



caderno do
PROFESSOR

BIOLOGIA



ensino médio
3ª SÉRIE
volume 4 - 2009



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador
José Serra

Vice-Governador
Alberto Goldman

Secretário da Educação
Paulo Renato Souza

Secretário-Adjunto
Guilherme Bueno de Camargo

Chefe de Gabinete
Fernando Padula

Coordenadora de Estudos e Normas
Pedagógicas
Valéria de Souza

Coordenador de Ensino da Região
Metropolitana da Grande São Paulo
José Benedito de Oliveira

Coordenador de Ensino do Interior
Rubens Antonio Mandetta

Presidente da Fundação para o
Desenvolvimento da Educação – FDE
Fábio Bonini Simões de Lima

EXECUÇÃO

Coordenação Geral
Maria Inês Fini

Concepção
Guiomar Namó de Mello
Lino de Macedo
Luís Carlos de Menezes
Maria Inês Fini
Ruy Berger

GESTÃO

Fundação Carlos Alberto Vanzolini
Presidente do Conselho Curador:
Antonio Rafael Namur Muscat
Presidente da Diretoria Executiva:
Mauro Zilbovicius
**Diretor de Gestão de Tecnologias aplicadas à
Educação:**
Guilherme Ary Plonski
Coordenadoras Executivas de Projetos:
Beatriz Scavazza e Angela Sprenger

COORDENAÇÃO TÉCNICA

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas
Pedagógicas

Coordenação do Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ghisleine Trigo Silveira

AUTORES

Ciências Humanas e suas Tecnologias

Filosofia: Paulo Miceli, Luiza Christov,
Adilton Luís Martins e Renê José Trentin Silveira

Geografia: Angela Corrêa da Silva, Jaime Tadeu
Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Araujo,
Regina Célia Bega dos Santos e Sérgio Adas

História: Paulo Miceli, Diego López Silva,
Glaydson José da Silva, Mônica Lungov Bugelli e
Raquel dos Santos Funari

Sociologia: Heloisa Helena Teixeira de
Souza Martins, Marcelo Santos Masset Lacombe,
Melissa de Mattos Pimenta e Stella Christina
Schrijnemaekers

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Biologia: Ghisleine Trigo Silveira, Fabíola Bovo
Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene
Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta
Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguilar Santana,
Paulo Roberto da Cunha, Rodrigo Venturoso
Mendes da Silveira e Solange Soares de Camargo

Ciências: Ghisleine Trigo Silveira, Cristina
Leite, João Carlos Miguel Tomaz Micheletti Neto,
Julio César Foschini Lisboa, Lucilene Aparecida
Esperante Limp, Maira Batistoni e Silva, Maria
Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo
Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro,
Ricardo Rechi Aguiar, Rosana dos Santos Jordão,
Simone Jaconetti Ydi e Yassuko Hosoume

Física: Luis Carlos de Menezes, Estevam
Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luís
Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho
Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira,
Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Sonia
Salem e Yassuko Hosoume

Química: Maria Eunice Ribeiro Marcondes,
Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza,
Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de
Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria
Fernanda Penteado Lamas e Yvone Mussa
Esperidião

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Arte: Gisa Picosque, Mirian Celeste Martins,
Geraldo de Oliveira Suzigan, Jéssica Mami Makino
e Sayonara Pereira

Educação Física: Adalberto dos Santos Souza,
Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches
Neto, Mauro Betti e Sérgio Roberto Silveira

LEM – Inglês: Adriana Ranelli Weigel Borges,
Alzira da Silva Shimoura, Livia de Araújo Donnini
Rodrigues, Priscila Mayumi Hayama e Sueli Salles
Fidalgo

Língua Portuguesa: Alice Vieira, Débora Mallet
Pezarim de Angelo, Eliane Aparecida de Aguiar,
José Luís Marques López Landeira e João Henrique
Nogueira Mateos

Matemática

Matemática: Nilson José Machado, Carlos
Eduardo de Souza Campos Granja, José Luiz
Pastore Mello, Roberto Perides Moisés, Rogério
Ferreira da Fonseca, Ruy César Pietropaolo e
Walter Spinelli

Caderno do Gestor

Lino de Macedo, Maria Eliza Fini e Zuleika de Felice
Murrice

Equipe de Produção

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza

Assessores: Alex Barros, Beatriz Blay, Carla de
Meira Leite, Eliane Yambanis, Heloisa Amaral Dias
de Oliveira, José Carlos Augusto, Luiza Christov,
Maria Eloisa Pires Tavares, Paulo Eduardo Mendes,
Paulo Roberto da Cunha, Pepita Prata, Renata Elsa
Stark, Ruy César Pietropaolo, Solange Wagner
Locatelli e Vanessa Dias Moretti

Equipe Editorial

Coordenação Executiva: Angela Sprenger

Assessores: Denise Blanes e Luis Márcio Barbosa

Projeto Editorial: Zuleika de Felice Murrice

Edição e Produção Editorial: Conexão Editorial,
Edições Jogo de Amarelinha, Aeroestúdio e Occy
Design (projeto gráfico)

APOIO

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da
Educação

CTP, Impressão e Acabamento

Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias de educação do país, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98.

* Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas no material da SEE-SP que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

Catálogo na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.
S239c Caderno do professor: biologia, ensino médio - 3ª série, volume 4 /
Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Felipe
Bandoni de Oliveira, Ghisleine Trigo Silveira, Lucilene Aparecida Esperante
Limp, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo Roberto da Cunha,
Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira. – São Paulo : SEE, 2009.
ISBN 978-85-7849-390-5
1. Biologia 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Oliveira,
Felipe Bandoni de III. Silveira, Ghisleine Trigo. IV Limp, Lucilene Aparecida
Esperante. V. Pereira, Maria Augusta Querubim Rodrigues. VI. Cunha, Paulo
Roberto da. VII. Silveira, Rodrigo Venturoso Mendes da. VIII. Título.
CDU: 373.5:573



Caras professoras e caros professores,

Este exemplar do Caderno do Professor completa o trabalho que fizemos de revisão para o aprimoramento da Proposta Curricular de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo.

Graças às análises e sugestões de todos os professores pudemos finalmente completar um dos muitos recursos criados para apoiar o trabalho em sala de aula.

O conjunto dos Cadernos do Professor constitui a base estrutural das aprendizagens fundamentais a serem desenvolvidas pelos alunos.

A riqueza, a complementaridade e a marca de cada um de vocês nessa elaboração foram decisivas para que, a partir desse currículo, seja possível promover as aprendizagens de todos os alunos.

Bom trabalho!

Paulo Renato Souza

Secretário da Educação do Estado de São Paulo





SUMÁRIO

São Paulo faz escola – Uma Proposta Curricular para o Estado	5
Ficha do Caderno	7
Orientação sobre os conteúdos do Caderno	8
Tema 1 – Origem e evolução do ser humano e sua evolução cultural	9
Situação de Aprendizagem 1 – Como os seres humanos evoluíram?	9
Situação de Aprendizagem 2 – A espécie humana e seus ancestrais	14
Tema 2 – A intervenção humana na evolução	25
Situação de Aprendizagem 3 – A intervenção humana na evolução, as transformações nos ambientes e o futuro da espécie humana	25
Proposta de Situação de Recuperação	42
Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema	44
Considerações finais	47



SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Caros(as) professores(as),

Este volume dos Cadernos do Professor completa o conjunto de documentos de apoio ao trabalho de gestão do currículo em sala de aula enviados aos professores em 2009.

Com esses documentos, a Secretaria espera apoiar seus professores para que a organização dos trabalhos em sala de aula seja mais eficiente. Mesmo reconhecendo a existência de classes heterogêneas e numerosas, com alunos em diferentes estágios de aprendizagem, confiamos na capacidade de nossos professores em lidar com as diferenças e a partir delas estimular o crescimento coletivo e a cooperação entre eles.

A estruturação deste volume dos Cadernos procurou mais uma vez favorecer a harmonia entre o que é necessário aprender e a maneira mais adequada, significativa e motivadora de ensinar aos alunos.

Reiteramos nossa confiança no trabalho dos professores e mais uma vez ressaltamos o grande significado de sua participação na construção dos conhecimentos dos alunos.

Maria Inês Fini

Coordenadora Geral
Projeto São Paulo Faz Escola







FICHA DO CADERNO

Evolução humana: biológica e cultural

Nome da disciplina: Biologia

Área: Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Etapa da educação básica: Ensino Médio

Série: 3^a

Volume: 4

Temas e conteúdos: Evolução biológica e cultural: origem do ser humano e evolução cultural

Intervenção humana na evolução





ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO CADERNO

Caro(a) professor(a),

Como seres humanos, nós nos interessamos muito por nossas origens. De Charles Darwin até hoje, a humanidade se debate com a ideia de parentesco entre humanos e demais primatas. Com este Caderno, pretendemos que os alunos discutam o processo evolutivo dos seres humanos e reflitam sobre como, graças a seu “poder” de intervenção, o ser humano interferiu e continua interferindo no processo evolutivo dos seres vivos, inclusive dele mesmo.

Para essa discussão, priorizamos os seguintes assuntos:

- ▶ A árvore filogenética dos homínídeos.
- ▶ Evolução do ser humano: desenvolvimento da inteligência, da linguagem e da capacidade de aprendizagem.
- ▶ Impactos da transformação do ambiente e da seleção de variedades de espécies

animais e de plantas de interesse para a espécie humana.

- ▶ Processos de seleção artificial de animais e de plantas.
- ▶ Impactos da medicina, agricultura e farmacologia no aumento da expectativa de vida humana.
- ▶ O futuro da espécie humana.

Como em outros Cadernos, as estratégias escolhidas têm o objetivo de enfatizar o trabalho prático dos estudantes, incentivando-os a uma participação mais ativa.

Esperamos assim que o material possa contribuir para o seu trabalho e para a aprendizagem dos alunos.

Bom trabalho!



TEMA 1 – ORIGEM E EVOLUÇÃO DO SER HUMANO E SUA EVOLUÇÃO CULTURAL

De onde viemos? Qual nossa posição no reino animal? O que representa a cultura para nossa espécie? Essas são questões que costumam acalorar as discussões em sala de aula. Porém, mais do que estimular debates, o tema

permite uma reflexão sobre quem somos e uma tomada de consciência acerca de nossa identidade como seres pertencentes a uma mesma espécie, a espécie humana, e frutos de um mesmo fenômeno natural, a vida.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1: COMO OS SERES HUMANOS EVOLUÍRAM?

Esta Situação de Aprendizagem tem início com uma interpretação de imagens para retomar o conceito de evolução trabalhado no Caderno anterior, derrubando a ideia tão difundida de que “o homem veio do macaco”. Partindo da concepção de que ser humano e

macaco tiveram uma ancestralidade comum, propõe-se a discussão das características que diferenciam os seres humanos dos demais primatas, com foco no bipedalismo e seu significado evolutivo.

Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdos e temas: história da evolução humana; parentesco humano com outros primatas; árvores filogenéticas dos hominídeos.

Competências e habilidades: ler e interpretar imagens relativas à evolução dos hominídeos; selecionar informações em textos sobre evolução; comparar dados e tirar conclusões; emitir opiniões, empregando argumentos.

Estratégia: atividade de organização de conhecimentos prévios por meio de interpretação de figuras e discussão em grande grupo.

Recursos: figuras presentes no Caderno do Aluno.

Avaliação: baseada na qualidade das manifestações, tanto orais quanto escritas, dos alunos sobre os temas abordados, na apresentação da pesquisa sobre o processo de evolução humana e nas respostas às questões propostas.

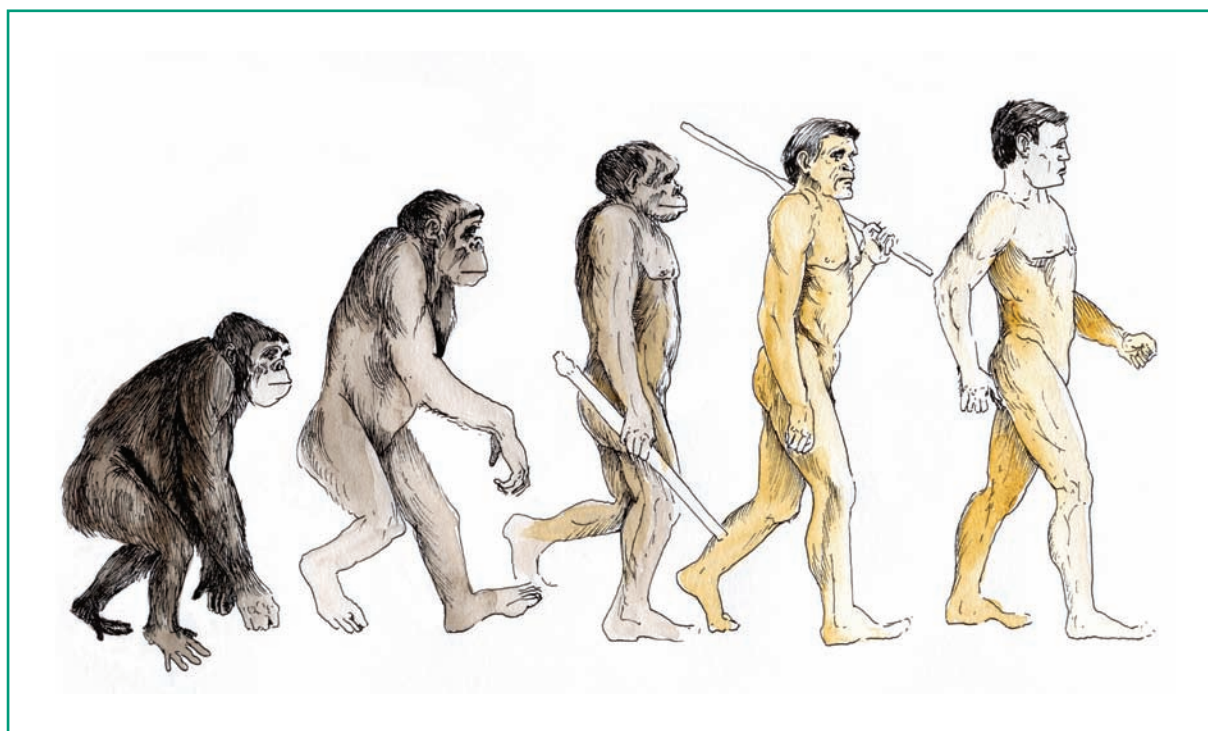


Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem 1

Etapa 1 – Sensibilização

Como sensibilização, apresente aos alunos as duas imagens a seguir. Solicite que, divididos em grupos, identifiquem as ideias sobre evolução humana retratadas nas imagens. Depois de alguns minutos para a análise das

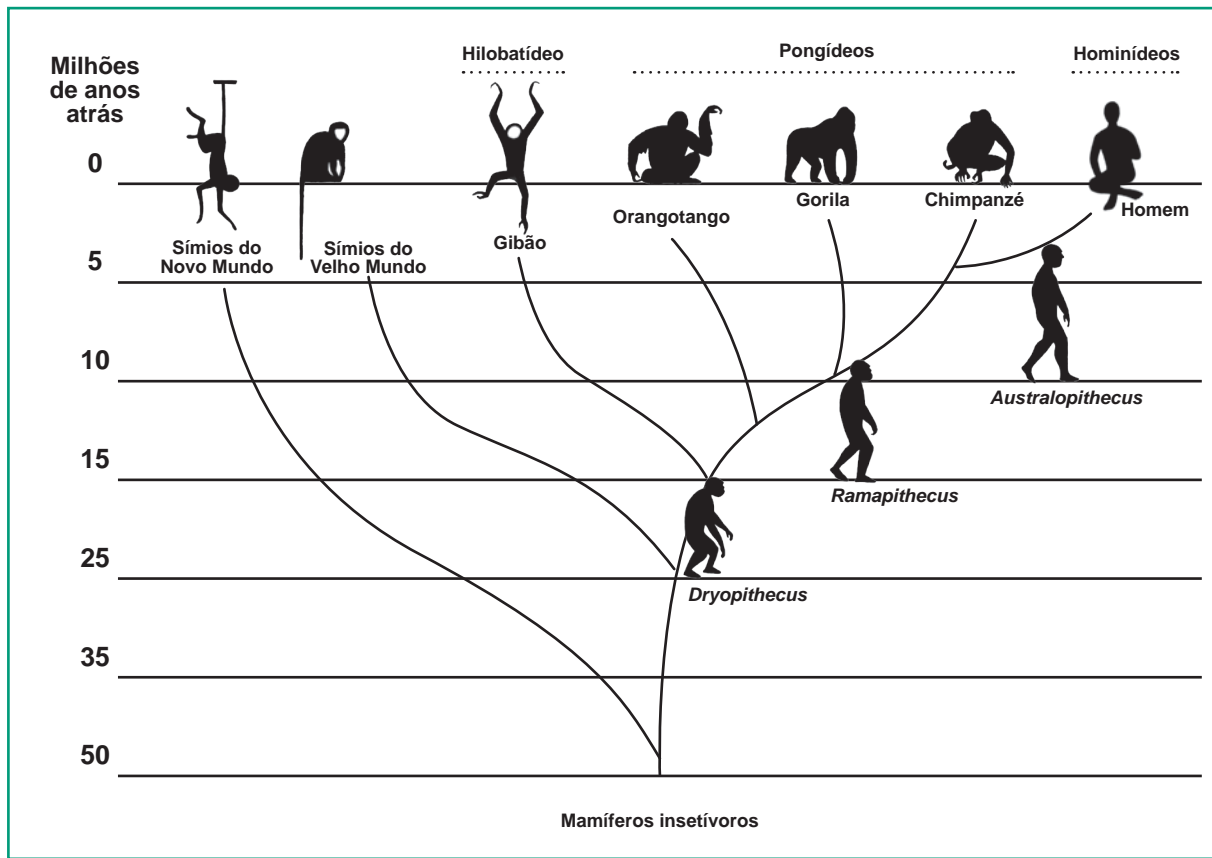
imagens, inicie a discussão. Ajude os alunos na identificação das semelhanças e das diferenças mostradas pelas figuras. A seguir, questione-os sobre qual das imagens está de acordo com a teoria da evolução humana aceita atualmente. Peça que escolham uma delas, justificando por que a outra imagem é considerada equivocada segundo as concepções atuais. A legenda das Figuras 1 e 2 foram retiradas do Caderno do Aluno para a resposta não ser antecipada.



© Alexandre Camanho

Figura 1 – Evolução humana a partir de um modelo divulgado no século XIX.





© Claudio Turci

Figura 2 – Hipótese de árvore filogenética dos antropóides.

Como é possível observar, a ideia de mudança envolvendo transformação é um ponto comum entre as imagens, isto é, as duas apresentam a ideia de evolução como modificação das espécies ao longo do tempo, mas trazem versões diferentes do processo. A Figura 1 traz uma visão linear do processo evolutivo, a ideia de ascensão unidirecional da vida a partir de uma suposta “substituição” das espécies, e o ser humano atual como produto final desse processo; diverge, portanto, do conceito de “árvore” proposto por Darwin e já estudado nos Cadernos anteriores. Espera-se que os alunos identifiquem a Figura 2 como uma árvore filogenética que destaca a

relação evolutiva entre alguns primatas, segundo a qual seres humanos e macacos tiveram uma ancestralidade comum e, em algum ponto, se separaram. Ajude os alunos a interpretar as figuras e questione-os: *Os macacos se transformaram em seres humanos? Somos macacos melhorados?*

Se achar conveniente, destaque que a Figura 1 foi produzida a partir de um modelo do século XIX, época em que muitas pessoas defendiam a escravidão dos africanos. Existem muitas versões dessa imagem, mas é possível notar, na maioria delas, uma alta dose de preconceito. O último ser humano



é retratado como um branco europeu, e os anteriores, mais próximos dos símios, como negros típicos. Converse com os alunos sobre o assunto.

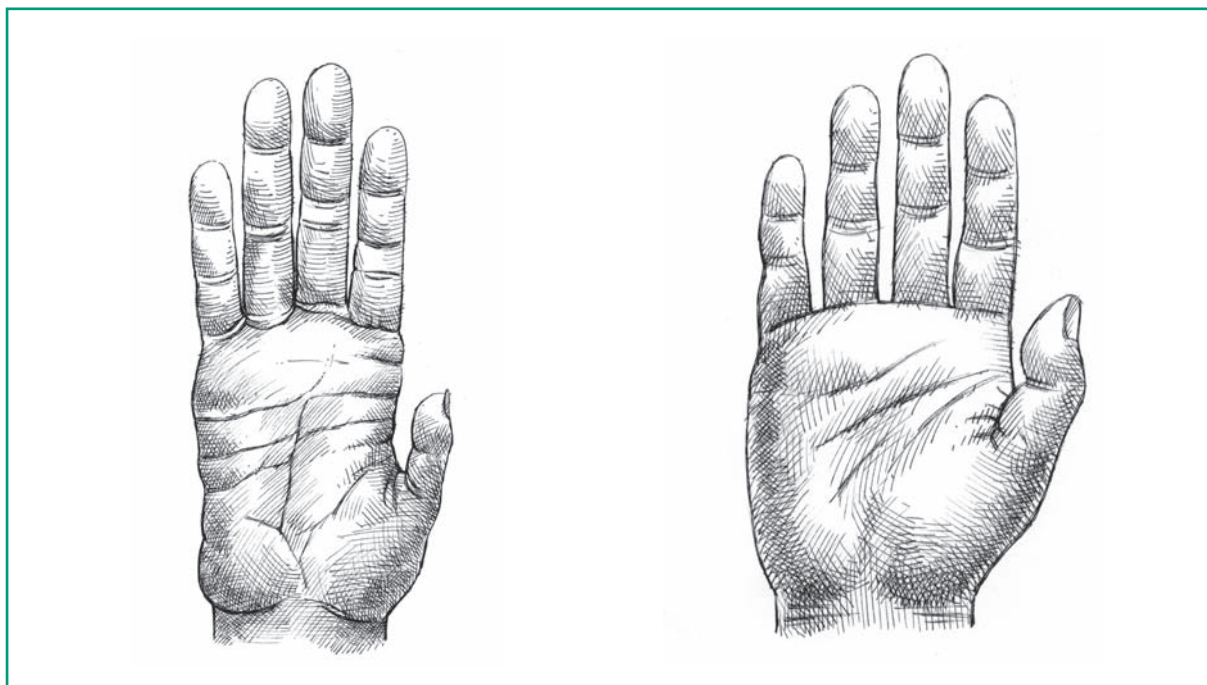
Etapa 2 – Ampliando a discussão: o bipedalismo

Após essa visão panorâmica da linhagem humana, proponha algumas questões mais específicas: *Quais são as principais diferenças entre os primatas e os outros mamíferos? E entre os seres humanos e os demais primatas?*

Divida a classe em pequenos grupos, solicite que listem essas diferenças e procurem identificar a vantagem evolutiva adquirida a cada traço diferencial. Peça, ainda, a cada grupo

que escolha um traço compartilhado pelo ser humano com seus ancestrais (com exceção da capacidade cerebral, que normalmente todos listam), que considere fundamental para a distinção entre os humanos e os demais animais, inclusive os pongídeos (orangotango, gorila e chimpanzé). Permita, então, que os grupos compartilhem suas ideias.

Um destaque que pode surgir durante a discussão é a semelhança entre as “mãos” de alguns primatas e as mãos humanas. Destaque os polegares totalmente oponíveis são restritos aos grandes macacos (orangotangos, gorilas e chimpanzés) e aos humanos. Localize com os alunos os orangotangos, gorilas e chimpanzés na árvore filogenética. A Figura 3 destaca essas semelhanças:



© Claudio Tucci

Figura 3 – Comparação entre a mão de um chimpanzé (à esquerda) e a mão humana (à direita). Repare que ambas possuem os dedos polegares oponíveis.



Principais diferenças entre os primatas e os demais mamíferos que podem ser citadas:

- ▶ Visão binocular.
- ▶ Dedos oponíveis.
- ▶ Membros do corpo e mãos adaptados para pendurar-se, saltar e balançar-se nos ramos.
- ▶ Habilidade para pegar e manipular objetos pequenos, usando dedos com unhas em lugar de garras.
- ▶ Vida familiar e cuidados com a prole.

Principais diferenças entre os hominídeos e os demais primatas:

- ▶ Maxilares menos proeminentes.
- ▶ Aumento do volume do crânio.

- ▶ Postura ereta – as mãos liberadas das funções de locomoção passaram a ser usadas para manejar armas de caça e ferramentas.
- ▶ Desenvolvimento da comunicação e da fala.
- ▶ Vida social complexa.

Se o conceito de bipedalismo (postura ereta, locomoção sobre duas patas ou pés) não aparecer entre as características listadas pelos grupos, apresente-o à turma. Solicite aos alunos que procurem o seu significado a partir da raiz da palavra. Informe à classe que muitos cientistas consideram o bipedalismo uma característica definidora de hominídeos (seres humanos e seus ancestrais). Peça aos alunos que identifiquem, na árvore filogenética, o aparecimento do bipedalismo. Chame a atenção para a Figura 4, que compara a estrutura da pelve dos humanos com a estrutura da pelve de outros primatas.

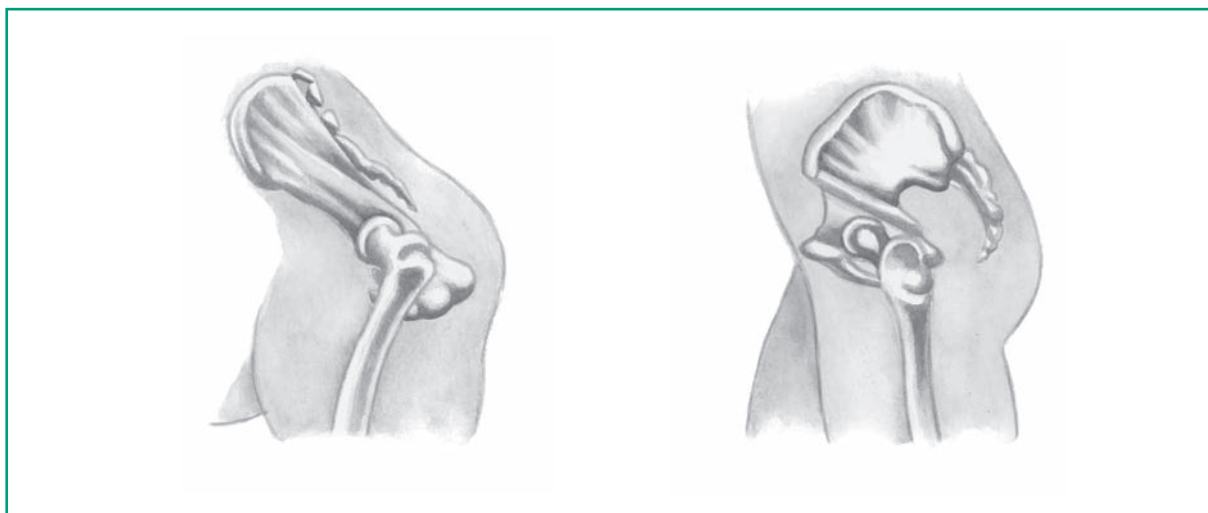


Figura 4 – Organização dos ossos da pelve de um primata (à esquerda) e dos ossos da pelve de um homem (à direita).

© Claudio Tucci



Continue o questionamento: *O que faz o bipedalismo tão especial?* Para discutir essa questão, você pode apresentar a seguinte situação proposta na seção **Lição de Casa** do Caderno do Aluno:

Segundo os cientistas, há cerca de 5 milhões de anos houve uma grande mudança climática na África. O ambiente ficou mais árido e a quantidade de árvores e o volume de suas copas diminuíram, aumentando a área de savana, ambiente mais aberto. É possível relacionar esse fato ao desenvolvimento da espécie humana?

Solicite aos alunos que façam uma pesquisa sobre o assunto (na biblioteca da escola ou da cidade, em livros didáticos, em *sites* etc.). Para estimular o debate, você pode questionar quais são as vantagens do bipedalismo nessa situação. No entanto, é preciso ficar atento às defesas de posição lamarckistas, como: “Com a escassez de árvores, os homens passaram a andar em pé para fugir dos predadores”.

Na aula seguinte, permita que os alunos se reúnam em grupos para registrar suas conclusões e compartilhá-las.

Durante a exposição, algumas vantagens que podem ser apresentadas pelos alunos são:

- ▶ Facilidade em transpor obstáculos; economia energética; ampliação do campo de visão com o levantamento do olhar; e liberação das mãos para diferentes usos, como segurar ferramentas e cuidar dos filhotes.

Para alguns cientistas, a redução de pelos também está associada ao bipedalismo. O importante é que os estudantes expliquem e justifiquem suas proposições.

Para finalizar esta Situação de Aprendizagem, são propostas duas questões na seção **Você Aprendeu?** do Caderno do Aluno que tratam de evolução biológica.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2: A ESPÉCIE HUMANA E SEUS ANCESTRAIS

Dando sequência à Situação de Aprendizagem 1, propõe-se agora uma discussão geral do processo evolutivo dos seres humanos, relacionando o processo biológico ao cultural e finalizando com a discussão sobre o que nos

faz humanos. Rediscutem-se, ainda, a transitoriedade da ciência, a relatividade das informações e a ideia de que é por meio das revisões e dos questionamentos que a ciência progride.



Tempo previsto: 5 aulas.

Conteúdos e temas: evolução da espécie humana: os ancestrais hominídeos, evolução biológica e cultural.

Competências e habilidades: ler e interpretar imagens relativas à evolução dos hominídeos; selecionar informações em textos sobre evolução; reconhecer a interação dos mecanismos biológicos e culturais na evolução humana; responder às perguntas de forma objetiva; comparar dados e tirar conclusões; emitir opiniões e apresentar seus respectivos argumentos.

Estratégias: atividade de organização de conhecimentos prévios por meio de interpretação de figuras e discussão em grande grupo.

Recursos: textos e figuras do Caderno do Aluno; aparelho de DVD ou computador com DVD-Rom; documentário exibido pela TV Escola *Humanos: Quem somos nós? A origem da mente humana*, série canadense de Christopher Rowley.

Avaliação: baseada na qualidade das manifestações, tanto orais quanto escritas, dos alunos sobre os temas abordados, na apresentação da pesquisa sobre o processo de evolução humana e nas respostas às questões propostas.

Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem 2

Etapa 1 – O processo evolutivo: o que nos faz humanos?

Seria interessante utilizar o texto abaixo para sintetizar o que foi discutido até o momento e apresentar o novo assunto aos alunos:

Lucy e os ancestrais humanos

Mário Eugênio Saturno

Vivemos um momento ímpar da história humana: o quebra-cabeça evolutivo da humanidade está sendo montado diante de nossos olhos, mostrando-nos nossos antepassados.

Em 30 de novembro de 1974, no sítio de Hadar, na Etiópia, foram descobertas centenas de fragmentos de ossos, aproximadamente 40% do esqueleto de um hominídeo. Na mesma noite, durante as comemorações pela grande descoberta, tocaram tanto “Lucy in the Sky with Diamonds”, dos Beatles, que acabaram por batizar o esqueleto de Lucy.

O termo hominídeo é aplicado a toda a família zoológica Hominidae, que inclui as espécies *Australopithecus* e *Homo*. Assim, não é conveniente definir certas figuras que andam e falam por nossa cidade como australopiteco. Embora estas espécies sejam diferentes de muitos modos, os hominídeos dividem um conjunto de características que os definem como grupo. A principal característica é a locomoção sobre os dois pés.



Lucy logo foi tida como ereta devido à descoberta, em 1978, na Tanzânia, de pegadas de dois hominídeos. Que descoberta! O vulcão encheu o chão de cinzas, os dois hominídeos caminharam por cima e, logo depois, o vulcão cobriu as pegadas com mais cinzas, preservando-as para nós.

A análise dos ossos de Lucy também mostrou que ela era bípede. O formato do seu fêmur apresenta vários traços disso, bem como joelhos, pélvis, tornozelos e espinha. Também concluíram que era fêmea. Foi classificada como sendo *Australopithecus afarensis*.

Agora, na África do Sul, em cavernas perto de Johannesburgo foi descoberto o *Australopithecus sterckfontain*, de 3 milhões de anos. Com traços semelhantes aos macacos, este é mais um hominídeo a ocupar lugar na árvore genealógica humana. Apesar de ainda não sabermos se é um antepassado ou um “primo”, porém é uma importante descoberta.

Toda essa história começou em 1925, em Taung, África do Sul, quando foi descoberto o crânio de uma criança australopiteca, de três milhões de anos. De lá para cá, diversas descobertas vêm montando a complexa árvore evolucionária humana.

Outro cientista, Fred Spor, acredita que além de pés apropriados (pequenos e sem cauda para ajudar), ficamos sobre os pés graças ao órgão de equilíbrio dentro da orelha interna. Fred realizou uma tomografia em um crânio australopiteco e descobriu que o órgão responsável pelo equilíbrio é semelhante ao dos macacos. Isso sugere que nossos ancestrais passavam a maior parte do dia nas árvores.

Ron Clark, em agosto de 1985, examinando uma caixa de ossos descobriu alguns ossos semelhantes a humanos. Eram ossos de um pé, tão velhos quanto Lucy. Porém, ao contrário do dedão rígido dos humanos, o pé era semelhante ao dos macacos, que o permitia agarrar-se em árvores.

Acredita-se que uma mudança do clima obrigou nossos ancestrais a descer das árvores e a andar para competir com os terríveis predadores. Mas Phillip Tobias tem descoberto nas cavernas de Sterckfontain, África do Sul, ossos que mostram que os hominídeos eram caçados por predadores. É uma descoberta que obrigará a rever nossas crenças: nossos ancestrais não eram tão fortes e organizados como imaginávamos.

Descobertas de fósseis de plantas vêm reforçar essa tese. Sugerem que a mudança de floresta para savana foi lenta e gradual, ou seja, as árvores foram se distanciando ao longo do tempo. E os hominídeos que passavam menos tempo no chão, correndo de uma árvore para outra em busca de alimento, tinham mais chances de sobreviver. E deixar descendentes... Nós!

Lentamente a longa “história” da humanidade vai sendo reconstituída, mostrando-nos quem somos e os caminhos evolutivos que a natureza tomou para nos criar. É um choque para os que acreditam que Deus criou todos os seres de uma vez; para esses cabe lembrar o que disse Thomas Henry Huxley: “Meu negócio é ensinar minhas aspirações a se conformarem aos fatos e não tentar fazer os fatos se harmonizarem com minhas aspirações”.

^(*)Mário Eugênio Saturno é tecnologista sênior da Divisão de Sistemas Espaciais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e professor do Instituto Municipal de Ensino Superior de Catanduva.

Fonte: 24 HORAS NEWS/E-você. Disponível em: <<http://www.24horasnews.com.br/evc/index.php?mat=769>>. Acesso em: 29 jul. 2009.



De acordo com as questões propostas no Caderno do Aluno, identifique com a turma os ancestrais humanos citados no texto, os *Australopithecus*, e destaque a característica marcante que os aproxima dos humanos: o bipedalismo. Pergunte se já conheciam a história de Lucy e se conhecem outros fatos e achados interessantes relacionados à evolução humana. Verifique se os alunos perceberam a relevância de achados fósseis e arqueológicos para as pesquisas científicas que objetivam as reconstituições do processo evolutivo. Espera-se que os alunos relacionem a ideia de

“quebra-cabeça” à complexidade do processo de reconstrução da evolução humana, suas lacunas, incertezas e à existência de documentação fóssil disperso e incompleto. Aproveite a oportunidade para conversar sobre revelações científicas sensacionalistas que muitas vezes aparecem na mídia, confundem a população e, depois de algum tempo, são contestadas ou aprimoradas com base em novas pesquisas, debates acadêmicos e com a sociedade.

Discuta, a seguir, o caso do *Homem de Piltdown*.

O Homem de Piltdown

Maria Augusta Querubim

O chamado Homem de Piltdown, formado por fragmentos de um crânio e de uma mandíbula recuperados nos primeiros anos do século XX em uma mina de cascalho em Piltdown, na Inglaterra, foi considerado como restos fossilizados de uma desconhecida espécie de homem primitivo que recebeu o nome de *Eoanthropus dawsoni*.

O achado permaneceu objeto de controvérsia até que, em 1953, foi declarado uma fraude consistindo da mandíbula inferior de um símio combinada com o crânio de um homem moderno, totalmente desenvolvido.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Embora o texto trate de uma fraude, que é um aspecto a ser discutido com os alunos, essa temática possibilita a retomada do assunto tratado no Caderno do Volume 3 sobre os riscos de encarar as teorias da ciência como “verdades absolutas”.

A seguir, na seção **Pesquisa Individual** do Caderno do Aluno, é solicitada uma pesquisa que relaciona a origem dos brasileiros e a formação craniana de Luzia, o primeiro fós-

sil brasileiro de que se tem conhecimento nos achados arqueológicos.

Localizado em 1975 no fundo de uma caverna em Belo Horizonte (MG), o crânio é considerado o mais antigo fóssil humano das Américas. Explique que cientistas ingleses fizeram sua reconstituição e notaram que Luzia tinha traços tipicamente negroides, muito diferentes dos índios atuais. Com base nisso, alguns pesquisadores passaram a



buscar mais evidências que confirmassem a origem africana dos primeiros americanos. Para mais informações é possível consultar os artigos: *Os primeiros americanos*, no site da revista *Ciência Hoje* (disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/3942>>), a resenha do livro *O povo de Luzia: em busca dos primeiros americanos*, de Walter Alves Neves e Luis Beethoven Pilo, publicado pela Editora Globo (disponível em: <http://www.lagoasanta.com.br/homem/livro_o_povo_de_luzia.htm>) e o artigo do Laboratório de Estudos Evolutivos Humanos da USP (disponível em: <<http://www.ib.usp.br/leeh/leeh>>).

Etapa 2 – Reconstruindo filogenias: uma árvore em transformação

Nesta etapa, o desafio para os alunos é a questão: *Como se deu o processo evolutivo da espécie humana?*

A ideia é discutir os vários modelos propostos. Antes de iniciar os estudos sobre o tema, sugere-se a seguinte atividade no Caderno do Aluno:

As figuras a seguir são imagens desordenadas de crânios dos principais hominídeos.

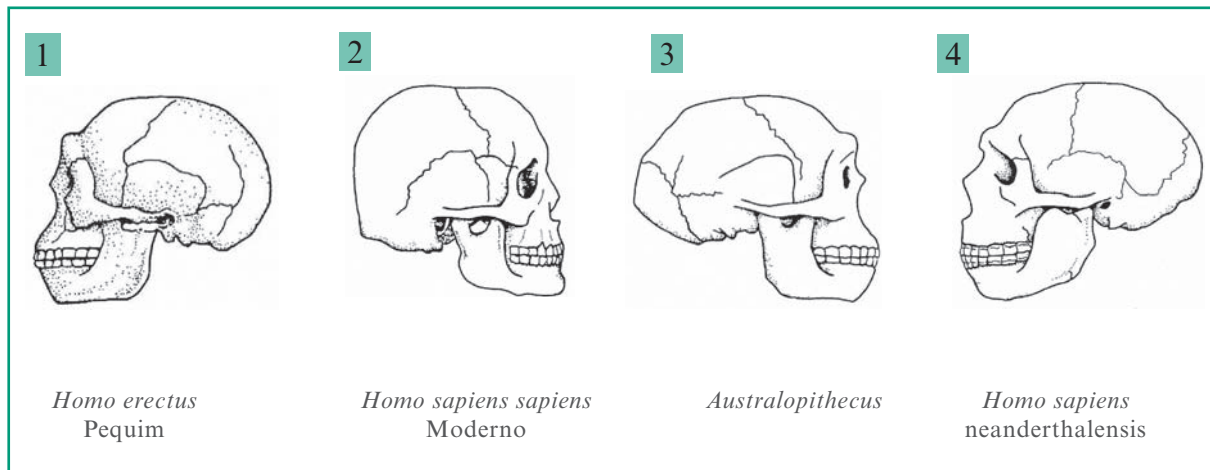


Figura 5 – Crânios de hominídeos.

Fonte: RAW, Isaias; MENNUCCI, Lélia; KRASILCHIK, Myriam. *Biologia e o homem*. São Paulo: Edusp, 2001.

- Ordene as imagens anteriores segundo uma sequência evolutiva, baseando-se apenas nas informações fornecidas até o momento.

Sequência evolutiva: 3 (*Australopithecus*), 1 (*Homo erectus* Pequim), 4 (*Homo sapiens*

neanderthalensis) e 2 (*Homo sapiens sapiens* moderno).

Uma forma de conduzir a turma à compreensão da diversidade de teorias sobre a evolução e dispersão humanas é propor uma atividade de investigação em livros didáticos,



jornais, revistas e conteúdos da internet sobre o assunto, conforme solicitado na seção **Pesquisa em Grupo** do Caderno do Aluno, que também indica um roteiro de pesquisa. Os livros, revistas e sites indicados no final do Caderno do Aluno podem ser utilizados como fontes de pesquisa. Livros didáticos da 3ª série do Ensino Médio, normalmente, trazem informações sobre o processo evolutivo dos seres humanos.

Divida a classe em grupos, disponibilize materiais diversificados sobre o tema e solicite que, fundamentados nesses materiais, procurem reconstruir a história evolutiva humana e apresentem sua versão para o restante da turma. Com esse trabalho, os alunos podem pôr em prática todas as habilidades de investigação, organização das informações, análise e conclusões desenvolvidas durante a educação básica.

Com base em numerosos achados fósseis, os cientistas tentam reconstruir a ascendência dos seres humanos. Os dados disponíveis até agora consideram nossos antepassados como pertencentes aos hominóides (superfamília *Hominoidea*), que compreendem todos os macacos e os seres humanos. Uma das subdivisões dessa superfamília é a família *Hominidae*, que engloba não só os humanos como também os gorilas, chimpanzés e orangotangos. A família *Hominidae* está dividida em duas subfamílias: a *Ponginae*, representada pelo gênero *Pongo* (orangotangos), e a *Homininae*, com os atuais gêneros *Gorilla* (gorilas), *Pan* (chimpanzés) e *Homo* (seres humanos); além de alguns gêneros já extintos, entre eles o *Australopithecus*.

São reconhecidas cinco espécies do gênero *Australopithecus*: *A. anamensis*, *A. afarensis*, *A. africanus*, *A. bonsei* e *A. robustus*. O *A. afarensis* é o mais conhecido dos australopithecíneos, pois é dessa espécie o esqueleto excepcionalmente completo conhecido como Lucy, citado no texto da página 15. Entre os representantes do gênero *Homo*, os principais são: *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis* e *Homo sapiens*. Muitos nomes de espécies são controversos; alguns especialistas classificam achados de representantes de *H. erectus* como *H. ergaster*; os paleoantropólogos referem-se aos seres humanos atuais como “modernos” e aos primeiros descendentes de *H. erectus* que se estabeleceram na Ásia e na Europa como “*Homo sapiens* arcaico”.

Para facilitar o trabalho, você pode propor aos alunos que pesquisem os principais representantes do gênero *Homo*, citados no parágrafo anterior (e outros), identificando as características de cada um e destacando as principais diferenças entre eles. Como essas informações normalmente são obtidas por meio dos achados paleoarqueológicos, a pesquisa pode contemplar a localização dos sítios, a datação e as características dos fósseis e dos achados arqueológicos. Vale lembrar que o principal objetivo é que os grupos façam uma tentativa de reconstruir a história evolutiva dos humanos. Suas conclusões podem ser apresentadas no formato de árvores filogenéticas, linhas do tempo ou, ainda, esquemas da dispersão dos grupos a partir da África.

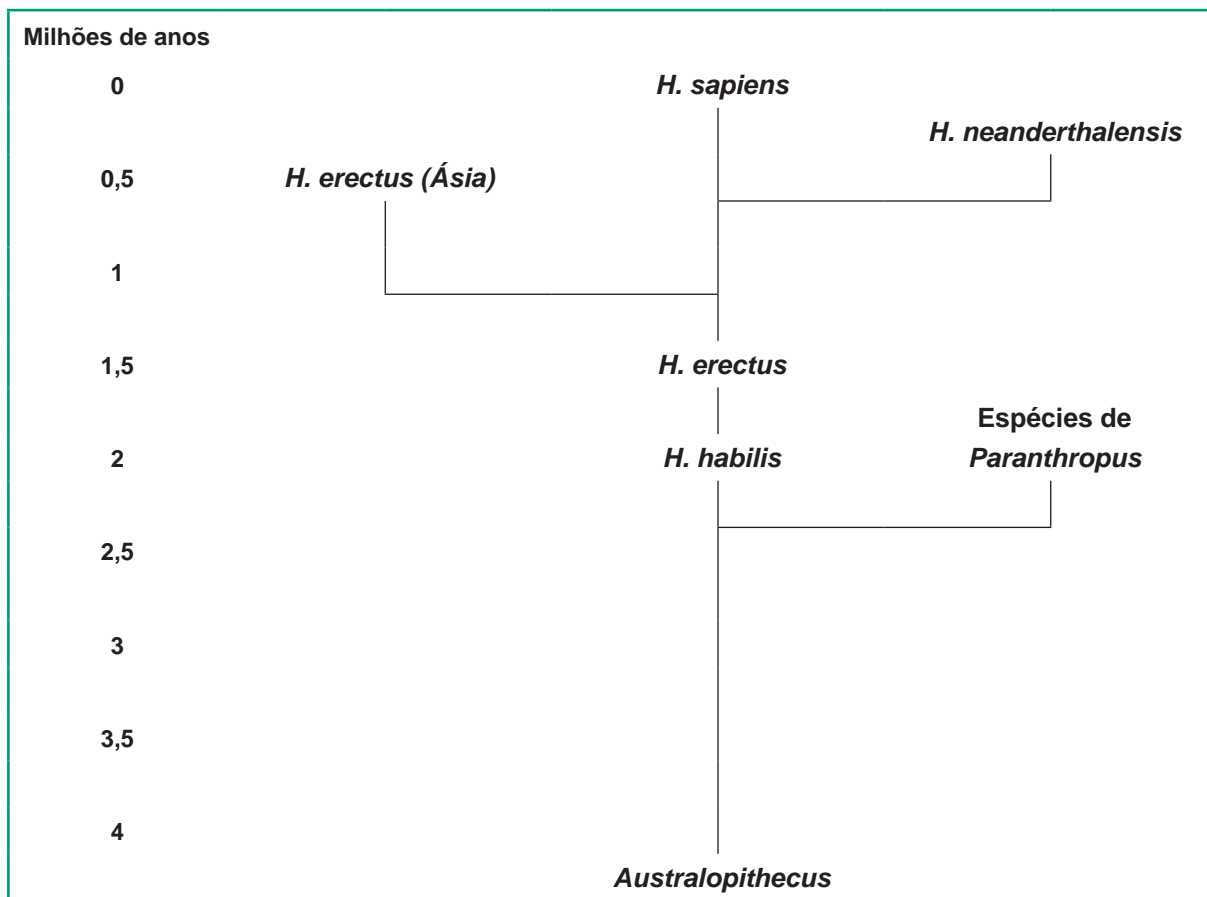


Figura 6 – Quadro simplificado das relações entre hominídeos fósseis e atuais. Muitas das relações filogenéticas apresentadas são incertas.

Explique que, durante a pesquisa, muitas polêmicas podem ser encontradas. Se houver mais de uma proposta de árvore filogenética, o grupo deverá escolher uma e justificar sua opção. Saliente a importância do uso de imagens durante a apresentação dos trabalhos.

Dependendo da realidade da sua escola e do acesso às fontes de pesquisa, a sugestão acima pode não ser aplicável. Nesse caso, é possível realizar uma atividade mais direcionada, na qual cada grupo pesquise somente

um tipo de hominídeo, ressaltando as diferenças no momento da discussão.

A seguir, é apresentado um quadro-síntese com algumas informações que podem ser encontradas pelos alunos durante a realização da pesquisa e que eles podem apresentar durante a discussão dos trabalhos. Vale destacar que, assim como a árvore filogenética apresentada na Figura 6, o quadro da Figura 7 é simplificado. Inicialmente, sempre que se descobria um novo grupo de fósseis, eles



eram classificados como nova espécie ou gênero; na realidade, alguns deles coexistiram e não existem informações suficientes que asse-

gurem o cruzamento e a descendência fértil. Como atualmente não existe um consenso, adotamos uma proposta como referência.

Fósseis	Época em que viveram*	Características
<i>Proconsul</i>	21 000 000 a 10 000 000	Ereto, é o ancestral dos chimpanzés e gorilas. Dente canino grande. Provavelmente não fazia artefatos para se defender. Vivia na África.
<i>Ramapithecus</i>	14 000 000 a 12 000 000	É provavelmente o mais antigo primata semelhante ao homem. Arco dental curvado. Provavelmente vivia em árvores.
<i>Australopithecus</i>	4 000 000 a 900 000	Volume encefálico 450 mL. Erecto. Usava o fogo.
<i>Homo erectus</i> Homem de Pequim	800 000 a 400 000	Volume encefálico 1 000 mL. Vida comunal, usava o fogo e fazia ferramentas primitivas de pedra.
<i>Homo sapiens</i> Java	300 000 a 50 000	Crânio espesso com sobrelhas salientes e testa inclinada.
<i>Homo sapiens</i> Neanderthal	200 000 a 40 000	Volume encefálico maior do que 1 500 mL. Fabricava ferramentas avançadas. Enterrava os mortos e aparentemente tinha uma religião.
<i>Homo sapiens</i> Cro-Magnon	40 000 a 10 000	Pintava cavernas e esculpia figuras; inventou a agulha de costura.

(*)Em anos atrás

Figura 7 – Quadro simplificado: hominídeos fósseis.

Fonte: RAW, Isaias; MENNUCCI, Lélia; KRASILCHIK, Myriam. *Biologia e o homem*. São Paulo: Edusp, 2001.



Os principais aspectos a serem destacados durante a discussão referem-se às variações na locomoção, no cérebro e nas mandíbulas (diminuição do prognatismo – proeminência da mandíbula), além de mudanças no sistema fonador. À medida que o cérebro se desenvolveu, as habilidades comportamentais também aumentaram. Mudanças no sistema fonador permitiram o desenvolvimento da linguagem, facilitando a transmissão de informações e permitindo a transmissão de suas descobertas. Portanto, não é possível discutir a evolução humana sem relacionar a evolução biológica à evolução cultural.

Por isso, sugerimos que, antes das apresentações dos grupos, você exiba o documentário *Humanos: Quem somos nós? A origem da mente humana*, que tem duração de 60 minutos. O filme do diretor Christopher Rowley relaciona a formação do ser humano às mudanças que ocorreram no nosso planeta, como a Era do Gelo. O programa utiliza computação gráfica para ilustrar melhor como eram nossos ancestrais e traz elementos que podem ajudar os alunos a refletirem sobre o processo evolutivo dos seres humanos.

Desde o início, a Terra assiste ao surgimento e ao desaparecimento de diferentes espécies. Os que conseguem se adaptar sobrevivem – os demais se extinguem. Mas, há 5 milhões de anos, um animal dotado de instinto e pensamento, graças ao desenvolvimento do seu cérebro, dá origem ao que chamamos hoje de seres humanos. O filme traz essas transformações. Após a apresentação, peça aos alunos que comparem

a vida do ser humano primitivo com a deles, identificando semelhanças e diferenças.

Para explicar as variações na locomoção, no cérebro, no sistema fonador e nas mandíbulas durante o processo evolutivo, propõe-se no Caderno do Aluno que os estudantes produzam um texto. Na atividade, é solicitado que eles tracem um paralelo entre a evolução biológica e a cultural relacionando como os avanços a seguir influenciaram a evolução biológica dos seres humanos:

1. Linguagem oral.
2. Caça cooperativa.
3. Controle e produção do fogo.
4. Técnica de fabricação de ferramentas.

Espera-se que, ao final do processo, os alunos percebam na história evolutiva dos homínídeos a existência de alguns seres bastante distintos dos humanos atuais e outros semelhantes, que viveram em diferentes épocas ou foram contemporâneos e se extinguiram. Ressalte que atualmente a única espécie que não se extinguiu foi o *Homo sapiens*.

Expectativas de aprendizagem

Após a realização das Situações de Aprendizagem 1 e 2, espera-se que os alunos sejam capazes de:



- ▶ Identificar as principais etapas da evolução humana.
- ▶ Compreender e interpretar a história evolutiva humana com base na análise de árvores filogenéticas.
- ▶ Reconhecer que o processo evolutivo humano resulta da interação de mecanismos biológicos e culturais.

Proposta de avaliação

1. O ser humano não tem garras para caçar e se defender como os tigres e os leões, e também não tem pelos para se proteger do frio. Em seu livro *As primeiras civilizações*, Jaime Pinsky afirma que: “De um ponto de vista puramente natural, o homem é o mais inadequado dos seres vivos. Por outro lado, o mais poderoso” (PINSKY, Jaime. *As primeiras civilizações*. 24. ed. São Paulo: Contexto, abril de 2008. p. 9. <<http://www.editoracontexto.com.br>>). Explique, utilizando exemplos, como o ser humano, aparentemente tão inadequado, pode ser tão “poderoso”?
Espera-se que os alunos mencionem a capacidade de elaborar e acumular conhecimento e as estratégias de adaptação e sobrevivência como responsáveis pelo seu “poder”.
2. A postura “em pé” (ereta) deu aos seres humanos mais liberdade de movimento com as mãos, já que não precisavam mais

usá-las na locomoção. Além disso, elevou o olhar, permitindo-lhes enxergar mais longe, auxiliando-os na percepção do ambiente. Como mãos livres e maior campo de visão contribuíram para a sobrevivência dos nossos ancestrais?

A postura ereta facilitou ao homem um aperfeiçoamento dos braços e mãos e permitiu a manufatura de instrumentos de caça. Também permitiu que olhasse sobre toda a vegetação, favorecendo a localização de predadores e presas. Além disso, é possível relacionar as habilidades manipulativas das mãos e o desenvolvimento do cérebro.

3. Qual é o papel do fogo na evolução humana?
A descoberta do fogo permitiu ao homem explorar novos ambientes. Facilitou sua sobrevivência ao frio e a produção de armas mais eficientes, além de possibilitar o cozimento dos alimentos, mais tempo livre e a vida social.
4. (Fuvest–2002) Pesquisadores descobriram na Etiópia fósseis que parecem ser do mais antigo ancestral da humanidade. Como a idade desses fósseis foi estimada entre 5,2 e 5,8 milhões de anos, pode-se dizer que esses nossos ancestrais viveram:
 - a) em época anterior ao aparecimento dos anfíbios e dos dinossauros.
 - b) na mesma época que os dinossauros e antes do aparecimento dos anfíbios.



- c) na mesma época que os dinossauros e após o aparecimento dos anfíbios.
- d) em época posterior ao desaparecimento dos dinossauros, mas antes do surgimento dos anfíbios.

e) em época posterior ao surgimento dos anfíbios e ao desaparecimento dos dinossauros.



TEMA 2 – A INTERVENÇÃO HUMANA NA EVOLUÇÃO

De que forma a cultura interfere na evolução?

O conhecimento prático de nossos ancestrais aplicado à reprodução de plantas e animais de interesse gerou profundas modificações nas variedades domesticadas e, atualmente, cultivadas e criadas pela humanidade. O milho, o trigo, o arroz, os bovinos e os caprinos exemplificam muito bem esse processo. Essas espécies são, hoje, indispensáveis à sobrevivência humana. Por outro lado, a quantidade dessas espécies seria bem mais

reduzida não fosse o manejo do ser humano. Da mesma forma, o conhecimento produzido pela humanidade aplicado à saúde e às áreas correlatas resultou em uma drástica alteração do padrão de crescimento de nossa população no último século.

Para se ter uma ideia do que está ocorrendo, nos últimos 12 meses, a humanidade produziu mais conhecimento, impresso ou registrado em diferentes mídias, do que ao longo de toda a nossa história. Aonde vamos chegar?

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3: A INTERVENÇÃO HUMANA NA EVOLUÇÃO, AS TRANSFORMAÇÕES NOS AMBIENTES E O FUTURO DA ESPÉCIE HUMANA

Esta Situação de Aprendizagem tem como objetivo identificar benefícios e prejuízos resultantes da transformação do ambiente e da adaptação das espécies animais e das plantas aos interesses da espécie humana, processos que vêm acontecendo durante os milhares de anos da história da humanidade.

As atividades propostas podem ser usadas para ajudar os estudantes a compreender a

evolução como um processo contínuo em ação no mundo atual e que continuará a afetar os seres vivos. Por meio de pesquisa orientada, espera-se que os alunos percebam como os seres humanos interferem na evolução de outras espécies, como essa evolução afeta o seu mundo e como o entendimento da evolução pode nos ajudar a compreender os problemas relacionados à medicina, à agricultura e ao ambiente.



Tempo previsto: 8 aulas.

Conteúdos e temas: processos de seleção animal e vegetal; impactos da transformação do ambiente e da adaptação das espécies animais e das plantas aos interesses da espécie humana; impactos da medicina, agricultura e farmacologia no aumento da expectativa de vida; o futuro da espécie humana.

Competências e habilidades: ler e interpretar figuras relacionadas à seleção artificial; analisar situações e estabelecer relações que envolvam a interferência humana nos processos de seleção; ouvir a exposição dos colegas, fazendo anotações, e esperar sua vez de falar; buscar informações em diferentes fontes de pesquisa.

Estratégias: estudo de imagens e texto; discussão e pesquisa orientada.

Recursos: textos e figuras do Caderno do Aluno.

Avaliação: baseada na qualidade das manifestações, tanto orais quanto escritas, dos alunos sobre os temas abordados.

Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem 3

Como sensibilização, proponha aos alunos as seguintes questões:

Etapa 1 – Sensibilização: a história da humanidade e os processos de seleção animal e vegetal

1. Você já conhecia espigas de milho tão diferentes como as da foto a seguir? Se você tivesse que escolher entre as espigas de milho da foto, qual delas escolheria? Por quê?



© Gail Mooney/Kelly-Mooney Photography/Corbis-Latinstock

Figura 7 – Variedades de milho.



2. Você vai ganhar um cachorro. Qual deles escolheria? Por quê?



© Alexandre Cumanho

Figura 8 – Diferentes raças de cães.

Espera-se que os alunos relacionem características dos animais e das plantas às suas necessidades pessoais.

O Caderno do Aluno aborda outras questões, que você pode ampliar com as seguintes:

- ▶ *Com base nos mecanismos de reprodução, como você explica a variedade de espigas de milho e de cães?*

Para responder a essa questão, espera-se que os alunos recorram aos conceitos de mutação e recombinação, trabalhados em Cadernos anteriores, como explicação para as variedades existentes, ou seja, o processo de reprodução, principalmente sexuada, pode gerar indivíduos com novas características. Se achar conveniente, sugerimos que, nesse momento, promova uma conversa retomando com os alu-

nos os processos de reprodução e identificando como atuam os mecanismos responsáveis pela variabilidade dos seres vivos.

- ▶ *Todas essas variedades de milho sempre existiram? E de cães?*

Espera-se que os alunos considerem que as variedades de milho e de cães do passado, em especial aquelas utilizadas pelos primeiros agricultores e domesticadores de animais, eram muito diferentes das atuais.

- ▶ *A ação humana sobre essas espécies, ao longo das gerações, interferiu nessa variação? Como?*

Espera-se que os alunos cite algumas situações de interferência como a seleção de plantas e animais de interesse para os seres humanos.



De acordo com o texto que abre a Situação de Aprendizagem 3 do Caderno do Aluno, inicie uma conversa com a turma retomando a fase nômade dos seres humanos e ressaltando que o desenvolvimento da agricultura, da pecuária e da domesticação de plantas e animais foram fatores que favoreceram o sedentarismo e o desenvolvimento das aldeias e, posteriormente, das cidades. Destaque a alimentação como uma das maiores preocupações da espécie humana. Os primeiros grupos humanos eram nômades, isto é, mudavam de local com muita frequência em busca de alimento. Apenas há, aproximadamente, 10 mil anos se iniciou o desenvolvimento da agricultura, da pecuária e domesticação de animais. Provavelmente, a partir da observação da reprodução natural de plantas e animais, nossos ancestrais descobriram como cultivar plantas e como criar animais.

Os descendentes do processo reprodutivo podem apresentar características muito distintas, e nossos ancestrais não se limitaram a cultivar plantas e criar animais, mas aprenderam também a selecioná-los segundo suas características favoráveis, direcionando sua reprodução, ou seja, fazendo uma seleção artificial. Essa chamada “melhoria” genética elimina características indesejadas e mantém as que são úteis e desejáveis.

Os processos de criação e cultivo também favoreceram a hibridização, isto é, a mistura de variedades diferentes. O milho que consumimos hoje é derivado de um processo de hibridização: ele é macio e possui sementes grandes, ao contrário do milho utilizado pelos primeiros agricultores, que produzia espigas

pequenas e duras. O Caderno do Aluno apresenta um texto sobre a domesticação do milho para os alunos analisarem. No caso do trigo, outro exemplo de domesticação, a *Triticum monococcum* (espécie primitiva que originou as outras) deu origem, por hibridização com outro tipo de gramínea (*Aegilops searsii*), à espécie *Triticum turgidum*, precursora da espécie do trigo duro (*Triticum durum*). Este foi selecionado e até hoje é cultivado pelos seres humanos por causa das suas características de dureza do grão e alto teor de glúten. Outra espécie selecionada e cultivada graças ao seu alto teor de amido é a *Triticum aestivum*, que se originou de cruzamentos entre *Triticum turgidum* e *Triticum tauschii*.

Esses processos de hibridização e “melhoria” por seleção foram amplamente difundidos e quase todos os alimentos que fazem parte da nossa dieta atual passaram por processos semelhantes. Após essa conversa, solicite aos alunos que listem outros exemplos identificando melhorias em galináceos, gado, arroz, feijão etc. Conclua identificando as linhagens de plantas e animais “puros” derivados dos cruzamentos selecionados. Peça aos alunos que apontem as vantagens e desvantagens das linhagens “puras”. Proponha que reflitam: *Quais são as prováveis consequências desses processos de “melhoria”?* Dê dois minutos para que pensem no assunto e inicie a discussão.

Ajude-os a relacionar a seleção de características à seleção de genes que resultam em indivíduos geneticamente muito parecidos. Espera-se que os alunos identifiquem a criação de raças artificiais de muitos animais domésticos –



cães, bois, porcos, galináceos etc. Esses animais, embora excelentes para determinados fins, são extremamente dependentes dos seres humanos; se abandonados à própria sorte, acabam por se extinguir. Se achar conveniente, discuta com os alunos casos mais recentes de seleção de animais, como o das aves natalinas, frangos resultantes de cruzamentos entre fêmeas e machos

selecionados que apresentam grande concentração (mais ou menos 70%) de carne no peito e nas coxas. Essas aves, apesar de representarem uma grande vantagem na mesa, podem apresentar problemas de locomoção, tornando-se totalmente dependentes dos seres humanos para se alimentar. O texto e as questões a seguir podem ser utilizados para essa discussão.

Você já viu uma dessas grandes aves que se come no Natal?

© James W. Porter/Corbis-Latinstock



Figura 9 – Ave obtida com melhoramento genético.

Maria Augusta Querubim

É provável que você já tenha comido uma dessas grandes aves, semelhantes a um frango avantajado, geralmente servidas nas festas de final de ano. Mas você já viu uma delas viva? Sim, elas existem. Com peito e coxa rechonchudos, essas aves fazem o maior sucesso nas ceias natalinas. A ave atinge a idade de abate com aproximadamente 4 quilogramas. São produzidas a partir do processo de cruzamentos e melhoramento genético.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

1. Com base no que foi discutido até o momento, explique o processo de melhoramento genético.

O processo de melhoramento baseia-se na seleção dos animais que apresentam as melhores características; os selecionados são cruzados entre si e transmitem essas características para seus descendentes.

2. Identifique que problemas o excesso de carne nas pernas e no peito pode trazer às aves.

As aves apresentam problemas de locomoção, tornando-se totalmente dependentes dos seres humanos para se alimentar.

3. Qual é sua opinião sobre a utilização das técnicas de melhoramento em plantas e animais?

Resposta pessoal. Espera-se que os alunos identifiquem aspectos negativos do melhoramento, por exemplo, aqueles que tornam os animais dependentes dos seres humanos, as-



sim como a perda da biodiversidade. Como aspectos positivos, podem ser indicados o aumento na produção de alimentos e a melhoria da sua qualidade.

Etapa 2 – Evolução e resistência a antibióticos

Para iniciar a discussão do tema, sugerimos a apresentação do texto a seguir. Ele pode ser lido coletivamente e os dados mais significativos anotados na lousa; a leitura também pode ser feita pelos alunos, individualmente ou em grupos.

Tuberculose multirresistente a remédios cresce no mundo, diz OMS

Lucilene Aparecida Esperante Limp

Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) revelam que a tuberculose multirresistente cresce no mundo. Levantamento estima que mais de 500 mil pessoas são infectadas por ano pelo bacilo XDR (sigla para *Extensive Drug Resistant*), responsável por uma forma muito grave dessa doença infecciosa pulmonar e que resiste a quase todos os medicamentos considerados eficazes. Geralmente, os pacientes que apresentam este tipo de tuberculose já haviam feito o tratamento medicamentoso para a doença, mas abandonaram a medicação antes do prazo recomendado. Há, inclusive, uma forma de tuberculose para a qual não se conhece tratamento.

Especialmente elaborado para o *São Paulo faz escola*.

Leia e interprete o texto com os alunos. A seguir, disponibilize materiais diversos (livros didáticos e paradidáticos, acesso à internet) para que eles pesquisem o assunto e respondam às seguintes questões:

1. Qual é o agente causador da tuberculose?
2. Qual é o tratamento?
3. Como a doença é transmitida?
4. Por que devemos nos preocupar com o aumento da resistência da tuberculose aos medicamentos?

5. Retome os conceitos de seleção natural trabalhados no Volume 3 e procure explicar quais são as causas prováveis do aumento da resistência da tuberculose a medicamentos.

Inicie a aula seguinte com a correção das questões: A tuberculose é uma doença infecciosa causada pela bactéria *Mycobacterium tuberculosis* e, conseqüentemente, combatida com antibióticos. A tuberculose se dissemina por meio de gotículas de saliva presentes no ar, que são expelidas quando pessoas doentes tosse, espirram ou falam. Espera-se que os alunos identifiquem a resistência aos me-



dicamentos como fator de risco para o aumento da prevalência da tuberculose, doença que pode levar ao óbito. Espera-se, também, que os alunos relacionem a teoria da seleção natural ao crescimento da resistência aos antibióticos. Com frequência, os médicos prescrevem antibióticos para seus pacientes, mas o uso inadequado pode selecionar bactérias resistentes. As que prevalecem, se reproduzem e transmitem essa característica para as descendentes, sobre as quais aquele antibiótico não terá mais efeito.

Após essa discussão inicial, solicite aos alunos que se reúnam em grupos e preparem um roteiro para a realização de entrevistas sobre o uso de antibióticos por membros de sua família e da comunidade. Cada componente do grupo deve realizar entrevistas com pessoas diferentes. No Caderno do Aluno, estão listadas algumas perguntas que podem compor o roteiro da entrevista.

Solicite aos grupos que, com base nos resultados das entrevistas, redijam um relatório em resposta às seguintes questões:

1. O uso de antibióticos é realizado corretamente pelos entrevistados?
2. Na sua opinião, as pessoas da sua comunidade estão expondo sua saúde a riscos pelo uso indevido de antibióticos?
3. De que forma as pessoas podem contribuir para minimizar os problemas relacionados ao uso indevido de remédios?

Na aula seguinte, promova um debate com base nos resultados dos grupos. Peça que os alunos reflitam sobre os comportamentos dos seres humanos que podem interferir na evolução de microrganismos.

Etapa 3 – A evolução está presente em nosso cotidiano

Quando os estudantes são questionados sobre evolução, provavelmente pensam primeiro em fatos da pré-história ou em acontecimentos remotos, muito distantes no tempo. Mas, na realidade, os fatores evolutivos atuam constantemente promovendo variações nas frequências gênicas, como constatado nas etapas 1 e 2. Questione os alunos:

- *Os seres humanos interferem no processo evolutivo de sua própria espécie?*

Permita que reflitam por alguns minutos e depois inicie a discussão.

Retome a Situação de Aprendizagem 1. Converse com os alunos sobre a capacidade do ser humano de ocupar diferentes *habitats* do planeta. Identifique a Revolução Industrial como um marco que acentuou o impacto da cultura humana sobre o planeta. Destaque o desenvolvimento da medicina e da farmacologia como fatores que contribuíram para o aumento da longevidade humana. Proponha então as seguintes questões:

1. Como a medicina e a farmacologia contribuem para aumentar a longevidade humana?



Espera-se que os alunos identifiquem os avanços da medicina e da farmacologia como fatores que minimizam a atuação da seleção natural e permitem o tratamento de doenças que antes causavam a morte dos indivíduos.

2. Que outros fatores contribuíram para o aumento da longevidade humana?

Outros fatores, como saneamento básico e alimentação, também atuam no aumento da longevidade, pois interferem diretamente na qualidade de vida da população.

Em seguida, apresente o próximo texto aos alunos.

Hemofilia

Lucilene Aparecida Esperante Limp e Maria Augusta Querubim

A hemofilia é uma doença hereditária, recessiva e ligada ao cromossomo X. Os hemofílicos apresentam problemas relacionados à coagulação sanguínea. A hemofilia clássica, do tipo “A”, ocorre por causa de uma deficiência no fator de coagulação VIII. Rara entre os homens, é ainda mais rara entre as mulheres, em virtude da necessidade da presença do alelo para hemofilia em duplicidade. Mulheres que apresentam apenas um alelo alterado são portadoras. Como os homens só possuem um cromossomo X, não existem homens portadores.

Inicialmente, a hemofilia era tratada com transfusões sanguíneas completas; hoje o tratamento consiste basicamente na reposição dos fatores deficitários – no caso do tipo “A”, o fator VIII – obtidos normalmente do plasma humano.

Fenilcetonúria

A fenilcetonúria também é uma doença genética, recessiva, causada pela deficiência na produção de uma enzima que promove a transformação do aminoácido fenilalanina em tirosina. Portanto, quando o indivíduo doente come alimentos proteicos que contêm fenilalanina, esta não é metabolizada e se acumula no organismo. O excesso de fenilalanina ocasiona alterações neurológicas e atrasos severos no desenvolvimento da criança, o que pode provocar deficiência mental irreversível. Essas alterações ocorrem logo nos primeiros meses de vida.

O tratamento da fenilcetonúria envolve a eliminação de alimentos com fenilalanina. Você já deve ter visto na embalagem de alguns alimentos este aviso: “contém fenilalanina”, que é um alerta para os fenilcetonúricos. O tratamento precoce previne a doença, que pode ser detectada com o exame popularmente conhecido como “teste do pezinho”, realizado ainda na maternidade.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.



1. Como os testes e os tratamentos interferem na frequência dos genes nas futuras gerações em cada um dos processos?

No caso das doenças genéticas, medicamentos ou tratamentos especiais minimizam os efeitos de genes que são naturalmente deletérios. Mas os genes que causam essas doenças continuam a ser transmitidos para os descendentes, mantendo-se na população, isto é, não são eliminados com seus portadores.

2. Quais consequências esse fato poderá trazer para a humanidade a longo prazo?

Espera-se que os alunos identifiquem os avanços da medicina como fatores evolutivos, uma vez que interferem na variação da

frequência gênica e contribuem a longo prazo com a evolução dessa população.

Após essa discussão, espera-se que os alunos possam concluir que a evolução está acontecendo continuamente ao nosso redor: nas cidades, nos jardins, nas matas, nas lagoas, nos rios e nos córregos, nas fazendas e em hospitais; e para os organismos muito pequenos, como vírus, bactérias e insetos, a evolução pode acontecer em uma escala de tempo muito curta. Um bom exemplo é o surgimento de novas variedades de vírus causadores de doenças como a gripe e a aids. Se achar conveniente, apresente o texto a seguir aos alunos.

Influenza A (H1N1)

Lucilene Aparecida Esperante Limp

Em abril de 2009, confirma-se um novo surto de gripe em humanos, oficialmente chamada de gripe A (H1N1), mas divulgada inicialmente como gripe suína. Soube-se, então, que uma nova forma de vírus de gripe circulava no mundo.

O vírus espalhou-se tão rapidamente que, em junho de 2009, a Organização Mundial de Saúde (OMS) anunciou a nova pandemia e, devido à confirmação da forma de transmissão sustentada do vírus nos cinco continentes (em mais de 75 países), declarou nível de alerta pandêmico máximo (nível 6). A gripe A é uma doença respiratória aguda, causada pelo vírus *influenza A (H1N1)*. Esse novo subtipo do vírus *influenza* é transmitido de pessoa a pessoa principalmente por meio da tosse ou do espirro e de contato com secreções respiratórias de pessoas infectadas. Assim como a gripe sazonal, os sintomas costumam passar em uma semana, e o óbito geralmente decorre de complicações respiratórias e cardíacas.

O vírus H1N1 contém oito pedaços de RNA dentro de uma cápsula e se originou de uma mistura de vários outros vírus, que já circulam entre humanos. Mais que o seu potencial de letalidade, muito próximo ao da gripe comum, o perigo está no fato de que este vírus está circulando recentemente entre humanos. Logo, nosso sistema imunológico não desenvolveu resistência específica para este vírus e não podemos prever o rumo que a pandemia vai tomar.

A nova gripe é apenas um indicador do acelerado processo de recombinação e criação de novos agentes patogênicos dos últimos anos. Em todos os casos de epidemias e surgimento de novas patolo-



gias das últimas décadas, tais como ebola, dengue, HIV, há por trás a forma como os seres humanos vêm se relacionando com o ambiente. O aumento do desmatamento, da concentração de pessoas nos centros urbanos, da criação de animais em escala industrial, do avanço das monoculturas, da carência e uso inadequado de recursos médicos são alguns dos fatores que vêm destruindo os *habitats* naturais e sua biodiversidade, diminuindo os competidores e inimigos naturais dos microrganismos patogênicos e propiciando condições ideais para sua criação, desenvolvimento e espalhamento. Caso esse panorama persista, o mundo deve estar preparado para novas pandemias.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

1. Por que não fomos capazes de conter a pandemia do vírus *influenza A (H1N1)*?

São respostas possíveis: a facilidade de transmissão do vírus, as aglomerações urbanas, o trânsito mundial de pessoas e mercadorias e a fragilidade de sistemas de vigilância sanitária.

2. Quando a gripe A atingiu a fase máxima da escala de alerta (nível 6), a Organização Mundial de Saúde (OMS) recomendou que o uso dos antivirais específicos fosse prescrito para pessoas gravemente doentes ou sob riscos de outras complicações de saúde. Você concorda com essa orientação? Explique.

Espera-se que concordem, pois a distribuição indiscriminada da droga não é garantia de conter todos os vírus. Pode ainda favorecer o espalhamento dos vírus resistentes ao medicamento, impossibilitando tratamentos futuros com a mesma droga.

3. Qual é o perigo do aparecimento de novos patógenos da espécie humana?

Como são novos ninguém pode dizer com exatidão o que ele fará nem prever o rumo da pandemia.

A evolução é uma característica importante em nossa vida. Precisamos compreender como ela atua, se quisermos ajudar na tomada de decisões para proteger o ambiente e assegurar um futuro saudável e com alimentos em abundância.

Etapa 4 – O futuro da humanidade

Se achar adequado, sugerimos a utilização do texto a seguir para discutir com os alunos o futuro da espécie humana. De acordo com as condições da escola e da turma, selecione a melhor forma de trabalhar as informações contidas nele. Pode ser feita uma leitura por você, com anotação, na lousa, dos fatos mais significativos, leitura pelos alunos reunidos em grupos ou leitura individual.



Ciência, sociedade e o futuro da espécie

Crodowaldo Pavan*

De uma das anotações em computador do amigo Julio Viegas quando tinha 10 anos, hoje ele tem 16 anos, encontrei a seguinte frase: “O Universo é muito grande, a Terra, o céu, as estrelas. E eu não tenho ideia do que nós estamos fazendo aqui”. Essa é sem dúvida uma importante reflexão, que tem preocupado uma boa parcela da humanidade e possibilitado interessantes respostas até dos grandes pensadores.

Sendo o *Homo sapiens* um ser vivo excepcional com algumas características próprias muito especiais não encontradas em qualquer outro ser vivo de nosso planeta, as conclusões são as mais variadas e interessantes.

No passado, pelo pouco conhecimento da realidade do Universo, o Homem chegou mesmo a ser colocado em seu centro como o paradigma da Criação, conceito até hoje ainda aceito por alguns.

Infelizmente um papel muito importante dos humanos no planeta, embora conhecido cientificamente, é ignorado nessas e em outras reflexões ou muito pouco discutido fora delas: nós indivíduos somos simples componentes de um complexo maior denominado *Homo sapiens*, a nossa espécie. Nossa principal função como humanos é cooperar com a perpetuação da espécie. A estrutura natural do sistema, que é válida para todas as espécies de organismos eucariotos (indivíduos formados por célula ou células cujo componente genético se concentra num núcleo celular), é a da espécie ser perpétua enquanto os indivíduos, seus componentes temporários, serem mortais.

Espécies podem desaparecer por acidentes planetários, ou erros de percurso de seus sistemas genéticos, ou por faltas ou falhas no meio ambiente em que se desenvolvem. Espécies vêm aparecendo e desaparecem na natureza desde a origem da vida, mas sempre dentro do princípio: a espécie é potencialmente perpétua, seus componentes, os indivíduos, são temporários e, portanto, mortais.

Embora temporários e mortais, os indivíduos, no entanto, têm também em sua composição biológica, como base do sistema, algumas células que são parte ativa do sistema dos perpétuos⁽¹⁾ – as células germinativas que deram origem aos humanos que existiram, e os que existem, como as que vão dar origem a novos seres humanos no futuro.

É óbvio que, com o que está dito acima, não estamos eliminando a possibilidade de Julio Viegas e outros de continuar fazendo a importante análise transcendental de nosso papel no mundo. O que apenas sugerimos é que, ao fazê-lo, coloquem o gênero *Homo* na posição real que ocupa no sistema universal, que como parte de sistemas perpétuos que vêm sobrevivendo há 3,5 bilhões de anos (tempo da origem da vida), e que nos últimos milhões de anos vêm se destacando como algumas espécies com características especiais que as distinguem de todos os outros seres vivos. É preciso salientar que, embora hoje ainda continue sendo apenas parte de um sistema perpétuo, uma espécie formada há cerca de 300 mil anos denominada *Homo sapiens* se separou de outras. Esta é nossa espécie aqui discutida e devemos evidenciar que pelo menos quatro outras espécies de *Homo* se formaram e foram extintas no passado.

O que queremos mostrar com as colocações resumidas acima, é que se os humanos entenderem seu papel biológico na natureza, tratarão com mais responsabilidade os gravíssimos problemas hoje enfrentados pela espécie, que sem dúvida irão afetar, e muito, o bem-estar das futuras gerações.



Citaremos dois aspectos do problema: 1) a forma irracional como o homem vem tratando um grande número de problemas relacionados com o meio ambiente. Infelizmente, uma enorme parcela dos humanos não consegue perceber que a espécie *Homo sapiens*, como um todo, assim como cada um dos indivíduos que a ela pertencem são “parasitas” do meio ambiente. Recebem de graça da natureza as condições básicas de sua sobrevivência utilizando-as como são, ou alterando-as, para poder melhor utilizá-las. E nessas utilizações e alterações, muitas delas mal planejadas, estão causando modificações irreversíveis e situações negativas que sem dúvida irão afetar o bem-estar e a sobrevivência das futuras gerações; 2) a vergonhosa e injusta desigualdade social hoje existente nas populações humanas como um todo e mesmo no interior das nações. Por não receberem condições básicas de alimentação, saúde e educação na infância e juventude, cerca de metade da população humana não consegue atingir o nível do “homem normal”, aqueles que em adição às suas funções físicas e fisiológicas, são possibilitados de desenvolver e também utilizar suas potenciais capacidades intelectuais de forma “normal”.

Pela sua capacidade de adaptação a diferentes *habitats* no planeta, adaptando o *habitat* a seus genes, ao contrário do que fazem as demais espécies que, para usar novos *habitats*, precisam de mudanças em seus genes, o *Homo sapiens* explora hoje os mais variados *habitats*, envolvendo praticamente toda a superfície do planeta. Com isso, tornou-se também uma espécie muito vulnerável aos parasitas, principalmente às infecções de microrganismos. O que vem acontecendo com o vírus da aids, além de uma advertência, é uma demonstração clara dos perigos a que a espécie está sujeita, como discutiremos adiante.

A população humana atingiu seu primeiro bilhão de pessoas ao redor de 1850, ou seja, levou 3,5 bilhões de anos se considerarmos sua origem a mesma de todos os outros seres vivos, ou de 300 mil ou 500 mil anos ao se isolar como espécie *Homo sapiens*. O crescimento de um bilhão de pessoas hoje vem ocorrendo a cada 10 ou 12 anos, o que significa que dentro de 30 ou 50 anos devemos estabelecer obrigatoriamente uma estabilidade demográfica no globo terrestre.

O número a ser estabelecido para essa estabilidade demográfica deve variar provavelmente entre 8 a 12 bilhões de pessoas, pois sem dúvida vai depender do modo como a humanidade vai usar e/ou alterar o meio ambiente nos próximos anos. Se continuarmos com o atual índice de poluições, alterações e destruições do meio ambiente poderemos não chegar aos 8 bilhões. Se houver uma racionalização em seu uso e exploração, podemos atingir um patamar de 12 bilhões ou até mais. Enfim, bilhões e bilhões de felizardos que poderão vir a compor a população humana no futuro estão na dependência do juízo e bom senso das atuais e próximas gerações com relação ao meio ambiente.

A espécie humana, diferente de todas as outras espécies de seres vivos, é regida por uma herança biológica (genes) também presente em todas as espécies de seres vivos e por uma herança cultural, que lhe é única e que, infelizmente, como vimos, não é fornecida de forma apropriada pela sociedade humana para mais da metade de sua população global.

A herança cultural é sem dúvida a principal responsável pela privilegiada posição da espécie humana na superfície da Terra. É a causa principal das nossas grandes aquisições culturais, científicas e tecnológicas. Como o nome indica, é o sistema que recebemos em nossa concepção apenas como potencial, e que deve ser construído em cada um de nós por sistemas educacionais, inicialmente em casa pelos genitores e, posteriormente, por sucessíveis níveis de aprendizados em escolas.



Para adquirir a parte básica da herança cultural, o indivíduo precisa ir além do saber ler e escrever, que são apenas instrumentos do processo de aprendizado. Dados fornecidos pela ONU mostram que, infelizmente, por falta de alimentação suficiente, tratamento de saúde e educação básica durante a infância e a juventude, mais da metade da população humana (mais de 3 bilhões de pessoas) [dado de 2002] não atingem o nível mínimo do humano normal, ou seja, o de pessoas que podem usar além de suas condições físicas e fisiológicas normais também uma capacidade intelectual básica adquirida.

Enfim, alertamos que são sub-humanos, embora pertençam à nossa espécie. É inconcebível, mas muito pouco tem sido feito, por nós todos e, principalmente, pelos povos dos países desenvolvidos, se não para solucionar o problema, pelo menos para minorá-lo, pois são nossos irmãos e não nossos inimigos.

Essa irresponsabilidade dos setores das sociedades humanas responsáveis pelo desenvolvimento e progresso da humanidade ao não proporcionarem as condições básicas de sobrevivência para grande parte de seus semelhantes do mesmo país e/ou de países e raças diferentes, é evolutivamente um absurdo e pode ter consequências muito graves para o futuro da espécie. Tomemos como exemplo a atual situação da epidemia causada pela aids e desenvolvida nas últimas décadas, que embora exista praticamente em todas as partes do mundo, tem situação extremamente grave na África subsaariana. Dos 36 milhões de pessoas atacadas pela aids no ano 2000, cerca de 25 milhões viviam nessa área da África. Infelizmente pelas condições como essa terrível epidemia vem sendo aí tratada, essa situação pode ser classificada como um perfeito laboratório de aperfeiçoamento do vírus contra o homem.

A situação é extremamente grave para as populações africanas subsaarianas e infelizmente não deixa de ser igualmente grave para com o resto da população da Terra.

Ocorre que o vírus da aids tem grande capacidade de sofrer mutações genéticas e, portanto, de se adaptar a novas situações, além de ser também um transposon, ou seja, pode tomar parte dos genes de seu hospedeiro ou de outros microrganismos que infectam os hospedeiros aidéticos e levar com ele para o próximo infectado.

Os vírus não respeitam fronteiras, não precisam de documentos especiais para passar de um país para outro e são muito frequentemente beneficiados pela normal intercomunicação de pessoas entre países. Podem com todas essas qualidades adquirir novas formas de se transmitir de uma pessoa para outra, o que poderia ser uma ainda maior desgraça para toda a população humana. Correr esses riscos é muita irresponsabilidade.

Essas são reflexões que consideramos de fundamental importância para o futuro da espécie. Ainda há tempo para o despertar de uma consciência universal voltada para a solução dos problemas ambientais, comprometida também em minimizar as desigualdades entre os povos, acenando assim com a esperança de um melhor futuro para a humanidade

⁽¹⁾ Por perpétuo entendemos: na sua constituição biológica, a morte não está programada, situação que ocorre em nós, indivíduos. As espécies podem se extinguir não só por condições intrínsecas, mas principalmente por condições ambientais, embora permaneçam essas duas condições ativas em todos os casos.

*Crodowaldo Pavan (1920-2009) foi professor emérito da USP e presidente da Associação Brasileira de Divulgação Científica (Abradic). Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/nucleos/njr/espinal/placa10.htm>> Acesso em: 7 abr. 2009.



Após a leitura, discuta com os alunos algumas questões para a interpretação do texto:

1. Qual é a questão central do texto?

A questão central é: o que estamos fazendo aqui? Qual é nosso papel no mundo?

2. Qual a visão do autor sobre a questão proposta?

O autor considera que, embora os seres humanos sejam indivíduos muito simples, nós formamos um complexo muito maior denominado Homo sapiens, e a principal função como humanos é cooperar para perpetuar nossa espécie.

3. Discuta a afirmação do autor: “A espécie é potencialmente perpétua e os indivíduos são mortais”.

Espera-se que os alunos compreendam que o conceito de espécie está relacionado a um conjunto de indivíduos que apresentam determinadas características e, mesmo que os indivíduos que compõem determinada espécie não existam mais, as características são transmitidas para seus descendentes. Todas as espécies tiveram uma origem comum e, embora a espécie entre em extinção, as características permanecem em outras espécies.

4. O que torna os humanos diferentes das outras espécies?

Podemos citar diferenças biológicas relacionadas ao bipedalismo, ao cérebro desenvolvido e à habilidade manual. Entretanto, a grande diferença entre os seres humanos e as outras espécies está na capacidade de acu-

mular e transmitir conhecimento, ou seja, na sua herança cultural.

5. Quais são, segundo o texto, os dois principais aspectos relacionados aos problemas enfrentados hoje pela espécie humana que, se não encarados de forma diferente, trarão graves consequências no futuro?

Os problemas ambientais e a desigualdade social.

6. Por que, segundo o autor, a situação da epidemia da aids na África é um problema grave para toda a população da Terra?

A alta capacidade mutagênica do vírus favorece o surgimento de novas variedades que podem se espalhar e causar muitos danos à humanidade.

7. Qual é a saída para a espécie humana? Você concorda com o autor do texto? Explique.

O autor propõe que os seres humanos se identifiquem como parte da natureza, parte do sistema, e que todos tenham condições adequadas de sobrevivência. A segunda resposta é pessoal.

A partir das ideias apresentadas pelo texto, espera-se que os alunos identifiquem os seres humanos como parte dos ambientes, neles atuando como poderoso agente de transformação. O texto também abre oportunidade para refletir sobre como os seres humanos vêm interferindo na evolução da própria espécie, assim como na dos demais seres vivos.



Expectativas de aprendizagem

Após a realização da Situação de Aprendizagem 3, espera-se que os alunos sejam capazes de:

- ▶ Reconhecer a seleção feita pelo ser humano como um mecanismo de alteração das características das espécies sob intervenção.
- ▶ Avaliar o impacto da medicina, agricultura e farmacologia no aumento da expectativa de vida da população humana, na sobrevivência de genótipos com funções biológicas alteradas e no processo evolutivo da espécie.
- ▶ Desenvolver uma visão crítica sobre a relação homem-meio, reconhecendo-se como parte integrante de um processo no qual ele modifica e é modificado pelo ambiente onde vive.

Proposta de avaliação

1. (Fuvest–1996) Entre os cães domésticos encontramos uma grande diversidade morfológica (por exemplo: *fox*, *são bernardo*, *dobermann*, *poodle* e muitos outros). Já entre os cães selvagens (cachorro-do-mato, lobo-guará), a diversidade é muito menor.
 - a) Como se explica, em termos evolutivos, essa diferença?
Os cães domésticos passam por uma seleção artificial por meio de cruzamentos rea-

lizados pelos seres humanos, enquanto os cães selvagens são naturalmente selecionados pelo meio.

- b) Que nível taxonômico atribuímos à grande diversidade encontrada dentro de cada grupo de animais domésticos? Por quê?

Raças ou subespécies, porque podem produzir descendência fértil.

- c) Por que os cães vira-latas são, em média, mais resistentes a doenças que os cães com *pedigree*?

Os vira-latas apresentam maior variabilidade genética porque resultam de cruzamentos ao acaso. Uma composição genética mais variável confere uma versatilidade maior para enfrentar mudanças do ambiente, entre elas, as doenças.

2. (Fuvest–1997) É comum ouvirmos a frase: “Já tomei este antibiótico tantas vezes que agora já não faz mais efeito”.

- a) Esta afirmação pode ser verdadeira? Por quê?

A afirmação é verdadeira, pois os antibióticos podem atuar como agentes selecionadores de bactérias resistentes.

- b) Costumam-se usar dois antibióticos diferentes no tratamento de certas doenças comuns, como a tuberculose, cujo agente causador já é bem conhecido. Qual seria a forma biologicamente mais eficiente de administrá-los: simul-



taneamente ou separadamente com um intervalo de um mês entre eles? Justifique sua resposta.

A aplicação de dois antibióticos simultaneamente é mais eficaz, pois um potencializa a ação do outro (sinergismo). Um dos antibióticos extermina as bactérias resistentes ao outro e vice-versa.

3. (Enem–2001) “Os progressos da medicina condicionaram a sobrevivência de número cada vez maior de indivíduos com constituições genéticas que só permitem o bem-estar quando seus efeitos são devidamente controlados através de drogas ou procedimentos terapêuticos. São exemplos os diabéticos e os hemofílicos, que só sobrevivem e levam vida relativamente normal ao receberem suplementação de insulina ou do fator VIII da coagulação sanguínea”. SALZANO, M. Francisco. *Ciência Hoje*, SBPC, 21 (125), 1996.

Essas afirmações apontam para aspectos importantes que podem ser relacionados à evolução humana. Pode-se afirmar que, nos termos do texto,

- a) os avanços da medicina minimizam os efeitos da seleção natural sobre as populações.
- b) os usos da insulina e do fator VIII da coagulação sanguínea funcionam como agentes modificadores do genoma humano.

c) as drogas medicamentosas impedem a transferência do material genético defeituoso ao longo das gerações.

d) os procedimentos terapêuticos normalizam o genótipo dos hemofílicos e diabéticos.

e) as intervenções realizadas pela medicina interrompem a evolução biológica do ser humano.

4. (Enem–2004) O que têm em comum Noel Rosa, Castro Alves, Franz Kafka, Álvares de Azevedo, José de Alencar e Frédéric Chopin? Todos eles morreram de tuberculose, doença que ao longo dos séculos fez mais de 100 milhões de vítimas. Aparentemente controlada durante algumas décadas, a tuberculose voltou a matar. O principal obstáculo para seu controle é o aumento do número de linhagens de bactérias resistentes aos antibióticos usados para combatê-las. Esse aumento do número de linhagens resistentes se deve a:

- a) modificações no metabolismo das bactérias, para neutralizar o efeito dos antibióticos e incorporá-los à sua nutrição.
- b) mutações selecionadas pelos antibióticos, que eliminam as bactérias sensíveis a eles, mas permitem que as resistentes se multipliquem.



- c) mutações causadas pelos antibióticos, para que as bactérias se adaptem e transmitam essa adaptação a seus descendentes.
- d) modificações fisiológicas nas bactérias, para torná-las cada vez mais fortes e mais agressivas no desenvolvimento da doença.
- e) modificações na sensibilidade das bactérias, ocorridas depois de passarem um longo tempo sem contato com antibióticos.
5. (Fuvest–2000) Decorridos mais de 50 anos do uso de antibióticos, a tuberculose figura, neste final de século, como uma das doenças mais letais; isso se deve ao fato de os bacilos terem se tornado resistentes ao antibiótico usado para combatê-los. Considerando que a resistência de uma população de bactérias a um antibiótico é resultado de mutação ao acaso e que a taxa de mutação espontânea é muito baixa, foi proposto o uso simultâneo de diferentes antibióticos para o tratamento de doentes com tuberculose. Com relação a esse procedimento, foram levantados os seguintes argumentos:
- I. O tratamento não será efetivo para o paciente, uma vez que a resistência ao antibiótico não é reversível.
- II. O tratamento terá alta chance de ser efetivo para o paciente, pois a probabilidade de que uma bactéria seja resistente a dois ou mais antibióticos é extremamente baixa.
- III. O tratamento poderá apresentar riscos para a população, pois poderá selecionar linhagens bacterianas altamente resistentes a antibióticos.
- Analisando as informações contidas no texto, pode-se concluir que apenas:
- a) o argumento I é válido.
- b) o argumento II é válido.
- c) o argumento III é válido.
- d) os argumentos I e III são válidos.
- e) os argumentos II e III são válidos.



PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

Chegamos ao final da educação básica. O trabalho de recuperação do Volume 4 da 3ª série do Ensino Médio deve ser pautado na leitura e na interpretação de textos e figuras que enfoquem temas tratados no bimestre.

As questões de interpretação sobre os textos abordados na recuperação devem ser elaboradas para permitir a verificação das

competências e habilidades. Tome como base os questionários de interpretação usados nas diversas atividades para elaborar as questões de interpretação que serão trabalhadas na recuperação.

Sugerimos o texto a seguir para o trabalho de recuperação sobre os temas estudados no Caderno.

Nosso presente em evolução: as alterações no ambiente provocadas pelo homem estão acelerando a mudança de muitos ecossistemas

Uma pesquisa recente de Ben Phillips e seus colaboradores da University of Sydney demonstrou que os sapos estão evoluindo à medida que se espalham, aperfeiçoando sua capacidade de adaptação à paisagem australiana. Os sapos à frente da invasão agora têm corpo menor, toxicidade reduzida e pernas relativamente maiores, aparentemente porque os indivíduos com esses traços têm obtido maior sucesso. A fauna nativa evoluiu em resposta aos sapos: a boca de algumas espécies de cobras está diminuindo, por exemplo, porque muitas das cobras com boca grande estavam comendo os venenosos sapos-cururus e morrendo. Esses exemplos estão mudando a visão que os cientistas têm da velocidade da evolução. Há muito, esse processo tem sido considerado lento, ou até dormente. Porém, cada vez mais os pesquisadores têm observado a evolução em ação. Você deve conhecer alguns exemplos de evolução de bactérias resistentes a medicamentos, ou de pestes agrícolas. Microrganismos e pestes podem mudar mais rapidamente, mas não são os únicos.

DUNN, Rob. *Scientific American Brasil*, n. 68, jan. 2008.

Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/artigos/nosso_presente_em_evolucao.html> Acesso em: 23 jul. 2009.

Exemplos de questões que podem ser propostas após a leitura:

1. Identifique no texto o trecho que explica como a seleção natural está atuando sobre os sapos.

“Os sapos à frente da invasão agora têm corpo menor, toxicidade reduzida e pernas relativamente maiores, aparentemente porque os indivíduos com esses traços têm obtido maior sucesso.”



2. Explique a relação entre as modificações ocorridas nos sapos e aquelas ocorridas nas cobras.

Como consequência de seleção nas presas, ocorre uma seleção nos predadores. No caso das cobras, estão sendo selecionadas as que apresentam boca menor, pois aquelas com boca grande comem os sapos venenosos e morrem.

3. Cite outro exemplo trabalhado neste Caderno que demonstre que os fatores evolutivos atuam constantemente.

O caso da resistência das bactérias aos antibióticos é um bom exemplo.



RECURSOS PARA AMPLIAR A PERSPECTIVA DO PROFESSOR E DO ALUNO PARA A COMPREENSÃO DO TEMA

Livros e revistas

CIÊNCIA HOJE NA ESCOLA. *Evolução*. Rio de Janeiro: Global; SBPC, 2001, v. 9. Contém vários textos sobre evolução, inclusive a humana.

DARWIN, Charles. *A origem do homem e a seleção sexual*. São Paulo: Hemus, 1974.

DAWKINS, Richard. *A grande história da evolução*. São Paulo: Companhia das letras, 2009.

LEWIS, Roy. *Por que almocei meu pai*. Tradução de Celso Nogueira. São Paulo: Companhia das Letras, 2003.

MONTANARI, Valdir; CUNHA, Paulo. *Evolução do bicho-homem*. São Paulo: Moderna, 1996.

PINSKY, Jaime. *As primeiras civilizações*. 13. ed. São Paulo: Atual, 1994.

RODRIGUES, Rosicler Martins. *O homem na pré-história*. São Paulo: Moderna, 1994.

RODRIGUES, S. A. *Destruição e equilíbrio: o homem e o ambiente no espaço e no tempo*. São Paulo: Atual, 1989. (Série Meio Ambiente.)

Das origens do universo, da vida e do planeta Terra aos tempos atuais, o autor aborda as relações entre os seres humanos e os ambientes no espaço e no tempo.

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. *Como nos tornamos humanos*. São Paulo: Ediouro/Segmento-Duetto, 2007 (Edição especial História da evolução, nº 17).

Os artigos desta edição relatam o resultado de pesquisas sobre como as alterações no tamanho do cérebro e as modificações no corpo podem ter influenciado o longo processo evolutivo.

_____. *O homem em busca das origens*. São Paulo: Ediouro; Segmento-Duetto, 2007 (Edição especial História da evolução, nº 7.)

Nesta revista, há vários artigos sobre evolução.

_____. *Um novo olhar do ser humano*. São Paulo: Ediouro/Segmento-Duetto, 2007 (Edição especial História da evolução, nº 2).

Esta edição faz uma viagem em busca das origens do ser humano. Os artigos apresentam um roteiro com os últimos desenvolvimentos no campo da evolução humana.



Filme e documentário

A guerra do fogo (*La Guerre du feu*). Direção: Jean-Jacques Annaud. França/Canadá, 1981. 95min.

Encontrado em locadoras, o filme aborda a evolução humana do ponto de vista cultural, ressaltando a dependência do fogo para a sobrevivência das tribos (hordas) primitivas. Contém cenas de sexo.

Animal sapiens: a espécie sem igual. Realização: New Atlantis. Espanha, 2003. 49min.

Documentário mostra que comportamentos atribuídos exclusivamente ao seres humanos encontram semelhanças no mundo animal.

Humanos: Quem somos nós? A origem da mente humana. Direção: Christopher Rowley. EUA/Canadá, 2001. 60min.

Este episódio aborda a evolução dos seres humanos na Terra, explicando a origem dos hominídeos e sua importância para o desenvolvimento do homem.

Sites

Associação dos Roteiristas. Disponível em: <http://www.ar.art.br/informateca/escritos/estudos/guerra_fogo.htm>. Acesso em: 23 jul. 2009.

O site traz uma análise crítica do filme *A guerra do fogo* por Fernando Marés de Souza.

BBB Brasil. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/ciencia/030218_genemtc.shtml>. Acesso em: 22 ago. 2009. *Gene pode*

explicar diferença entre homens e macacos.

Cientistas americanos descobriram um gene que pode ser o responsável por ter tornado os seres humanos diferentes dos macacos durante a evolução.

Charles Darwin. Disponível em: <<http://darwin-online.org.uk>>. Acesso em: 23 jul. 2009.

Nesse site, é possível encontrar os manuscritos que deram origem à mais famosa obra de Charles Darwin, *A origem das espécies*.

Ciência Hoje. Disponível em: <<http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=22949&op=all>>. Acesso em: 23 jul. 2009. *Homo habilis e Homo erectus conviveram juntos na África*.

Publicado na revista *Nature*, esse artigo levanta novas questões sobre a evolução humana.

Ciência Hoje. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/123264>>. Acesso em: 23 jul. 2009. *O DNA do racismo*.

Colunista conta como as raças foram inventadas e destaca que agora é nosso dever desinventá-las.

Comciência. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/arqueologia/arq02.shtml>>. Acesso em: 23 jul. 2009.

Novos dados lançam dúvidas sobre o homem americano.

Folha Online. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u348450.shtml>>.



Acesso em: 23 jul. 2009. Debate sobre a origem do homem moderno vai acabar logo, dizem os cientistas.

Veja. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/161298/p_150.html>. Acesso em: 23 jul. 2009. *O homem-macaco*.

Ancestral humano de 3,6 milhões de anos é achado em uma caverna.

UOL. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/ultnot/afp/2006/09/20/ult1806u4564.jhtm>>. Acesso em: 23 jul. 2009. *Fóssil de “filha” da australopiteco Lucy é achado na Etiópia, diz revista*.

Notícia de novos achados arqueológicos.

VIEIRA, A. B. Piltdown, a fraude interdisciplinar. Disponível em: <<http://cfcu.fc.ul.pt/>

[equipa/3_cfcu_elegiveis/bracinha%20vieira/piltdown.pdf](http://cfcu.fc.ul.pt/equipa/3_cfcu_elegiveis/bracinha%20vieira/piltdown.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2009.

O texto, elaborado por pesquisadores da Universidade de Lisboa, traz uma análise histórica do evento e dos personagens envolvidos.

Sites relacionados à evolução humana

Laboratório de Estudos Humanos (USP). Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/leeh/>>. Acesso em: 22 ago. 2009.

Institute of Human Origins. Disponível em: <<http://www.asu.edu/clas/iho/>>. Acesso em: 23 jul. 2009.

Research Institute on Human Evolution. Disponível em: <<http://www.humanevol.com/>>. Acesso em: 23 jul. 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este Caderno chegamos ao final do Ensino Médio e, portanto, da educação básica. Podemos destacar como metas da educação básica: preparar os indivíduos para a vida, qualificar para a cidadania e capacitar para o aprendizado permanente, em eventual prosseguimento dos estudos ou inserção no mundo do trabalho.

No mundo atual de tão rápidas transformações, estar preparado para a vida significa mais do que reproduzir dados, denominar classificações ou identificar símbolos. Significa:

- ▶ Saber se informar, comunicar-se, argumentar, compreender e agir.
- ▶ Enfrentar problemas de diferentes naturezas.
- ▶ Participar socialmente, de forma prática e solidária.
- ▶ Ser capaz de elaborar críticas ou propostas.
- ▶ Especialmente, adquirir uma atitude de permanente aprendizado.

Uma formação com tal ambição exige métodos de aprendizado compatíveis, ou seja, condições efetivas para que os alunos possam:

- ▶ Comunicar-se e argumentar.
- ▶ Defrontar-se com problemas, compreendê-los e enfrentá-los.
- ▶ Participar de um convívio social que lhes dê oportunidades de se realizar como cidadãos.
- ▶ Fazer escolhas e proposições.
- ▶ Tomar gosto pelo conhecimento e aprender a aprender.

Esperamos, com este material, ter contribuído com um repertório diversificado de atividades para os seus alunos, exigindo deles um papel tão ativo quanto o seu no processo de construção dos conhecimentos, na promoção de uma educação mais dialogada, ampliando o espaço para a escuta, a expressão e o aprendizado.

Bom trabalho.



 *Anotações*

The image shows a spiral-bound notebook page with horizontal ruling lines. The page is oriented vertically and has a metal spiral binding on the right side. The word "Anotações" is written in a cursive font at the top left, preceded by a small pencil icon. The page is otherwise blank.

