

ORIGEM DA VIDA**EMBORA A PALAVRA**

VIDA pareça ter um sentido óbvio, ela conduz a diferentes ideias, tornando-se necessário definir o próprio objeto a que nos referimos neste texto. Para psicólogos, ela traz à mente a vida psíquica; para sociólogos, a vida social; para os teólogos, a vida espiritual; para as pessoas comuns, os prazeres ou as mazelas da existência. Isso é parte da nossa visão fortemente antropocêntrica do mundo. Para uma parte (relativamente pequena) das pessoas, ela traz à mente imagens de florestas, aves e outros animais. Mesmo essa imagem é parcial, já que a imensa maioria dos seres vivos são organismos invisíveis. Os micróbios compõem a maior parte dos seres vivos, a maioria (80%) vivendo abaixo da superfície terrestre, somando uma massa igual à das plantas. Entretanto, os micróbios ainda não ocupam a devida dimensão em nosso imaginário, apesar de mais de um século de uso do microscópio e de frequentes notícias na mídia envolvendo a poderosa ação de micróbios, ora causando doenças ora curando-as, fazendo parte do ecossistema ou influenciando na produção de alimentos. Esse quadro se deve ao fato de que a vida ainda é um tema recente no âmbito científico, comparado com sua antiguidade no pensamento filosófico e religioso.



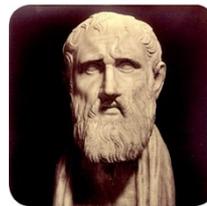
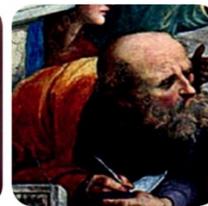
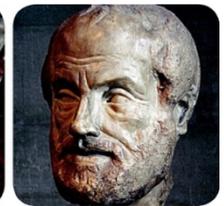
Uma concepção muito difundida entre os povos de cultura judaico-cristã-islâmica é que a vida foi insuflada na matéria por Deus, e seria, portanto, uma espécie de milagre e não uma decorrência de leis naturais. É difícil traçar a origem dessa concepção, mas os escritos de **Aristóteles** (384-322 a.C.) falam da *pneuma*, que seria uma espécie de matéria divina e que constituiria a vida animal. A *pneuma* seria um estágio intermediário de perfeição logo abaixo do da alma humana. A dualidade matéria/vida nos animais (ou corpo/alma nos seres humanos) já aparecia na escola socrática, da qual Aristóteles era membro, embora de modo um pouco diferente. Entre os animais superiores, o sopro vital passaria para os descendentes por meio da reprodução. Entretanto, Aristóteles acreditava que alguns seres (insetos, enguias, ostras) apareciam de forma espontânea, sem serem frutos da "semente" de outro ser vivo. Essa concepção é conhecida como **geração espontânea** e parece ter sido derivada dos pré-socráticos, que imaginavam que a vida, assim como toda a diversidade do mundo, era formada por poucos elementos básicos. A idéia de geração espontânea está também presente em escritos antigos na China, na Índia, na Babilônia e no Egito, e em outros escritos ao longo dos vinte séculos seguintes, como em Van Helmont, W. Harvey, Bacon, Descartes, Buffon e Lamarck. Parece que sua dispersão pelo mundo ocidental se deu por intermédio de Aristóteles, dada sua grande influência em nossa cultura.

Os cientistas atualmente acreditam que a vida deva ter surgido na Terra por volta de 4 bilhões de anos atrás. O primeiro organismo vivo deve ter surgido de matéria não

viva. Como isso ocorreu? Sob quais circunstâncias originou-se a vida na Terra? Este nosso módulo descreve como os cientistas tentam responder a essas questões.

ABIOGÊNESE versus BIOGÊNESE

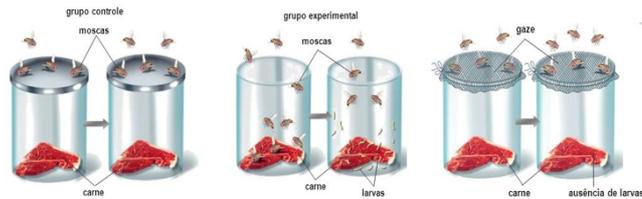
Todas as civilizações especularam sobre a origem da vida na Terra. As conclusões mais antigas produziram a ideia da geração espontânea (ou abiogênese), pela qual seria possível o aparecimento de seres vivos a partir de elementos do meio, como o calor, a umidade e o lodo. **Anaximandro** (século VI a.C.), **Empédocles** (século V a.C.) e **Aristóteles** (o grande sábio da Antiguidade, século IV a.C.), todos filósofos gregos, deixaram obras que documentaram a sua crença na doutrina da **abiogênese ou geração espontânea** – o surgimento da vida a partir de um "princípio vital", a saber, uma propriedade subjetiva e imensurável, presente na matéria inanimada. Virgílio, o príncipe dos poetas latinos, admitia – e assim deixou escrito nas suas *Geórgicas* (30 a.C.) – a formação de insetos nos cadáveres em putrefação. Certamente, o peso dos nomes que defendiam a abiogênese contribuiu para que esse pensamento passasse séculos sem ser questionado – afinal, quem ousaria contradizer Aristóteles e outros intelectuais da Antiguidade?

**Empédocles****Anaximandro****Aristóteles**

Os relatos de geração espontânea prosseguiriam por séculos no futuro. Assim, na Idade Média, Aldovandro afirmava que o lodo no fundo das lagoas dava origem a patos e marrecos. Pitoresca era a fórmula do padre Atanásio Kircher (jesuíta alemão, 1601-1680) para explicar a multiplicação natural das cobras: "Basta matar uma cobra, secá-la, pulverizá-la e espalhar esse pó, para que dele surjam muitas cobras". **Jean-Baptiste van Helmont** (1577-1644), médico e químico belga (considerado o pai da Bioquímica), seguiu um caminho semelhante. Ficou famoso por suas "receitas" geradoras de vida, uma delas para produzir ratos: "**Coloque uma camisa suada em um recipiente aberto, contendo grãos de trigo, e, em 21 dias, aparecerão ratos**". Nesse caso, supunha-se que o "princípio vital" estava no suor humano.

Parece óbvio que Van Helmont, a exemplo de seus antecessores, jamais teve a preocupação de realizar um experimento controlado que testasse suas conclusões. E esse seria bem simples – bastaria juntar os "ingredientes" da "receita", separando o material em duas porções, uma em um recipiente aberto e outra em um recipiente fechado. Observando que os ratos jamais surgiam no interior do recipiente fechado, certamente van Helmont teria chegado a outras conclusões. Foi isso que aconteceu com um italiano do século XVII. Seu nome: **Francesco Redi**, médico e poeta. Em seu tempo, era comum a crença de que os seres "inferiores", tais como os insetos, originavam-se da matéria

em decomposição. Todavia, Redi ousou questionar essa tradição e fez uma experiência para determinar a origem das larvas de mosca, comumente vistas em carne decomposta. Para isso, fez o seguinte: separou pedaços de carne em duas porções, uma no interior de um frasco aberto e outra em um frasco tampado. As larvas só apareciam no interior do frasco aberto, não importando quantas vezes se repetisse o experimento. Após se alimentarem da matéria em decomposição, as larvas formavam um casulo, do qual emergiam moscas adultas. **A conclusão era óbvia: larvas de moscas só surgem de moscas, não de matéria em decomposição.** Esse foi, sem dúvida, um duro golpe na ideia da geração espontânea.



Experimento de Francesco Redi.

Redi teria mudado drasticamente o pensamento de seu tempo, se não fosse um acontecimento fortuito: um comerciante holandês, **Anton van Leeuwenhoek** (1632-1723), trabalhando no polimento de lentes, construiu um microscópio e relatou, pela primeira vez, a observação de micróbios “que se multiplicavam numa gota d’água”. Tratava-se de um instrumento rudimentar, com baixíssimo poder de resolução, se comparado aos microscópios modernos. Além disso, não havia, naquele tempo, conhecimento acerca da forma de reprodução dos micro-organismos. De fato, observações microscópicas das etapas da divisão celular só ocorreriam em 1870. O resultado foi que, paradoxalmente, o microscópio – um avanço científico – acabou contribuindo, no século XVII, para um retrocesso na forma de pensar.

A descoberta reativou involuntariamente – e com força redobrada – a crença na geração espontânea. As pessoas começaram a achar que, pelo menos para as minúsculas criaturas observadas ao microscópio, a abiogênese era uma realidade insofismável. Foi com esse pensamento que **John Needham**, um clérigo e naturalista escocês, realizou experimentos entre 1745 e 1748. Ele – a exemplo de muitos intelectuais de séculos anteriores – cria na existência de uma “força vital”, presente no ar e capaz de fazer a matéria orgânica originar vida. Para provar sua hipótese, aqueceu líquidos nutritivos por um breve período e os colocou em recipientes, tampando-os em seguida, com uma cortiça – após algum tempo, novos micro-organismos eram encontrados no líquido. Todavia, tal experimento seria questionado algumas décadas mais tarde. Em 1765, o padre italiano **Lazzaro Spallanzani** contestou os resultados de Needham, confrontando-os com os seus próprios resultados. Primeiro, ele teve o cuidado de ferver o líquido por, pelo menos, uma hora. Em seguida, fechou hermeticamente os recipientes. O resultado: jamais havia a proliferação de micro-organismos. Segundo o padre, variáveis importantes, como o tempo de aquecimento e o selamento efetivo do recipiente, haviam sido negligenciadas por Needham, o que explicaria os resultados divergentes.

A partir daí, iniciou-se um caloroso debate entre os dois. Needham, insatisfeito, contestou os achados de Spallanzani, alegando que o fato de submeter o caldo por muito tempo a temperaturas elevadas provocaria a destruição de um “princípio ativo”, imprescindível para o aparecimento da vida. No final do século XVIII, a descoberta do gás oxigênio e o seu papel essencial à vida também contribuíram para rebater o experimento de Spallanzani. Para os defensores da geração espontânea, a fervura dos caldos orgânicos e a vedação hermética impediriam a geração dos micro-organismos, uma vez que excluíam do interior dos frascos o oxigênio, gás que na época era considerado essencial para a sobrevivência de qualquer forma de vida.

LOUIS PASTEUR E O EXPERIMENTO DO “PESCOÇO DE CISNE”

Como a questão das gerações espontâneas trazia consequências não apenas científicas, mas também de âmbito filosófico, religioso e até mesmo político, em janeiro de 1860 a Academia de Ciências de Paris ofereceu um prêmio no valor de 2.500 francos (o **Prêmio Alhumbert**) para o melhor trabalho sobre o assunto. No entanto, a comissão nomeada para julgar os trabalhos tinha vários membros que eram declaradamente contrários à geração espontânea. Houve depois mudanças na comissão, e por fim todos os seus membros eram adversários dessa hipótese. Não se tratava, portanto, de um prêmio destinado ao melhor trabalho a favor ou contra a geração espontânea, e sim um prêmio para quem fizesse a melhor pesquisa contrária a essa ideia considerada tão perigosa. Louis Pasteur, motivado pelo prêmio Alhumbert, resolveu dedicar-se então a essa questão.

No início de 1860 ele era apenas um jovem químico (com 37 anos de idade) que havia estudado fenômenos de cristalografia, de compostos orgânicos assimétricos e de fermentação alcoólica. Ele havia defendido que a fermentação ocorre por causa de micro-organismos que se reproduzem e produzem transformações químicas no meio onde estão; e em alguns casos parecia que esses fermentos haviam surgido espontaneamente. Sob o ponto de vista de suas próprias pesquisas, ele não tinha nenhum elemento decisivo sobre o tema. E, não sendo um biólogo, provavelmente não tinha um conhecimento profundo do assunto. No entanto, parece que desde o início ele adotou uma postura contrária à geração espontânea, e isso só poderia ter sido motivado por fatores extra científicos. Sabe-se que Pasteur foi um adepto entusiasta de Louis Napoléon e da nova monarquia francesa. Sabe-se que seus valores eram os descritos acima – era um católico convicto, defendia a intervenção de Deus na natureza, atacava o materialismo, era conservador, monarquista.

Assim, conforme a situação da época na França, havia uma forte motivação para que ele atacasse e tentasse mostrar que a geração espontânea não existia. É provável que desde o início de seus estudos sobre geração espontânea ele já tivesse adotado uma posição contrária e quisesse apenas encontrar fatos que justificassem sua opinião. Nos seus primeiros experimentos, Pasteur tentou mostrar que não surgiam micro-organismos quando se fervia água contendo levedo de cerveja, desde que esse líquido fosse mantido sem contato direto com o ar ambiente. Continuavam não

aparecendo infusórios ou bolores quando se introduzia ar que tinha sido aquecido a uma alta temperatura (um experimento que já havia sido feito antes por Theodor Schwann). Mas, se fosse introduzido um pedaço de algodão contendo poeira, logo apareciam micro-organismos em grande quantidade no líquido. A interpretação de Pasteur era que a infusão não produzia geração espontânea, e que os infusórios surgiam apenas porque a poeira continha alguns micro-organismos, ou seus ovos, ou esporos. No entanto,

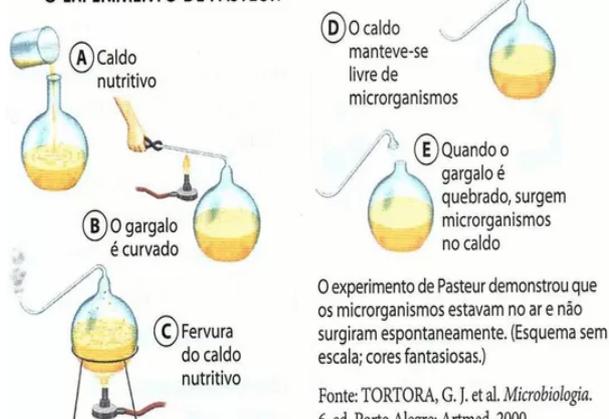
Pasteur não mostrou, por análise microscópica, que realmente houvesse micro-organismos na poeira.

A partir dessas primeiras pesquisas, Pasteur elaborou um trabalho que submeteu à comissão do Prêmio Alhumbert. Pouchet, Joly e Musset também se inscreveram, porém depois perceberam que a comissão era totalmente contrária à heterogenia, e retiraram seus trabalhos. Assim, o único candidato foi Pasteur, que recebeu o prêmio em dezembro de 1862.

OS EXPERIMENTOS NAS MONTANHAS

Os heterogenistas acreditavam que sempre surgiriam micro-organismos em recipientes nos quais houvesse água, ar e material orgânico. No caso dos experimentos de Pasteur, supunham que submeter o ar a uma alta temperatura podia prejudicar sua capacidade de produzir vida. Os críticos da heterogenia acreditavam que podiam existir água, ar e material orgânico sem o surgimento de micro-organismos – eles só apareceriam se fosse introduzido ar externo, ou algum outro agente, que contaminasse a infusão. Mas se fosse introduzido ar livre de germes, não deveriam surgir micro-organismos no líquido. **Pasteur** imaginou que a grandes altitudes, na atmosfera, não deveriam existir germes, ou apenas muito poucos; e que o ar de grandes altitudes não produziria o surgimento de micro-organismos nas infusões. Para testar essa ideia, elaborou em 1860 um experimento interessante. Preparou vários balões de vidro, enchendo-os com água de levedo de cerveja fervida e filtrada, retirando o ar de seu interior e lacrando a abertura dos balões com a chama de um maçarico. Não apareciam micro-organismos nesses balões, quando eram conservados fechados. Ele subiu então uma montanha, levando muitos desses balões, que abriu a diferentes alturas, lacrando-os logo em seguida novamente com o maçarico.

O EXPERIMENTO DE PASTEUR



Obteve os seguintes resultados: dos 20 balões que haviam recebido o ar do campo, oito continham corpúsculos organizados; dos 20 abertos sobre uma das montanhas do Jura (850 metros de altitude), cinco continham produções organizadas e dos 20 que foram abertos próximo a Mer de Glace (a 2.000 metros de altitude), somente um se alterou. Este experimento confirmava a ideia de Pasteur de que quanto maior fosse altitude, menor seria a quantidade de corpúsculos organizados que iria se desenvolver na infusão.

Trazia, portanto, evidências contrárias à geração espontânea. Pasteur não provou que a geração espontânea não existe.

Ele também não provou que os experimentos de Pouchet e seus companheiros estavam errados. A única coisa que Pasteur mostrou é que certos experimentos que ele fez deram resultados contrários às expectativas dos heterogenistas; Estabelecendo assim, a concepção de que **“um ser vivo somente pode surgir de um outro ser vivo pré-existente”**.

Até hoje não temos uma resposta definitiva para a questão da origem da vida na Terra. Por um lado, não temos a possibilidade de viajar no tempo e ver como surgiram os primeiros seres vivos existentes no nosso planeta; nem temos esperanças de que tenham restado vestígios fósseis deles, pois deveriam ser muito pequenos e frágeis. Assim, não podemos confirmar diretamente (por observações) como se deu o surgimento dos primeiros animais e plantas. No entanto, se fosse possível produzir alguns seres vivos em laboratório, de forma artificial (sem partir de outros seres vivos já existentes), seria estabelecida a possibilidade de que a vida pudesse ter se originado espontaneamente na Terra, no passado. Por outro lado, se tentarmos produzir seres vivos em laboratório e não conseguirmos, isso não prova que a geração espontânea seja impossível.

HIPÓTESES MODERNAS SOBRE A ORIGEM DA VIDA

A PANSPERMIA OU TEORIA DOS COSMOZOÁRIOS

A hipótese da panspermia ou cosmozoica (numa tradução literal, panspermia significaria, “sementes de todo lugar”), elaborada por **Svant Arrhenius** em 1908, defende que a vida teria chegado à Terra em meteoritos e cometas. Essa ideia surgiu a partir da constatação de que meteoritos e cometas chegam frequentemente ao planeta contendo matéria orgânica (inclusive aminoácidos e bases nitrogenadas). No começo do século XIX, isso havia sido constatado, tendo sido inclusive encontrados ácidos nucleicos como DNA e RNA em meteoritos. Arrhenius acreditava que micro-organismos



poderiam ter vindo nesses meteoritos. Eles até foram chamados de cosmozoários ("micro-organismos cósmicos"). Por mais que haja críticas, os defensores da panspermia possuem argumentos que tornam a ideia, se não provável, pelo menos viável. Talvez, o maior problema dessa ideia seja que ela exporta para fora da Terra a origem da vida. Se já é difícil elaborar uma explicação para a origem da vida na Terra, um ambiente conhecido (e que nós sabemos que existe...), imagine a dificuldade de se imaginar a origem da vida em um lugar que não se conhece, e que nem se sabe se existe? Por isso, talvez, por mais que a panspermia não deva ser destacada, é mais viável que se procure uma solução terrestre para a origem da vida.

A ideia da panspermia tem lá seus problemas. Nos últimos anos, alguns pesquisadores têm aventado a possibilidade de que meteoritos, cometas e poeira espacial (sim, isso existe e está o tempo todo caindo dos céus sobre nossas cabeças...) tenham trazido a matéria orgânica que deu origem à vida na Terra. Por esse raciocínio, se os primeiros micro-organismos não podem ter vindo do espaço, talvez pelo menos a matéria-prima para originá-los tenha vindo.

As ideias a favor são que, nos primórdios da Terra, a queda de meteoritos e cometas era bem mais frequente que nos dias de hoje, possibilitando talvez o acúmulo de matéria orgânica em quantidades suficientes para dar origem à vida. As ideias contra são que essa quantidade de matéria orgânica que chega à Terra do espaço, em pequenas quantidades, não seria suficiente para originar as primeiras formas de vida.

A CRIAÇÃO DIVINA OU CRIACIONISMO

Os maiores defensores das ideias de criação divina argumentam que os organismos vivos são de tal modo complexo que não poderiam ser frutos de fenômenos naturais. Baseado na premissa de que uma coisa complexa é algo cujas partes constituintes encontram-se arranjadas de tal modo que não seja provável esse arranjo ter ocorrido somente por acaso, **o criacionismo defende um Projeto Inteligente estabelecido por uma mente (Criador) que estabeleceu um design de montagem do universo e dos seres vivos que nele habitam.** No entanto, como estabelecer que uma coisa seja complexa? Como reconhecê-la? Em que sentido vale dizer que um relógio, um carro, uma minhoca e uma pessoa são complexas, ao passo que a Lua é simples?

O primeiro atributo que poderia nos ocorrer como necessário a uma coisa complexa é a heterogeneidade de sua composição.

Com questionamentos como estes e baseados no gênese bíblico, o criacionismo ganhou nos últimos séculos uma 'roupagem' para se enquadrar em algumas descobertas científicas e passou à criacionismo 'científico'.

A hipótese de Criação Especial apresenta seis proposições:

- Todas as coisas criadas constituem o produto de um ato único e soberano por parte de um Criador (Deus) onisciente, onipotente, e pessoal, o qual não depende da Sua criação para Sua existência, nem é parte da mesma;

- Todas as coisas foram criadas no princípio, de forma completa, com toda a complexidade necessária, com toda a diversidade básica, com uma idade aparente;
- Todo o universo criado é ainda jovem (criação recente); Proposta: milhares de anos.
- O planeta Terra experimentou na sua existência um dilúvio universal recente. (Catastrofismo)
- Nos organismos vivos a diversidade dentro das espécies é resultado do processo de microevolução. Contudo, a diversidade de espécies não é produto da macroevolução.
- Existem evidências substanciais na biosfera, acima da biosfera e abaixo da biosfera que comprovam as cinco primeiras proposições da Teoria da Criação Especial.

A HIPÓTESE NATURALISTA OU EVOLUÇÃO PRÉ-BIÓTICA

Os aminoácidos são fundamentais para a vida. No mundo atual eles são produzidos por intermédio das proteínas, no interior das células. Para a vida ter surgido, eles precisariam ter sido produzidos por processos abióticos (inorgânicos). A proposta **Oparin-Haldane** é que os aminoácidos teriam sido produzidos a partir de moléculas carbonadas mais simples, num ambiente redutor. Nos anos 1950, Harold Urey (1893-1981) argumentou que a atmosfera da Terra, em sua origem, era parecida com a dos planetas gasosos (Júpiter, Saturno, Urano e Netuno). Eles teriam mantido suas atmosferas quase inalteradas por causa da grande massa (alta gravidade) e baixa temperatura (distantes do Sol). Os planetas rochosos (Mercúrio, Vênus, Terra e Marte) as teriam perdido pela baixa gravidade e pela proximidade do Sol, que teria dissociado as moléculas pela ação dos raios UV e que produz alta temperatura atmosférica. Como Júpiter e seus parceiros gasosos têm atmosfera rica em amônia (NH₃), metano (CH₄) e hidrogênio (H₂), assim também teria sido a atmosfera primitiva da Terra e dos outros planetas rochosos.

A hipótese de Urey entusiasmou seu aluno Stanley Miller. Ele conhecia a teoria de Oparin de que os aminoácidos poderiam se formar por processos abióticos numa atmosfera redutora e decidiu colocar isso à prova no laboratório. Em **1953**, montou um experimento mimetizando os processos atmosféricos, em que um gás de **amônia, metano e hidrogênio** passava por uma câmara onde havia descargas elétricas, depois era condensado num recipiente de água e evaporado novamente, num ciclo contínuo. Em poucos dias se formou um precipitado rico em aminoácidos. Esse resultado é espetacular e abriu horizontes novos para o entendimento da origem da vida.

O ponto de partida dessa hipótese são as supostas condições que devem ter existido na Terra primitiva. Tais condições, segundo alguns cientistas, eram:

- Os gases predominantes na atmosfera da Terra primitiva eram, principalmente, a **amônia (NH₃)**, o **metano (CH₄)**, o **hidrogênio (H₂)** e o **vapor d'água (H₂O)**. Esses gases teriam se originado das rochas fundidas, quando a superfície do nosso planeta ainda se encontrava solidificada, e das atividades vulcânicas que, conforme se sabe, liberam quantidades significativas de vapor d'água e outros gases. Assim, os gases que predominavam na atmosfera primitiva não eram os mesmos que agora predominam em nossa atmosfera (N₂ e O₂).

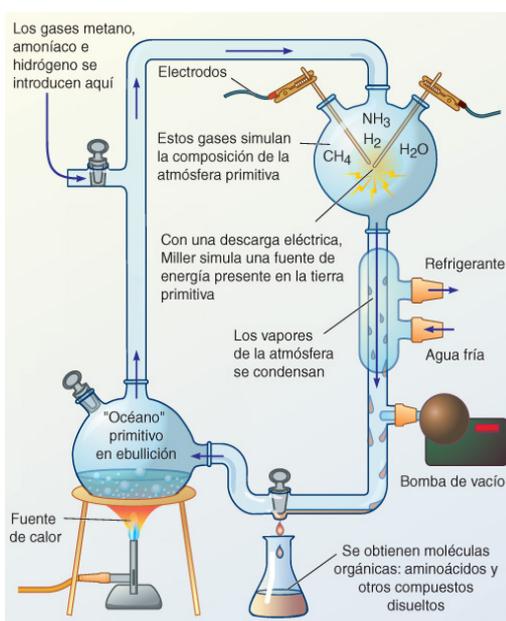
- A condensação do vapor d'água originava chuvas que caíam sobre a crosta bastante aquecida. Com isso, a água evaporava rapidamente e novas condensações originavam constantes tempestades que eram acompanhadas por inúmeras descargas elétricas (raios).
- Não existia ainda uma camada de ozônio (O₃) perfeitamente formada, o que acarretava um verdadeiro "bombardeio" na superfície terrestre por radiações ultravioleta de alta intensidade.

Partindo dessas supostas condições que teriam existido na Terra primitiva, Oparin imaginou que a alta temperatura do planeta e a ocorrência de descargas elétricas na atmosfera pudessem ter provocado reações químicas entre os gases (amônia, metano, hidrogênio e vapor d'água), fazendo surgir compostos orgânicos como aminoácidos, monossacarídeos, ácidos graxos, etc. Esses compostos orgânicos formados na atmosfera teriam se precipitado, junto com a água das chuvas, na superfície do planeta. Devido à alta temperatura da superfície, a água retornava rapidamente à atmosfera por evaporação, deixando os compostos orgânicos sobre as rochas bastante aquecidas.

Em 1953, **Stanley Miller** construiu uma aparelhagem por meio da qual procurou recriar as supostas condições da nossa atmosfera primitiva. Colocou num balão de vidro: amônia, metano, hidrogênio e vapor d'água. Submeteu esses gases ao aquecimento prolongado e a constantes descargas elétricas de alta intensidade. Depois de certo tempo, Miller constatou a formação de alguns aminoácidos no interior de sua aparelhagem.

Miller, com o seu experimento, comprovou que é possível, sob certas condições especiais, formar aminoácidos abiogeneticamente, isto é, sem a participação de seres vivos. Se, experimentalmente, isso pode ocorrer, por que não poderia também ter ocorrido em condições naturais na nossa atmosfera primitiva?

Um outro cientista, Melvin Calvin, realizou experimentos semelhantes ao de Miller; porém, bombardeou os gases da atmosfera primitiva com radiações e obteve, entre outros, compostos orgânicos do tipo carboidrato.



Experimento de Stanley Miller.

A EVOLUÇÃO DAS MEMBRANAS GEROU O ISOLAMENTO PARCIAL

O isolamento parcial do ambiente circundante pôde ser atingido em agregados de moléculas pré-bióticas produzidas artificialmente. Chamados de **protobiontes**, tais agregados não se reproduziam, mas mantinham um ambiente químico interno diferente daquele que o rodeava.

Na década de 1920, o cientista russo Alexander Oparin observou que protobiontes se formavam pela agitação de uma mistura contendo proteínas e polissacarídeos. Seu interior, rico desses compostos orgânicos, estava separado da solução aquosa ao seu redor, cujas concentrações de proteínas e polissacarídeos eram muito menores. Esses protobiontes, conhecidos como coacervados, são bastante estáveis e podem se formar a partir de soluções de vários tipos de polímeros.

Os coacervados de Oparin também exibiam uma forma simples de metabolismo. Eles absorviam substratos, catalisavam reações e deixavam os produtos se difundirem para o meio. Entretanto, como os coacervados não possuíam membranas lipídicas externas, eles diferiam dos precursores da vida mais prováveis. Outros protobiontes, chamados microesferas, se formam quando um conjunto de vários compostos orgânicos artificiais é misturado com água. Se esse conjunto de compostos inclui lipídeos, a superfície da microesfera consistirá de uma bicamada lipídica, similar àquela encontrada nas membranas celulares.

OS COMPONENTES DA MEMBRANA TORNARAM-SE DISPOSITIVOS TRANSDUTORES DE ENERGIA

As moléculas que absorvem luz visível ou próxima à ultravioleta – chamadas cromóforos – foram parte, provavelmente, da membrana lipídica de alguns protobiontes. Quando a luz atingiu os protobiontes que possuíam cromóforos em suas membranas, um potencial elétrico se formou na membrana. Esses protobiontes puderam tornar-se dispositivos transdutores de energia.

Dado um fluxo contínuo de luz, reações de oxidação-redução são possíveis se os elétrons forem conduzidos de um lado a outro da membrana. Reações tipo ácido-base também são possíveis se os prótons forem conduzidos ao longo da membrana. Esses dois tipos de reações podem estar associados, pois são dirigidos pelo mesmo potencial elétrico. Hoje, a principal rota do fluxo de energia biológica é da radiação solar para a formação de um composto oxidado, um composto reduzido e algum tipo de fosfato. A universalidade desse processo sugere que ele deve ter sido característico das primeiras formas de vida e que a protovida deve ter sido dirigida primariamente pela energia solar.

HIPÓTESE HETEROTRÓFICA

O estudo dos fósseis mais antigos revela que aproximadamente 3,5 bilhões de anos separam os nossos dias do período em que a Terra conheceu as primeiras formas de vida. Estudos geológicos, por sua vez, indicam que o nosso planeta tem idade em torno de 4,5 a 5 bilhões de anos. Portanto, durante parte de sua existência, a Terra foi um planeta despovoado. Durante esse período é que teriam ocorrido os fenômenos relacionados por Oparin em sua hipótese.

Ainda de acordo com a hipótese heterotrófica, as primeiras células surgidas nos mares primitivos devem ter sido heterótrofos. Sabe-se que o mecanismo enzimático dos autótrofos é muito mais complexo do que o dos heterótrofos. Num processo evolutivo qualquer, surgem, primeiramente, as estruturas mais simples que, por meio de modificações, vão se tornando cada vez mais complexas. Assim, o processo evolutivo dos seres vivos ocorrido na natureza não deve ter sido diferente. Com base nesse raciocínio, é mais lógico admitir que os primeiros seres vivos, dotados de mecanismos enzimáticos mais simples, devem ter sido **heterótrofos**. Daí se falar em hipótese heterotrófica. Essa hipótese admite que esses primeiros seres vivos heterótrofos obtinham no próprio meio em que viviam, isto é, nos mares primitivos, o alimento necessário para sua manutenção e sobrevivência. Lembre-se de que, de acordo com Oparin, os mares primitivos eram verdadeiras "sopas orgânicas".

Como esses primeiros seres vivos obtinham energia dos alimentos? Seriam eles aeróbios ou anaeróbios? Como o mecanismo enzimático da respiração aeróbia é mais complexo do que o da respiração anaeróbia e como no meio ambiente ainda não existia o oxigênio livre (O_2), é de se supor que tenham sido **anaeróbios**, obtendo energia dos alimentos através da **fermentação** (processo anaeróbio de obtenção de energia).

Com a evolução, algumas células adquiriram a capacidade de sintetizar a clorofila ou pigmento semelhante. Com capacidade de reter e de utilizar a energia da luz solar, tornou-se possível a realização da fotossíntese. Surgiram, então, **os primeiros autótrofos fotossintetizantes**. Como esses seres passaram a eliminar o O_2 no meio ambiente, isso possibilitou o surgimento de seres de respiração aeróbia, isto é, os aeróbios.

A bióloga evolucionista **LYNN MARGULIS** acredita que esse precioso gás dos dias atuais, teria sido um problema para grande parte das formas de vida existente primitivamente. Isso ocorreria devido aos seres não terem desenvolvido processos que pudessem proteger a célula de seu efeito oxidativo. **A morte e provável extinção de uma série de seres vivos em decorrência deste fenômeno foi batizado de holocausto do oxigênio.**

Com o tempo, além de ancestrais procariotos terem desenvolvido sistemas químicos antioxidantes, passaram a utilizar seu poder oxidativo para quebrar compostos orgânicos na obtenção de energia. Assim, tínhamos o surgimento dos **procariotos heterotróficos aeróbicos (respiração celular)**. Hoje a respiração celular tornou-se um metabolismo predominante nos seres vivos, devido sua eficiência na obtenção energética.

Conforme acabamos de ver, segundo a hipótese heterotrófica sobre a origem da vida, os principais fenômenos bioquímicos relacionados com a obtenção e com o gasto de energia surgiram na Terra na seguinte sequência:

Fermentação → Fotossíntese → Respiração aeróbia

A hipótese heterotrófica, embora ainda seja uma das mais aceitas atualmente, também tem suas restrições. Ela não explica, por exemplo, como se deu o surgimento do código

genético, ou seja, como no início da vida as moléculas de ácidos nucleicos assumiram o controle da síntese de proteínas. Lembre-se de que, nas células atuais, a síntese de proteínas está diretamente ligada às informações existentes nas moléculas do DNA (há uma correspondência entre as tríades do DNA e o aminoácido que será introduzido na molécula proteica). O surgimento do código genético continua sendo um grande mistério.

HIPÓTESE AUTOTRÓFICA ou QUIMIOLITOAUTOTRÓFICA

A **hipótese autotrófica** difere da heterotrófica pelo fato de admitir que os primeiros seres vivos da Terra seriam autótrofos, isto é, capazes de fabricar seu próprio alimento. Essa ideia é aparentemente lógica, uma vez que todo ser vivo necessita de alimento. E, como a primeira forma de vida não dispunha de nenhum outro ser vivo para lhe servir de alimento, ela deveria, para sobreviver, ser autótrofa. No entanto, sabe-se que as reações do metabolismo autótrofo são muito complexas. É aí que está a restrição à hipótese autotrófica: se os primeiros seres vivos eram autótrofos, deveriam ter mecanismos enzimáticos complexos, o que contraria a Teoria da Evolução. Segundo a teoria evolucionista, é mais lógico supor que as primeiras formas de vida tenham sido extremamente simples e que, ao longo do tempo, por meio de um lento e progressivo processo evolutivo, foram se tornando cada vez mais complexas, originando toda essa variedade de organismos que conhecemos.

Apesar de a hipótese heterotrófica ainda ser uma das mais aceitas pela comunidade científica, a hipótese autotrófica tem ganhado cada vez mais adeptos entre os cientistas, notadamente a partir de 1997, quando ocorreu a descoberta das chamadas fontes termais submarinas (locais de onde emanam gases quentes e sulfurosos que saem de aberturas no assoalho marinho). Nesses locais, existe vida abundante, tendo, na base da cadeia alimentar, bactérias autótrofas, que não realizam fotossíntese, uma vez que não existe luz nessas profundezas. Esses seres, genericamente chamados de **quimiolitoautotróficos** (do grego litós, rocha), na realidade fazem **quimiossíntese**, utilizando energia liberada por reações entre componentes inorgânicos para fabricar suas próprias substâncias alimentares. A descoberta das bactérias que vivem nas fontes termais acendeu ainda mais entre alguns pesquisadores a ideia de que os primeiros seres vivos eram autótrofos e teriam surgido nesse tipo de ambiente. Assim, segundo a hipótese autotrófica, a quimiossíntese teria surgido primeiro. Depois, teriam surgido a fermentação, a fotossíntese e, finalmente, a respiração aeróbia.

HIPÓTESE SIMBIOTICA (ENDOSSIÓMBIOSE SEQUENCIAL) PARA ORIGEM DAS MITOCÔNDRIAS E CLOROPLASTOS.

Notadamente o aparecimento de oxigênio favoreceu uma série de mudanças ambientais. Além da transformação da atmosfera, que passou de redutora a oxidante, foi a formação da camada de ozônio (O_3) na estratosfera. Foi a

filtração da radiação ultravioleta pela camada de ozônio que permitiu a colonização de ambientes de terra firme expostos à luz solar.

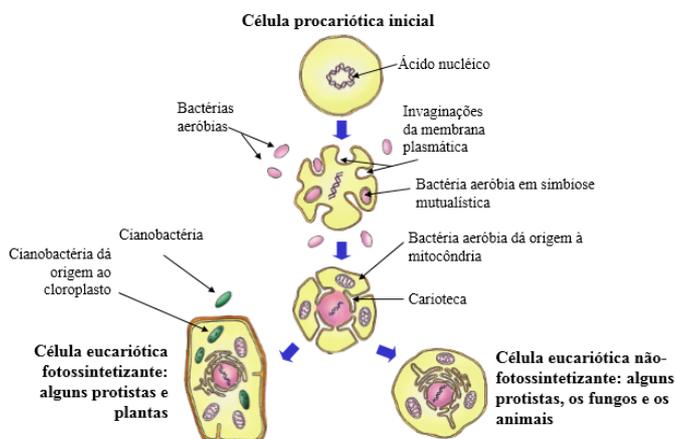
Temos que num ambiente com oxigênio, a competição tenha favorecido claramente aos aeróbios, mais eficientes em processar seus alimentos. Assim, restaria aos anaeróbios à extinção, a ocupação de habitats sem oxigênio (como alguns fazem até hoje, em certas áreas do solo) ou se associarem simbioticamente aos aeróbios. Esta última seria a **hipótese simbiogênica de Lynn Margulis**, oficializada em 1981 em seu livro *Symbiosis in Cell Evolution*.

Esta proposta, afirma que **alguns procariotos anaeróbios teriam englobado seres aeróbios sem efetuar a digestão do mesmo**. Ao contrário, a célula anaeróbia teria se beneficiado da energia produzida pelo procarioto incorporado, e proteção da ação tóxica promovida pelo oxigênio. Em benefício mútuo, forneceria proteção à célula aeróbia menor.

Tempos depois de estabelecida esta relação, **alguns eucariontes iniciaram outra simbiose, agora com cianobactérias**. Esta relação demonstrou-se tão vantajosa, que se perpetuou. Assim, teriam surgido os atuais cloroplastos.

O embasamento para esta hipótese seria, entre outros, o fato de **mitocôndrias e cloroplastos possuírem duas membranas, DNA próprio, RNA e ribossomos para a síntese de seus exclusivos polipeptídeos (proteínas)**. Além disso, estas organelas atuais apresentam capacidade de autoduplicação independente da célula, controlado por seu próprio material genético.

Por fim, vale salientar que mitocôndrias é a exceção à universalidade do código genético, o que também é um forte indício de sua origem externa à célula. Atualmente existem alguns protozoários, como o *Palomyxa palustris*, que não possuem mitocôndrias, havendo em seu lugar bactérias aeróbicas endomutualísticas. Da mesma maneira, o *Cyanophora paradoxa* não apresenta cloroplastos, mas cianobactérias mutualísticas com a mesma função.



HIPÓTESE DE ROBERTSON (ROBERTSONIANA) PARA A ORIGEM DO SISTEMA DE ENDOMEMBRANAS

A partir do momento em que células procarióticas tornaram suas membranas livres das funções oxidativas, já que as "mitocôndrias" mutualísticas já estariam realizando tal função, uma série de processos teriam favorecido o aparecimento do sistema de endomembranas. Segundo a **hipótese de ROBERTSON**, as membranas celulares passaram por processos de **evaginações (dobras externas) e invaginações (dobras internas) que justificariam o aparecimento de organelas (sistema de endomembranas) e a carioteca (membrana nuclear)**. As evidências para esta hipótese encontram-se fundamentadas na composição química idêntica da membrana plasmática, organelas membranosas e carioteca. Desta forma, a hipótese de endossimbiose e a hipótese do sistema de endomembranas explicariam o surgimento de células eucarióticas por volta de 2 bilhões de anos atrás.

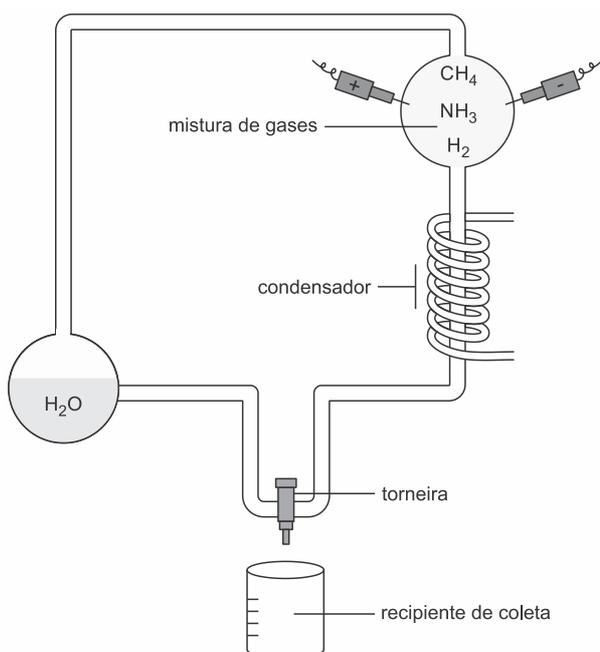
EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

01. (UEL 2019) Um dos temas mais controversos da história da ciência diz respeito à origem da vida, pois existia a dúvida se ela teria surgido pela abiogênese (geração espontânea) ou pela biogênese. Por séculos, inúmeros pesquisadores propuseram e desenvolveram explicações, por meio de experimentos, como consequência de diferentes olhares.

Com base nos conhecimentos sobre abiogênese e biogênese, assinale a alternativa que relaciona, corretamente, o pesquisador, a hipótese por ele defendida e o experimento que deu sustentação para sua defesa.

- a) John Tuberville Needham defendeu a abiogênese por meio de experimentos que demonstraram o surgimento de microrganismos em um caldo de carne aquecido e mantido em recipientes fechados.
- b) Jean-Baptiste van Helmont defendeu a biogênese por meio de experimentos que demonstraram o surgimento de larvas em pedaços de carne em putrefação.
- c) Lazzaro Spallanzani defendeu a biogênese por meio de estudos que demonstraram a origem da matéria que permitia o crescimento das plantas em vasos.
- d) Felix Pouchet defendeu a biogênese por meio de experimentos a partir dos quais surgiam microrganismos pela fervura de um caldo nutritivo em frascos de vidro.
- e) Louis Pasteur defendeu a abiogênese por meio de experimentos com uma mistura aquecida de água, feno e gás oxigênio (O_2), a partir da qual surgiam microrganismos.

02. (MACKENZIE 2019) A figura abaixo representa um clássico experimento na pesquisa sobre origem da vida.



Fonte da Ilustração: <http://www.planetabio.com.br/origem.html> (Acesso em 04 abr. 2019)

É correto afirmar que

- a) através dessa simulação, Louis Pasteur contestou de forma definitiva a teoria da abiogênese.
- b) pela simulação das supostas condições da Terra primitiva, foi possível formar matéria orgânica em condições abióticas.
- c) os defensores da panspermia cósmica obtiveram evidências da participação de elementos extraterrestres na formação da vida na Terra.
- d) houve a comprovação da atuação da energia vital na formação do primeiro ser vivo.
- e) as primeiras moléculas orgânicas surgiram de reações químicas em ambiente aeróbico.

03. (UECE 2019) Relacione, corretamente, as teorias sobre a origem da vida com suas respectivas características, numerando os parênteses abaixo de acordo com a seguinte indicação:

1. Abiogênese
2. Biogênese
3. Panspermia
4. Evolução molecular

() Afirma que a vida na Terra teve origem a partir de seres vivos ou de substâncias precursoras da vida proveniente de outros locais do cosmo.

() Surgiu a partir de evidências irrefutáveis de testes rigorosos realizados por Redi, Spallanzani, Pasteur e outros que chegaram à conclusão de que seres vivos surgem somente pela reprodução de seres da sua própria espécie.

() Considera que a vida surgiu por mecanismos diversos como, por exemplo, a partir da lama de lagos e rios, além da reprodução.

() A vida é resultado de um processo de evolução química em que compostos inorgânicos se combinam, originando moléculas orgânicas simples que se combinam produzindo moléculas mais complexas, até o surgimento dos primeiros seres vivos.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- a) 4, 1, 3, 2.
b) 3, 2, 1, 4.
c) 1, 4, 2, 3.
d) 2, 3, 4, 1.

04. (FCMMG 2018)

“Tétis entrega as novas armas a seu filho Aquiles e cuida do corpo de Pátroclo” ...

“Mãe, estas armas que Hefesto me enviou, dizem bem com os trabalhos dos imortais; nenhum homem seria capaz de forjá-las. Vou para a luta aprontar-me, envergando-as; mas tenho receio de que entrementes as moscas penetrem nas chagas abertas pelo cruel bronze no corpo do filho do claro Menécio (Pátroclo) e criem larvas, afeando, dessa arte, o cadáver do amigo - ah, sem mais vida nenhuma - e estragando-lhe a bela aparência”.

ILÍADA - Homero, Canto XIX, v. 21-7.

Há mais de 2.500 anos, muito antes de Francesco Redi (1626 - 1697), podemos afirmar que os gregos:

- a) eram adeptos da Geração Espontânea.
- b) foram os primeiros que demonstraram a veracidade da Abiogênese.
- c) acreditavam que a matéria orgânica em decomposição gerava larvas.
- d) sabiam que as moscas eram responsáveis pelas larvas que surgiam nos cadáveres.

05. (UECE 2018) De acordo com as teorias sobre a origem da vida, é correto afirmar que

- a) a biogênese representa as teorias que consideravam possível o surgimento da vida a partir de compostos inorgânicos e de outros mecanismos que não sejam a reprodução.
- b) a teoria da geração espontânea ou abiogênese considera que os seres vivos surgem somente pela reprodução, indiferente das espécies envolvidas nesse evento.
- c) segundo a panspermia, a vida teve origem a partir de seres vivos oriundos de outros locais do cosmo: essa é a teoria mais aceita até hoje em função das comprovadas atividades extraterrestres na Terra.
- d) para a teoria da evolução molecular, a vida é resultado da combinação de compostos inorgânicos em moléculas orgânicas simples que se complexaram até atingirem a capacidade de autoduplicação e metabolismo.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UDESC 2018) Assim como nos séculos passados, também hoje, o ser humano busca o autoconhecimento para compreender sua relação com a natureza e com a sociedade. Nesse sentido, surgem algumas perguntas como "Quem somos nós?", "De onde viemos?", "Para onde iremos?". Na tentativa de responder a essas perguntas, e explicar como teria surgido a vida em nosso planeta, várias hipóteses foram formuladas por filósofos e cientistas, ao longo dos séculos.

Assinale a alternativa correta em relação às principais hipóteses sobre a origem da vida.

- a) A hipótese do Fixismo não acompanha as narrações religiosas sobre a criação da vida na Terra e tem como princípio a geração espontânea.
- b) Em 1936, Alexander Oparin propõe uma explicação para a origem da vida sobre determinadas condições da atmosfera primitiva que propiciou o desenvolvimento de uma "sopa de proteínas" no ambiente aquático, dando origem aos coacervados, caracterizados como "células primitivas".
- c) A hipótese da geração espontânea propôs que os seres vivos teriam surgido nas profundezas do mar, na ausência de luz e oxigênio.
- d) A Cosmogenia é a hipótese que admite que a vida foi "implantada" na terra por motivações de seres extraterrestres.
- e) Alexander Oparin comprovou sua hipótese da origem da vida simulando a formação de coacervados por meio de experimentos controlados em laboratório e, por isso, esta hipótese é amplamente aceita pela comunidade científica.

02. (UCS 2017) Uma das hipóteses do surgimento dos primeiros seres vivos apoia-se no fato de que a fonte de alimentos seria constituída de moléculas orgânicas produzidas de modo abiogênico, as quais se acumulavam nos mares e lagos primitivos. Os primeiros seres vivos eram organismos muito simples, que ainda não teriam desenvolvido a capacidade de produzir substâncias alimentares, utilizando as substâncias orgânicas disponíveis no meio.

Essa hipótese é denominada de

- a) panspermia.
- b) heterotrófica.
- c) geração espontânea.
- d) autotrófica.
- e) abiogênica.

03. (UPE-SSA 2017) Para explicar os fenômenos naturais, a ciência precisa de um bom observador e de experimentos que reproduzam, em parte, tais fenômenos. E foi o que Francesco Redi (1626-1698) fez para provar a Teoria da Biogênese. Nessa mesma época, havia outros cientistas que reforçavam a Hipótese da Geração Espontânea com diferentes experimentos.

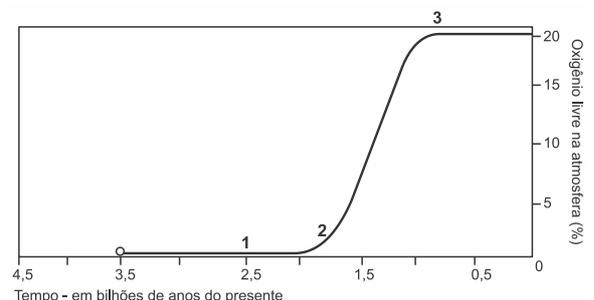
Assinale a alternativa que relaciona CORRETAMENTE o primeiro experimento de Redi, para provar a Biogênese, com o segundo experimento que sustentava a Abiogênese.

	Biogênese	Abiogênese
a)	Frascos contendo pedaços de carne, tampados com gaze e abertos.	Caldo de carne fervido em frascos de vidro e depois tampados e repousados por alguns dias.
b)	Caldo nutritivo fervido num recipiente até ficar estéril e fechado por algumas semanas. Posteriormente aberto.	Farrapos de tecidos guardados e monitorados, observando a presença de organismos.
c)	Substâncias nutritivas fervidas em balões de vidros hermeticamente fechados e posteriormente levadas ao microscópio.	Observação de insetos em diferentes estágios de putrefação de animais mortos.
d)	Gases e vapor d'água injetados em balões de vidro para simular a atmosfera.	Frutos deixados ao ar livre e abertos após alguns dias.
e)	Substâncias naturais orgânicas, injetadas em pedaços de carne.	Pedaços de carne e frutas frescas levados in natura para o microscópio.

04. (UECE 2017) Em relação às teorias sobre a origem da vida, é correto afirmar que a

- a) teoria da geração espontânea ou biogênese motivou Jean Baptista van Helmont a propor uma receita para produzir ratos usando camisas sujas e grãos de trigo.
- b) expansão do conhecimento científico e a realização de experimentos rigorosos por Redi, Spallanzani, Pasteur e outros forneceram evidências da abiogênese.
- c) panspermia afirma que a vida na Terra originou-se a partir de seres vivos ou substâncias precursoras da vida oriundas de outros locais do cosmo.
- d) teoria da evolução química ou molecular admite que a vida é resultado da evolução química de compostos orgânicos em inorgânicos.

05. (UFRGS 2016) O gráfico abaixo apresenta a variação do nível de oxigênio na atmosfera em função do tempo.

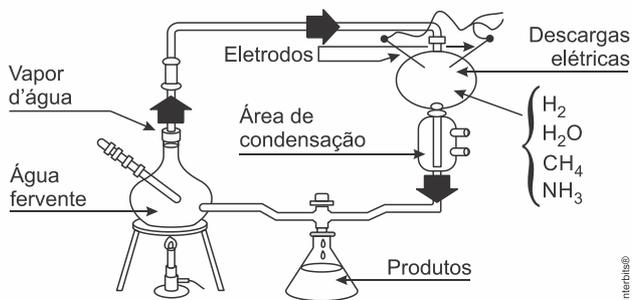


Adaptado de: DOTT, R., PROTHERO, D. *Evolution of the earth*. New York: McGraw-Hill, 1994.

Sobre o gráfico e os eventos nele assinalados, é correto afirmar que

- a) três bilhões de anos antes do presente não havia vida devido à escassez de oxigênio.
- b) o evento 1 corresponde aos primórdios do surgimento da fotossíntese.

- c) a respiração celular tornou-se possível quando os níveis de O_2 na atmosfera atingiram uma concentração próxima à atual.
d) o evento 2 refere-se à formação da camada de ozônio.
e) o evento 3 dá início à utilização da água como matéria-prima para a produção de oxigênio.

06. (IFCE 2016)

O esquema acima representa o aparelho projetado por Stanley Miller e Urey em meados do século passado. Por esse engenhoso sistema circulavam hidrogênio (H_2), vapor de água (H_2O), metano (CH_4) e amônia (NH_3) e, através de eletrodos, era fornecida energia na forma de descargas elétricas, simulando assim as condições da atmosfera primitiva do planeta Terra.

Após algum tempo, Miller e Urey observaram, como resultado de reações químicas, a formação de produtos como aminoácidos, carboidratos e ácidos graxos simples, que foram se acumulando.

Sobre a hipótese que este experimento corroborou sobre a origem da vida no planeta Terra, é correto afirmar que

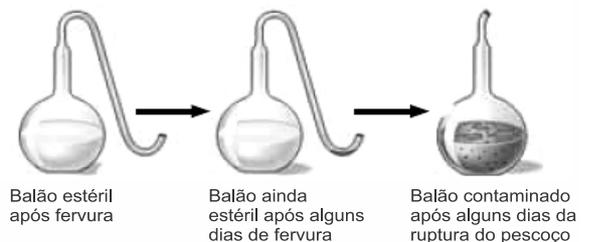
- a) reforça a evolução gradual dos sistemas químicos, onde os gases da atmosfera primitiva formaram, espontaneamente, os compostos orgânicos que originaram as primeiras formas de vida no planeta Terra.
b) fortalece a hipótese do criacionismo, exatamente como está escrito em Gênesis, primeiro livro da Bíblia, pois em nenhum momento do experimento ilustrado acima surgiram formas de vida, mas apenas substâncias orgânicas simples.
c) reforça a hipótese cosmozoica, que defende que a vida (microrganismos) foi transportada casualmente para o planeta Terra, através de meteoritos e cometas que viajavam pelo espaço e se chocaram com a superfície terrestre.
d) fortalece a teoria da abiogênese, que afirmava que compostos inorgânicos e orgânicos poderiam originar, por geração espontânea, os seres vivos do planeta Terra.
e) reforça a teoria segundo de que a vida na Terra originou-se a partir de moléculas orgânicas complexas, como proteínas e ácidos nucleicos, que sofreram polimerização, dando origem aos coacervados, que evoluíram para as primeiras formas de vida.

07. (UNICAMP 2016) Na antiguidade, alguns cientistas e pensadores famosos tinham um conceito curioso sobre a origem da vida e em alguns casos existiam até receitas para reproduzir esse processo. Os experimentos de Pasteur foram importantes para a mudança dos conceitos e hipóteses alternativas para o surgimento da vida. Evidências sobre a

origem da vida sugerem que

- a) a composição química da atmosfera influenciou o surgimento da vida.
b) os coacervados deram origem às moléculas orgânicas.
c) a teoria da abiogênese foi provada pelos experimentos de Pasteur.
d) o vitalismo é uma das bases da biogênese.

08. (FGV 2016) No século XIX, Louis Pasteur realizou experimentos utilizando frascos com e sem pescoços alongados (pescoços de cisne), com o objetivo de compreender a origem da contaminação por micro-organismos em meios de cultura, conforme ilustrado a seguir.



(www.molecularartb.org. Adaptado)

Tais experimentos embasaram Pasteur a comprovar a teoria

- a) da abiogênese, observando que os micro-organismos são gerados constantemente em meios nutritivos adequados, desde que em contato direto com o ar.
b) da geração espontânea, observando que os micro-organismos se proliferam em meios nutritivos adequados, independentemente do contato direto com o ar.
c) da evolução biológica, observando que o ambiente adequado proporciona o surgimento de diversidade biológica, desde que em contato direto com o ar.
d) celular, observando que todos os organismos são formados por algum tipo de organização celular, independentemente do contato direto com o ar.
e) da biogênese, observando que todo organismo vivo provém de outro pré-existente, independentemente do contato direto com o ar.

09. (UEFS 2016) Evidências astronômicas e geofísicas indicam que a Terra se formou há, aproximadamente, 4,6 bilhões de anos. A princípio não era adequada para a vida, devido ao calor e a exposição à radiação. Os astrônomos estimam que a Terra tenha se tornado habitável há cerca de 3,8 bilhões de anos. A vida parece ter surgido mais ou menos na mesma época, mas não sabemos como era essa vida primitiva.

MAYR, Ernest. O que é evolução. São Paulo: Rocco, 2001, p. 5.

Considerando-se essas informações e a peculiaridade da Terra como local onde a vida teve origem indica que

- a atmosfera primitiva, rica em elementos, como o hidrogênio, oxigênio e carbono, viabilizou a origem de moléculas orgânicas simples.
- havia energia luminosa, prontamente assimilada pelos primeiros seres vivos, para a síntese de seu próprio alimento.
- sua atmosfera, altamente oxidante, potencializou várias combustões, gerando energia para os primeiros seres vivos.
- a formação da camada de ozônio, logo depois de sua origem, facilitou o surgimento da vida.
- a síntese de moléculas orgânicas possibilitou, de imediato, a origem da vida.

10. (UPE 2015) Leia o texto a seguir:

“...Com sua teoria dos micróbios como agentes causadores de doenças e seus preceitos antissépticos, suas vacinas e seu tratamento inovador contra a raiva (que salvou vidas que, do contrário, estariam perdidas), Pasteur não só revolucionou a medicina como se tornou um benfeitor da humanidade. Foi ele, ainda, o principal responsável pela refutação definitiva da teoria da geração espontânea...”

Fonte: Silva, Elias O. Conversando sobre Ciência. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2013. 299p. Adaptado.

Assinale a alternativa que aponta qual experimento e sua respectiva conclusão foram responsáveis pela oposição e refutação da geração espontânea.

- O experimento com balões do tipo pescoço de cisne mostrou que um líquido fervido mantém a “força vital”. Nesse caso, as gotículas de água acumuladas nesse pescoço retêm os micróbios contidos no ar atmosférico que penetram no balão.
- O experimento com balões do tipo pescoço de cisne mostrou que um líquido fervido perde a “força vital”, pois quando o pescoço do balão é quebrado, após a fervura desse líquido, surgem seres vivos.
- O experimento com balões de vidro fechados com rolhas mostrou que um líquido fervido está isolado do ar atmosférico. Nesse caso, um líquido fervido não perde a “força vital”, sendo responsável pelo surgimento de novas formas vivas.
- O experimento com balões de vidro hermeticamente fechados mostrou que um líquido fervido, por duas vezes, destrói a “força vital” e torna o ar desfavorável ao aparecimento de vida.
- O experimento com balões de vidro com gargalos derretidos no fogo mostrou que um líquido fervido por muito tempo mantém a “força vital”, reestabelecida pela entrada de ar fresco, mas torna o ar desfavorável ao aparecimento de vida.

11. (UEPA 2015) Leia o texto para responder à questão.

O planeta Terra formou-se há cerca de 4,5 bilhões de anos. Inicialmente sua superfície era constituída por magma quente. As rochas teriam se formado a seguir, com o resfriamento desse material. As rochas mais antigas de que se tem conhecimento datam de 3,9 bilhões de anos e nelas

não foram encontrados registros de vida, levantando a questão sobre como ocorreu o surgimento da vida no planeta.

(Texto Modificado: Bio, Sônia Lopes, 2008.)

Sobre o processo em destaque no texto, é correto afirmar que:

- a panspermia é uma teoria que admite que a origem da vida é extraterrestre.
- a abiogênese postula que a vida surgiu de um ser vivo preexistente.
- o criacionismo admite o surgimento da vida extraterrestre.
- a biogênese afirma que a vida surgiu por geração espontânea.
- a teoria por evolução química postula que a vida surgiu de uma única molécula inorgânica.

12. (UEL 2015) De acordo com a hipótese heterotrófica, o primeiro ser vivo do planeta Terra obtinha energia para seu metabolismo por meio de um processo adequado às condições existentes na atmosfera primitiva.

Assinale a alternativa que apresenta, corretamente, a sequência ordenada dos processos energéticos, desde o surgimento do primeiro ser vivo do planeta.

- Fotossíntese, respiração aeróbia e fermentação.
- Respiração aeróbia, fermentação e fotossíntese.
- Respiração aeróbia, fotossíntese e fermentação.
- Fermentação, fotossíntese e respiração aeróbia.
- Fermentação, respiração aeróbia e fotossíntese.

13. (UERN 2015) Em 1668, foi feita uma investigação da suposta origem de vermes em corpos decompostos. O experimento feito, com pedaço de carne crua dentro de frascos abertos e fechados com gaze, confirmou e comprovou que não havia geração espontânea de vermes a partir de corpos em decomposição. Nessa época, quem foi o responsável por esse experimento?

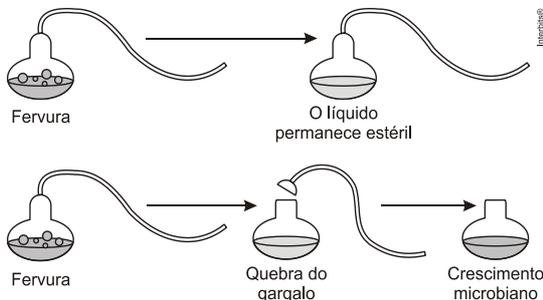
- Louis Pasteur.
- Francesco Redi.
- John T. Needham.
- Lazzaro Spallanzani.

14. (FGV 2014) Na difícil busca pela explicação científica sobre a origem da vida no planeta Terra, uma das etapas consideradas essenciais é o surgimento de aglomerados de proteínas, os coacervados, capazes de isolar um meio interno do ambiente externo, permitindo que reações bioquímicas ocorressem dentro dessas estruturas de forma diferenciada do meio externo.

Tal hipótese, envolvendo essa etapa,

- contesta o princípio da abiogênese sobre a evolução bioquímica de moléculas orgânicas.
- reforça a ideia comprovada de que todo ser vivo se origina de outro.
- considera como espontâneo o processo de surgimento da vida no planeta.
- sugere que os primeiros seres vivos se multiplicavam como os vírus atuais.
- questiona a teoria criacionista, assim como a evolucionista lamarckista.

15. (UPE 2013) O experimento, utilizando-se de frascos de vidro, com o formato de “pescoço de cisne”, contendo um “caldo nutritivo” e submetido primeiramente ao isolamento e posteriormente à exposição ao ar, conforme figura abaixo, foi usado para se provar a origem da vida.



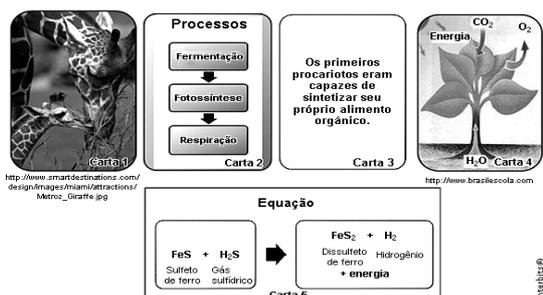
O autor e a teoria por ele provada foram, respectivamente:

- a) Charles Darwin e Teoria da Evolução.
- b) Francesco Redi e Teoria da Abiogênese.
- c) Aristóteles e Teoria da Geração Espontânea.
- d) Louis Pasteur e Teoria da Biogênese.
- e) Louis Joblot e Teoria da Seleção Natural.

16. (ENEM 2012) Em certos locais, larvas de moscas, criadas em arroz cozido, são utilizadas como iscas para pesca. Alguns criadores, no entanto, acreditam que essas larvas surgem espontaneamente do arroz cozido, tal como preconizado pela teoria da geração espontânea. Essa teoria começou a ser refutada pelos cientistas ainda no século XVII, a partir dos estudos de Redi e Pasteur, que mostraram experimentalmente que

- a) seres vivos podem ser criados em laboratório.
- b) a vida se originou no planeta a partir de microrganismos.
- c) o ser vivo é oriundo da reprodução de outro ser vivo pré-existente.
- d) seres vermiformes e microrganismos são evolutivamente aparentados.
- e) vermes e microrganismos são gerados pela matéria existente nos cadáveres e nos caldos nutritivos, respectivamente.

17. (UPE 2012) Em uma gincana de Biologia, você concorre a uma vaga para representar Pernambuco na etapa nacional. O ponto sorteado foi Origem da vida. Você e seu adversário receberam cartas de um jogo, relacionadas às hipóteses: (1) autotrófica e (2) heterotrófica. Observe as cartas a seguir:



Vence aquele que inter-relacionar as cartas, montando uma sequência coerente com uma dessas duas hipóteses, associando as afirmações das colunas 1 e 2.

Coluna 1	Coluna 2
<p>I. Autotrófica, pois a carta 3 traz a definição dos seres autótrofos, seguida da carta 5 representando a quimiossíntese, que antecede o processo de fermentação mostrado na carta 2.</p> <p>II. Autotrófica, pois a carta 5 representa a fotossíntese, que antecede a carta 3 por trazer a definição dos seres heterótrofos relacionados aos processos de fermentação e respiração, mostrados na carta 2.</p> <p>III. Heterotrófica, pois as cartas 2 e 3 iniciam tratando de fermentação e, conseqüentemente, antecedem os processos de fotossíntese e respiração, representados, respectivamente, nas cartas 5 e 2.</p>	<p>A. A carta 2 pode ser relacionada às cartas 4 e 1 associadas, respectivamente, à fotossíntese e à respiração.</p> <p>B. A carta 2 pode ser relacionada às cartas 4 e 1 associadas, respectivamente, à quimiossíntese e à fermentação.</p>

Estão corretas as associações

- a) I e A.
- b) I e B.
- c) II e A.
- d) III e A.
- e) III e B.

18. (EEWB 2011) A Teoria da Endossimbiose, criada por Lynn Margulis em 1970, propõe que as organelas que compõem as células eucarióticas tenham surgido como consequência de uma associação simbiótica estável entre organismos. Mais especificamente, esta teoria postula que os cloroplastos e as mitocôndrias têm origem num procarionte autotrófico que viveu em simbiose dentro de outro organismo, também unicelular, obtendo proteção e fornecendo ao hospedeiro a energia necessária para as atividades metabólicas. Deste modo, a célula eucariótica atual seria uma quimera formada por três genomas: o nuclear; o cloroplastidial e o mitocondrial. Sendo assim, podemos concluir que a teoria da endossimbiose propõe uma explicação para:

- a) o surgimento da célula procarionte.
- b) o surgimento dos autótrofos.
- c) o surgimento dos heterótrofos.
- d) o surgimento da célula eucarionte.

19. (UPE 2011) O termo “mundo de RNA” foi criado por Gilbert, em 1986, para delinear um cenário no qual a principal molécula ativa na origem da vida era o RNA. Em relação à hipótese do mundo de RNA, conclui-se que

a) a reprodução e o metabolismo das primeiras formas de vida dependiam das atividades catalíticas e replicativas do RNA.

b) ao se multiplicarem, moléculas de RNA produziam versões ligeiramente diferentes entre si; algumas delas tinham maior capacidade de se perpetuarem e de se reproduzirem, transmitindo essas características à descendência.

c) o RNA é a única molécula capaz de armazenar informação genética nos primórdios e nos tempos atuais, propriedade que, até alguns anos atrás, se acreditava limitada às proteínas.

d) o RNA precedeu o DNA, visto exercer vários papéis na célula, tais como: mensageiro (RNAm), transportador (RNAt), ribossômico (RNAr). Além disso, os ribonucleotídeos são derivados dos desoxirribonucleotídeos, e o DNA não é tão estável quanto o RNA.

e) a catálise das ribozimas no mundo de RNA, há bilhões de anos, era muito mais eficiente por causa das baixas temperaturas, quando comparada à catálise atual das enzimas proteicas, o que reforça a hipótese do RNA como molécula inicial.

20. (UNICAMP SIMULADO 2011) Considerando-se a composição da atmosfera primitiva, pode-se afirmar que

a) o CO₂ presente na atmosfera primitiva pode ter se originado da degradação aeróbica da glicose.

b) a matéria precursora da vida só poderia ter se formado se houvesse enzimas para catalisar as reações entre os gases presentes na atmosfera primitiva.

c) as substâncias orgânicas formadas a partir dos gases presentes na atmosfera primitiva deram origem a proteínas e ácidos nucleicos.

d) os aminoácidos formados na Terra primitiva surgiram do aumento da interação de moléculas de ácido nucleico com proteínas.

GABARITOS E PADRÕES DE RESPOSTAS**EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM**

- 01.
- 02.
- 03.
- 04.
- 05.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO**01. [B]**

[A] Incorreta. A teoria do Fixismo propôs que todos os seres vivos existentes na Terra, extintos ou não, foram criados por um poder divino e não teriam sofrido mudanças desde então, seriam imutáveis.

[B] Correta. Oparin e Haldane sugeriram que as biomoléculas e a vida teriam surgido em uma sopa primordial, numa atmosfera rica em metano, amônia, hidrogênio, vapor d'água e descargas elétricas, dos raios das tempestades, formando aminoácidos nos mares primitivos.

[C] Incorreta. A teoria da Geração Espontânea ou Abiogênese propôs que os seres vivos surgiam de forma espontânea de matéria bruta (não viva), como lama, lixo etc.

[D] Incorreta. A teoria Cosmogênica ou Panspermia Cósmica propôs que os seres vivos ou substâncias precursoras de vida são provenientes de outros locais do universo, através de partículas, como esporos, que chegaram até a Terra.

02. [B]

A hipótese heterotrófica afirma que os primeiros seres vivos teriam surgido a partir de substâncias inorgânicas, seres muito simples que não apresentavam mecanismos para produzir seu próprio alimento e se alimentavam de compostos orgânicos do meio, acumulados nas águas primitivas.

03. [A]

Redi colocou pedaços de carne em frascos, tampando alguns com gaze, enquanto outros ficaram abertos. Após alguns dias, verificou que nos frascos abertos havia larvas de moscas, que entravam e saíam livremente, e nos frascos cobertos não, sem nenhuma larva. Assim, concluiu que seres vivos eram originados de seres vivos já existentes (biogênese). O experimento para comprovar a abiogênese utilizava frascos contendo caldos de carnes que, após fervura, eram fechados e observados após alguns dias. Nestas soluções, foram observados microrganismos, tendo como explicação a geração espontânea de seres vivos.

04. [C]

A teoria da geração espontânea é conhecida também como abiogênese. Os experimentos de Redi, Spallanzani, Pasteur e outros forneceram evidências da biogênese. Na teoria da evolução química ou molecular é admitido que compostos orgânicos foram formados a partir de compostos inorgânicos.

05. [B]

O evento 1, ocorrido há cerca de 2,5 bilhões de anos do presente, corresponde ao aparecimento das primeiras formas de vida capazes de realizar a fotossíntese e, conseqüentemente, enriquecer o ambiente com o oxigênio molecular.

06. [A]

O experimento de Miller e Urey reforça a ideia de que a relação entre gases da atmosfera, vapor de água e energia de descargas elétricas originaram compostos orgânicos e os primeiros seres vivos do planeta Terra.

07. [A]

A composição química provável da atmosfera primitiva da Terra, formada por CO_2 , NH_3 , H_2 e H_2O (vapor), pode ter dado origem às primeiras moléculas orgânicas.

08. [E]

Os experimentos realizados por Pasteur, em 1860, demonstram que, na atualidade, não há geração espontânea de vida a partir da matéria inanimada. Pasteur defendia a teoria da biogênese, isto é, as células somente se formam a partir da divisão de células preexistentes.

09. [A]

Não há consenso sobre a composição química exata da atmosfera da Terra primitiva, porém, há evidências de que era rica em elementos simples como o hidrogênio, oxigênio e carbono; e pode ter originado moléculas orgânicas simples.

10. [A]

O experimento com balões do tipo pescoço de cisne mostrou que um líquido fervido mantém a "força vital", pois as gotículas de água acumuladas nesse pescoço retêm os microrganismos contidos no ar atmosférico que penetrariam no balão, mantendo o líquido estéril. No entanto, ao remover o gargalo do balão e expor o caldo inerte àqueles microrganismos, foi possível detectar a proliferação de germes.

11. [A]

A panspermia cósmica pressupõe que a origem da vida é extraterrestre e que os germes se espalham pelo universo através de corpos celestes móveis, tais como, meteoritos, cometas e meteoros.

12. [D]

Os fenômenos energéticos surgem, evolutivamente, na seguinte ordem:

[I] fermentação, que produz energia e CO_2 ;

[II] fotossíntese, processo endotérmico que consome CO_2 , H_2O , luz e produz matéria orgânica e O_2 e

[III] respiração aeróbica, que consome matéria orgânica e oxigênio, produzindo CO_2 , H_2O e energia (ATP).

13. [B]

O naturalista italiano Francesco Redi realizou os experimentos com frascos abertos e cobertos em

decomposição não produziam, por geração espontânea, larvas e vermes.

14. [C]

A formação dos coacervados que podem ter dado origem às primeiras células considera como espontâneo o processo de surgimento da vida no planeta Terra.

15. [D]

Louis Pasteur demonstrou em 1861, por meio de experimentos simples e conclusivos, que a vida não pode surgir de forma espontânea. Ele confirmou a hipótese conhecida como biogênese, isto é, um ser vivo pode surgir a partir de outro.

16. [C]

Cientistas, como Redi e Pasteur, demonstraram experimentalmente o modelo biogenético para a origem dos organismos vivos, ou seja, atualmente não há formação de seres vivos por geração espontânea.

17. [A]

A correlação entre as colunas mostra que a hipótese autotrófica está relacionada com as cartas 3 e 5, e a hipótese heterotrófica da origem da vida está relacionada com o processo indicado na carta 2 e aos fenômenos apontados nas cartas 4 e 1.

18. [D]

A associação de bactérias com outras células pode ter dado origem à célula eucariótica, como propõe a teoria endossimbiótica proposta por Margulis.

19. V V F F F.

A informação genética está contida no DNA e no RNA. Os nucleotídeos do DNA surgiram a partir dos ribonucleotídeos do RNA. A catálise das ribozimas foi muito eficiente há bilhões de anos, quando a temperatura ambiental era mais elevada.

20. [C]

A teoria da evolução molecular admite que sucessivas reações químicas entre os gases presentes na atmosfera primitiva deram origem a moléculas orgânicas simples; essas, por sua vez, combinam-se, produzindo moléculas mais complexas, como proteínas e ácidos nucleicos.