

ENSINANDO GENÉTICA EVOLUTIVA E EVOLUÇÃO HUMANA SOB A ÓTICA DA TEORIA DA EVA MITOCONDRIAL

Teaching evolutionary genetics and human evolution from the perspective of the theory of mitochondrial eve

Lilian Gomes dos Santos¹.

Rodrigo da Silva Santos²

Resumo

Nas últimas décadas, temas polêmicos como transgenia, evolução da espécie humana, clonagem de embriões, mapeamento genético, Projeto Genoma, entre outros, passaram a fazer parte do cotidiano de um número cada vez maior de pessoas. Levando-se em consideração a velocidade de circulação das informações e a produção do conhecimento é inconcebível pensar em ensino de Biologia sem estabelecer conexões e contextualizações com os avanços científicos da atualidade. Este trabalho tem como objetivo demonstrar como o ensino de um conteúdo considerado polêmico e complexo - a Evolução da Espécie Humana, pode utilizar-se das descobertas e hipóteses científicas mais recentes, no caso, a Teoria da Eva Mitocondrial para a construção de uma aprendizagem verdadeiramente significativa sobre nossa ancestralidade e sobre os processos de dispersão das populações humanas na Terra.

Palavras-chave: Ensino de Biologia. Evolução da Espécie Humana. Eva Mitocondrial. Aprendizagem Significativa.

Abstract

In recent decades, controversial issues such as transgenesis, human evolution, embryo cloning, gene mapping, genome project, among others, became part of everyday life for an increasing number of people. Taking into account the velocity of circulation of information and knowledge production is inconceivable to think of teaching biology without a clear context and make connections with the scientific advances of today. This paper aims to demonstrate how the teaching of a content deemed controversial and complex - the Evolution of Mankind, may be used and the findings of the latest scientific hypotheses in the case, the Mitochondrial Eve theory to build a truly learning significant about our ancestry and on the processes of dispersion of human populations on Earth.

Key words: Teaching Biology. Evolution of Human Species. Mitochondrial Eve. Meaningful Learning.

¹ Bióloga Especialista pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Aplicadas ao Ensino de Biologia - Instituto de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Goiás (UFG).

² Professor e Orientador do Curso de Pós-Graduação em Tecnologias Aplicadas ao Ensino de Biologia - Instituto de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Goiás (UFG).

Introdução

Com a aprovação da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) da Educação Nacional em 1996 (nº9394/96) a educação no Brasil passou por uma intensa mudança de paradigmas (NUNES *et al.* 2006). A sua reestruturação, em busca de uma melhoria no ensino, deu novos contornos aos papéis dos professores e dos alunos em sala de aula.

A inclusão de novos eixos temáticos na Educação Básica e o incentivo à adoção de abordagens didático-pedagógicas inovadoras dos conteúdos possibilitaram aos educandos uma maior aproximação entre o conteúdo científico ministrado no âmbito escolar e sua realidade sócio-cultural.

Considerando que na última década temas polêmicos como transgenia, evolução da espécie humana, clonagem de embriões, mapeamento genético, projeto genoma, entre outros, passaram a fazer parte do cotidiano de um número cada vez maior de pessoas é inconcebível pensar em ensino de Biologia sem estabelecer conexões e contextualizações com os progressos científicos da atualidade.

Souza (2008) considera que:

O ensino de ciências em sala de aula, nem sempre é uma tarefa fácil, muitas vezes os resultados não são os desejáveis, e às vezes até desastrosos. Isso se dá em grande parte devido ao uso sistemático de métodos tradicionais, considerados por muitos estudantes como entediante, maçante e pouco proveitoso, principalmente em tempos nos quais ciência e tecnologia impregnam profundamente nossa cultura e permeiam nosso cotidiano (SOUZA, 2008).

Assim sendo, saber trabalhar determinados conteúdos de forma a torná-los mais acessíveis e compreensíveis aos educandos, permitir com que estes consigam elaborar críticas, reflexões e argumentações pertinentes constitui uma das tarefas primordiais do educador, como mediador e facilitador da construção de conhecimentos.

Tyippinge (2007), abordando a construção do conhecimento em relação à metodologia empregada, faz a seguinte observação:

Para o cidadão, o simples fato de estudar ciência numa abordagem escolar tradicional não o ajuda a constituir o conjunto de competências e habilidades para elaborar conhecimento novo. Na tentativa de desmistificar a ciência e o

método científico podemos lançar mão de todos os recursos possíveis (TYIPINGE, 2007, p. 2).

Pimentel (2006) *apud* Souza (2008), afirma que a ciência por não ser um processo mágico e inacessível, pode fazer com que pessoas com o mínimo de formação básica possam compreender muitos fenômenos cotidianos. Entretanto segundo ele também, para que isso ocorra se faz necessário instigar a curiosidade e o senso de observação. Nesse contexto entram em cena os conhecimentos e habilidades didático-metodológicas que fazem parte da formação docente objetivando tornar conhecimentos acessíveis para a construção de uma aprendizagem significativa. No ensino de Biologia e Ciências isso se traduz na capacidade do educador em lidar com temas de relativa complexidade para os educandos que, se não forem bem orientados e instruídos, podem se perder nas terminologias, conceitos e processos sem conseguir construir seu próprio conhecimento.

Consta nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (BRASIL, 2002) a necessidade de subsidiar o ensino de Biologia com debates e questões que envolvam as novas tecnologias, principalmente no âmbito da genética e da biologia molecular, contemplando a abordagem de temas como a manipulação do DNA e clonagem (GALANJAUSKAS, 2009).

Para abordar novidades teórico/científicas como as supracitadas torna-se de extrema importância que o profissional de ensino esteja plenamente capacitado e ciente do seu papel. Entretanto, isso não basta para a realização de uma aula cujo aproveitamento deve ser considerado bom. O acompanhamento de um referencial teórico atual que possa embasar essas discussões também é fundamental.

Considerando esse panorama de investigação e estudos atrelados ao Ensino de Biologia para o ensino médio será feita, a seguir, uma breve revisão bibliográfica a respeito dos avanços em genética evolutiva especialmente em relação à elucidação das origens do homem moderno, ressaltando os padrões de dispersão das populações humanas sob a ótica da teoria da Eva Mitocondrial. Revisão esta que pontua conceitos de grande importância na atualidade, buscando demonstrar a relevância destes para o ensino de genética, atentando-se para um estreitamento maior entre o conteúdo trabalhado nos livros didáticos e as descobertas científicas mais recentes.

Genética Evolutiva

A Genética Evolutiva é o vasto campo de estudos que resultaram da integração da genética e da evolução Darwiniana, chamado de Síntese Moderna (HUXLEY, 1942), obtidos através dos trabalhos teóricos de R. A. Fisher, S. Wright e J. B. S. Haldane e trabalhos conceituais e influentes escritos por J. Huxley, T. Dobzhansky e H. J. Muller. Este campo busca dar explicação para a evolução em termos de mudanças nas frequências gênicas e genóticas nas populações. Nesta perspectiva, quatro forças evolutivas (mutação, deriva genética aleatória, seleção natural e fluxo gênico) atuando dentro e entre populações provocam alterações micro-evolutivas e esses processos são suficientes para explicar os padrões macro-evolutivos, que surgem em longo prazo pela ação coletiva dessas forças.

Na busca por padrões surgem os inevitáveis questionamentos sobre a origem e a evolução da espécie humana. É relativamente recente, e só com o advento da genética molecular, que os cientistas têm sido amplamente capazes de responder a duas questões importantes sobre evolução humana: quem são nossos parentes mais próximos e quais foram às circunstâncias que levaram aos humanos modernos? (STONEKING, 2008).

Buscando responder a esses e outros questionamentos, iniciou-se então as análises em níveis moleculares. No genoma humano, o primeiro a ser examinado em detalhes suficientes foi o DNA mitocondrial (DNAMt). A escolha da mitocôndria como objeto de estudo se deve a fatores muito particulares desta organela celular como, por exemplo, apresentar um número elevado de cópias e estar localizada no citoplasma, com várias centenas de milhares de genomas mitocondriais por célula, sendo, portanto, relativamente mais fácil para isolar e analisar. Possui um ritmo acelerado de evolução, resultando em muitas mutações que podem ser analisadas para a sua distribuição dentro e entre populações; é herdada da mãe, sem recombinação, o que significa que as únicas fontes de variação entre os indivíduos são mutações que surgiram desde a última vez que compartilhavam um ancestral comum materno (PAKENDORF e STONEKING, 2005 *apud* MACHADO, 2010).

Esta última propriedade tem a virtude adicional de que uma árvore filogenética baseada em DNA mitocondrial pode ser interpretada como a genealogia materna de nossa espécie e que todos os tipos de DNAMt na população inteira de seres humanos de hoje deve remontar a um único ancestral comum feminino chamado de "Eva mitocondrial" (PAKENDORF e STONEKING, 2005 *apud* MACHADO, 2010).

O primeiro estudo aprofundado da variação de DNAm humano, realizado por Rebecca Cann e Mark Stoneking, quando eles eram estudantes de pós-graduação com Allan Wilson, em 1987, deixou fortemente implícito que a África era a fonte de toda a diversidade existente de DNAm humano e que essa diversidade começou a surgir cerca de 150.000 anos atrás, indicando uma origem africana recente para a Eva mitocondrial (CANN *et al.*, 1987).

A reconstrução da história biológica da humanidade a partir da análise dos genes das populações atuais esta embasada no fato de que pessoas diferentes têm versões diferentes do mesmo gene. Selecionando vários genes de pessoas oriundas de diferentes regiões geográficas, pode-se calcular o tempo transcorrido desde a sua diferenciação e, a partir desse resultado, reconstruir a genealogia da humanidade (RICO, 2010).

DNA Mitocondrial e a Herança Materna

O DNA mitocondrial é transmitido às gerações seguintes pela chamada herança citoplasmática, exclusiva das mulheres formando, assim, uma matrilinearidade. Ele favorece a investigação da evolução da espécie, pois sua integridade genética é totalmente mantida, a não ser pelas mutações (LEONARDO, 2010).

Apesar de ser pouco diverso, o DNA mitocondrial é abundante, pois existem centenas de mitocôndrias dentro das células. Entretanto, o DNA nuclear, em contrapartida, apesar de possuir vários cromossomos diferentes, resume-se apenas à região do núcleo. O DNA mitocondrial possui particularidades genéticas que o torna atraente para o estudo da história humana. Em primeiro lugar, DNAm é transmitido apenas por meio do óvulo para filhos e filhas. Em segundo lugar, não troca genes com segmentos genômicos semelhantes, isto é, não sofre recombinação sendo transmitidos em bloco às gerações seguintes. Essas características permitem estudos sobre as histórias matrilineares das populações humanas, fornecendo informações complementares (RINCON, 2009, pg. 11-12).

O melhor exemplo de reconstrução da evolução a partir do DNA mitocondrial foi feito em 1987 na Universidade da Califórnia. Como pioneiros estudando o DNAm, eles introduziram a hipótese do “Jardim do Éden” ou da Monogênese Africana (CANN *et al.*, 1987; VIGILANT *et al.*, 1991 *apud* MACHADO, 2010, pg. 31).

Segundo essa hipótese, o *Homo sapiens* moderno, do qual descenderiam todas as populações humanas atuais, originou-se em um evento relativamente recente (150 mil anos antes do presente) a partir de uma população pequena e isolada do *H. sapiens* arcaico

africano, podendo, inclusive, ser identificada uma mãe comum a toda a humanidade e que foi oportunamente chamada de “Eva Africana” ou “Eva Mitocondrial”.

Essa verificação se deu com base no estudo de RFLPs, ou seja, polimorfismos de tamanho de fragmentos de restrição, no DNA mitocondrial de 147 indivíduos de várias origens geográficas, através dos quais foi elaborada uma árvore filogenética que apontou apenas um ancestral comum: o DNA mitocondrial dessa mulher africana que viveu há cerca de 150 mil anos (LEONARDO, 2010). Segundo Stoneking (1994), a Eva Africana não foi à primeira mulher, mas sim a mulher que carregava a linhagem mitocondrial ancestral de todas as demais.

A dispersão populacional na Teoria da Eva Mitocondrial

Na natureza, a distribuição da população ocorre como consequência dos deslocamentos de determinados indivíduos de uns locais para outros. Esta mobilidade constitui a dispersão, sendo as suas possibilidades numerosas, dependendo, entre outras coisas, do tipo de habitat, migrações, o parasitismo, da importância das aglomerações e das distâncias entre elas, do distanciamento entre progenitores e descendentes. A existência desse processo propicia que a espécie continue a aumentar a sua abundância sem apresentar dependência dos recursos disponíveis em seu nicho e acaba por determinar a zonas de ocorrência das populações no mundo.

Segundo a Teoria da Eva Mitocondrial a humanidade conhecida teria vindo de uma só mulher, que viveu há cerca de 150 mil anos, na África (WILSON, 1992). Na época dessa Eva, é plausível a suposição de que os habitantes da África oriental, em um número aproximado de alguns poucos milhares de indivíduos, partilhassem a mesma cultura, vivessem a mesma economia, usassem os mesmos artefatos tecnológicos e tivessem os mesmos hábitos alimentares e, presumivelmente, se essas coisas já existiam em data tão recuada, praticavam o mesmo tipo de religião e usavam a mesma linguagem. Entretanto, de início lenta e intermitentemente, algumas pessoas tidas como de espírito aventureiro começaram a tirar suas comunidades da área da Eva mitocondrial e levá-las para novos ambientes, a que tiveram de se adaptar, o que gerou mudanças. Essas comunidades perderam contato entre si e, em relativo isolamento, passaram a apresentar diferenças cada vez maiores (ARMESTO, 2009).

É no seio de populações assim isoladas, que se verifica a seleção natural entre os indivíduos melhor adaptados e os pior adaptados de cada espécie, formando pouco a pouco a variação genética e contribuindo para a existência dos biotipos encontrados atualmente em cada região.

A repercussão midiática e as polêmicas em torno destes temas, DNA mitocondrial, Dispersão de Espécies, Eva Mitocondrial, Variação genética e Evolução, despertam nos educandos a curiosidade sobre o que significam e qual a real importância dessas novas abordagens sobre a origem da humanidade. Estes conceitos já foram abordados de diversas formas, tanto pela TV quanto pelo Cinema; ora com programações educativas como documentários, que descrevem a trajetória evolutiva e dispersora dos seres humanos pela Terra, ora mesclando conceitos biológicos com o roteiro de filmes e novelas.

A título de exemplo, pode-se destacar a produção Franco-Canadense lançada em 1981, *La Guerre du feu* (A Guerra do Fogo), sob a direção de Jean-Jacques Annaud, Anthony Burgess e Desmond Morris. O longa retrata a evolução sócio-cultural-biológica da Humanidade e levanta hipóteses sobre a origem da linguagem através da busca de três *Homo sapiens* para conseguirem uma nova fonte de fogo perdida por sua tribo; este, o fogo, elemento divino e tenebroso para eles. O delírio sobre como esses três guerreiros se relacionariam/comunicariam, encontrariam, disputariam e fariam interações subjetivas é a base do roteiro assinado por Anthony Burgess, foneticista e consagrado autor do livro *Laranja Mecânica*. Burgess faz crível as adaptações e linguagens usadas por aqueles homínídeos além de fazer compreensível toda uma história recheada de grunhidos, mamutes mal-acabados e situações inusitadas de adaptação dos nossos ancestrais ao contexto ambiental da época (SANTOS, 2008).

Outro exemplo é uma produção televisiva brasileira, a novela “O Clone”, exibida em 2001 pela emissora Rede Globo e escrita pela novelista Glória Perez. A trama, que tem como mote central a técnica de clonagem, também referenciou-se de forma peculiar discorrendo acerca do DNA mitocondrial e a sua prerrogativa de ser exclusivamente materno, portanto, de origem ovular. Um dos personagens principais (Diogo) morre logo nos primeiros capítulos e acaba por servir de teste para a experiência de clonagem feita por um especialista em reprodução humana (Albiere). O Doutor Albiere utiliza-se para tanto de uma célula somática de Diogo e faz o implante do material nuclear desta célula no óvulo de uma de suas pacientes (Deusa), que estava em tratamento para fertilização *in vitro*, entretanto, sem o consentimento da mesma. A experiência teve sucesso e com o passar do tempo houve a descoberta da

existência do clone (Leo), então, o pai biológico de Diogo (Lêonidas) inicia uma batalha judicial pelo direito ao reconhecimento de Leo como filho dele e de sua falecida esposa, uma vez que o material genético constante no clone provinha deles. Entretanto, no desfecho da história, o juiz atribui sentença favorável tanto para Lêonidas, que ficou registrado como sendo o pai biológico de Leo, quanto para Deusa que ficou sendo considerada a mãe biológica, justamente pelo fato de ser dela o DNA mitocondrial presente nas células do clone.

Assim, a disseminação e massificação de temas envolvendo conteúdos de importância biológica torna o trabalho do educador em Ciências e Biologia um constante buscar, relacionar, associar estes debates/polêmicas da atualidade com o conteúdo ministrado em sala de aula, promovendo o link entre a educação escolar e o cotidiano dos aprendizes. Neste contexto, foram ministradas duas aulas sobre Evolução e Dispersão da Espécie Humana pela Terra com um enfoque especial na Teoria da Eva Mitocondrial, e mais duas aulas avaliativas com aplicação de questionário para os alunos do 3º ano do Ensino Médio, turno vespertino, do Colégio Estadual Moisés Nunes Bandeira, na cidade de Alto Paraíso de Goiás, Goiás, Brasil.

Materiais e Métodos

O trabalho didático-pedagógico com esse tema buscou não apenas a elucidação teórica dos conceitos, mas também fazê-lo de uma forma suficientemente interessante, que pudesse sensibilizar os educandos, despertando-os para o fato de a espécie humana estar sujeita às mesmas forças evolutivas/seletivas que atuam sobre todos os seres vivos.

Os sucessivos estágios evolutivos dos primatas, o surgimento dos primeiros hominídeos no continente africano, suas características sócio-culturais-biológicas, os movimentos e padrões migratórios destes grupos populacionais pelo globo, partindo do pressuposto da existência da Eva mitocondrial, foram os conteúdos abordados.

Além da exposição teórica no quadro, foram utilizados também outros recursos didáticos, como o projetor de slides e a exibição de um vídeo-documentário sobre as origens da humanidade.

A introdução ao tema deu-se através de uma aula expositiva, com duração de 50 minutos, na qual foram debatidos os conceitos-chave e a sua fundamentação teórica. Na segunda aula, com mesma duração da anterior, após a explanação foi apresentada a primeira parte do material videográfico, com duração de 10 minutos.

O vídeo-documentário utilizado é um material valioso para corroborar o ensino desta temática principalmente pela abordagem objetiva e de fácil assimilação sobre os primórdios da espécie humana e da descoberta/existência da Eva mitocondrial, a ancestral comum mais recente de todos os humanos atuais.

O documentário *The Real Eve (A Origem do Homem*, tradução feita para o português) tem duração aproximada de 90 minutos, foi produzido no ano de 2002, pela emissora de TV Discovery Channel e pode ser encontrado/acessado em vários sites da internet. Ele retrata que a Eva genética teria vivido há 150 mil anos atrás no leste da África e cada pessoa da Terra seria seu parente, demonstram como foram propostas as rotas de dispersão dos descendentes da Eva mitocondrial a partir do rastreamento genético realizado pela pesquisadora Rebecca Cann e seus colaboradores além dos estudos antropológicos/arqueológicos subjacentes.

O documentário é muito didático ao passo que vai elucidando questões que os próprios educandos pontuaram durante a exposição teórica como, por exemplo, “Se os primeiros seres humanos surgiram na África por que são encontrados em quase todos os lugares do mundo?” “Qual a razão de sermos diferentes um dos outros?” “Qual foi a causa do grande êxodo desses seres humanos?” “Como nossos corpos adaptaram-se com o passar do tempo ao meio ambiente?”

Ao término da exibição do vídeo, no intuito de captar as impressões dos educandos sobre o conteúdo bem como no de promover a autonomia na construção do conhecimento biológico, foi solicitada à turma que se dividisse em grupos de dois ou três educandos para a elaboração de cartazes nos quais eles retratassem, com frases sucintas e a utilização de imagens, os seguintes aspectos:

- 1) Evolução Humana;
- 2) DNA mitocondrial;
- 3) Eva Mitocondrial;
- 4) Dispersão Populacional Humana.

Finalizadas as duas aulas, os educandos foram avisados sobre a aplicação de um questionário com questões objetivas, nas próximas duas aulas da mesma semana, para encerrar o processo avaliativo deste tópico temático. O questionário foi composto por doze questões objetivas, sendo aplicado para um total de doze educandos que tiveram disponíveis duas aulas de 50 minutos cada, para a resolução do mesmo.

A Questão 1 “Marque as alternativas corretas” objetiva medir a compreensão dos educandos com relação à Teoria da Eva Mitocondrial e suas implicações para a determinação de nossa ancestralidade genética. As respostas corretas são as letras C, E, F, G.

A Questão 2 “Filogenia de alguns grupos de primatas” investiga a capacidade analítica dos educandos a partir de dados dispostos em árvores filogenéticas. A resposta correta é a letra B.

Na Questão 3 “Foi proposto um novo modelo de evolução dos primatas...” explora novamente a capacidade analítica e de relacionar o surgimento de novos grupos taxonômicos com o tempo geológico disposto em gráficos. A alternativa correta é a letra B.

A Questão 4 “Admite-se que, há cerca de 5 milhões de anos...” versa sobre as características temporais, biológicas e sócio-culturais dos gêneros *Australopithecus* e *Homo*. Espera-se que os educandos sejam capazes de identificar e diferenciar as peculiaridades destes dois grupos de homínídeos. As alternativas corretas são as letras A, D e E.

Na Questão 5 “Em relação à Evolução do ser humano...” é averiguada a compreensão das relações de ancestralidade entre os gêneros *Australopithecus* e *Homo* além da compreensão dos educandos sobre a importância do desenvolvimento da comunicação para a evolução cultural da humanidade. As proposições corretas são as letras A e D.

A Questão 6 “A evolução biológica...” é excelente para avaliar se ainda persistem alguns erros e/ou distorções clássicas com relação à evolução humana, principalmente, com relação à ancestralidade dos *Homo sapiens* vinculada aos chimpanzés. As respostas deveriam focar na não evolução dos humanos a partir dos macacos modernos e sim no compartilhamento de um ancestral comum por ambos os grupos, ou seja, letra B.

Na Questão 7 “A especiação do *Homo sapiens*...” é analisada a capacidade dos educandos de compreender que o desenvolvimento tecnológico dos meios de comunicação e transporte têm influência direta sobre o processo de especiação, uma vez que, elimina os isolamentos geográficos dentro das populações humanas. A alternativa correta é a letra E.

A Questão 8 “Considere o texto e a ilustração a seguir...” mostra por meio de uma árvore filogenética as relações de parentesco entre os primatas atuais e seus ancestrais. Espera-se que os educandos tenham desenvolvido um bom entendimento sobre estas relações. A afirmativa correta é a letra B.

Na Questão 9 “Foram feitas comparações...” espera-se que já não existam mais dúvidas sobre quem é, entre os primatas, o parente mais próximo dos seres humanos: o chimpanzé. Alternativa correta, letra B.

A Questão 10 “Se fosse possível a uma...” aborda a capacidade de analisar as relações de parentesco e obter informações corretas, como dados temporais, das árvores filogenéticas. A letra C é a opção correta.

Na Questão 11 “É comum que os livros e os meios...” um dogma central das especulações leigas sobre Evolução é posto em xeque: a idéia de organismos mais ou menos evoluídos, o progresso como finalidade evolutiva. Espera-se que os educandos sejam capazes de identificar que a Evolução não é um processo linear, como o exposto na figura, não ocorre de modo progressivo objetivando conduzir à uma espécie perfeita. Além do mais, tratando de evolução humana, a disposição das espécies em uma fila pode não representar a verdadeira ancestralidade das espécies seguintes. A opção correta é a letra D.

A Questão 12 “Registros encontrados na África...” investiga se a disposição e a relação entre as espécies dos homínídeos em uma árvore filogenética foram completamente assimiladas pelos educandos. Alternativa correta, letra E.

Resultados

Em virtude da realização de duas atividades distintas, a construção de cartazes e a resolução do questionário, a análise dos resultados contempla ambas. Os grupos não tiveram muitas dificuldades ou erros conceituais ao elaborarem seus cartazes até mesmo porque esta atividade foi supervisionada durante toda a sua execução no intuito de dirimir dúvidas, esclarecer conceitos e prepará-los para o questionário aplicado posteriormente (Ver Anexo – Resultados da Produção de Cartazes Temáticos).

Respostas ao Questionário

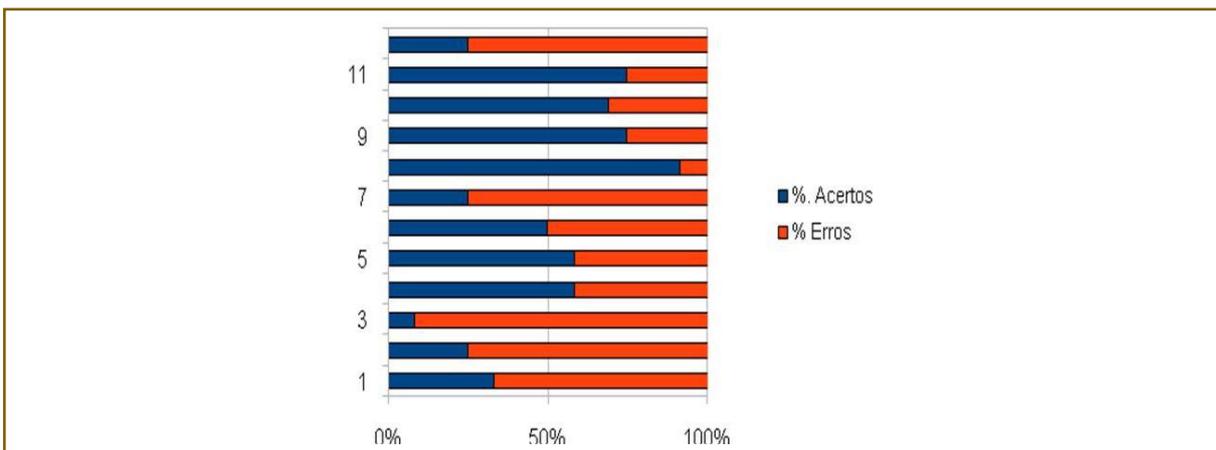
A Tabela 1 explicita o total de erros e acertos além da porcentagem dos mesmos para cada questão. Questões com mais de uma alternativa correta como as de número 1, 4 e 5 também apresentam o valor absoluto e o percentual de erros e acertos em cada uma destas alternativas.

Tabela 1. Tabulação das Respostas do Questionário

QUESTÕES	ACERTOS	ERROS	%. Acertos	% Erros
1	4	8	33,33	66,67
<i>A</i>	10	2	83,33	16,67
<i>B</i>	11	1	91,67	8,33
<i>C</i>	10	2	83,33	16,67
<i>D</i>	11	1	91,67	8,33
<i>E</i>	8	4	66,67	33,33
<i>F</i>	7	5	58,33	41,67
<i>G</i>	7	5	58,33	41,67
2	3	9	25,00	75,00
3	1	11	8,33	91,67
4	7	5	58,33	41,67
<i>A</i>	11	1	91,67	8,33
<i>B</i>	8	4	66,67	33,33
<i>C</i>	11	1	91,67	8,33
<i>D</i>	8	4	66,67	33,33
<i>E</i>	11	1	91,67	8,33
5	7	5	58,33	41,67
<i>A</i>	10	2	83,33	16,67
<i>D</i>	8	4	66,67	33,33
6	6	6	50,00	50,00
7	3	9	25,00	75,00
8	11	1	91,67	8,33
9	9	3	75,00	25,00
10	9	4	75,00	33,33
11	9	3	75,00	25,00
12	3	9	25,00	75,00

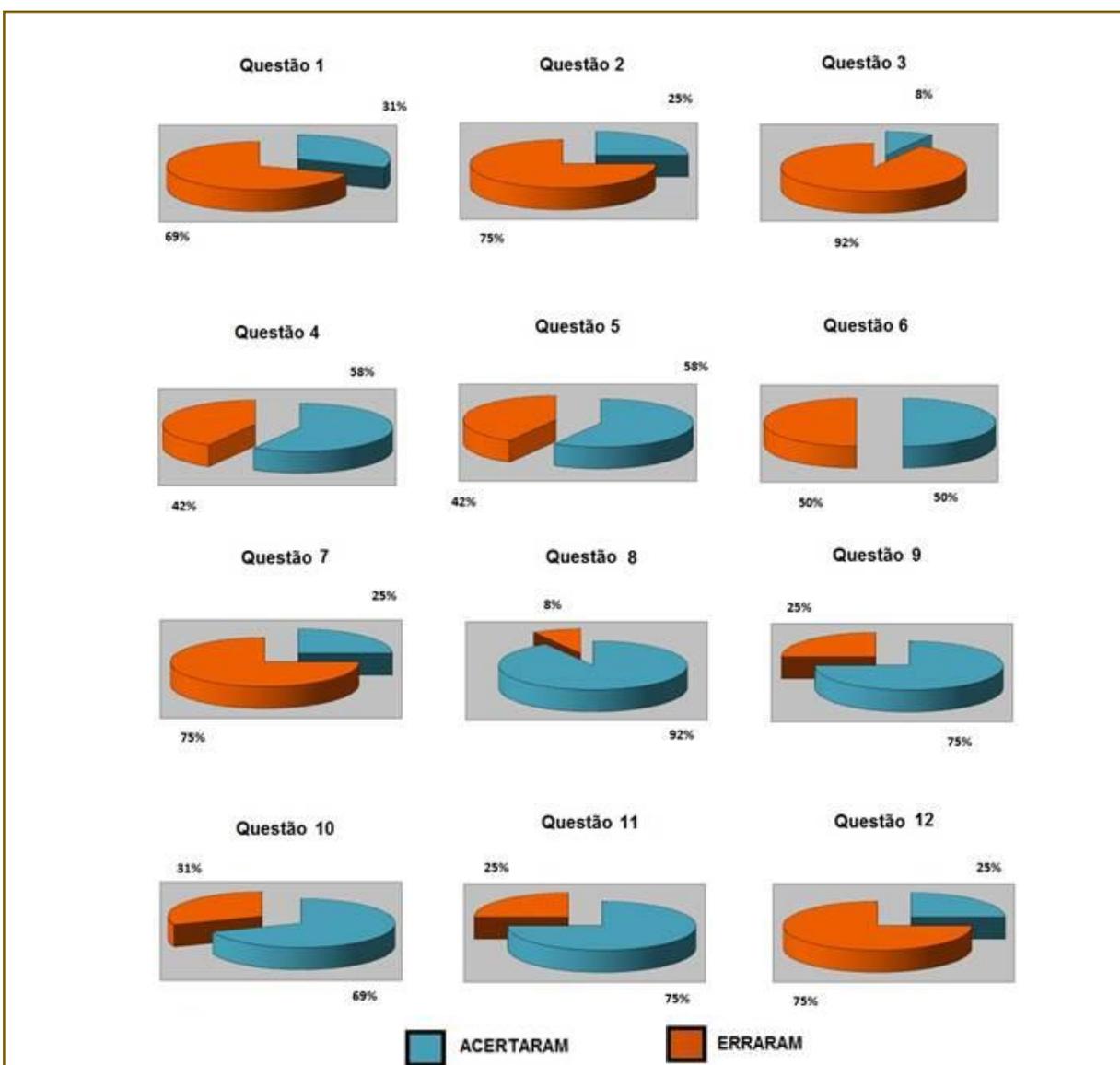
O resultado do desempenho total nas questões objetivas segue-se conforme demonstra o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Desempenho Total no Questionário



O desempenho dos alunos em cada questão segue-se conforme demonstra o Gráfico 2.

Gráfico 2 – Desempenho nas Questões 1 a 12.



Discussão

A elaboração dos cartazes foi muito proveitosa na medida em que as dúvidas, comentários, reflexões foram expostas ao longo do desenvolvimento da atividade, tomando-se o devido cuidado para que os educandos não apenas reproduzissem o que estava sendo discutido em sala de aula, mas expressassem suas compreensões sendo elas corretas ou não. Assim, como pode ser observado nas figuras 6 a 11 (Anexo), percebe-se que mesmo com algumas dificuldades para escrever obedecendo à norma culta da língua portuguesa e com alguns pequenos erros conceituais, provavelmente devido a confusões interpretativas, todos os cartazes atenderam bem aos critérios estabelecidos pela atividade.

Analisando-se os gráficos de desempenho dos educandos nas respostas ao questionário fica claro em quais questões eles apresentaram maior grau de dificuldade. Pelo baixo índice de acertos, podem ser consideradas como mais problemáticas as questões de número 1, 2, 3, 7 e 12. Os erros na questão 1, que solicitava marcação em mais de uma alternativa correta, estão mais relacionados às letras E, F e G e demonstram, entre outros fatores, a dificuldade dos educandos em compreender a importância das mutações no DNA mitocondrial para determinar as proximidades genéticas entre as populações humanas.

A questão 2 reflete a desatenção na leitura dos enunciados, pois, a maioria não “percebeu” que deveria assinalar a alternativa INCORRETA e marcou as outras alternativas corretas, mas que não atendiam ao solicitado pela questão. A questão 3 foi a que apresentou o maior percentual de erros, apenas 1 entre os 12 educandos respondeu-a corretamente. A grande dificuldade foi analisar a árvore filogenética e identificar o momento temporal onde ocorreu a divergência evolutiva entre os grupos dos macacos do Velho Mundo e o grupo dos grandes macacos e humanos.

Na questão número 7, muitos se confundiram ao serem mesclados os conceitos de especiação e de evolução da espécie humana sem compreenderem as relações entre o desenvolvimento tecnológico humano e a interferência destes nos processos biológicos. O grande número de erros na questão 12 revela a desatenção com a nomenclatura científica, pois, muitos marcaram a alternativa correspondente ao *Australopithecus erectus* pensando que se tratasse do *Homo erectus*.

Por outro lado, das 12 questões apresentadas mais de 50% delas foram respondidas corretamente demonstrando que, apesar dos problemas analisados anteriormente, boa parcela

da turma conseguiu compreender satisfatoriamente a um conteúdo considerado complexo e de difícil assimilação.

Percebe-se, então, que esta abordagem metodológica do tema “Evolução e Dispersão da Espécie Humana sob a ótica da Teoria da Eva Mitocondrial” alcançou seus objetivos haja vista o grande *feedback* dos educandos tanto na elaboração dos cartazes quanto no percentual de acertos ao questionário aplicado.

Conclusão

As recentes descobertas das Ciências Biológicas, em especial nas áreas da Biologia Molecular e da Genética, trouxeram questionamentos sobre a forma como os conteúdos relacionados a essas disciplinas são abordados e trabalhados no Ensino Médio. Além de deter o domínio teórico destes conteúdos é de extrema importância que o educador saiba desenvolver metodologias de ensino que despertem a curiosidade dos aprendizes e promovam ligações entre os avanços biológicos e o conhecimento escolar.

Ao ministrar o conteúdo de Evolução e Dispersão Humana sob a ótica da Teoria da Eva Mitocondrial, procurou-se não somente fazer uma exposição conteudista, mas também estabelecer conexões com outras áreas do saber, como a antropologia e a arqueologia, que também investigam as origens e evolução humanas, demonstrando aos educandos quão importantes e intrigantes são esses estudos.

Os PCN's recomendam que os temas em Biologia Moderna, em razão de sua complexidade, não sejam simplesmente transmitidos de forma mecânica, pelo contrário, o educador deve ser capaz de instigar a participação dos discentes para que estes desenvolvam a capacidade de relacionar o conhecimento escolar com toda a bagagem e informações extraclasse que possuem e também se sintam estimulados a buscar por novas informações e transformá-las em aprendizado.

O ensino de Evolução e Dispersão Humana sob a ótica da Teoria da Eva Mitocondrial insere-se neste novo paradigma do Ensino de Biologia e torna-se bem oportuno não só em razão da grande exploração do tema pelos meios de comunicação, mas também pelo volume e pela atualidade das pesquisas científicas na área.

Todo esse quadro desperta o interesse dos educandos em um conteúdo tradicionalmente considerado complexo, bem como reforça conceitos vistos anteriormente como Evolução Biológica, Organelas Citoplasmáticas, DNA nuclear e mitocondrial os quais,

muitas vezes, não foram devidamente esclarecidos. Torna-se, assim, um tema capaz de promover uma revisão de conteúdos biológicos importantes, além é claro de trazer um novo rol de importantes informações para a consolidação de uma aprendizagem significativa e a construção de novos conhecimentos.

Agradecimentos

Ao Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE); A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); E a Universidade Aberta do Brasil (UAB).

Referências Bibliográficas

ARMESTO, Felipe Fernández. **Os Desbravadores. Uma História Mundial da Exploração da Terra**. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. **PCN Ensino Médio: Orientações educacionais complementares dos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília. 2002.

CANN, R. L; STONEKING, M; WILSON, A. C. Mitochondrial DNA and human evolution. **Nature**, v. 325, p. 31–36, 1987.

GALANJAUSKAS, Marcos Antônio. **Biotechnology no Ensino Médio: Proposta de Ensino**. Monografia. Universidade de Mogi das Cruzes, 2009. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br>>. Acesso em 12 fev. 2013.

HUXLEY, J. **Evolution the modern synthesis**. Ed. Harper & Brothers. New York, 1942.

LEONARDO, Hugo. **Gênese Africana dos Humanos**. 2010. Disponível em: <[http:// genese-africana-dos-Humanos.html](http://genese-africana-dos-Humanos.html)>. Acesso em 14 mar. 2013.

MACHADO, Rafael Bisso. **Vestígios do passado: A história ameríndia revelada através de marcadores genéticos**. 2010. 155 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

NUNES, F. M. F.; FERREIRA, K. S.; SILVA JR, W. W.; BARBIERI, M. R.; COVAS, D. T. Genética no Ensino Médio: uma prática que se constrói. **Genética na Escola**. Vol. 1, n. 1, p. 19-24, 2006.

RICO, Octavio. **Adão Cromossomo-Y e Eva Mitocondrial**. 2010. Disponível em: <<http://www.cienciaefe.com.br>>. Acesso em 25 abr. 2013.

RINCON, Daniel. **Estudos de DNA Mitocondrial em Populações Remanescentes de Quilombos do Vale do Ribeira – São Paulo**. 2009. 65 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SANTOS, Priscila. **Guerra do Fogo: a pré-história no cinema**. Disponível em: <http://obviousmag.org/a_guerra_do_fogo.html>. Acesso em 28 abr. 2013.

SOUZA, Cleber Moreira. Ciências Forenses em Sala de aula. **O uso de séries televisivas como veículo de comunicação no ensino alternativo de ciências**. (2008). Disponível em: <<http://www.webartigos.com/Ciencias-Forenses-Em-Sala-De-Aula/pagina1.html>>. Acesso em 10 jan. 2013.

STONEKING, Mark. Human origins: The molecular perspective. **Nature**, v. 9, p. S46 - S50, 2008.

STONEKING, Mark. Mitochondrial DNA and human evolution. **Journal of Bioenergetic and Biomembranes**, v. 26, p. 251-259, 1994.

TYIPINGE, João Marcelino. **Proposta de Inclusão dos Conteúdos da Biotecnologia nos Programas do Plano Curricular de Biologia no Instituto Médio Agrário do Tchivinguiro – Angola**. Monografia, 2007. Disponível em <http://br.monografias.com/trabalhos3/biotecnologia-agraria/biotecnologia-agraria.shtml>. Acesso em 10 jan. 2013.

WILSON, A.C.; CANN, R.L. **The Recent African Genesis of Humans**. Scientific American, Vol. 266, April. 1992.

Anexos – Resultados da Produção dos Cartazes Temáticos

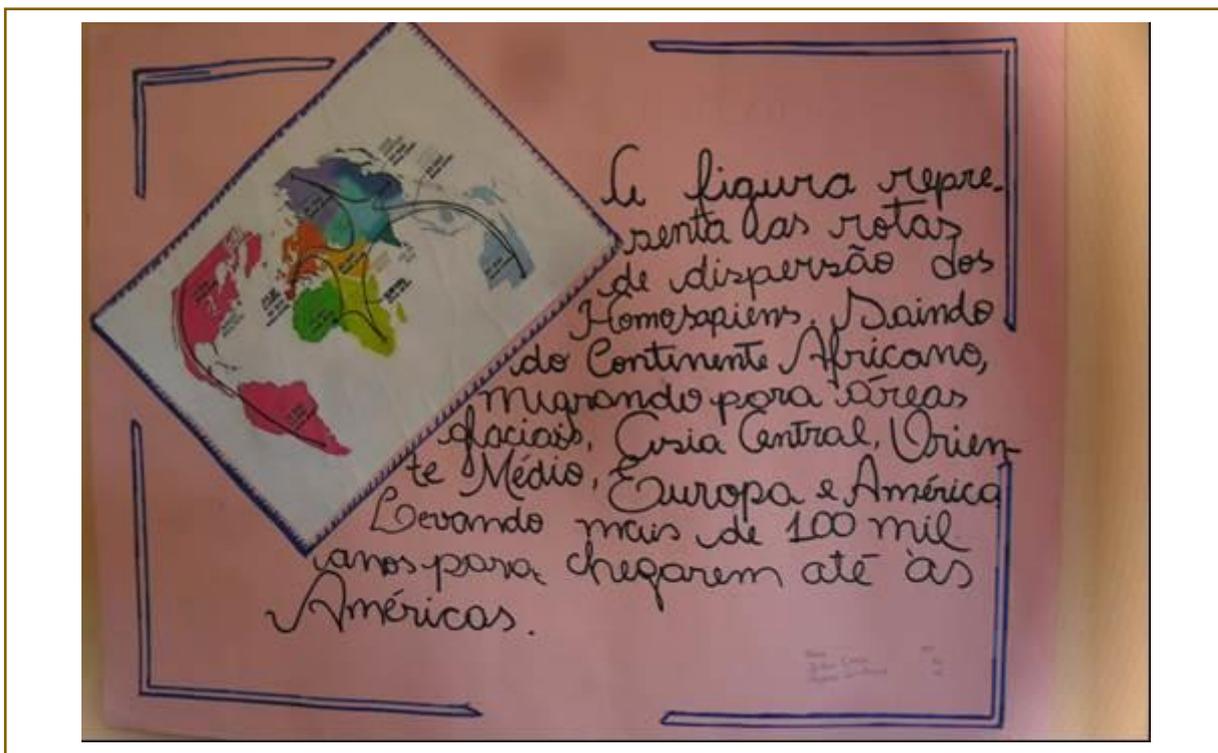
1. Cartaz sobre o tema “Evolução Humana”



2. Cartaz sobre o tema “DNA Mitocondrial”



3. Cartaz sobre o tema “Dispersão Humana a partir da Eva Mitocondrial”



4. Cartaz sobre o tema “DNA mitocondrial (2ª produção)”



5. Cartaz sobre o tema “Eva Mitocondrial”



6. Cartaz sobre o tema “Árvore Filogenética dos Primatas”

