



Aula 05

LGN 0321 / 2020

Ecologia Evolutiva Humana

Professora Débora Alexandra Casagrande Santos

Março de 2020

Roteiro de aula

- Dúvidas que surgiram a partir da leitura realizada em classe na aula 04
- Adaptação (continuação)
- Audiovisual
- Definir as Resenhas!!!

Aula 05

1. Introdução

- Na aula passada, quando abordamos o conceito de adaptação, consideramos que os estudos sobre adaptabilidade humana tendem a enfatizar a flexibilidade da reação humana frente ao ambiente, que se manifestam através de respostas reguladoras, respostas de aclimação e respostas de desenvolvimento.
- Na aula de hoje, vamos continuar a estudar o conceito de adaptação, trazendo novas abordagens associadas a situações de estresse ambiental e posteriormente assistiremos a dois audiovisuais específicos sobre “A saga da humanidade”, com o professor Walter Neves.
- Porém **na primeira parte** da aula vamos responder algumas questões que vocês levantaram a partir da leitura do texto “**Adaptação evolutiva na linhagem humana**”, Schaffner, S. & Sabeti, P. (2008), da *Nature Education*. O texto faz referência a alguns conceitos, que foram alvo de dúvidas, **as quais vamos elucidar a seguir e nas próximas aulas.**

Aula 05

2. Dúvidas da aula anterior

2.1 Mutaçãõ

Alguns de vocês trouxeram dúvidas sobre o conceito de *mutaçãõ*, portanto lembrem-se:

Áudio 1



Aula 05

As figuras abaixo, ilustram como as mutações podem ser classificadas:

(Mutações gênicas no nível molecular)

QUADRO	15.1	Mutações Gênicas no Nível Molecular	Resultado e exemplo(s)
Mutações diretas			
Substituições de um só par de nucleotídeos (par de bases)			
<i>No DNA</i>			
Transição			Purina substituída por purina diferente; pirimidina substituída por pirimidina diferente: AT → GC GC → AT CG → TA TA → CG
Transversão			Purina substituída por uma pirimidina; pirimidina substituída por uma purina: AT → CG AT → TA GC → TA GC → CG TA → GC TA → AT CG → AT CG → GC

Aula 05

As figuras abaixo, ilustram como as mutações podem ser classificadas:

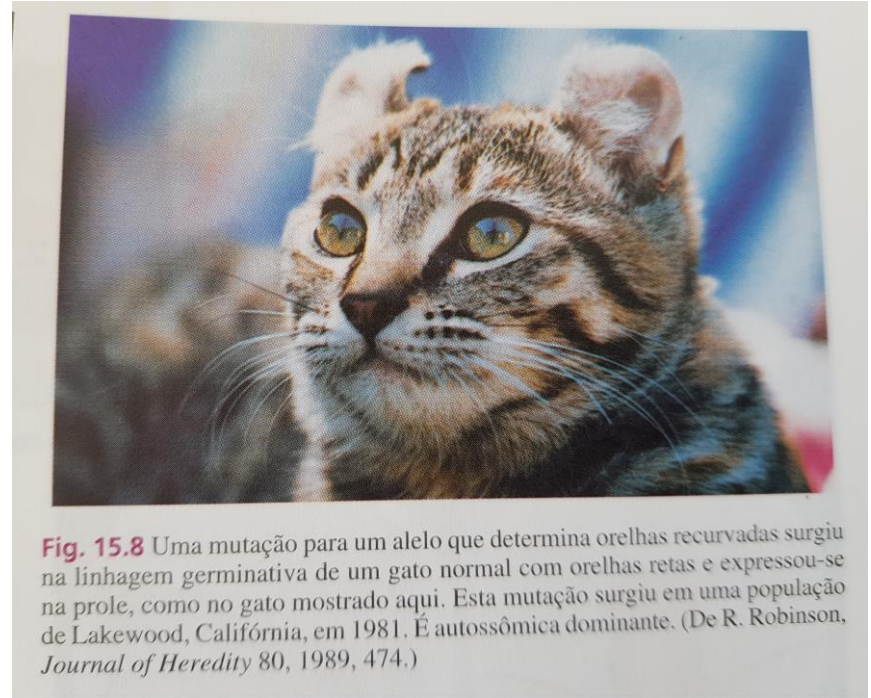
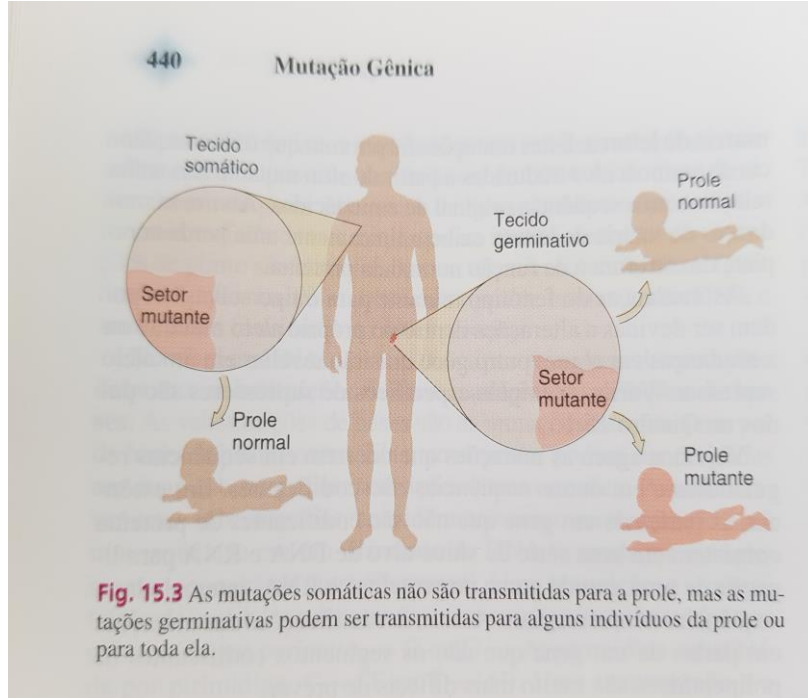
(Mutações gênicas no nível molecular)

Continuação da tabela anterior

<i>Em Proteína</i> Mutação silenciosa	Trinca codifica o mesmo aminoácido: AGG → CGG Ambas codificam Arg
Mutação sinônima	Códon especifica aminoácido diferente mas funcionalmente equivalente: AAA → AGA Mudança de Lis básica em Arg básica (não alterará a função da proteína em muitos casos)
Mutação de sentido trocado Mutação sem sentido	Códon especifica aminoácido diferente e não-funcional. Códon indica término de cadeia: CAG → UAG mudança de um códon de Gln por um códon finalizador
Adição ou deleção de um único par de nucleotídeos: mudança de matriz de leitura Adição ou deleção de vários a muitos pares de nucleotídeos	Qualquer adição ou deleção de pares de bases que não seja múltipla de 3 muda a matriz de leitura em segmentos de DNA que codificam proteínas, resultando em aminoácidos diferentes a partir deste ponto e frequentemente terminam a cadeia.

Aula 05

As mutações podem ocorrer em células **somáticas** ou **germinativas**. Se a ocorrência estiver nas células germinativas podem ser transmitidas à prole. Veja as ilustrações:



Aula 05

Se as mutações ocorrem em células somáticas, elas não são transmitidas à prole.

Mutação somática

Se uma mutação somática ocorre em uma única célula no desenvolvimento do tecido somático, esta célula é a genitora de uma população de células mutantes idênticas, todas elas descendentes da célula mutada. Uma população de células idênticas derivadas assexualmente de uma célula genitora é chamada de **clone**. Como os membros de um clone tendem a ficar próximos uns dos outros durante o desenvolvimento, um resultado observável de uma mutação somática é em geral um aglomerado de células fenotipicamente mutantes chamado de **setor mutante**. Quanto mais cedo no desenvolvimento ocorrer o evento mutacional, maior será o setor mutante (Fig. 15.4). Os setores mutantes podem ser identificados a olho nu apenas se seu fenótipo contrastar visualmente com o fenótipo das células tipo selvagem vizinhas (Fig. 15.5).

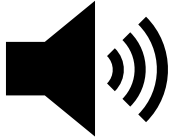


Fig. 15.5 Mutação somática na maçã vermelha Delicious. O alelo mutante que determina a cor dourada surgiu na parede ovariana da flor, que eventualmente se desenvolveu na parte carnosa da maçã. As sementes não são mutantes e originarão árvores de maçãs vermelhas. (Note que, de fato, a maçã dourada Delicious surgiu originalmente como um ramo mutante em uma árvore de Delicious vermelha.) (Anthony Griffiths.)

Aula 05

Sobre as mutações cromossômicas

Áudio 2



Fonte:

<https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Chromosome-Abnormalities-Fact-Sheet>

CHROMOSOME ABNORMALITIES
NHGRI FACT SHEETS
genome.gov

Deletion: A chromosome with 4 bands is shown with a red 'X' indicating a missing segment. The resulting chromosome has 4 bands, but one is missing.

Duplication: A chromosome with 4 bands is shown with a yellow box indicating a segment that is repeated. The resulting chromosome has 4 bands, but one segment is repeated.

Inversion: A chromosome with 4 bands is shown with a red box indicating a segment that is flipped. The resulting chromosome has 4 bands, but one segment is inverted.

Substitution: A chromosome with 4 bands is shown with a yellow box indicating a segment that is replaced. The resulting chromosome has 4 bands, but one segment is replaced by a different one (20 bands).

Translocation: A chromosome with 4 bands is shown with a red box indicating a segment that is moved. The resulting chromosome has 4 bands, but one segment is moved to a different chromosome (20 bands).

NIH National Human Genome Research Institute

Aula 05

Síndromes associadas a alterações cromossômicas na espécie humana:

Alteração	Síndrome	Frequência
Monossomia X	Turner	1/ 5.000 meninas
Trissomia X	Klinefelter	1/ 1.000 meninos
Trissomia do 13	Patau	1/ 25.000
Trissomia do 18	Edwards	1/ 8.000
Trissomia do 21	Down	1/ 800

Quadro 9 - **Alterações cromossômicas numéricas** mais frequentes na espécie humana.

Fonte: Adaptado de Nardi (2004)

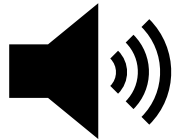
In: Santos, D. A. C. Tese de Doutorado. Esalq/ Cena/ USP. **Genética, genômica e o fenômeno ecológico evolutivo humano**. 2017.

Aula 05

2.2 Evolução humana em “dias atuais”

Alguns de vocês ficaram curiosos sobre o tema evolução adaptativa em humanos “nos dias atuais”, indagando sobre: “ *“novas características” que os humanos possuem hoje em dia, consideradas as “novas evoluções”*”.

Áudio 3



Aula 05

O link abaixo nos leva ao excelente texto sobre essas questões. Embora em inglês, com o uso do tradutor, poderá ser lido sem problemas. LEITURA OBRIGATÓRIA.

Are humans still evolving?

Technological advances and unique biological characteristics allow us to adapt to environmental stress. Has this stopped genetic evolution?

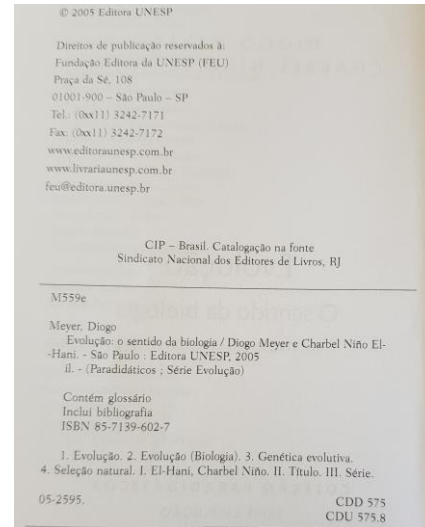
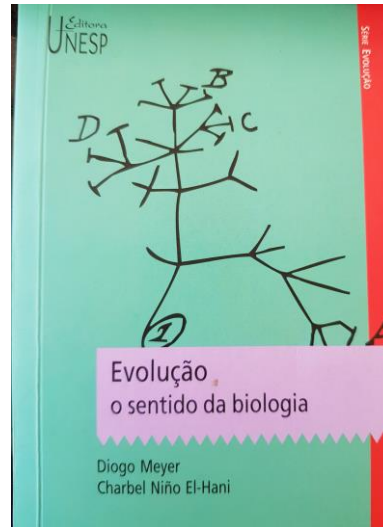
Autor: Jay T Stock

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3327538/>

Aula 05

2.3 Adaptação evolutiva ocorre em qualquer organismo? Até mesmo em bactérias?

Sim. A perspectiva de análise evolutiva, envolvendo os processos de seleção natural e adaptação pode ser aplicada a qualquer espécie. Veja os trechos retirados do livro dos professores Diogo Mayer e Charbel N. El-Hani, que ilustram muito bem isso.



A resistência bacteriana a antibióticos

Muitas outras questões de vital importância para a humanidade pedem um modo de pensar evolutivo. É o caso, por exemplo, da resistência de bactérias a antibióticos, que já discutimos no Capítulo 3. Desde a década de 1940, o uso de antibióticos permitiu que doenças de origem bacteriana que eram graves mazelas da humanidade, como a meningite e a tuberculose, fossem controladas. Entretanto, esse quadro está mudando. Hoje, há diversos países em que mais da metade das culturas bacterianas retiradas de pacientes é resistente a antibióticos. Mas de onde surgiu essa resistência e o que podemos fazer para evitar que ela nos leve a perder uma das mais valiosas contribuições da ciência para a humanidade? Novamente, essas são questões que não podem ser respondidas sem que pensemos de maneira evolutiva.

As bactérias resistentes são, como vimos, um resultado direto da ação da seleção natural. O próprio uso de antibióticos por nossa espécie, frequentemente de modo desnecessário e sem os devidos cuidados, permitiu que bactérias resistentes persistissem nas populações bacterianas, substituindo as menos resistentes. Assim, com o passar do tempo, populações bacterianas inteiras se tornaram resistentes, resultando em ameaças graves à saúde pública. O surgimento de populações de bactérias resistentes a antibióticos é, pois, um processo movido pela seleção natural, em que os agentes seletivos são os antibióticos. Não é surpreendente, assim, que a distribuição geográfica da resistência não seja aleatória: os países que usam mais antibióticos, como a penicilina, são também aqueles em que há uma proporção maior de casos de resistência. Temos aqui mais um exemplo de fenômeno biológico que não poderíamos compreender sem examiná-lo de uma perspectiva evolutiva.

← Bactérias

Vírus →

Fonte: Mayer, D. e El-Hani, Charbel N. **Evolução, o sentido da Biologia.** São Paulo: Editora UNESP, 2005.

(p. 107/ 108)

A aplicação da seleção do HIV²⁶

A Aids (Síndrome da Imunodeficiência Adquirida Humana) é uma pandemia que tem representado um dos maiores desafios para a humanidade nas últimas três décadas. Se quisermos compreender com essa doença teve origem, teremos de responder a uma série de perguntas de natureza evolutiva. A Aids é causada por dois retrovírus, HIV-1 e HIV-2 (a sigla HIV significa *Human Immunodeficiency Virus*, "Vírus da Imunodeficiência Humana"). Ela é uma das doenças virais emergentes – isto é, que surgiram nas últimas décadas –, como a Sars, o Ebola, a gripe do frango, as hantavíroses etc. Mas de onde vieram essas ameaças? De acordo com as hipóteses mais aceitas atualmente, o HIV, por exemplo, entrou nas populações humanas quando seres humanos foram infectados em contato com pelo menos duas espécies diferentes de primatas africanos. Nesses primatas, foram encontrados vírus aparentados do HIV, os vírus da imunodeficiência de símios (SIV, *Simian Immunodeficiency Virus*). Esses vírus de símios sofreram um processo de evolução que deu origem a um vírus capaz de cruzar a barreira entre as espécies e infectar parentes próximos, os seres humanos. Ou seja, a compreensão da origem da Aids demanda um entendimento de como a evolução ocorre, podendo produzir novos patógenos, capazes de infectar nossa espécie. Sintomaticamente, foram estudos da evolução molecular de retrovírus de primatas que forneceram as evidências mais convincentes sobre as origens do HIV-1 e do HIV-2. Esses estudos permitiram que a origem da doença em humanos fosse situada na África Central por volta do começo do século XX, com a transmissão

de SIVs de primatas para humanos pela exposição ao sangue daqueles animais durante a caça.

Se quisermos, em seguida, compreender por que é tão difícil controlar a pandemia da Aids, novas questões evolutivas surgirão. Uma das principais características do HIV é sua rápida velocidade de mutação, que resulta da alta frequência com que o material genético desse vírus sofre alterações, no processo de replicação. Essa alta taxa de mutação tem uma consequência importante para a saúde humana. A exposição do vírus aos remédios antivirais seleciona as variantes de HIV resistentes aos tratamentos. Como a taxa de mutação é alta, alterações genéticas estão constantemente surgindo, facilitando o aparecimento de variantes capazes de sobreviver ao remédio. Ou seja, é relativamente rápido o aparecimento de vírus resistentes ao tratamento com remédios antivirais. A grande diversidade genética do HIV também dificulta o desenvolvimento de vacinas que ajudem no controle dessa pandemia, uma vez que as desenvolvidas para uma variedade do vírus podem deixar de ser eficazes quando esta sofrer mudanças.

A compreensão da evolução do HIV tem importância, assim, não somente para que entendamos a origem da doença, mas também para que possamos planejar intervenções para conter sua disseminação e aumentar a sobrevivência das pessoas infectadas. Conhecer as estratégias do adversário é essencial numa batalha médica como essa e hoje sabemos que as do HIV são, em grande parte, consequência de seu processo de transformação evolutiva.

²⁶ PAVITRANANOPOLLOS, M. A.; HUNT, G. M. & TIENHSEN, C. T. Evolution and Diversity of HIV-1 in Africa: A Review. *Virus Genes*, 26(2):151-63, 2003.

Debate

Participe no STOA até 29/03/2020



“Qual a vantagem de ser tolerante à lactose? Essa adaptação pode fazer alguma diferença no futuro?”

Agentes estressores

Fontes de Estresse Ambiental

Estresses ambientais podem ser heurísticamente divididos nos que derivam de fontes físicas ou biológicas; alguns organismos, particularmente os humanos, devem também lidar com as fontes sociais de estresse. Mantendo nossas considerações limitadas apenas aos vertebrados terrestres, os principais tipos de estresse encontrados incluem condições extremas de calor, pressão barométrica, umidade, luz, outras radiações, poeira e outros poluentes. Fatores estressores biológicos podem incluir predadores, parasitas (patógenos em geral) e deficiência ou excesso de nutrientes específicos. Fatores estressores sociais são menos fáceis de caracterizar, mas incluem questões relacionadas com casamento e reprodução, assim também como competição dentro de famílias, de grupos e entre grupos por recursos considerados importantes.

Embora a palavra estresse venha sendo usada aqui em referência a condições ambientais, às vezes também é usada para referir-se à condição de um organismo. Os médicos tendem a distinguir o termo estresse (a pressão, ou condição, ambiental) de sobrecarga (a condição do material – ou do organismo). Em Biologia, a natureza estressora de uma condição ambiental baseia-se na amplitude de tolerância do organismo (o que é condição estressante para um organismo pode ser a condição ótima para um outro), de forma que é muito mais difícil separar estresse de sobrecarga. Aqui neste texto, estresse refere-se tanto a condições ambientais quanto às do próprio organismo, quando os limites da amplitude de tolerância são aproximados ou ultrapassados. O termo *estressor* ou *estresse ambiental* refere-se a condições ambientais, ao passo que *resposta* ou *resposta biológica* refere-se à condição biológica do organismo relacionada ao fator estressor.

Tipos de Adaptação Biológica ao Estresse Ambiental

Os organismos possuem muitas formas de ajuste à variabilidade ambiental. Podemos dividi-los em respostas que são determinadas de maneira estritamente genética *versus* aquelas que exibem uma **plasticidade fenotípica** (alterações biológicas perceptíveis e que são induzidas pelo meio ambiente). Mudanças observáveis em organismos e que variam em função das alterações ambientais são chamadas de **normas de reação** (Stearns, 1989).

Aclimatização. **Aclimatização** é uma forma de plasticidade fenotípica que capacita o indivíduo a efetuar ajustes compensatórios a fatores ambientais complexos, por períodos de dias ou semanas, incluindo-se aí mudanças sazonais (Folk, 1974). Um exemplo entre os humanos ocorre quando recém-chegados a uma altitude muito elevada ajustam-se, no decorrer de vários dias, à pressão rebaixada de oxigênio (ver Capítulo 8). **Aclimatização** é uma forma reversível de plasticidade fenotípica: as pessoas perdem a aclimatização a ambientes de montanhas elevadas depois que retornam ao nível do mar.

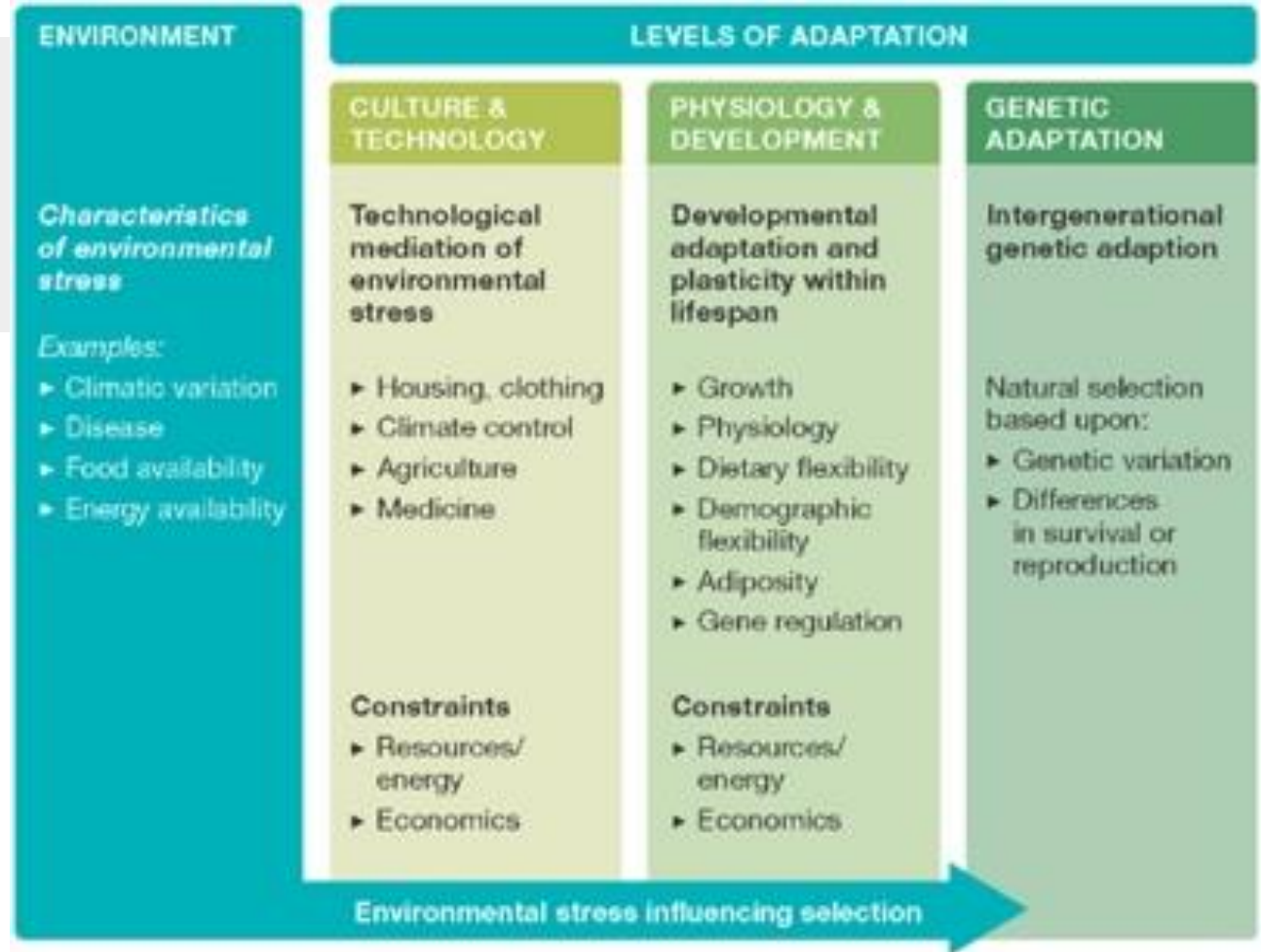
Adaptações Desenvolvimentais. Certos ajustes fenotípicos não são reversíveis. São alcançados durante o crescimento e desenvolvimento, quando o organismo é exposto a estresses ambientais constantes ou frequentes, de natureza intensa. Muitos ecólogos os classificam como uma forma de aclimatização. Outro tipo de adaptação desenvolvimental, conhecida como “conversão desenvolvimental”, ocorre quando a exposição logo no início

da vida determina quais programas genéticos serão ativados em um organismo (Hoffmann e Parsons, 1991). A habilidade dos povos nativos dos Andes para empreender níveis de alta atividade no meio ambiente de baixa pressão de oxigênio das elevadas altitudes (ver Capítulo 8 para uma discussão mais detalhada) pode representar uma aclimatização desenvolvimental, já que os filhos dos andinos nativos que migraram para o nível do mar não possuem uma capacidade de trabalho tão boa, quando retornam às grandes altitudes, quanto a das pessoas que cresceram no alto das montanhas (Frisancho et al., 1944).

Ajustes Demográficos. Quando o estresse ambiental é muito intenso ou prolongado, pode levar a mudanças no tamanho ou na composição de uma população. Isto inclui fatores dependentes-da-densidade, e também qualquer estresse ambiental que afete particularmente uma dada idade ou grupo sexual na população. Por exemplo, poderemos observar que bebês são mais susceptíveis a certas formas de má nutrição protéica do que o são crianças ou adultos (Capítulo 9). Disso decorre que a estrutura da população pode ser alterada em função de um estresse ambiental. A distribuição de uma população no meio ambiente também pode ser afetada por condições de estresse: indivíduos podem evitar áreas de risco, espalhar-se ou ajuntar-se como estratégias para lidar, por exemplo, com potencial predatório. Organismos que confiam no comportamento de esconder-se para evitar a predação podem espalhar-se, enquanto outros se ajuntam, confiando mais no fator numérico como proteção.

Adaptações Genéticas. A longo prazo, todas as adaptações biológicas baseiam-se no patrimônio genético dos organismos. Muitas adaptações são “instaladas à força” dentro do organismo: há pouca ou nenhuma flexibilidade nas respostas. No entanto, até mesmo para respostas que exibem grande plasticidade, os organismos ainda requerem uma base genética que permita tal flexibilidade. Quando observamos um caso extremo de flexibilidade em respostas comportamentais humanas ao estresse, verificamos que se trata claramente de um produto do sistema nervoso central que se desenvolve a partir do genoma humano.

Níveis de adaptação associados ao *stress* ambiental



Fonte: Stock JT. Are humans still evolving? Technological advances and unique biological characteristics allow us to adapt to environmental stress. Has this stopped genetic evolution?. EMBO Rep. 2008;9 Suppl 1(Suppl 1):S51–S54. doi:10.1038/embor.2008.63

Agora, vamos aos fósseis...

Aulas USP/ A saga da humanidade, por Walter Neves

LINK:

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLAudUnJeNg4sUpVQaygeymsa8fVsZjkCb>

(Assistir às aulas 04 e 05)

RESENHAS!!

Por favor, entrem no STOA (lá em cima **Escolha das Resenhas**) e definam os artigos das suas Resenhas!

Me avisem por e-mail!!

Referências

Brown, D.E e Kormondy, Edward J. **Ecologia Humana**. São Paulo: Atheneu, 2002.

Griffiths, A. J.F. *et al.* **Introdução à Genética**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 10^a Edição, 2013.

Mayer, D. e El-Hani, Charbel N. **Evolução, o sentido da Biologia**. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

Santos, D. A. C. Tese de Doutorado. Esalq/ Cena/ USP. **Genética, genômica e o fenômeno ecológico evolutivo humano**. 2017.

Stock JT. Are humans still evolving? Technological advances and unique biological characteristics allow us to adapt to environmental stress. Has this stopped genetic evolution?. **EMBO Rep.** 2008;9 Suppl 1(Suppl 1):S51–S54. doi:10.1038/embor.2008.63