

AS BACTÉRIAS SUPERPODEROSAS

Este artigo tem como objetivo relacionar o Neodarwinismo - ou Teoria Sintética da Evolução - com a resistência bacteriana a antibióticos, a qual é um problema mundial de saúde pública que atrai a atenção de agências governamentais brasileiras e internacionais como Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Organização Mundial de Saúde (OMS).

O surgimento de bactérias resistentes é um tema recorrente nos grandes vestibulares do país.

Bons Estudos e aproveitem as dicas!

ENTENDENDO O NEODARWINISMO

Em seu livro *Origem das Espécies*, publicado em 1859, Charles Darwin defende a idéia de evolução biológica baseada no processo de seleção natural, na qual os seres mais adaptados às condições do ambiente sobrevivem e transmitem seus caracteres para os descendentes. Mas Darwin não conseguiu explicar em sua teoria evolucionista como eram geradas e transmitidas as variações que ocorriam nas populações das diferentes espécies.

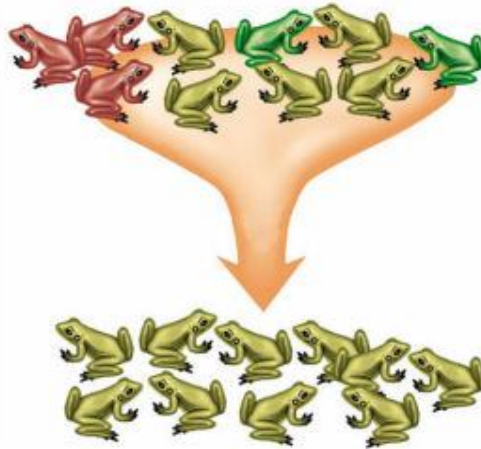
Os fundamentos do Neodarwinismo ou Teoria Sintética da Evolução incluem as principais idéias de Darwin complementadas pelos conhecimentos relativos à Genética Clássica e às mutações. A variabilidade genética de uma espécie é determinada pelas mutações e recombinações genéticas, o ambiente atua selecionando os mais adaptados que sobrevivem e se reproduzem. Para a ocorrência da evolução esses fatores atuam em conjunto.

As mutações são consideradas fatores de evolução dos seres vivos, pois são responsáveis pelo surgimento de novos alelos e, conseqüentemente, de novas características em uma população. Dessa forma, a ocorrência de mutação é um fator importante para o surgimento de linhagens bacterianas resistentes aos antibióticos, embora seja um processo importante para a evolução das bactérias, essa característica causa muita preocupação entre os humanos, devido à dificuldade no tratamento de doenças causadas por esses microorganismos.

► Fundo genético e evolução

As **modificações** que ocorrem no fundo genético da população, e não as modificações que ocorrem nos indivíduos, determinam a **evolução**.

A população é a **unidade evolutiva**.



José Salsa - 2004

Ilustração 1: Neodarwinismo - genética é importante para a evolução.

O QUE SÃO BACTÉRIAS?

As bactérias são seres unicelulares e procariotos, ou seja, não possuem membrana (carioteca) envolvendo o material genético, o qual é composto apenas por um cromossomo circular. A única organela presente é o ribossomo, o qual é responsável pela síntese de proteínas.

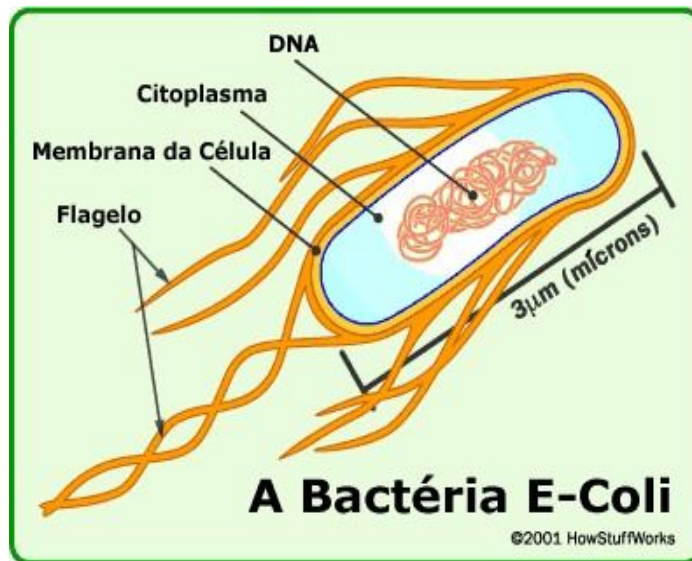


Ilustração 2: Estrutura bacteriana

Muitos desses microorganismos fazem parte da microbiota de animais e vegetais, ou seja, vivem associados a esses organismos. Várias bactérias são benéficas e realizam funções essenciais à vida. Todos os seres vivos são decompostos por microorganismos e transformados em nutrientes que são absorvidos pelas raízes das plantas, além disso, as várias espécies de bactérias do solo convertem o nitrogênio da atmosfera em nitratos, compostos que são prontamente absorvidos pelos vegetais.

Em diversos processos industriais ocorre a utilização bacteriana como, por exemplo, na fermentação para produção de vinagre, vinho e iogurtes. Há também biorremediação, na qual bactérias são adicionadas à água ou ao solo para converter poluentes tóxicos, como pesticidas e óleo, em substâncias inofensivas.

Embora muitas bactérias sejam benéficas, existe uma grande quantidade de cepas bacterianas patogênicas, as quais são responsáveis por causar diversas doenças como tuberculose, cólera, botulismo, salmonelose, leptospirose, tétano, hanseníase e pneumonia.

As doenças bacterianas são tratadas com antibióticos, os quais são responsáveis por matar ou inibir o microorganismo sem afetar o hospedeiro. Entre os principais antimicrobianos utilizados estão as penicilinas, cefalosporinas, aminoglicosídeos e tetraciclina. Os antibióticos interferem nas atividades das células bacterianas: destruindo a parede celular, desorganizando a membrana plasmática, interferindo na síntese proteínica e também de DNA, mas muitas bactérias conseguem evitar a ação dos antibacterianos e continuam vivas.

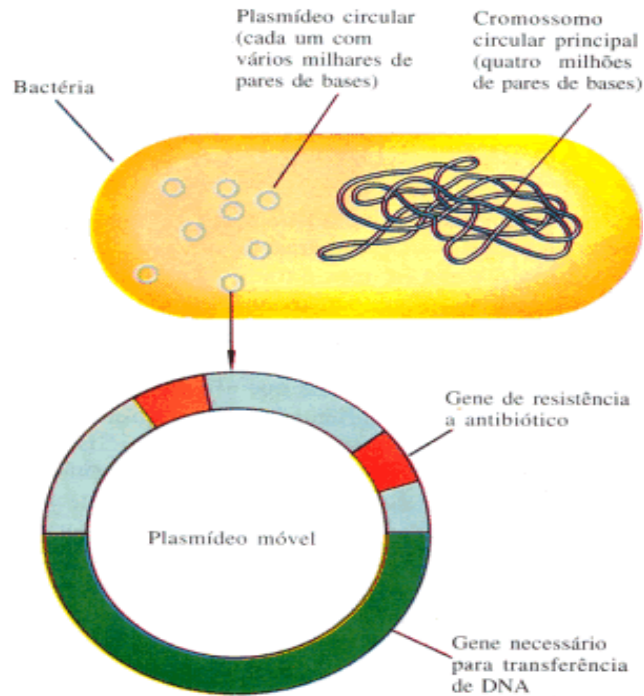
O SURGIMENTO DE BACTÉRIAS RESISTENTES

As bactérias podem ser classificadas em sensíveis e resistentes aos antibióticos. A resistência pode ser natural ou adquirida, a primeira é uma característica da espécie bacteriana e todos os organismos dessa espécie possuem o mesmo padrão de resistência, enquanto que no segundo tipo, apenas parte das amostras são resistentes. As bactérias sensíveis adquirem resistência através de mudanças genéticas, que podem ser causadas por mutações em cromossomos ou por aquisição de elementos como, por exemplo, plasmídios de resistência. Plasmídios são moléculas de DNA circulares, de tamanho inferior ao do cromossomo, os genes encontrados nessas estruturas não determinam características essenciais, porém, muitas vezes, são responsáveis por vantagens seletivas às células que as contêm.

A resistência causada por mutação, em geral, atinge somente um tipo de antibiótico, já que mutações ocorrem ao acaso e são raras as situações em que vários genes serão alterados simultaneamente.

É importante ficar claro que os antibióticos não induzem mutações nas bactérias, eles são apenas agentes responsáveis pela seleção dos microorganismos mais resistentes de uma população. Relembrando os conhecimentos de Darwin, na seleção natural os mais aptos sobrevivem, ou seja, os seres mais adaptados ao meio ambiente permanecem vivos e transferem suas características para os descendentes. De acordo com o Neodarwinismo, os novos caracteres surgem através de mutação genética.

A resistência pela aquisição de plasmídios em muitos casos é múltipla, ou seja, torna a bactéria resistente a dois ou mais antimicrobianos. Isso ocorre pelo fato de um plasmídio poder apresentar dois ou mais genes de resistência (figura 3).



*Ilustração 3: Bactéria - DNA plasmidial e cromossômico.
Observar gene de resistência em plasmídeo.*

Existem casos em que uma bactéria possui resistência cromossômica e plasmidial, este perfil de resistência é comum em hospitais, uma vez que lá o uso de antimicrobianos é intenso, ou seja, a pressão seletiva é muito grande, o que causa o surgimento de bactérias super-resistentes.

A resistência bacteriana, por mutação ou aquisição plasmidial, pode ser transferida de uma bactéria para outra e ocorre inclusive entre espécies diferentes. Um grande problema relacionado à transferência de genes de resistência é que muitas bactérias causadoras de doenças estão adquirindo resistência aos antibióticos, o que torna os tratamentos ineficazes e gera muitos prejuízos para a saúde humana e animal.

Os antibióticos devem ser usados com cautela, uma vez que seu uso inadequado está intimamente ligado à seleção de bactérias resistentes. Assim a automedicação e a prescrição incorreta do medicamento, além do uso intensivo de antibióticos como promotores de crescimento na alimentação de animais de produção, como aves e suínos, devem ser evitados.

Alguns dos mecanismos de resistência aos antibacterianos são: a produção de enzimas que inativam o medicamento, diminuição da permeabilidade celular e expulsão do antimicrobiano da célula (figura 4).



Ilustração 4: Bactéria expelindo o antibiótico da célula.

É importante observar que a mutação é fator de variabilidade genética e que a seleção natural determina se haverá ou não a permanência das novas características na população, ou seja, se os novos caracteres são favoráveis para a adaptação do organismo ao ambiente, eles serão transmitidos para as próximas gerações. As bactérias resistentes conseguem sobreviver na presença dos antibióticos, isto é, estão adaptadas ao ambiente e assim, podem transmitir os genes de resistência para seus descendentes.

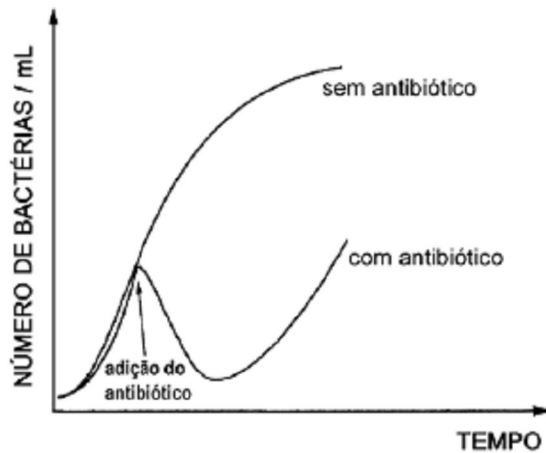
Artigo escrito por Carla de Aquino dos Santos, aluna do 5º ano de graduação em Ciências Biológicas na UNICAMP e professora de Biologia do CASD Vestibulares.

QUESTÕES DE

VESTIBULAR

1) (UERJ-modificada) Foram introduzidas em dois frascos, que contêm um mesmo meio de cultura, quantidades idênticas de um tipo de bactéria. Após algum tempo de incubação, adicionou-se, a apenas um dos frascos, um antibiótico estável, de uso frequente na clínica e cuja concentração não se modificou durante todo o experimento.

O gráfico abaixo representa a variação do número de bactérias vivas no meio de cultura, em função do tempo de crescimento bacteriano em cada frasco.



a) A observação do gráfico permite concluir que, no frasco em que se adicionou o antibiótico, ocorreu uma grande diminuição no número de bactérias. Utilizando a teoria da seleção natural, explique o fato de essa população ter voltado a crescer, após a diminuição observada.

b) Como você explicaria o fenômeno em questão, utilizando os princípios neodarwinistas.

2) (FUVEST) Uma população de bactérias foi colocada em um meio de cultura saturado de um determinado antibiótico. A maioria das bactérias morreu. No entanto, algumas sobreviveram e deram origem a linhagens resistentes a esse antibiótico.

a) Explique o processo segundo a teoria lamarckista de evolução.

b) Explique o processo segundo a teoria darwinista de evolução.

RESPOSTAS ESPERADAS:

1) a) Ao acrescentar o antibiótico, as bactérias sensíveis foram eliminadas. Os microorganismos geneticamente resistentes, que havia em pequeno número, foram selecionados e cresceram normalmente.

b) Mutações ao acaso produzem bactérias resistentes que são selecionadas pelos antibióticos.

2) a) Segundo Lamarck o antibiótico (meio) teria induzido o aparecimento de bactérias resistentes e essa característica adquirida (resistência ao antibiótico) seria transferida às bactérias descendentes.

b) R: Segundo Darwin, devido à variabilidade, existiriam previamente bactérias mais resistentes e bactérias menos resistentes. A adição do antibiótico (papel do meio) apenas teria selecionado as formas mais resistentes, que teriam deixado um número maior de descendentes. O número de bactérias resistentes foi aumentando a cada geração, com a eliminação das bactérias menos resistentes.