

### 1.3 Evolução e diversidade das células microbianas

Os microrganismos foram os primeiros seres na Terra que demonstraram propriedades passíveis de serem relacionadas com a vida. Como se originaram as células microbianas e como essas células estão relacionadas umas com as outras?

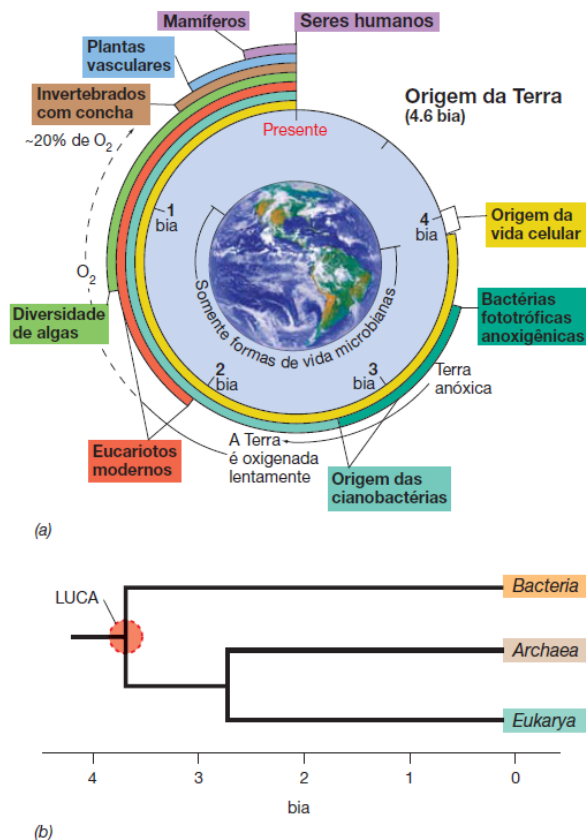
#### As primeiras células e os primórdios da evolução

Uma vez que todas as células são construídas de maneira similar, é provável que todas elas tenham descendido de uma célula ancestral comum, o *último ancestral universal comum* (LUCA, *last universal common ancestor*). Após o surgimento das primeiras células a partir de matérias inanimadas, um processo que ocorreu ao longo de centenas de milhões de anos, seu crescimento subsequente originou populações de células, e estas começaram a interagir com outras populações celulares, formando comunidades microbianas. Ao longo do caminho, a evolução e o intercâmbio genético produziram variantes, que puderam ser selecionadas pelos aperfeiçoamentos que tornaram seu sucesso e sua sobrevivência mais prováveis. Hoje, pode-se observar o resultado grandioso desses processos, que vêm acontecendo há quase 4 bilhões de anos.

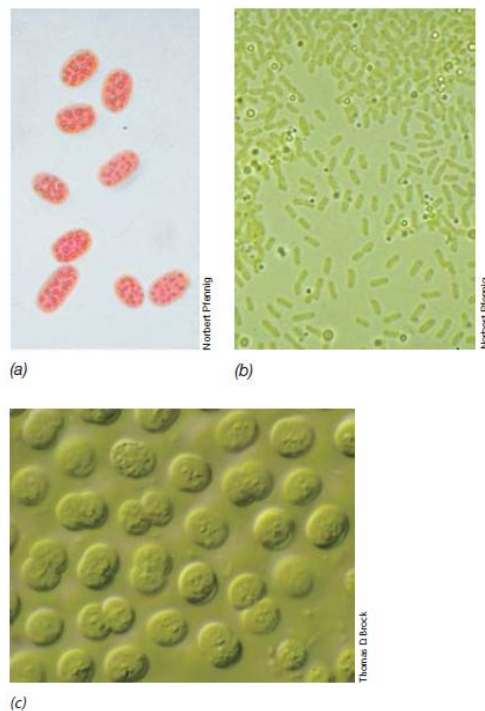
#### A vida na Terra ao longo das eras

A idade da Terra é de 4,6 bilhões de anos, e as evidências demonstram que as células microbianas surgiram inicialmente na Terra entre 3,8 e 3,9 bilhões de anos atrás (Figura 1.4). Durante os primeiros 2 bilhões de anos de existência da Terra, a atmosfera apresentava-se anóxica ( $O_2$  estava ausente), estando presentes apenas nitrogênio ( $N_2$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e alguns outros poucos gases. Somente os microrganismos capazes de realizar um metabolismo anaeróbico poderiam sobreviver nessas condições. A evolução dos microrganismos fototróficos – organismos que armazenam energia a partir da luz solar – ocorreu durante um período de 1 bilhão de anos desde a formação da Terra. Os primeiros fototróficos eram relativamente simples, como as bactérias púrpuras ou as bactérias verdes, e outros anoxigênicos (que não utilizam oxigênio) fototróficos (Figura 1.5a). As cianobactérias (fototróficos que utilizam o oxigênio) (Figura 1.5b) evoluíram a partir dos fototróficos anoxigênicos cerca de 1 bilhão de anos depois, e iniciaram o longo processo de oxigenação da atmosfera. Em decorrência do aumento da concentração de  $O_2$  na atmosfera, as formas de vida multicelulares eventualmente evoluíram e começaram a ficar mais complexas, originando as plantas e os animais que conhecemos atualmente. Contudo, plantas e animais apenas começaram a existir na Terra há cerca de meio bilhão de anos. A linha do tempo da vida na Terra (Figura 1.4a) mostra que 80% da história da vida foi exclusivamente microbiana, dessa forma, em muitos aspectos, a Terra pode ser considerada um planeta microbiológico.

Com o desenrolar dos eventos evolutivos, três linhagens principais de células microbianas – *Bacteria*, *Archaea* e *Eukarya* (Figura 1.4b) – foram distintas; as células da *Eukarya* microbiana foram as ancestrais das plantas e animais. Essas três linhagens celulares principais são chamadas de **domínios**. Durante um grande período de tempo, a seleção natural preencheu cada ambiente na Terra que apresentava condições adequadas com microrganismos cuja ancestralidade pode ser rastreada até um desses três domínios.



**Figura 1.4** Resumo da vida na Terra por meio do tempo e origem dos domínios celulares. (a) A vida celular encontrava-se presente na Terra há cerca de 3,8 bilhões de anos (bia). As cianobactérias iniciaram a lenta oxigenação da Terra há cerca de 3 bia, porém os atuais níveis de  $O_2$  na atmosfera não foram alcançados antes dos últimos 500 a 800 milhões de anos. Os eucariotos são células nucleadas (Figura 1.2b) e incluem organismos microbianos e multicelulares. (b) Os três domínios dos organismos celulares são: *Bacteria*, *Archaea* e *Eukarya*. *Archaea* e *Eukarya* divergiram muito antes de as células nucleadas com organelas (em parte "eucariotos modernos") aparecerem no registro fóssil. LUCA (do inglês, last universal common ancestor, ou último ancestral universal comum).



**Figura 1.5** Microorganismos fototróficos. (a) Bactéria púrpura sulfurosa e (b) bactéria verde sulfurosa (ambas fototróficos anoxigênicos). (c) Cianobactérias (fototróficos oxigênicos). As bactérias púrpura e verde apareceram na Terra muito antes dos fototróficos oxigênicos evoluírem (ver Figura 1.4a).