzidos pelas mais diferentes áreas do saber. O histórico da biologia molecular é recheado de descobertas na área da bioquímica, da genética, da química, da matemática além de outras.

A biologia molecular está permeada pela tecnologia e tem chamado muito a atenção do público, motivo pelo qual a mídia tem colocado esse assunto em evidência. São comuns as manchetes dos noticiários tratarem de assuntos ligados a produção de alimentos transgênicos, projeto genoma, exames de DNA, terapia gênica entre outros, sem contar aqui com os famosos programas televisivos que exibem casos de investigação de paternidade e forense usando a análise do DNA.

O pouco conhecimento científico provoca uma visão distorcida dos fatos, pois a compreensão desses assuntos depende de um conjunto de informações que são discutidas no âmbito da disciplina de Biologia, sobretudo no que se refere ao conteúdo de genética. Também é importante lembrar que nem sempre a mídia leva ao público uma visão correta da ciência. Muitas vezes uma descoberta é creditada apenas ao pesquisador, sem considerar os passos, as dificuldades e as pesquisas anteriores que permitiram celebrar essa descoberta. Partindo desse pressuposto torna-se essencial difundir a visão coletiva da construção do conhecimento na área das ciências.

As limitações no ensino da biologia molecular incluem questões internas e externas à sala de aula, tais como dificuldade de compreender e inter-relacionar conceitos básicos, como ácidos nucleicos, cromossomo, gene e divisão celular. Tal constatação implica em defasagem de conteúdos, que são pré-requisitos para desenvolver ideias ligadas a hereditariedade. Também se critica a pouca carga horária destinada a desenvolver os conteúdos ligados à genética e biologia molecular.

O professor deve refletir sobre como aprimorar o estudo desta área do saber, sendo extremamente importante a adoção de estratégias que despertem o conhecimento acerca da genética e da biologia molecular.

Além disso, os alunos precisam reconhecer e valorizar os produtos da ciência tanto para o enriquecimento pessoal quanto para compreensão de sua forma de ser e estar no mundo, reconhecendo-os como uma aquisição cultural que deve ser passada adiante. A importância cultural da ciência proporciona um argumento forte para a introdução de todos os

estudantes em alguns dos maiores avanços na nossa compreensão do mundo, vistos como acontecimentos e aquisições culturais significantes para serem celebrados (MILLAR, 2003).

Inserido nesta perspectiva e reconhecendo a necessidade de mudança, o presente trabalho tem por finalidades: analisar como se dá a aplicação de uma atividade com caráter investigativo e discutir conceitos de genética associados ao teste de paternidade com alunos do 3º ano do ensino médio. Este trabalho constitui uma proposta para aprimorar o estudo da genética e da biologia molecular observando e analisando as atitudes dos alunos perante a atividade investigativa desenvolvida.

DE MENDEL AOS TESTES DE PATERNIDADE

A história da genética vem sendo construída desde o século XIX, sua alavancada inicial se deu com os trabalhos do monge Gregor Mendel, que realizou experimentos com ervilhas.

A biologia molecular estuda a vida em escalas moleculares, sendo que a elucidação da estrutura do DNA foi ponto crucial na aquisição de novos conhecimentos nesta área do saber.

As ideias chave de Watson e Crick, considerados desvendadores da estrutura do DNA, são frutos de um trabalho colaborativo do conhecimento acumulado ao longo de anos:

Watson e Crick não foram os descobridores do DNA, mas os primeiros cientistas a formular uma descrição precisa da complexa estrutura dessa molécula de dupla hélice. Além disso, o trabalho de Watson e Crick foi diretamente dependente da investigação de inúmeros cientistas, antes deles, incluindo Friedrich Miescher, Phoebus Levene, e Erwin Chargaff (PRAY, 2008).

A análise do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA demonstra que a ciência não é algo dado, acabado, natural, mas uma construção (SCHEID; FERRARI e DELIZOICOV, 2005).

Refletir sobre isso poderá possibilitar aos estudantes a compreensão de que os conhecimentos científicos são produtos do trabalho humano e que todos têm o direito ao entendimento destes avanços, bem como acesso aos resultados de suas aplicações (BARNI, 2010).

Ao longo desse processo de construção do conhecimento as tecnologias de manipulação do DNA, sobretudo no que diz respeito aos testes de paternidade, pelo método

DNA *fingerprint* ou “impressão digital” genética, se aprimoraram e hoje se constituem como um produto da ciência empregado no dia a dia.

A “impressão digital” genética ou DNA *fingerprint* tem sido útil para a identificação de pessoas, para esclarecer dúvidas sobre a possível participação de suspeitos em crimes e para realizar teste de paternidade entre outras situações.

Em julho de 1985 o geneticista inglês Alec Jeffreys e colaboradores divulgaram o desenvolvimento da técnica “impressão digital” que analisa múltiplas regiões do DNA com sondas multilocais.

O trabalho de Jeffreys e colaboradores demonstrou que sondas derivadas do gene da mioglobina humana (sondas 33.6 e 33.15) eram capazes de se hibridizar simultaneamente com diversos locos de minissatélites, produzindo padrões de bandas complexos e específicos para cada indivíduo, que foram chamados de "impressões digitais de DNA". Posteriormente outras sondas foram descritas e são utilizadas nos testes de paternidade (PENA, 2009).

Atualmente os marcadores moleculares polimórficos de comprimento do tipo VNTRs (do inglês, *Variable Number of Tandem Repeats*) são amplamente utilizados nos testes de paternidade. Os VNTRs são sequencias curtas de bases que ocorrem em números variáveis dentro dos grupos de repetições em *tandem* (são encontrados próximos uns aos outros) (DOLINSKY e PEREIRA, 2007).

Góes (2005) descreve a aplicação dos marcadores VNTRs em teste de paternidade através do método DNA *fingerprint*:

O método DNA *fingerprint* demonstra a alta variabilidade das regiões VNTRs do genoma, de maneira que seja improvável a existência de dois indivíduos com o mesmo perfil genético, a não ser no caso de gêmeos univitelinos. Os marcadores VNTR são analisados através da técnica RFLP (“restriction fragment length polymorphism”). Assim, indivíduos podem ser diferenciados pelo comprimento de seqüências VNTR do DNA gerados após a ação de uma enzima de restrição. O padrão de fragmentos é característico e herdado por indivíduos geneticamente relacionados, uma vez que a localização dos sítios de restrição é típica. Em seguida, os produtos da ação das enzimas de restrição são separados em gel de agarose, desnaturados e transferidos para membrana própria para hibridização, técnica esta denominada *Southern-blot*. Uma sonda quimioluminescente, ou marcada radioativamente, complementar às seqüências VNTR é, então, utilizada para, através de hibridização, detectar as seqüências alvo. Os alelos VNTR, identificados pelas sondas, são visualizados após sensibilização de filmes de raios-X.

A realização dos testes de paternidade através do método “impressão digital” envolve outras descobertas. De acordo com Moreno (2007) o início da tecnologia do DNA se deu a

partir da descoberta e caracterização de enzimas relacionadas com seu metabolismo, tais como a DNA polimerase, em 1950 e enzimas de restrição, em 1968.

Outra tecnologia desenvolvida extremamente importante para realização do DNA *fingerprint* é a técnica de Reação em Cadeia de Polimerase (PCR) trata-se de um método revolucionário. A reação em cadeia da polimerase é uma técnica que permite a amplificação em ciclos de sequências específicas de ácidos nucleicos usando polimerases do DNA. Embora inventado por Kary Mullis, na década de 80, seus princípios já haviam sido descritos anteriormente (BAUMFORTH *et al* , 1999). Antes da PCR , para se detectar genes ou VNRTs, precisava de grande quantidade de DNA-alvo, o que nem sempre era possível.

O conjunto dessas e outras descobertas oferecem o suporte necessário ao método “impressão digital” para se chegar ao resultado, que consiste em uma imagem fotográfica semelhante a um código de barras, que contém o padrão de bandas com o DNA de interesse. Esses padrões de bandas além de específicos para cada indivíduo, são herdados dos pais de acordo com os princípios mendelianos.

Segundo Fonseca (2003) os clássicos, de Shakespeare a Machado de Assis, nos ensinam dúvidas masculinas quanto à paternidade de uma criança existem há muito tempo. A chegada desse método ao Brasil foi considerada o marco principal para o ano de 1988. O que era impensável em 1985, quando Alec Jeffreys publicou a técnica, hoje se tornou rotina (PENA, 2010).

O romance Dom Casmurro aborda a temática do ciúme e da dúvida a cerca do caráter da personagem Capitu. Na estória, Bentinho, casado com Capitu, é atormentado pela dúvida de ser ou não pai de Ezequiel, que se parece muito com Escobar, amigo do casal. No final, corroído pelas incertezas, Bentinho se separa da esposa e do filho (PENA, 2010).

No Brasil a realização de testes de paternidade tornou-se um produto de consumo popular. De acordo com Mello (2010) o número de testes de DNA dobrou em uma década e atualmente são realizados aproximadamente 50 mil exames por ano.

ENSINAR CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

Segundo Munford e Lima (2007) o ensino por investigação surge da necessidade de conferir ao ensino de ciências um caráter problematizador em que se promova um diálogo mais estreito entre teoria e o mundo real.

A prática de ensinar Ciências por atividades investigativas vem assumindo historicamente a perspectiva de trazer a atividade científica dos cientistas para o ensino de

Ciências, em um movimento de aproximar os conhecimentos científicos dos conhecimentos escolares (ANDRADE, 2011).

Aprender a investigar envolve a aprender a observar, planejar, levantar hipóteses, avaliar, interpretar entre outras habilidades que contribuem para que o educando desenvolva sua autonomia, sendo capaz de tomar decisões e de apropriar-se de conceitos e teorias das ciências da natureza (LIMA e MARTINS, 2013)

2 METODOLOGIA

Esta atividade foi realizada com aproximadamente 32 alunos, divididos em duplas, que cursam o 3º ano do ensino médio, em uma escola estadual, localizada no município de Sete Lagoas – MG. Para participar da atividade os alunos solicitaram a autorização dos pais, mediante um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, arquivado pelo pesquisador.

A pesquisa foi do tipo descritiva e os procedimentos técnicos para coleta de dados consistiram na observação direta conforme Gil (2008).

A atividade investigativa foi realizada em 02 etapas: (1) Apresentação da Situação – Problema e (2) Laboratório aberto: Simulando um teste de paternidade. Para a intervenção didática, foram necessárias seis aulas, sendo duas de 50 minutos por semana, totalizando 300 minutos.

2.1 Etapas do Trabalho

2.1.1 Apresentação da Situação-problema

A Situação – problema (SP) apresentada teve como temática a biologia molecular aplicada ao uso do exame de DNA em teste de identificação da paternidade. O tema foi escolhido por ser um assunto de uso comum das pessoas e por possibilitar uma correlação estreita com conhecimento científico trabalhado na disciplina de biologia. Foi dado ênfase ao teste de paternidade para que fossem trabalhados conceitos ligados à genética e biologia molecular, tais como, estrutura da molécula de DNA e sua localização na célula, bases da hereditariedade, enzimas de restrição, PCR e informações que envolvem temas de interesse social como o uso das tecnologias de manipulação do DNA empregadas no dia-a-dia. Além disso, comentar sobre a importância da construção coletiva do conhecimento científico.

Foram dadas as seguintes instruções aos alunos: a resolução da SP é parte integrante do conjunto de atividades avaliativas do bimestre. Em caso de dúvidas, caberia aos alunos consultarem a professora que desempenhará o papel de mediadora da aprendizagem.

Influenciada pelas ideias do artigo: A revolução dos testes de paternidade (PENA, 2010) a SP tem como plano de fundo a história do romance Dom Casmurro (ASSIS, 1899) um clássico da literatura. A narrativa aborda a temática do ciúme, que provoca polêmicas em torno do caráter da personagem Capitu. A SP proposta foi a seguinte: Bentinho, o famoso “Dom Casmurro” é casado com Capitu e pai de Ezequiel. Bentinho vê uma semelhança terrível entre o pequeno Ezequiel e seu amigo Escobar e fica convencido de que fora traído pela mulher. Essa terrível desconfiança o assombra, fazendo-o tentar suicidar-se. Sua perturbação psicológica não para por aí, ele decide matar a criança, mas desiste no último momento. Diz ao garoto, então, que não é seu pai. Capitu lamenta-se pelo ciúme de Bentinho, que, segundo ela, fora despertado pela casualidade da semelhança. Capitu traiu ou não seu marido Bento Santiago, o Bentinho?

Para levantamento de conhecimentos prévios os alunos foram questionados, oralmente, sobre a temática da biologia molecular aplicada ao teste de paternidade. Nesse momento pretendeu-se incentivar os alunos a exporem suas opiniões, interesses, expectativas e relatos de alguma situação conhecida ou vivenciada que aborde o assunto em questão. As inquietudes e os conflitos deles serão observados e registrados no diário de campo.

A estratégia de resolução da SP foi à aplicação de um experimento com caráter investigativo. A atividade utilizada foi desenvolvida pelo Projeto Embrião (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2011), entretanto o roteiro de trabalho original foi readequado às necessidades da pesquisa.

2.1.2 Laboratório aberto: Simulando um teste de paternidade

Segundo Azevedo (2006) a atividade investigativa laboratório aberto busca a solução de uma questão por meio de um experimento, que neste caso será realizado em sala de aula, com a utilização de lápis e papel. Trata-se de uma investigação estruturada conforme proposto por Martins *et al* (2013).

Problema a ser investigado – A análise do DNA é um método que permite determinar com precisão a paternidade ou não de alguém. *Capitu traiu ou não seu marido Bento Santiago, o Bentinho?*

Levantamento de hipóteses – Neste momento o professor resgatou as hipóteses já levantadas pelos alunos no momento da apresentação da situação-problema. As seguintes questões fomentaram esta etapa do desenvolvimento da atividade.

- Antes dos trabalhos de Mendel a sociedade acreditava na Teoria da herança da mistura, em que os filhos de certa forma resultavam de uma “mistura” entre o sangue ou fluidos corporais dos pais. Entretanto pensando nos atuais fundamentos da hereditariedade o fato de Ezequiel não se assemelhar a Bentinho pode ser considerado uma evidência da traição de Capitu?
- Na época de Mendel a sociedade já conhecia a existência dos espermatozoides e dos óvulos, mas não sabiam explicar como os gametas se combinavam para produzir uma nova geração. Pensando nisso explique como é transmitido o material genético dos pais para os filhos?

Plano de trabalho – A atividade propôs a simulação de um Teste de Paternidade por meio da análise e comparação de fragmentos do material genético.

Arranjo experimental e coleta de dados – O arranjo experimental foi adaptado da atividade Teste de paternidade desenvolvida pelo Projeto Embrião (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2011). Em relação ao roteiro original foi alterada a situação-problema e acrescentaram-se questões para discussão em grupo. Essa adaptação foi necessária para adequar o roteiro de trabalho às necessidades da pesquisa (ver Anexo A). A atividade foi aplicada a 32 alunos, divididos em duplas, que cursam o 3º ano do Ensino Médio.

Procedimentos:

Os procedimentos executados estão sequenciados em ordem alfabética.

A) Na figura 01 estão os supostos fragmentos de DNA dos envolvidos Ezequiel, Capitu, Bentinho e Escobar (ver Figura 01). A seguir os alunos completaram as fitas de DNA com as respectivas bases complementares dos fragmentos de DNA dos envolvidos.

A	T	A	G	C	T	C	C	A	T	G	G	C	C	C	A	A	C	T	A	G	C	T	A	C	C	T	C	G	A	
Ezequiel																														
C	G	A	A	A	A	T	G	C	C	A	A	A	C	C	A	A	C	T	A	G	C	T	A	C	C	T	C	G	A	
Capitu																														
A	A	G	G	C	T	A	C	A	T	A	G	A	T	C	C	T	T	C	A	A	C	T	A	T	G	T	C	G	A	
Escobar																														
A	T	A	G	C	T	C	C	A	T	G	G	C	C	C	T	T	T	C	G	G	C	T	A	C	G	T	C	G	A	
Bentinho																														

Figura 01: Amostras de DNA dos envolvidos.

O professor ressaltou a necessidade do pareamento das bases, considerando a estrutura da molécula do DNA. As bases nitrogenadas estão indicadas por letras. A letra A corresponde à base Adenina, a letra T corresponde à base Timina, a letra C corresponde à base Citosina e a letra G corresponde à base Guanina.

A	T	A	G	C	T	C	C	A	T	G	G	C	C	C	T	T	T	C	G	G	C	T	A	C	G	T	C	G	A
T	A	T	C	G	A	G	G	T	A	C	C	G	G	G	A	A	A	G	C	C	G	A	T	G	C	T	G	C	T

Figura 02. Modelo de pareamento das bases nitrogenadas provenientes da amostra hipotética de Bentinho

Nesse momento o professor orientador discutiu com os alunos a importância da técnica Reação em Cadeia da Polimerase na amplificação das amostras de DNA, pois antes dessa técnica para se detectar genes ou VNTRs havia necessidade de grande quantidade de material genético.

B) Os alunos foram orientados a simular a quebra do DNA em fragmentos específicos, para se obter as VTNRs, através da ação da enzima de restrição. Neste caso considerou-se que a enzima de restrição utilizada reconhece a sequência de bases GG e que “corta” o DNA entre o primeiro e o segundo G. Quando a sequência GG fosse encontrada, os alunos deveriam fazer um traço vertical separando G de G. Em seguida deveriam contar o número de pares de bases nitrogenadas de cada fragmento e registrar na margem superior da fita (Ver Figura 03).

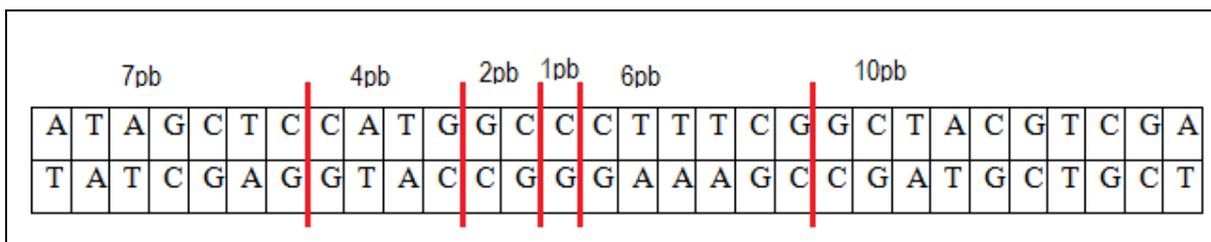


Figura 03: Sequência hipotética de DNA de Bentinho exemplificando o traço separando G de G

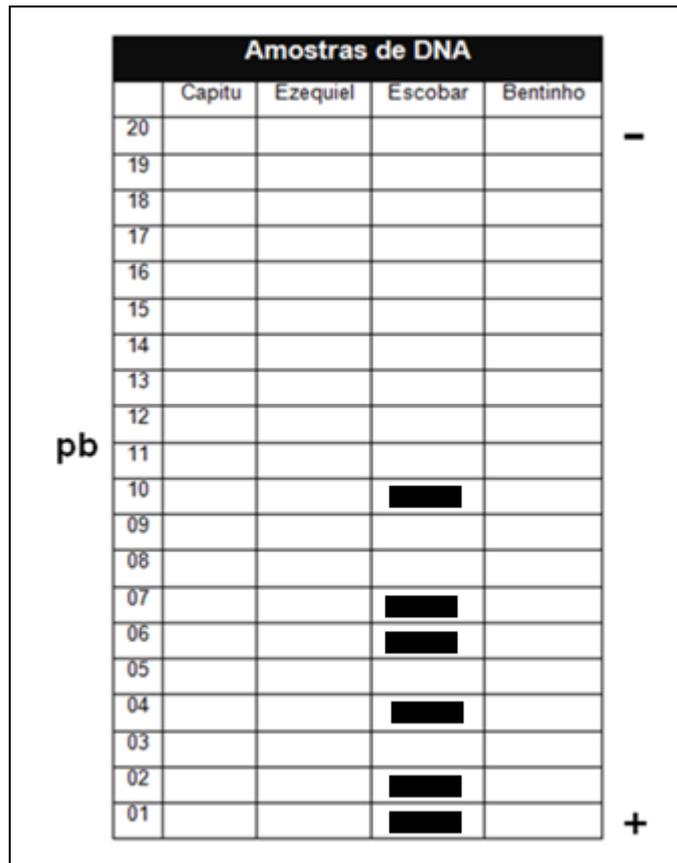
O professor comentou com os alunos que após a etapa de amplificação o “cromossomo”, uma estrutura identificável pela sua forma, tamanho e constituído de uma molécula de DNA específica, deixa de existir. Finalizado o tratamento com enzimas de restrição obtêm-se fragmentos de moléculas de DNA, pois a enzimas de restrição atuam como tesouras moleculares, que cortam o DNA em sequências específicas.

C) Separação dos fragmentos por eletroforese:

Uma vez quebrado o DNA, isolam-se fragmentos de diferentes tamanhos, que são separados por uma técnica denominada eletroforese.

Após identificarem os fragmentos, os alunos pintaram os retângulos, que consistem em uma representação das bandas de DNA, de acordo com os fragmentos originados, na tabela que representou o gel utilizado na eletroforese (Ver Quadro 1).

Conforme o modelo a seguir para amostra de Bentinho foi encontrado os fragmentos com 10, 7, 6, 4, 2 e 1 par de bases, portanto os alunos pintaram os retângulos nas colunas correspondentes a esses fragmentos. Esse procedimento foi repetido para as demais amostras.



Quadro 1: Resultado da simulação da corrida da eletroforese com a amostra do DNA de Bentinho

O professor esclareceu aos estudantes que o DNA possui uma carga negativa. Sendo assim os pares de base (pb) se deslocarão no sentido de aproximação do cátodo (polo positivo) e afastamento do ânodo (polo negativo). Como os fragmentos possuem a mesma carga, eles serão separados por tamanho no gel. Quanto menor o fragmento, mais fácil passará nos espaços do gel e migrará mais rapidamente.

Também foi importante comentar os passos para se chegar a esse resultado final. A figura a seguir resume as etapas de separação de fragmentos de DNA por meio da eletroforese em gel (ver Figura 04). As figuras 04 e 05 ilustram as etapas empregadas na realização da técnica DNA *fingerprint* ou “impressão digital” genética e constam no livro didático adotado pela escola.

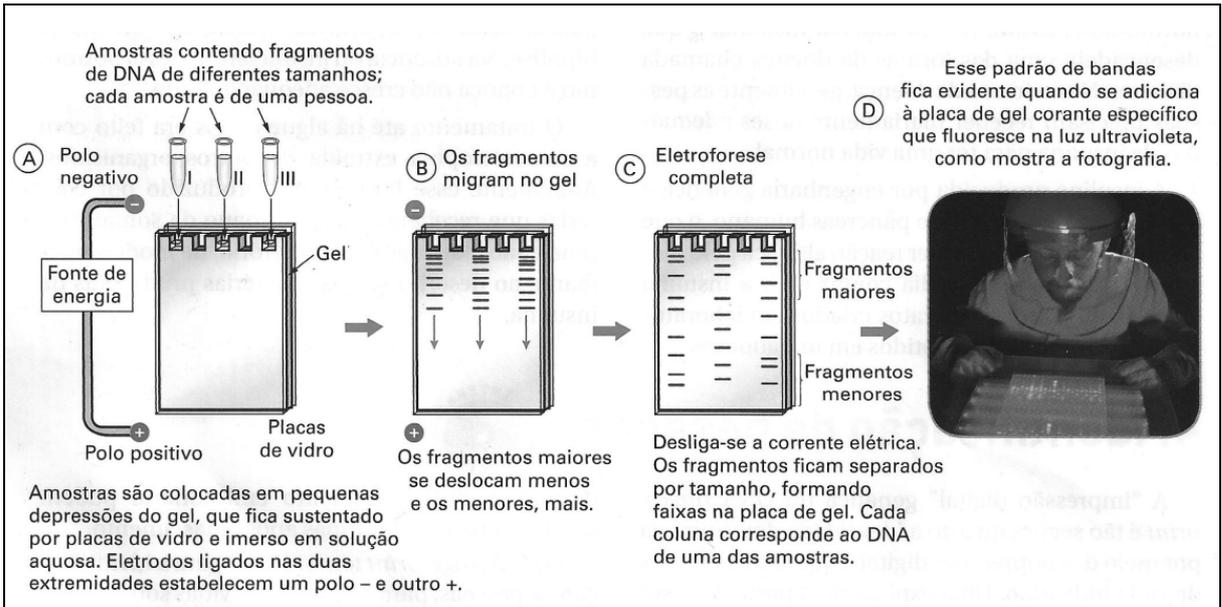


Figura 04: Esquema resumindo as etapas de separação dos fragmentos de DNA por meio da eletroforese em gel
Fonte: LOPES, 2008

O passo seguinte da técnica *DNA fingerprint* consiste em hibridizar fragmentos com sondas marcadas com radioatividade (Ver Figura 05).

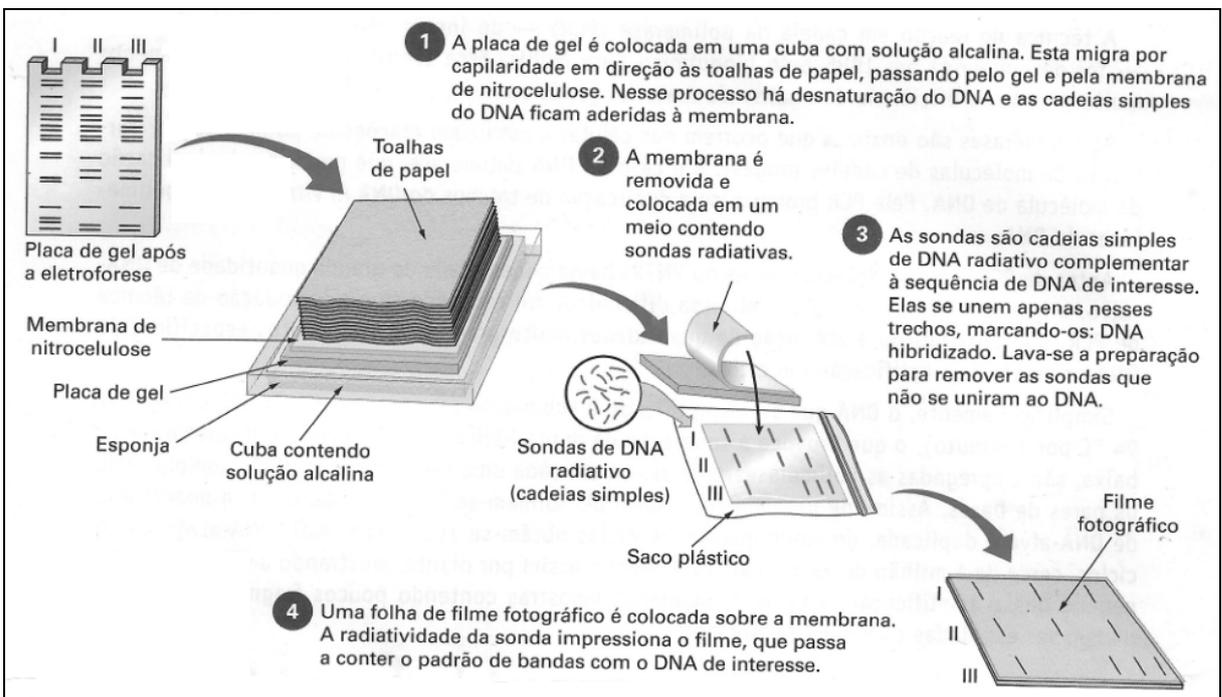


Figura 05: Esquema da hibridização de fragmentos do DNA com sondas marcadas com radioatividade
Fonte: LOPES, 2008

Análise dos resultados – Obtidos os resultados da atividade, sua análise permite levantar informações para resolução da SP. As perguntas a seguir irão fomentar a discussão do momento de análise dos resultados.

- Considerando as ideias de Mendel sobre a hereditariedade, explique por que metade das bandas do DNA dos pais coincide com as do filho?
- No caso proposto, quais fragmentos do DNA (quantidade de pares de base) do filho são herdados do pai? E da mãe?

Conclusão – Partindo do problema inicial os alunos formalizaram uma resposta para a seguinte questão: Capitu traiu ou não seu marido Bento Santiago, o Bentinho?

Os alunos responderam a situação-problema justificando com os resultados obtidos. Também citaram algumas características humanas que são hereditárias.

A atividade proposta abre espaço para a discussão sobre as implicações sociais e judiciais do uso do teste de paternidade. Além disso, o aluno teve a oportunidade de colocar as informações adquiridas em prática, através da análise do resultado real de um Teste de Paternidade (ver Figura 06).

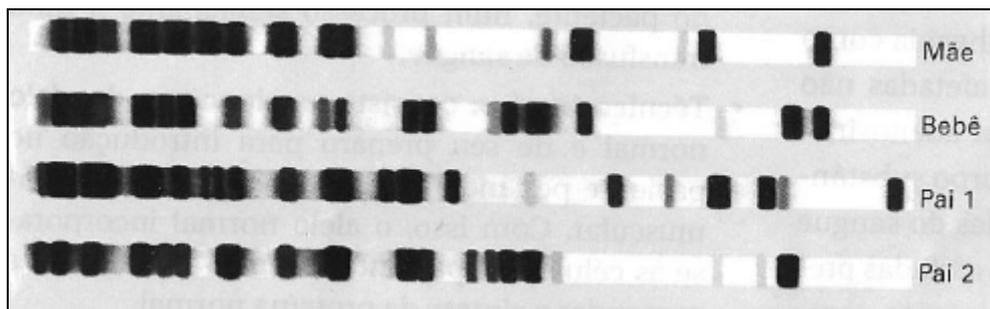


Figura 06: Imagem do resultado de um teste de paternidade.
Fonte: LOPES, 2008

Os dados construídos a partir da observação direta ao longo do estudo, tais como comportamento, leitura da fala e anotações feitas pelos alunos foram registradas por escrito em um diário de campo. Esses dados foram sistematizados e analisados qualitativamente sendo expressos através de um resumo escrito sobre as impressões, opiniões, especulações, hipóteses e explicações sobre o que se passa a cerca do assunto que foi investigado ao longo do estudo, incluindo as relações feitas, as interpretações levantadas, os pontos críticos identificados e seu significado na pesquisa como um todo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a etapa inicial de levantamento dos conhecimentos prévios, em resposta a SP, 26 alunos, em torno de 81% dos participantes, evidenciaram a necessidade de fazer um teste de paternidade para elucidar a situação, tais considerações foram de encontro às expectativas iniciais da professora orientadora da atividade.

Além disso mencionaram quadros de programas televisivos que tratam do assunto e contaram fatos familiares que necessitaram de recorrer à justiça e à ciência para comprovar a paternidade de um parente. Aguiar Jr (1998) ao examinar o papel do construtivismo no ensino de ciências ressalta a importância de capitalizar os conhecimentos prévios rumo à construção de novos significados, respeitando o aprendiz e suas próprias ideias.

A apresentação da SP foi marcada por múltiplos pontos de vista, já que alguns alunos conheciam a história do livro Dom Casmurro. Como evidência imediata um aluno apontou a semelhança entre Ezequiel e Escobar.

Além do fato de características fenotípicas terem sido apontadas como evidências da hereditariedade entre Ezequiel e Escobar, outros alunos citaram o fato de Capitu ser muito próxima à Escobar e para fomentar o debate a professora regente mencionou a seguinte passagem do livro: “O drama de Bentinho começa quando, no velório de Escobar, momentos houve em que os olhos de Capitu fitaram o defunto, quais os da viúva”.

Entretanto muitos discentes criticaram estas evidências, fato observado nas falas: *“Todo mundo fala que eu sou irmã do Deivisson da outra sala só porque a gente parece, mas num tem nada a ver”*; *“Eu vi um caso de uma criança que era a cara do suposto pai, quem olhava falava que nem precisava de Exame de DNA e quando saiu o resultado o menino não era filho dele”*. Devido ao conflito entre as opiniões e as inquietações sugeriu-se a realização de uma atividade experimental que consiste em simular um Teste de Paternidade baseando-se na análise do DNA, para comprovar se Capitu traiu ou não Bentinho.

Conforme Carvalho *et al* (2006) a pergunta que se faz sobre a situação em discussão deve ser considerada como problema pelos alunos, o que implica explorar as ideias que estes tem a respeito do assunto, dialogar com elas, confrontá-las com outras, duvidar delas.

Ao serem questionados sobre os conceitos ligados à genética aplicados aos testes de paternidade os alunos demonstraram facilidade em relacionar a necessidade das amostras de material genético dos envolvidos. Também citaram algumas fontes de material genético como sangue, saliva, fio de cabelo entre outros, fato que pode ser evidenciado nas seguintes falas: *“Uai, professora precisa do DNA das pessoas para analisar é só pegar do sangue e fazer o*

teste”, “*o fio de cabelo também serve*”, outro aluno complementou a discussão: “*Hoje em dia dá para fazer até com a saliva, no seriado um homem estava fumando um cigarro e os detetives pegaram a saliva que ficou no toco do cigarro para fazer um teste de DNA, a história era sobre um crime*”.

Esses relatos corroboram com os achados de Pedrancini *et al* (2007) que também evidenciou o fato dos alunos construírem ideias relativas a localização do DNA, influenciados por divulgações da mídia sobre os atuais testes de paternidade e exames criminalísticos baseados na análise de DNA extraído do sangue, fio de cabelo, pele ou outros tecidos dos indivíduos envolvidos.

À medida que o dialogo era construído a professora fazia considerações importantes sobre algumas opiniões dos alunos, sobretudo no que diz respeito ao fato da amostra de DNA ser provenientes de células nucleadas do sangue, sendo assim as hemácias não poderiam ser fontes de material genético e o fio de cabelo deveria conter o bulbo capilar. Segundo Borges (2002) em uma atividade investigativa o professor atua como um mediador entre o grupo e a tarefa, intervindo nos momentos em que há indecisão, falta de clareza ou consenso.

As facilidades observadas no decorrer do desenvolvimento do experimento foram:

- Correlacionaram o pareamento das bases nitrogenadas com o fato da molécula de DNA ser uma fita de cadeia dupla;
- Conseguiram explicar a atuação das enzimas de restrição, pois já haviam estudado esse assunto dentro do tema Transgênico;
- Demonstraram facilidade em comparar os fragmentos de DNA dos envolvidos, pois já haviam usado esta habilidade em questões de vestibular que tratam deste assunto;

As respostas dadas a questão 02 que aborda as bases da herança mendeliana aplicada aos testes de paternidade, foram agrupadas em três níveis de desempenho (ver Quadro 2).

Níveis de Desempenho	O que os alunos responderam nesse nível
Baixo	<ul style="list-style-type: none"> • Os alunos apenas conseguem associar o processo de fecundação dos gametas com a origem do material genético do filho.
Intermediário	<ul style="list-style-type: none"> • Os alunos conseguem associar o processo de fecundação dos gametas com a origem do material genético do filho. Reconhecem a existência da metade de DNA no óvulo e no espermatozoide, mas não conseguem formular uma explicação científica associando este fato à meiose.

Satisfatório	<ul style="list-style-type: none"> Os alunos conseguem interpretar corretamente o comportamento dos genes na herança, identificando a meiose com sendo o processo responsável pela separação dos genes na formação dos gametas. Também reconhecem que os caracteres hereditários são resultados da combinação dos genes na fecundação dos gametas. Além disso, mencionam a importância do ambiente na expressão das características herdadas.
--------------	--

Quadro 2: Descrição dos níveis de desempenho das respostas sobre bases da herança mendeliana
Fonte: Dados da Pesquisa

No âmbito geral percebeu-se que os alunos apresentam um desempenho desejável no que se refere ao assunto bases da herança mendeliana, sendo que 81% dos alunos se enquadram no nível intermediário ou satisfatório (ver Gráfico 01). Os alunos localizados no nível baixo requerem atenção especial, pois ainda não demonstraram ter desenvolvido as habilidades suficientes relativas a compreensão dos princípios básicos da hereditariedade. Em relação ao público-alvo o presente trabalho evidenciou a necessidade de inserir à prática pedagógica alternativas de intervenção que aborde o assunto divisões celulares.

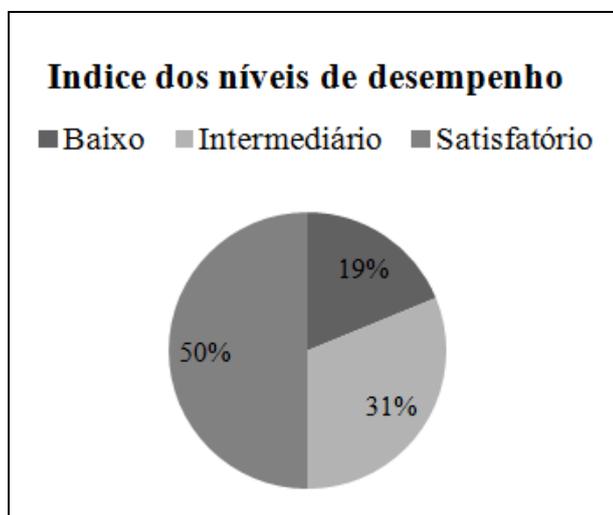


Gráfico 1: Índice dos níveis de desempenho
Fonte: Dados da pesquisa

As principais dificuldades levantadas foram:

- Desconhecimento da técnica de Reação em Cadeia de Polimerase e do comportamento das bandas de DNA ao serem submetidas à técnica Eletroforese. Tais dificuldades foram esclarecidas mediante breve explicação oral sobre esses temas. Neste momento

observou-se a necessidade de incorporar ao trabalho uma pesquisa investigativa sobre as técnicas envolvidas em um Teste de Paternidade.

No decorrer do processo de ensino aprendizagem percebeu-se que algumas duplas tiveram dificuldades em compreender a atividade em sua totalidade, ou seja, não conseguiam fazer ligações entre as questões do roteiro e outros conceitos, tais como genótipo, fenótipo, meiose, cromossomos e genes que não estavam implícitos, mas que ajudariam a construir uma resposta completa.

Millar (2003) também reforça essa constatação ao afirmar que as “grandes ideias” se perdem na massa de detalhes. Mortimer e Carvalho (1996) ressaltam a necessidade de auxiliar os estudantes a superar essas dificuldades, buscando generalizar explicações a fenômenos diversos, reconhecendo-os como gerais e não como um esquema localizado.

Durante o desenvolvimento da atividade investigativa algumas duplas solicitaram intensamente o auxílio do professor, indagando-o sobre a exatidão dos dados registrados durante a execução das etapas. Neste sentido, Azevedo (2006) lembra que a etapa de análise dos dados é a parte do trabalho que os alunos apresentam mais dificuldade, cabe ao professor orientá-los, ressaltando a importância desta etapa no trabalho científico.

Outra questão cabível de reflexão é fato de novas questões surgirem. Alguns alunos notaram a repetição do fragmento de 5 pares de base observados na mãe, fato observado na seguinte fala: “*Professora eu tava olhando aqui e vi que no DNA da mãe tem 2 fragmentos com a mesma quantidade de letras (referência às bases nitrogenadas). Eu colori só uma vez, é desse jeito mesmo?*”. Diante da dúvida dos alunos a professora mediu o processo de reestruturação de conceitos, explicando que neste caso a banda de DNA ficaria mais grossa que as demais, pois é mais densa, ou seja, possuem vários fragmentos de tamanhos iguais (ver Figura 07).

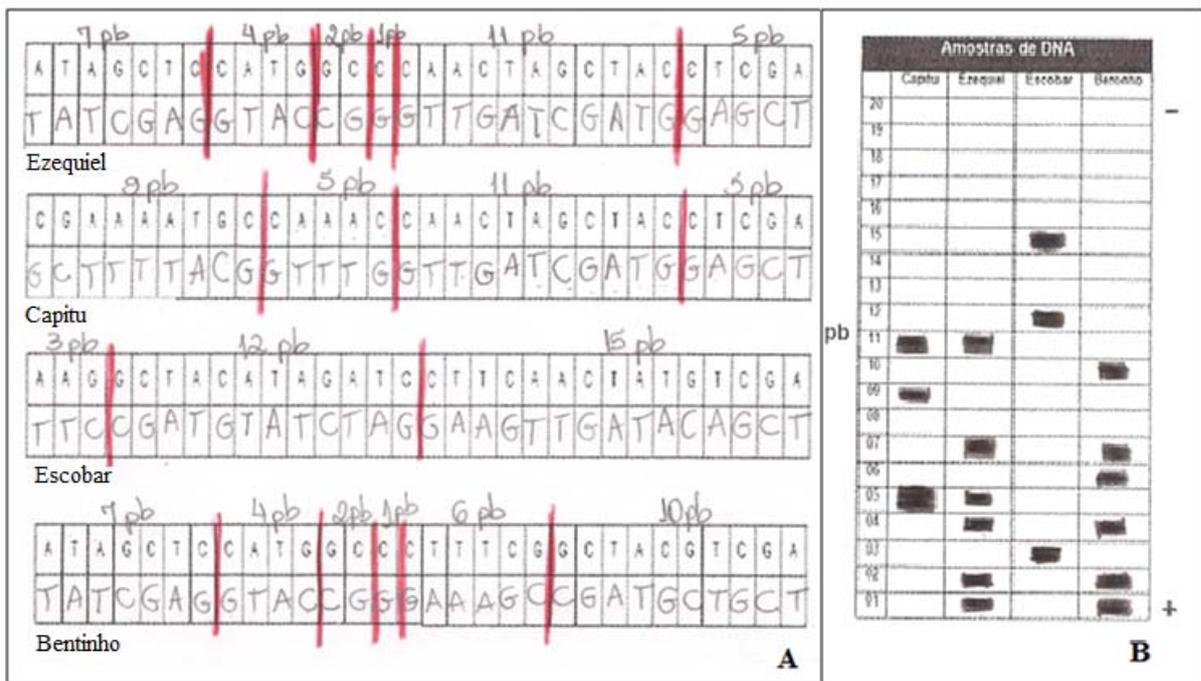


Figura 07: Resultados do experimento. Em (A) observa-se o modelo de pareamento das bases nitrogenadas das amostras de DNA dos envolvidos. Em (B) observa-se o preenchimento do quadro representativo do gel de eletroforese

Fonte: Dados da Pesquisa

Em relação ao relato descrito anteriormente sua análise comunga com os processos associados à atividade investigativa. Segundo Martins *et al* (2013) o fato de o aluno comparar o modo como a situação problemática era compreendida antes da investigação com a nova compreensão gerada à luz dos resultados constitui um processo associado ao ensino de ciências por investigação.

Para finalizar foram pontuadas as principais ideias discutidas, bem como uma reflexão sobre a importância social e científica do tema em estudo.

Considerando-se o aspecto social segue alguns trechos extraídos da questão número 06 do roteiro de trabalho: “[...] toda criança tem direito de ter o nome do pai na certidão de nascimento. É triste quando isso não acontece. Às vezes o cara foge da “raia” só para não pagar a pensão, mas na verdade mais do que o dinheiro a criança quer é o carinho e amor do pai.”; “[...]Até que entra na justiça e faz o DNA a criança morre de fome”.

Segundo o censo de 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), cerca de 600 mil crianças brasileiras não possuem paternidade declarada no registro de nascimento. O direito à paternidade é garantido pelo artigo 226, § 7º, da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988). Essas crianças precisam do reconhecimento legal, do apoio emocional e afetivo e do suporte financeiro que a paternidade biológica deve ensejar (PENA, 2010).

Do ponto de vista científico este trabalho também abriu leque para reflexão sobre a importância da construção coletiva do conhecimento científico, visto que a cada descoberta abrem-se as portas para o surgimento de uma série de novas ideias.

Nesse sentido Scheid; Ferrari e Delizoicov (2005) lembra a construção coletiva do conhecimento científico sobre a descoberta do DNA.

Não se pode esquecer que a proposição do modelo de estrutura da molécula do DNA foi o resultado de várias décadas de investigações realizadas por inúmeros cientistas, predecessores e contemporâneos ao fato científico, cujas observações ou teorias foram imprescindíveis como etapas de produção científica.

Em análise retórica crítica do texto de genética nos livros didáticos Nascimento e Martins (2005) lembra-se da ausência de elementos históricos de forma contextualizada. Sendo assim o professor precisa ajudar o aluno a perceber a construção histórica do conhecimento científico para que se desmistifique a figura do cientista como alguém que tudo sabe ou que descobre as coisas como num passe de mágica.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade investigativa envolvendo o assunto teste de paternidade pode ser estrategicamente aplicada como um eixo integrador de temas que envolvem biologia molecular, genética, tecnologia e sociedade.

Iniciativas simples através de uma intervenção pedagógica inovadora e de baixo custo, desde que contextualizadas ao cotidiano dos alunos, constitui importante ferramenta para estimular o educando a questionar o objeto de estudo, de modo a contribuir para construção de uma aprendizagem significativa.

Sugestivamente a atividade desenvolvida abre portas para a prática da interdisciplinaridade, permitindo uma interface entre a biologia e a literatura.

No início do trabalho em sala de aula havia um receio de que esta atividade não fosse efetivamente investigativa. Abrir-se ao novo significa rever criticamente sua prática pedagógica. Será que vale a pena? Respostas a essa questão não são imediatas. A incorporação de atividades investigativas às estratégias de ensino é recente e ainda há um longo caminho a percorrer. Entretanto os resultados iniciais são positivos.

Como bem lembrado por Munford e Lima (2007) há um consenso sobre a necessidade de promover um ensino mais interativo, dialógico e baseado em atividades capazes de

persuadir os alunos a admitirem as explicações científicas para além dos discursos autoritários, prescritivos e dogmáticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR JÚNIOR, O. O papel do construtivismo na pesquisa em ensino de ciências.

Investigações em ensino de ciências, Porto Alegre, v. 3, n. 2, Agosto 1998. Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID40/v3_n2_a1998.pdf >. Acesso em: 14 out. 2014.

ASSIS, Machado. **Dom Casmurro**. 1. ed. Rio de Janeiro: Garnier, 1899.

ANDRADE, Guilherme Trópia Barreto de. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, 2011, v. 13, n. 1. Disponível em: < <http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/245/589>> Acesso em: 10 set 2013.

AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Anna Maria Passos (Org.) **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thomson, 2006. Disponível em: <http://moodle.stoa.usp.br/file.php/1129/Ensino_por_investigacao_problematizando_as_atividades_em_sala_de_aula.pdf> Acesso em 28 de jul 2014.

BARNI, Graziela dos Santos. **A importância e o sentido de estudar genética para estudantes do terceiro ano do ensino médio em uma escola da rede estadual de ensino em Gaspar (SC)**. 2010. 184f. Dissertação. Universidade Regional de Blumenau, Blumenau. Disponível em: < <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/10/Graziela-dos-Santos-Barni.pdf>> Acesso em: 03 de jul. 2014.

BAUMFORTH, K.R.N; NELSON, P.N; DIGBY, J. E; NEIL, J.D.O; MURRAY, P.G. The polymerase chain reaction. **J Clin Pathol**, Wolverhampton, n.52, p.1-10. 1999. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC395663/pdf/520001.pdf> > Acesso em 12 out. 2014.

BORGES, A. Tarcísio. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.21, p. 9-30, 2004. Disponível em: < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/6607/6099> > Acesso em 10 out. 2014.

BRASIL. Constituição (1988) **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado, 1988.

CARVALHO, A. M. P., et al. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Editora Thompson, 2006.

DOLINSKY, Luciana Cresta, PEREIRA, Lissiane M. C. Veras. DNA Forense : artigo de Revisão. **Saúde & Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v. 2, n.2, p.11-22, jul/dez. 2007. Disponível em < <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/sare/article/view/242/231>> Acesso em 23 de set. 2014.

FONSECA, Cláudia. A certeza que pariu a dúvida: paternidade e DNA. **Estudos Feministas**, Florianópolis, v.12, n.2, p. 13-34, mai./ago. 2004. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/ref/article/download/8571/7859>> Acesso em 05 de jul. 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GÓES, Andrea Carla de Souza. Análise de regiões polimórficas do DNA com o objetivo de estabelecer vínculos genéticos, identificar restos mortais ou realizar perícias criminais. **Revista do Biomédico**, São Paulo, Ed. 65. 2005. Disponível em: <http://www.crbm1.gov.br/bio65/artigocien_65.asp> Acesso em 20 de set. 2014.

LIMA, Maria Emília Caixeta Castro; MARTINS, Carmen Maria de Caro. **Ensino de Ciências com caráter investigativo A**, Belo Horizonte, 2013, p. 1-26.

LOPES, Sônia. **Bio**: volume único. São Paulo: Saraiva, 2008.

MARTINS, Carmem Maria de Caro; MUNFORD, Danusa; PAULA, Helder Figueiredo; SÁ, Eliane Ferreira de; SILVA, Nilma Soares da. **Ensino de Ciências com caráter investigativo B**, Belo Horizonte, 2013, p. 1-13

MELLO, Kátia. De cada dez homens que pedem o exame de DNA, três descobrem que não são pais de seus filhos. **Época**, São Paulo, n. 652, novembro 2010. Disponível em <<http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,EMI187549-15228,00-DE+CADA+DEZ+HOMENS+QUE+PEDEM+EXAME+DE+DNA+TRES+DESCOBREM+QUE+NAO+SAO+PAIS+D.html>> Acesso em: 20 jul 2014.

MILLAR, Robin. Um currículo de Ciências voltado para a compreensão por todos. **Ensaio**, Belo Horizonte, v.5, n.2, p.73-91. 2003. Disponível em <<http://ufpa.br/ensinofts/artigo4/cienciaparatodos.pdf>> Acesso de 12 de out. 2014

MORTIMER, Eduardo Fleury; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Referenciais teóricos para análise do processo de ensino de ciências. **Cad. Pesqui.**, São Paulo, n. 96, fev. 1996. Disponível em <http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-15741996000100001&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 16 out. 2014.

MUNFORD, Danusa; LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro e. Ensinar Ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, 2007, v. 9, n. 1. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/122>> Acesso em: 10 set 2013.

NASCIMENTO, T. G.; MARTINS, I. O texto didático de ciências: uma análise retórica crítica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, p. 1-21, 2005. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>> Acesso em: 10 out. 2014.

PEDRANCINI, V. D. et al. Ensino e aprendizagem de Biologia no Ensino Médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec/>>. Acesso em: 13 out. 2014.

PENA, Sérgio Danilo. O DNA como única testemunha em determinação de paternidade. **Revista Bioética**, Brasília, v.5, n.2. 2009. Disponível em: <http://revistabioetica.cfm.org.br/index.php/revista_bioetica/article/viewFile/386/486> Acesso em 02 de ago 2014.

PENA, Sérgio Danilo. A revolução dos testes de DNA. **Revista Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, julho 2010. Disponível em:<<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/deriva-genetica/a-revolucao-dos-testes-de-dna>> Acesso em 20 de jul. 2014.

PRAY, Leslie. **Descoberta da estrutura do DNA e função: Watson e Crick**. 2008. Disponível em: <http://10ebgspedro.weebly.com/uploads/1/4/0/3/14035134/descoberta_da_estrutura_do_dna_e_funno.pdf> Acesso em 20 de jun. 2014.

SCHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciênc. Educ**, Bauru, v.11, n.2, agosto 2005 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132005000200006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 01 jul. 2014.

Universidade Estadual de Campinas. **Teste de Paternidade**. 2011. Disponível em: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/19866/48_E_6_1_6_paternidade.pdf?sequence=2>Acesso em 03 mai. 2014.

1. Objetivos

- Simular um teste de paternidade por meio da análise de fragmentos de DNA de Ezequiel, de Capitu, de Bentinho e de Escobar, um deles o pai biológico da criança;
- Discutir sobre os princípios de transmissão das características hereditárias;
- Associar a aplicação da biologia molecular com conceitos científicos abordados nas aulas de biologia.

2. Experimento

2.1 Materiais

- Papel; Lápis ou caneta; Tesoura

2.2 Situação – Problema

A análise do DNA é um método que permite determinar com precisão a paternidade ou não de alguém. *Capitu traiu ou não seu marido Bento Santiago, o Bentinho?*

2.3 Procedimento

Na figura 01 estão os supostos fragmentos de DNA dos envolvidos (Ezequiel, Capitu, Bentinho e Escobar).

A	T	A	G	C	T	C	A	T	G	G	C	C	C	A	A	C	T	A	G	C	T	A	C	C	T	C	G	A	

Ezequiel

C	G	A	A	A	A	T	G	C	C	A	A	A	C	C	A	A	C	T	A	G	C	T	A	C	C	T	C	G	A

Capitu

A	A	G	G	C	T	A	C	A	T	A	G	A	T	C	C	T	T	C	A	A	C	T	A	T	G	T	C	G	A	

Escobar

A	T	A	G	C	T	C	C	A	T	G	G	C	C	C	T	T	T	C	G	G	C	T	A	C	G	T	C	G	A	

Bentinho

Os passos da simulação consistem em:

- A) Completar as fitas de DNA com as respectivas bases complementares dos fragmentos de DNA dos envolvidos;

B) Quebrar em fragmentos pela enzima de restrição:

- Considere agora que a enzima de restrição utilizada reconhece a sequência de bases GG e que “corta” o DNA entre o primeiro e o segundo G.
- Quando a sequência GG for encontrada, faça um traço vertical separando G de G;
- Conte o número de pares de bases nitrogenadas de cada fragmento e marque na margem superior da fita.

C) Separação dos fragmentos por eletroforese:

Preparo do Gel - O gel é representado pelo Quadro 1.

Corrida do DNA

- Após cortados os fragmentos, pintar os retângulos (representação das bandas) de acordo com os fragmentos originados, na coluna representativa do material de coleta recebido (Quadro 1). Por exemplo: se na amostra de Ezequiel for encontrado o fragmento com 8 pares de bases, pinte o retângulo (■■■) 8pb.

Amostras de DNA					
	Capitu	Ezequiel	Escobar	Bentinho	
20					-
19					
18					
17					
16					
15					
14					
13					
12					
11					
10					
09					
08					
07					
06					
05					
04					
03					
02					
01					+

Quadro 1 – Representação do gel de eletroforese. Os códigos horizontais na primeira linha da tabela representam as amostras a serem aplicadas no gel. Os números de 1 a 20 representam os pares de bases (pb) que ficarão retidos no gel.

Questões para Análise

QUESTÃO 01 - Antes dos trabalhos de Mendel a sociedade acreditava na Teoria da herança da mistura, em que os filhos de certa forma resultavam de uma “mistura” entre o sangue ou fluidos corporais dos pais. Entretanto pensando nos atuais fundamentos da hereditariedade o fato de Ezequiel não se assemelhar a Bentinho pode ser considerado uma evidência da traição de Capitu?

QUESTÃO 02 - Na época de Mendel a sociedade já conhecia a existência dos espermatozoides e dos óvulos, mas não sabiam explicar como os gametas se combinavam para produzir uma nova geração. Considerando as ideias de Mendel sobre a hereditariedade explique como é transmitido o material genético dos pais para os filhos? Por que metade das bandas do DNA dos pais coincide com as do filho?

QUESTÃO 03 - No caso proposto, quais fragmentos do DNA (quantidade de pares de base) do filho são herdados do pai? E da mãe?

QUESTÃO 04 - Capitu traiu ou não seu marido Bento Santiago, o Bentinho? Justifique.

QUESTÃO 05 - Cite algumas características humanas que você considera que são hereditárias. Justifique sua resposta.

QUESTÃO 06 - A não paternidade é um sério problema no Brasil. Dados do IBGE de 1988 já indicavam que cerca de 30% das crianças registradas no país não tinham pai declarado. Pensando nisso comente sobre as implicações sociais e judiciais do uso do teste de paternidade.

QUESTÃO 07 - Observe o Teste de Paternidade a seguir. Com base na análise do DNA quem é o pai da criança? Justifique.

