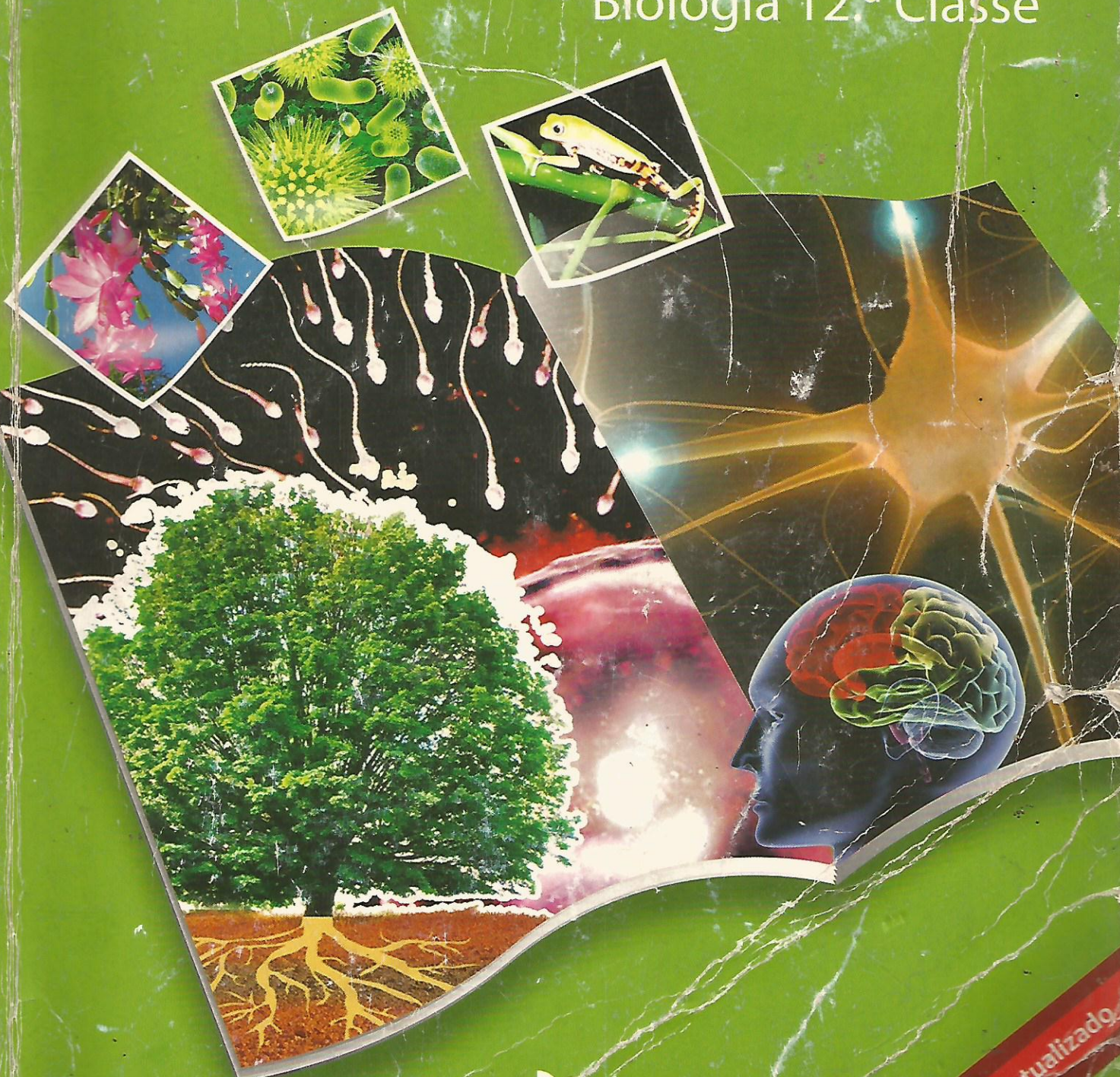


Susann Müller

B12

Biologia 12.^a Classe



Texio Editores

Programa Actualizado

f i c h a t é c n i c a

título **B12 • Biologia 12.ª classe**
autora **Susann Müller**
coordenação **Célia Rodrigues**
editor **Texto Editores, Lda. – Moçambique**
capa e aberturas **Belmiro Fernando**
ilustrações **Belmiro Fernando e Mateus I. Zandamela**
arranjo gráfico **Darlene Mavale**
paginação **Belmiro Fernando**
pré-impressão **Texto Editores, Lda. – Moçambique**
impressão
e acabamentos **Khadimah Education**



Texto Editores

Avenida Julius Nyerere, 46 • Bairro Polana • Cimento B • Maputo • Moçambique
Tels. (+258) 21 49 86 48 • 21 49 90 71 Fax: 21 49 86 48
E-mail: info@me.co.mz

© 2010, Texto Editores, Lda.

Reservados todos os direitos. É proibida a reprodução desta obra por qualquer meio (fotocópia, offset, fotografia, etc.) sem o consentimento escrito da Editora, abrangendo esta proibição o texto, a ilustração e o arranjo gráfico. A violação destas regras será passível de procedimento judicial, de acordo com o estipulado no Código do Direito de Autor. D.L. 4 de 27 de Fevereiro de 2001.

MAPUTO, FEVEREIRO de 2011 • 1.ª EDIÇÃO • 1.ª TIRAGEM • REGISTADO NO INLD SOB O NÚMERO: 6448/RLINLD/10

SICEX/S
13



Susann Müller

B12

Biologia 12.^a Classe



Texto Editores

Aos alunos

O último ano do Ensino Secundário é um momento importante no percurso do processo de aprendizagem. Ao longo deste ano, vai percorrer um vasto conjunto de conhecimentos, dos quais vai emergir uma visão mais ampla sobre os objectos, fenómenos e processos da Natureza em geral e da Biologia em especial.

Neste percurso de aprendizagem, interessa não só construir e aprofundar saberes de forma integrada e significativa, mas também desenvolver capacidades e adquirir competências.

Na abordagem dos diferentes assuntos biológicos, analise criticamente os conteúdos e procure envolver-se com entusiasmo nas questões que lhe forem colocadas.

Este manual irá apoiá-lo no sentido de entender e de participar no que se passa no mundo maravilhoso da Biologia. Com certeza, este instrumento de trabalho vai rentabilizar o seu crescimento intelectual.

Aceite o desafio de usar o que sabe, de treinar o pensamento e a capacidade de aplicar os seus conhecimentos. Se tiver dificuldades reveja os conceitos que estão envolvidos na questão ou na tarefa. Tente descobrir o que lhe faz falta para responder e resolver satisfatoriamente as questões e tarefas, respectivamente.

Não se esqueça de que a aprendizagem é um processo pessoal, mas que se torna mais eficiente quando é desenvolvida em cooperação. Partilhe opiniões e dificuldades, esclareça dúvidas e investigue assuntos em conjunto com os seus colegas e professor.

Além disso, a leitura contínua das secções de ciências de revistas e jornais ampliará muito a sua «visão biológica». Não se esqueça também da Internet, que poderá ser um precioso auxílio na hora de pesquisar determinado assunto.

Ao professor

A nossa preocupação fundamental é estimular uma autonomia crescente do aluno e tornar este livro pedagogicamente atraente, mantendo todo o rigor científico, uma organização coerente e uma linguagem clara e adequada ao nível dos alunos.

Este manual compreende três (3) unidades temáticas, subdivididas em temas e índice que permitem uma visualização global dos conteúdos programáticos. Propõem-se nele actividades diversas que incentivam o aluno à auto-investigação e proporcionam uma abordagem construtiva em que o aluno é o sujeito do seu processo de aprendizagem. Ao mesmo tempo é reforçada a componente investigativa.

O livro contém ainda propostas de auto-avaliação, nas quais o conhecimento que o aluno estabeleceu pode agora ser mobilizado para responder a questões mais complexas.

Embora um manual escolar seja um importante auxiliar na aprendizagem do aluno, compete sempre ao professor gerir os conteúdos programáticos e decidir sobre o seu nível de aprofundamento, em função das condições específicas do processo de ensino-aprendizagem e da inserção da escola no meio social e natural.

Estou convicta que este livro contribuirá para uma sólida formação científica e, conseqüentemente, para o sucesso escolar dos seus alunos.

A autora

Unidade 1 – Citologia



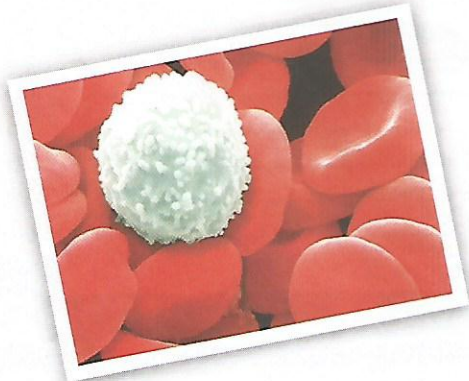
Citologia	8
História da descoberta da célula.....	8
Teoria celular	9
Estrutura das células procariotas e eucariotas	10
Comparação entre as células procarióticas e eucarióticas	13
Organelos celulares e as suas funções	16
Composição química da célula	24
Difusão	30
Osmose	31
Transporte activo	32
Funções vitais da célula	33
Exercícios de consolidação	34
Fisiologia	37
Protoplasma – um colóide	37
Processo de libertação de energia	38
Energia e organização	38
Fontes de energia	39
Enzimas	40
Respiração celular	42
Outras fontes de libertação de energia	46
Exercícios de consolidação	50
Ciclo celular	54
Interfase	54
Mitose	55
Meiose	56
Comparação entre mitose e meiose	59
Exercícios de consolidação	61

Unidade 2 – Fisiologia vegetal



Fisiologia vegetal	64
Histologia vegetal	64
Factores que determinam a fertilidade do solo	68
Anatomia das raízes	75
Absorção de água e sais minerais	75
Tipos de membranas	78
Circulação da seiva bruta	79
Causas do movimento da seiva bruta	79
Estrutura, função e propriedade de estomas	82
Circulação da seiva elaborada	84
Função dos plastídeos	85
Estrutura e função dos cloroplastos	85
Fotossíntese	86
Fases da fotossíntese	90
Factores que influenciam a actividade fotossintética	92
Exercícios de consolidação	93

Unidade 3 – Fisiologia animal



Histologia animal	98
Tecido epitelial	98
Tecido conjuntivo	100
Estrutura da célula nervosa (neurónio)	106
Tipos de neurónios	106
Evolução dos sistemas digestivos	108
Cnidários e platelmintos	108
Anelídeos	109
Vertebrados	110
Digestão do Homem	112
Processos mecânicos e químicos da digestão	112
Doenças do sistema digestivo	116
Exercícios de consolidação	118
Evolução dos sistemas respiratórios	119
Trocas gasosas nos animais	119
Pulmões do Homem	121
Doenças do sistema respiratório	123
Exercícios de consolidação	125
Evolução dos sistemas circulatórios	126
Funções do sistema circulatório	126
Tipos de sistemas circulatórios	126
Circulação nos vertebrados	128
Sangue	130
Composição do sangue	130
Funções dos constituintes do sangue	130
Sistema linfático	132
Funções do sistema linfático	132
Constituição do sistema linfático	132
Doenças do sistema circulatório	134
Sistemas de excreção	137
Funções do sistema excretor	137
Formas de manutenção do equilíbrio osmótico de água	137
Comparação dos órgãos excretores	138
Excreções de substâncias azotadas	140
Estrutura e funcionamento do rim do Homem	141
Regulação da reabsorção de água	144
Doenças do sistema excretor	144
Exercícios de consolidação	146
Sistemas nervosos	149
Funções de um sistema nervoso	149
Comparação dos sistemas nervosos	149
Impulso nervoso e sua transmissão	151
Actos reflexos	152

98
98
100
106
106
108
108
09
10
112
112
116
118
119
119
121
123
125
126
126
126
128
130
130
130
132
132
132
134
137
137
137
138
140
141
144
144
146
149
149
149
151
152



Arco reflexo	153
Evolução do encéfalo	154
Memória	154
Doenças do sistema nervoso	155
Sistema endócrino	157
Funções do sistema endócrino	157
Glândulas endócrinas	157
Exercícios de consolidação	162
Órgãos dos sentidos	164
Funções gerais dos órgãos dos sentidos	164
Estrutura e função dos órgãos dos sentidos	165
Exercícios de consolidação	173
Sistemas reprodutores	174
Comparação dos sistemas reprodutores dos invertebrados	175
Comparação dos aparelhos genitais dos vertebrados ...	177
Ciclo menstrual e regulação hormonal	180
Fisiologia do parto	186
Exercícios de consolidação	187
Ontogénese	188
Fases do desenvolvimento embrionário	189
Destino dos folhetos embrionários	191
Anexos embrionários	192
Exercícios de consolidação	193
Exames	194
Soluções	208
Glossário	213
Bibliografia	216



OBJECTIVOS

O aluno deve ser capaz de:

- Definir célula.
- Identificar os organelos.
- Explicar as funções dos organelos celulares.
- Diferenciar catabolismo de anabolismo.
- Descrever as diferentes fontes de energia.
- Explicar a respiração aeróbica e anaeróbica.
- Reconhecer a importância da respiração anaeróbica na indústria alimentar.
- Identificar as diferentes fases da divisão celular.
- Relacionar divisão celular e reprodução no Homem.

CONTEÚDOS

Citologia

- História da descoberta da célula
- Teoria celular
- Estrutura das células procariotas e eucariotas – comparação
- Organelos celulares e suas funções
- Estrutura e ultraestrutura
- Composição química da célula
- Funções vitais da célula

Fisiologia

- Protoplasma – um colóide: gel e sol
- Colóides, movimentos de Brown, sedimentação
- Transporte nas células: difusão simples, osmose e transporte activo
- Processos de libertação de energia
- Energia e organização
- Fontes de energia
- Enzimas: definição, estrutura, funcionamento e propriedades
- Respiração celular: glicólise e ciclo de Krebs, cadeia respiratória
- Outras fontes de libertação de energia: fermentação alcoólica, láctica e acética

Ciclo celular

- Definições e fases
- Mitose: definições, fases e funções
- Meiose: definições, fases e funções
- Comparação entre a mitose e a meiose

Citologia

História da descoberta da célula

Descobrir como são constituídos os seres vivos foi, desde sempre, um desafio para a curiosidade humana. Durante muitos anos, numerosos investigadores interessaram-se pelo estudo de diversos materiais vivos. Porém, as suas observações apenas lhes permitiram ver órgãos, como o coração de animais, folhas ou flores de diversas plantas, mas não mais do que isso, porque tudo o que é mais pequeno que a décima parte de um milímetro não é visível aos nossos olhos. Só a descoberta de aparelhos que aumentam as imagens – **instrumentos de ampliação** – permitiu pôr a descoberto o mundo invisível, normalmente escondido da nossa vista.

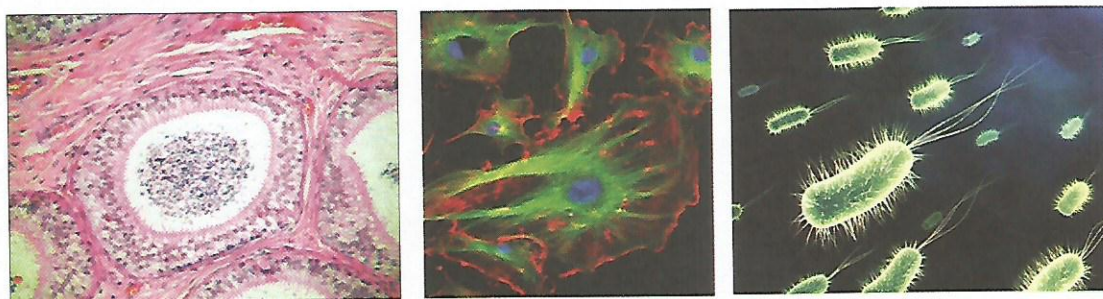


Fig. 1 A descoberta do «mundo do infinitamente pequeno» foi possível quando o avanço técnico permitiu a construção do microscópio.

Assim, «nasce» um capítulo da Biologia – a **Citologia** (do grego *kytos*, célula, e *logos*, estudo).

A sua história começou com a invenção do **microscópio**, aparelho capaz de aumentar a imagem de pequenos objectos e tornar possíveis observações mais minuciosas e rigorosas.

A invenção do microscópio é atribuída a Hans Janssen e seu filho Zacharias, dois holandeses fabricantes de óculos que viveram no século XVI. Eles descobriram que duas lentes montadas apropriadamente num tubo tinham a capacidade de ampliar as imagens, permitindo assim a observação de objectos pequenos. No entanto, não há registo de que os Janssen tenham usado o seu aparelho em prol da ciência.

O primeiro pesquisador a registar cuidadosamente as suas observações microscópicas foi o holandês **Antony Van Leeuwenhoek** (1632-1723). Usando microscópios de sua própria construção, descobriu os glóbulos vermelhos do sangue, os espermatozóides no sêmen e as bactérias no esmalte de um dente, sendo por isso considerado o **pai da Microbiologia**.

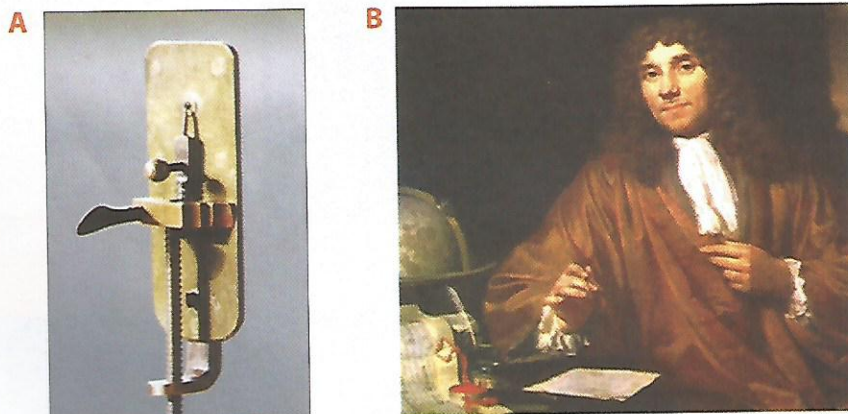


Fig. 2 Microscópio (A) com que Leeuwenhoek (B) observou e relatou as formas e o comportamento de microorganismos.

A descoberta da célula é creditada ao inglês **Robert Hooke** (1635-1703) que, entre as diversas observações, estudou finíssimas fatias de cortiça com um microscópio dotado de duas lentes, sendo por isso denominado **microscópio composto**.

Ao observar os cortes da cortiça, Hooke percebeu a sua estrutura perfurada e porosa que «se assemelhava muito a um favo de mel. Além disso, esses poros ou células (...) lembram pequenas caixas.»



Fig. 3 Hooke publicou as suas observações com o microscópio composto (A) no livro «Micrographia» (B).

Hooke usou o termo **célula** (do latim *cellula*, que significa pequeno compartimento) para evidenciar a semelhança das cavidades observadas existentes na cortiça com as pequenas celas de uma prisão.

A cortiça é um tecido morto, formado apenas pelas paredes das células vegetais que são muito resistentes e não se desfazem, mesmo depois da morte destas. Por isso, Hooke observou-as e descreveu-as como «celas vazias». Mais tarde, ao analisar partes vivas de plantas, Hooke percebeu que as células não são vazias como as da cortiça, mas preenchidas por um líquido gelatinoso.

Nessa época, as observações de Hooke foram confirmadas por outros cientistas, tais como Nehemiah Grew (1641-1712) e Marcello Malpighi (1628-1694).

Somente 150 anos mais tarde chegou-se à conclusão de que as células são unidades que constituem todos os seres vivos.

Teoria Celular

Os inúmeros estudos realizados após a descoberta da célula permitiram que, nos anos de 1838 e 1839, dois cientistas alemães, **Mathias Schleiden** (1804-1881) e **Theodor Schwann** (1810-1882) formassem a Teoria Celular. Os dois cientistas reuniram-se e discutiram as suas ideias a respeito da organização dos seres vivos. Schleiden, dedicando-se ao estudo da anatomia e fisiologia das plantas, tinha a convicção de que todas as plantas são constituídas por células; Schwann, como zoólogo tinha a mesma opinião a respeito dos animais. Assim, as ideias foram resumidas da seguinte forma: «As partes elementares dos tecidos constituem a célula, semelhantes no geral mas diferentes em forma e função. Pode ser considerado certo que a célula é a mola-mestra universal do desenvolvimento e está presente em cada tipo de organismo. A essência da vida é a formação da célula.»

O reconhecimento de que a célula é a unidade fundamental na constituição de todos os seres vivos foi uma das mais importantes generalizações da Biologia. Daí ser considerado como um importante **princípio unificador** da Biologia, que afirma:

- **A célula é a unidade básica estrutural e funcional de todos os seres vivos.**
- **Todos os seres vivos são constituídos por células**, nas quais ocorre um conjunto de reacções químicas necessárias à manutenção da vida.

- **Todas as células provêm de células pré-existentes**, pois qualquer célula se forma por divisão de uma outra.
- **A célula é a unidade de reprodução e desenvolvimento dos seres vivos** porque numerosos seres vivos formam-se por divisões sucessivas a partir de uma única célula (ovo).
- **A célula é a unidade hereditária de todos os seres vivos** pois, na célula, está contida a informação genética que é transmitida de geração em geração, durante o processo de divisão celular, permitindo a continuidade das espécies.



Fig. 4 Os seres vivos são todos diferentes, mas todos formados por células.

Estrutura das células procariotas e eucariotas

De acordo com a Teoria Celular, a célula é a **unidade básica estrutural e funcional** de todos os seres vivos.

Apesar desta universalidade de estrutura e função há diversidade no tamanho, forma e grau de complexidade.

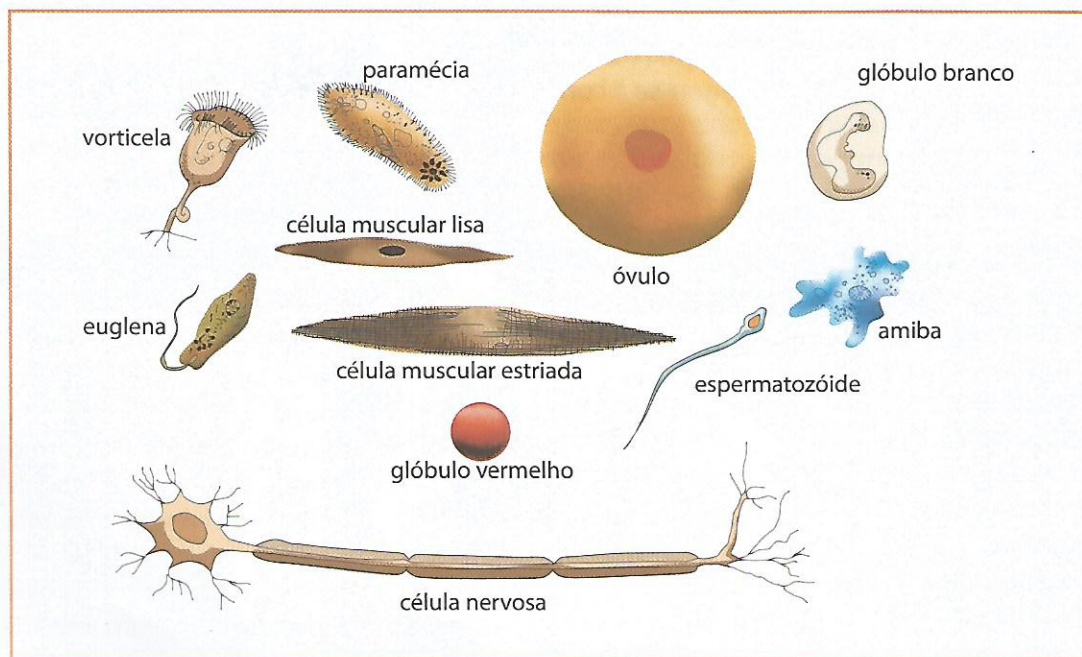


Fig. 5 Diversidade de células.

O microscópio electrónico revelou que existem dois tipos fundamentais de células: as **células procarióticas** e as **células eucarióticas**.

A célula procariótica

A célula procariótica tem uma organização mais simples do que a eucariótica e encontra-se apenas nas bactérias e em algumas algas azuis. Os seres constituídos por células procarióticas chamam-se **procariontes**.

Como modelo duma célula procariótica, apresentamos a de uma bactéria *Escherichia coli*, que, embora simples, executa quase todas as actividades fundamentais das células vivas.

A célula de *Escherichia coli* é delimitada por uma **membrana plasmática** que controla selectivamente a entrada e saída de substâncias permitindo assim as trocas entre a célula e o ambiente. Externamente à membrana plasmática a bactéria possui uma rígida **parede celular**. No interior da célula, há um material viscoso, o **citoplasma**. Mergulhados nele, encontram-se os **ribossomas** que produzem as proteínas necessárias à célula. Ainda no citoplasma, existe um filamento de **cromatina** constituído por uma molécula de **DNA** em forma circular, o material genético responsável pelo controlo da actividade celular. Este pode ocupar a parte central da célula, mas não está protegido por qualquer membrana.

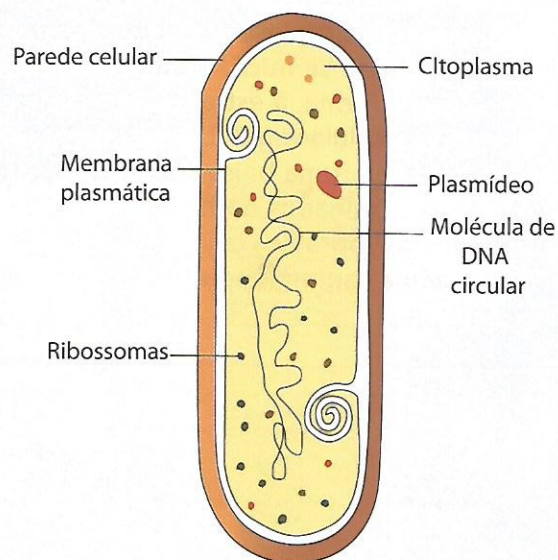


Fig. 6 Célula de *Escherichia coli*, bactéria que se encontra no intestino.

A célula eucariótica

A maioria dos organismos, incluindo algas, fungos, protozoários, plantas e animais, é constituída por células eucarióticas que apresentam uma maior complexidade do que as células procarióticas. Os seres constituídos por células eucarióticas chamam-se **eucariontes**.

Há dois tipos fundamentais de células eucarióticas: **células animais** e **células vegetais**. Observe, na figura 7, uma **célula vegetal** típica, vista ao microscópio electrónico.

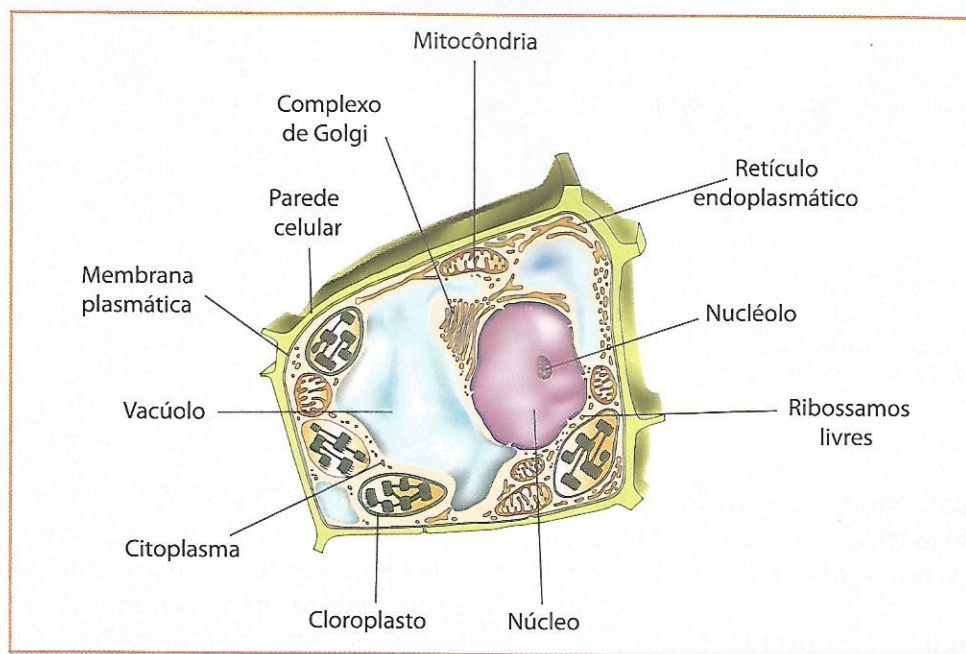


Fig. 7 Esquema duma célula vegetal.

Uma das diferenças entre a célula vegetal e a célula procariótica é o facto de a cromatina estar envolvida por uma membrana nuclear, ficando, assim, o material genético num compartimento bem definido, o **núcleo** (com o **nucléolo**). O espaço existente entre o núcleo e a membrana plasmática é designado por citoplasma. O **citoplasma** compreende um fluido gelatinoso chamado **hialoplasma**. Neste encontram-se **microtúbulos** e **microfilamentos**, principais componentes do **citoesqueleto**, sistema relativo à forma, à estrutura da célula e também à sua movimentação. Externamente à membrana plasmática, a célula vegetal é revestida pela **parede celular**. Até 95% do volume da célula vegetal pode ser ocupado por uma bolsa chamada **vacúolo central**. As células vegetais apresentam outros organelos celulares mergulhados no hialoplasma, tais como: **retículo endoplasmático**, **mitocôndrias**, **complexo de Golgi** e **cloroplastos** cuja estrutura e função apresentaremos mais adiante.

As **células animais** apresentam algumas diferenças em relação à célula vegetal, como a figura abaixo mostra.

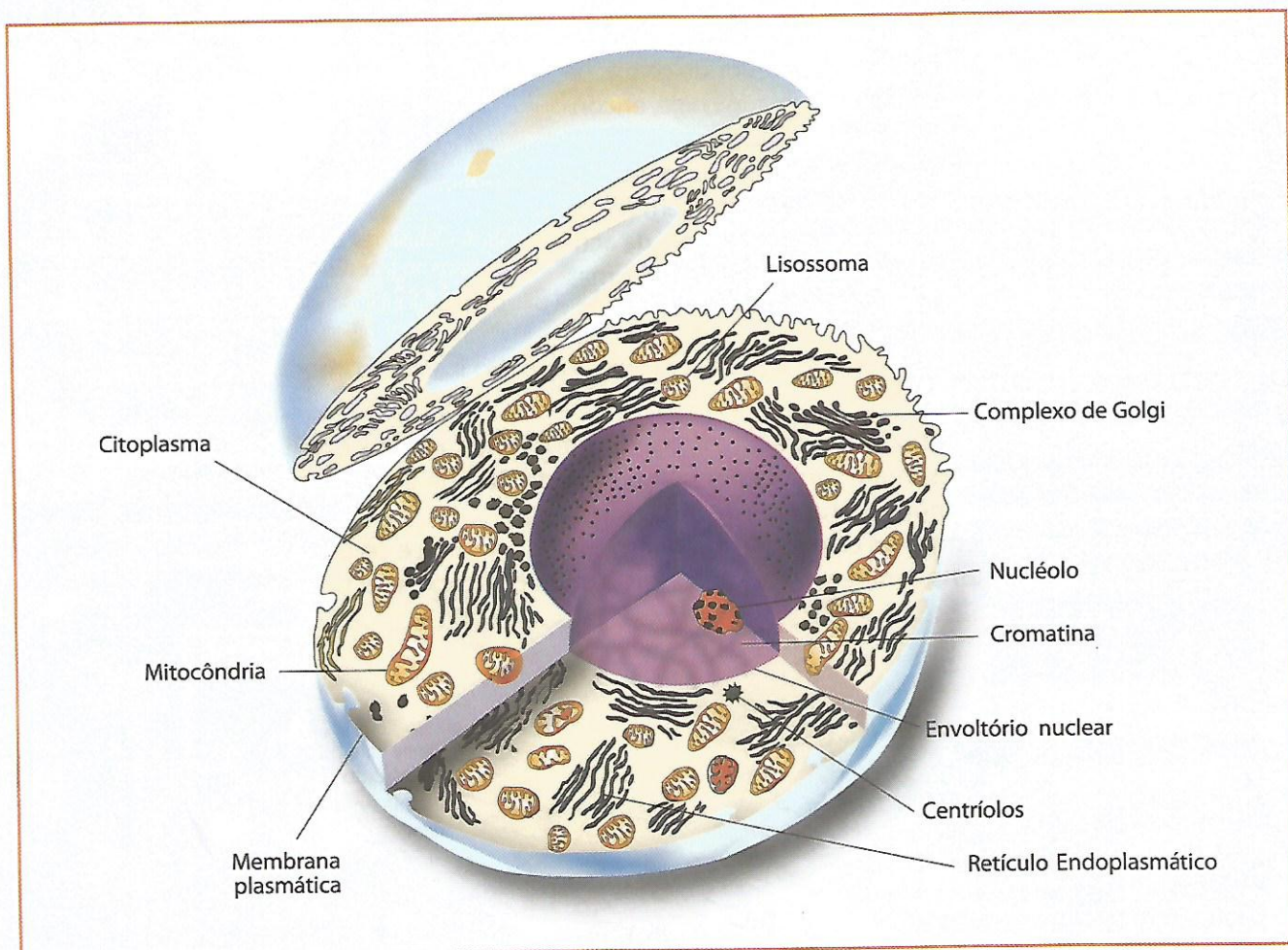


Fig. 8 Esquema duma célula animal.

Nesta célula não há parede celular. Também não existem cloroplastos. Existem, no entanto, organelos, como os **lisossomas** e os **centríolos**. Há, como na célula vegetal, um espaço que separa o **núcleo** da **membrana plasmática**, o citoplasma. O **citoplasma** duma célula animal é também constituído por um fluido viscoso, o **hialoplasma**, em que se encontram **microfilamentos** e **microtúbulos** que formam o **citoesqueleto**. Organelos celulares como o **retículo endoplasmático**, os **ribossomas**, o **complexo de Golgi**, o **nucléolo** e as **mitocôndrias** são comuns aos dois tipos de células. A cromatina também é envolvida por uma membrana nuclear, formando o **núcleo**, característica marcante das células eucarióticas.

Comparação entre as células procarióticas e eucarióticas

O quadro seguinte evidencia as semelhanças e diferenças mais significativas entre os tipos de células referidos.

Quadro 1: Existência de estruturas celulares em três tipos de células.

Estrutura celular	Célula procariótica	Célula eucariótica	
		Célula vegetal	Célula animal
Parede celular	Presente	Presente	Ausente
Membrana plasmática	Presente	Presente	Presente
Núcleo	Ausente	Presente	Presente
Nucléolo	Ausente	Presente	Presente
Ribossomas	Presentes	Presentes	Presentes
Reticulo endoplasmático	Ausente	Presente	Presente
Complexo de Golgi	Ausente	Presente	Presente
Lisossomas	Ausentes	Presentes	Presentes
Centríolo	Ausente	Ausente (na maioria)	Presente
Mitocôndria	Ausente	Presente	Presente
Cloroplasto	Ausente	Presente	Ausente
Vacúolo central	Ausente	Presente	Ausente
Citoesqueleto	Ausente	Presente	Presente
Citoplasma	Presente	Presente	Presente

Propomos-lhe, de seguida, um conjunto de actividades com o objectivo de, utilizando algumas técnicas de preparação de material para a microscopia óptica já aprendidas na 9.ª classe, poder identificar alguns constituintes celulares e compreender as diferenças estruturais entre células vegetais e animais.



Experiência

Observação, ao microscópio óptico, de células vegetais

Material

Microscópio óptico, bisturi ou faca fina, tesoura, pinça, lâminas, lamelas, agulha de dissecação, vidros de relógio, água, água iodada da farmácia ou solução de Lugol, cebola, banana, tomate verde e tomate maduro.

Procedimento 1

Epiderme do bolbo da cebola

O bolbo da cebola é um caule subterrâneo, constituído por inúmeras escamas carnudas. A superfície côncava de cada uma dessas escamas é revestida por uma epiderme constituída por uma única camada de células, facilmente observada ao microscópio.



1. Com o auxílio de um bisturi ou uma faca fina, corte o bolbo ao meio e retire uma das escamas carnudas.
2. Com uma pinça, retire a epiderme que reveste a parte côncava da «escama».
3. Coloque-a rapidamente em água para evitar, tanto quanto possível, o seu enrolamento.
4. Corte com a tesoura ou faca um retalho dessa película epidérmica e monte-o entre a lâmina e a lamela, utilizando a água como meio de montagem.
5. Observe ao microscópio a preparação que acabou de executar (preparação temporária), primeiro com a objectiva de menor ampliação e depois com a de maior ampliação.
6. Faça um esquema legendado que mostre a forma e a disposição de algumas células.
7. Deite uma gota de água iodada ou solução de Lugol ao longo de um dos bordos da lamela.
8. Observe de novo ao microscópio, esquematize e faça a respectiva legenda.

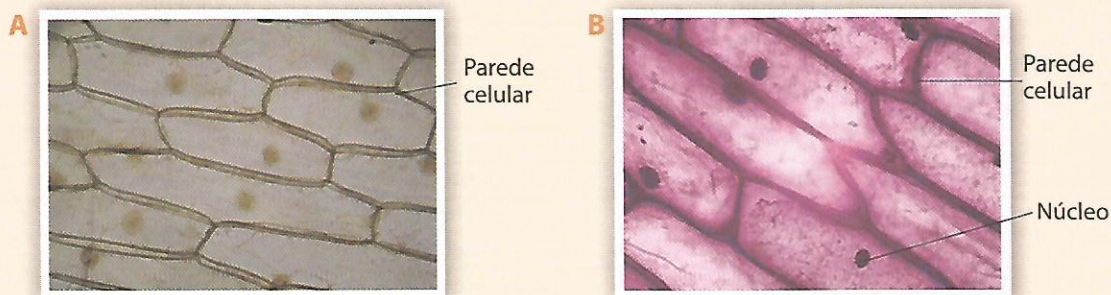


Fig. 9 Células da epiderme da cebola sem qualquer corante (A) e com água iodada (B).

Procedimento 2 Células da polpa da banana

A banana é um fruto carnudo, sendo relativamente fácil, por esmagamento da polpa, observar as células que a constituem.

1. Descasque a banana e retire, com o auxílio de um bisturi ou de uma faca fina, um pequeno fragmento da polpa.
2. Coloque o fragmento da polpa numa lâmina com uma gota de água iodada ou de solução de Lugol.
3. Cubra com a lamela e, com o dedo polegar, pressione cuidadosamente até obter o esmagamento completo do fragmento.
4. Observe ao microscópio, usando primeiro a objectiva de menor ampliação e depois a de maior ampliação.
5. Elabore um esquema legendado da sua observação.

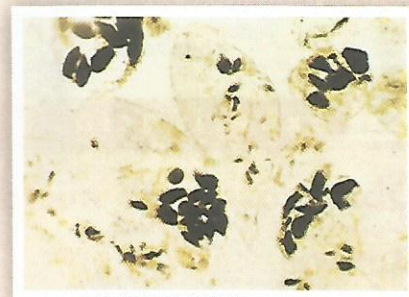


Fig. 10 Células da polpa da banana corada com água iodada, evidenciando os grãos de amido.

Procedimento 3 Células da polpa do tomate

O tomate é um fruto carnudo que se pode obter facilmente em diferentes estados de maturação, sendo possível, por esmagamento da polpa, observar as suas células e as estruturas celulares.

1. Com o auxílio de um bisturi ou faca corte um tomate verde e um tomate maduro.
2. Retire uma pequena porção da sua polpa sobre uma lâmina e pressione-a com o dedo.
3. Cubra com a lamela (se necessário adicione uma gota de água) e observe ao microscópio.
4. Na observação ao microscópio utilize primeiro a objectiva de menor ampliação e de seguida a de maior ampliação.
5. Faça um esquema do que observa.



Fig. 11 Células da polpa do tomate.

Observação, ao microscópio óptico, de seres unicelulares

Material

Microscópio óptico, lâminas, lamelas, bisturi ou faca fina, agulha de ponta fina, pipeta, água, água iodada, frascos de vidro com capacidade de 1ℓ, palha, folhas de alface e outros vegetais, de preferência em decomposição.

Procedimento

Para observar seres unicelulares prepare previamente uma **infusão**. Uma infusão deve ser preparada com 3 a 4 semanas de antecedência, a não ser que disponha de água estagnada de charcos. Encha o frasco com água e introduza a palha, folhas de alface e dos outros vegetais. Tape o frasco. Ao fim de 15 dias começam a aparecer alguns seres vivos, que serão substituídos por outros na semana seguinte. Por esta razão, convém fazer várias infusões com 4 a 5 dias de intervalo, a fim de obter seres diferentes quando fizer as observações.

1. Com o auxílio de uma pipeta recolha uma gota da parte superficial da infusão.
2. Coloque-a numa lâmina e cubra com a lamela.
3. Observe a preparação ao microscópio, primeiro com a objectiva de menor ampliação e a seguir com a de maior ampliação.
4. Procure desenhar os seres unicelulares que encontra na preparação e tente identificá-los.



Fig. 12 Alguns dos seres unicelulares mais comuns numa infusão (A – Paramecia, B – Stentor, C – Vorticela).

Organelos celulares e suas funções

A célula é um sistema biológico altamente complexo e organizado, delimitado no meio externo pela **membrana plasmática** (designada também por **plasmalemma**). Esta constitui uma barreira protectora que, ao controlar de modo eficaz todas as trocas com o meio externo, mantém constante a composição do meio intracelular. É de sublinhar que as outras membranas vivas da célula assemelham-se à membrana plasmática quanto à composição química e à estrutura.

A membrana plasmática tem entre 7 e 9 nm de espessura, sendo tão fina que só pode ser vista ao microscópio electrónico. A sua constituição é lipoprotéica, ou seja, as proteínas estão associadas a fosfolípidos. Singer e Nicolson propuseram, em 1972, um modelo para a estrutura da membrana plasmática que ainda hoje é aceite, por ser aquele que melhor traduz o comportamento da membrana. Segundo este modelo que designaram por **modelo de mosaico fluido**, a membrana possui uma camada dupla de

moléculas de fosfolípidos, entre as quais há moléculas de proteínas encaixadas ou embutidas. As duas camadas de lípidos são fluidas e têm consistência semelhante à do óleo. Assim, as moléculas não ficam num lugar fixo podendo mudar de posição; as proteínas ficam encaixadas em vários pontos lembrando as peças de um mosaico.

Enquanto os lípidos determinam a estrutura básica da membrana, as proteínas são responsáveis pela maioria das suas funções. Algumas delas funcionam como enzimas e catalisam certas reacções. Outras funcionam como proteínas transportadoras ou carregadoras. Como verá no capítulo da Fisiologia Celular, elas têm um papel fundamental na entrada e saída de substâncias da célula.

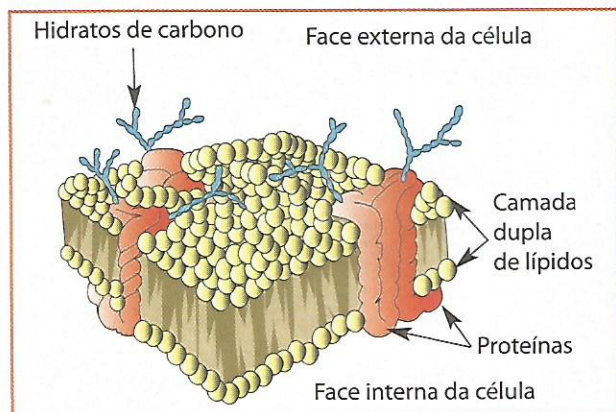
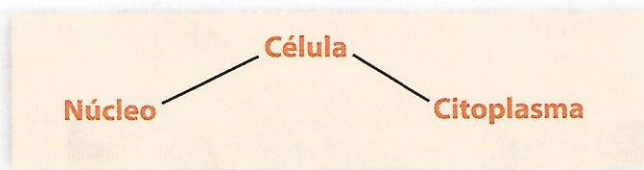


Fig. 13 Esquema de membrana plasmática segundo o modelo de mosaico fluido.

A utilização de técnicas de observação, nomeadamente com o microscópio electrónico, permitiu verificar que o conteúdo celular não é homogéneo, mas altamente organizado.

Hoje considera-se que o conteúdo das células eucarióticas se pode dividir em: **núcleo** e **citoplasma**.

Esquema 1: Organização duma célula eucariótica.



Dos vários organelos celulares, o **núcleo** é a estrutura interna mais evidente da célula, tendo sido descoberto em 1838 por Robert Brown.

Este tem, normalmente, uma forma esférica com um diâmetro de aproximadamente 10 µm. O núcleo tem uma importância vital para a célula, pois controla toda a actividade celular e contém a informação genética da célula inscrita nas moléculas de DNA.

A utilização do microscópio electrónico tornou possível o conhecimento pormenorizado da sua ultra-estrutura, tendo então revelado que este organelo está separado do citoplasma por uma **membrana dupla porosa**, também designada por **invólucro nuclear** (ou **carioteca**). Os poros nucleares permitem a troca de substâncias entre o núcleo e o citoplasma.

No interior do núcleo encontra-se uma massa filamentosa, a **cromatina**, que é constituída por filamentos de DNA. Durante a divisão celular, cujo processo descreveremos mais adiante, a cromatina condensa-se e os filamentos ficam mais curtos e grossos. Estes filamentos densos são os **cromossomas**, que podem ser observados como entidades individualizadas. Mergulhados num fluido viscoso, que é o **nucleoplasma**, encontra-se um ou mais corpos esféricos, os **nucléolos**. O nucléolo é uma estrutura esférica, não tendo qualquer membrana a separá-lo do **nucleoplasma**. Contém RNA, DNA e proteínas básicas, tendo como função principal a síntese de RNA ribossómico.

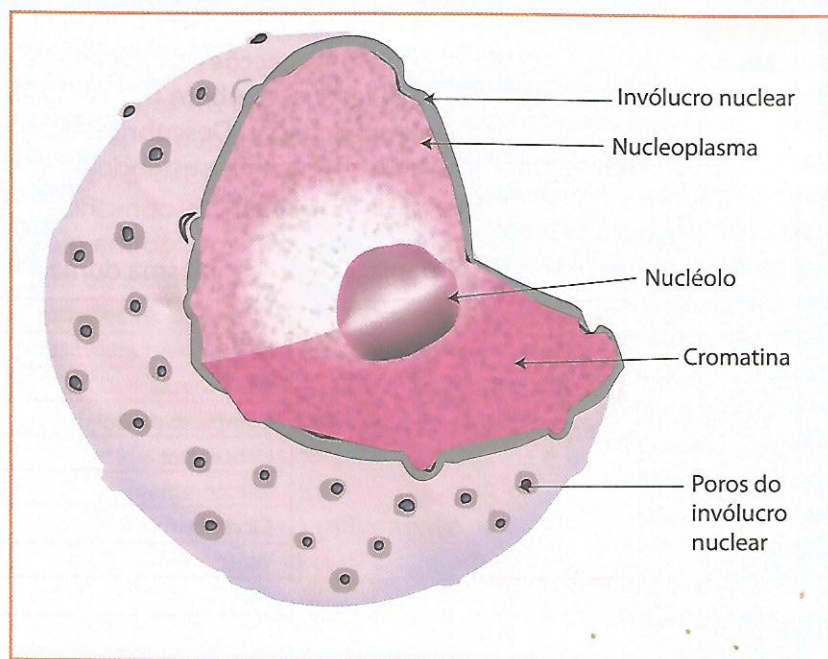
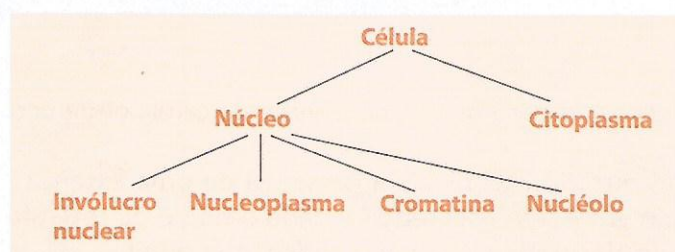


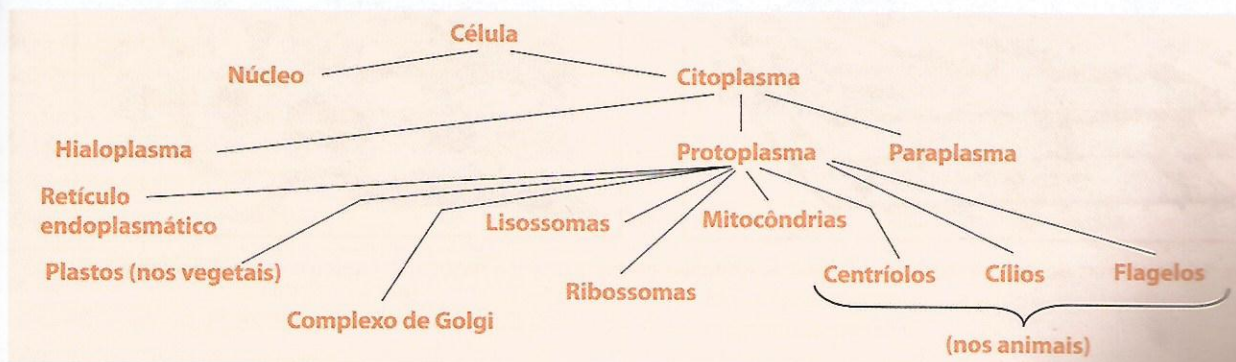
Fig. 14 Estrutura do núcleo.

Esquema 2: Organização dum célula eucariótica e do seu núcleo.



Os primeiros citologistas acreditavam que o interior da célula viva era preenchido por um fluido homogêneo e viscoso, no qual estava mergulhado o núcleo. Esse fluido recebeu o nome de **citoplasma** (do grego *kytos*, célula, e *plasma*, aquilo que dá forma, que modela). Hoje sabe-se que o espaço situado entre a membrana plasmática e o núcleo é bem diferente do que imaginaram aqueles citologistas. Além da parte fluida, que tem recebido a denominação de **hialoplasma**, o citoplasma contém estruturas consideradas vivas, os **organelos celulares**. As estruturas não-vivas do hialoplasma são chamadas **inclusões**. O conjunto de inclusões é chamado **paraplasma**, enquanto o conjunto das estruturas vivas é denominado **protoplasma**.

Esquema 3: Organização dum célula eucariótica e do seu citoplasma.



O **hialoplasma** é constituído essencialmente por água (90%) e por proteínas, açúcares e sais minerais. No hialoplasma ocorre a maioria das reacções químicas vitais, entre elas a fabricação das moléculas que irão constituir as estruturas celulares. É também no hialoplasma que muitas substâncias das células animais, como as gorduras, ficam armazenadas. Descobriu-se também que o hialoplasma contém um sistema de **microfilamentos** e **microtúbulos** que se estendem por todo o citoplasma formando uma espécie de rede designada **citoesqueleto**.

Quadro 2: Organização do citoplasma numa célula eucariótica.

Hialoplasma e citoesqueleto	Microfilamentos e microtúbulos
Organelos celulares (Protoplasma)	Retículo endoplasmático
	Ribossomas
	Complexo de Golgi
	Lisossomas
	Mitocôndrias
	Cloroplastos (nos vegetais)
	Vacúolos
Inclusões (Paraplasma)	Centríolos, cílios, flagelos (nos animais)
	Gotas de lípidos
	Grânulos proteicos, Grânulos de pigmentos
	Cristais diversos

Conseguem-se distinguir na matriz fundamental do citoplasma **estruturas membranares** e **não membranares**. Começaremos com as estruturas membranares.

As membranas delimitam os compartimentos no interior da célula onde ocorrem importantes reacções metabólicas.

O citoplasma das células eucarióticas revela a presença de uma extensa rede de canais e sacos membranosos que comunicam entre si. A esta rede foi dado o nome de **retículo** (do latim *reticulu*, que significa «pequena rede») **endoplasmático** (do grego *endon*, que significa «dentro»). Pode-se distinguir dois tipos de retículo: **rugoso** e **liso**. O **retículo endoplasmático rugoso (RER)** é formado por sacos achatados cujas membranas têm aspecto verrugoso devido à presença de ribossomas aderidos à sua superfície externa voltada para o hialoplasma. Já o **retículo endoplasmático liso (REL)** é formado por estruturas membranosas tubulares sem ribossomas aderidos e, portanto, de superfície lisa.

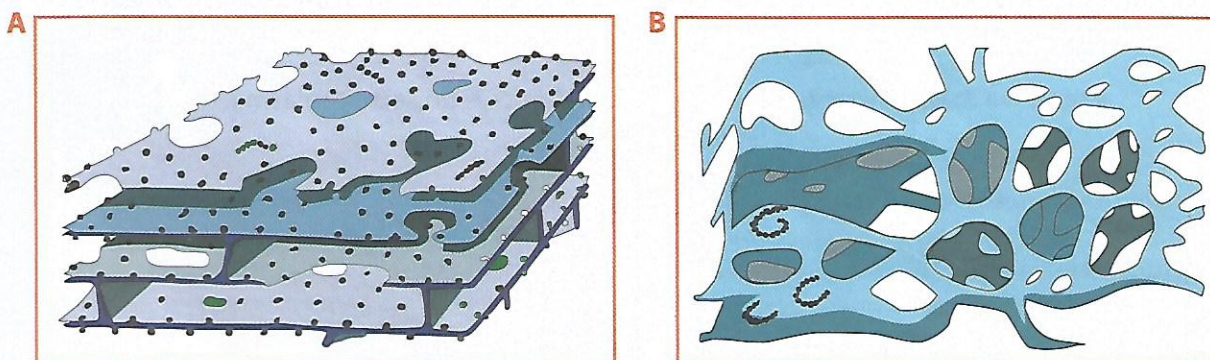


Fig. 15 Esquemas do retículo endoplasmático: **A** – retículo endoplasmático rugoso, **B** – retículo endoplasmático liso.

No entanto, ambos os tipos de retículo endoplasmático estão relacionados com a **síntese de substâncias** actuando como uma rede de **distribuição de substâncias** no interior da célula. No líquido existente dentro das suas bolsas e tubos diversos tipos de substâncias deslocam-se sem se misturar com o hialoplasma. Uma importante função do retículo endoplasmático liso é a **produção de lípidos e o transporte de substâncias**. Também participa nos processos de **desintoxicação celular**, pois intervém na transformação das substâncias tóxicas, modificando-as ou destruindo-as, de modo a não causarem danos ao organismo. Dentro das bolsas do retículo endoplasmático liso também pode haver **armazenamento de substâncias** provenientes do meio intra ou extracelular. O retículo endoplasmático rugoso é responsável pelo **transporte de proteínas** sintetizadas nos ribossomas que se encontram na sua superfície.

No hialoplasma da maioria das células eucarióticas é possível distinguir-se um outro conjunto de membranas intracelulares, em continuidade com as do retículo endoplasmático. Em 1898, o cientista italiano Camillo Golgi evidenciou a existência desta estrutura citoplasmática, que se designa **Complexo** (ou **Aparelho**) **de Golgi**. É constituído por um ou mais conjuntos de sacos achatados e membranosos (**cisternas**) associados a um sistema de vesículas esféricas – **vesículas golgianas**. A cada conjunto de quatro a cinco sáculos sobrepostos dá-se o nome de **dictiossoma**. O empilhamento regular dos sacos achatados é característico do sistema de Golgi, o que permite reconhecê-lo com facilidade.

Nas células animais os dictiossomas geralmente encontram-se reunidos num único local, próximo do núcleo. Nas células vegetais há, geralmente, vários dictiossomas espalhados pelo hialoplasma.



Fig. 16 Esquema de dictiossoma (A) e sua localização numa célula animal e vegetal (B).

Diversos estudos têm mostrado que o Complexo de Golgi aparece desenvolvido nas células com função secretora, o que revela que esta estrutura está intimamente relacionada com a **secreção celular**.

Como já foi mencionado anteriormente, e como a figura 17 mostra, o Complexo de Golgi está relacionado com o retículo endoplasmático. Repare que a pilha de sacos achatados do Complexo de Golgi tem duas faces, uma voltada para o retículo endoplasmático rugoso e outra para a superfície da célula. As vesículas provenientes do retículo endoplasmático rugoso, que contêm proteínas, soldam-se à face inferior do Complexo de Golgi. Por sua vez, a face superior deste sistema também produz vesículas que se destinam à «exportação» de substâncias, através da membrana plasmática para utilização no meio extracelular.

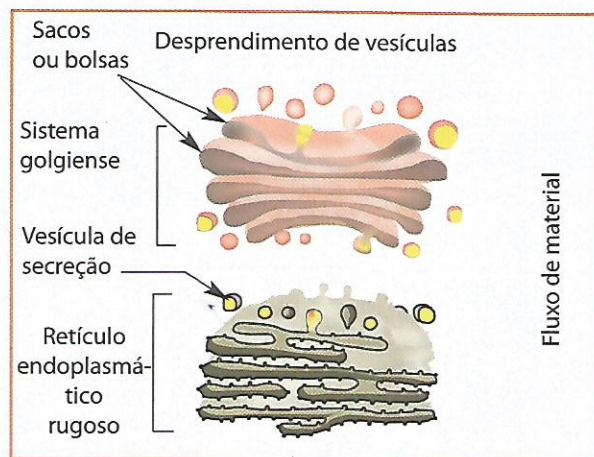


Fig. 17 Relação entre o retículo endoplasmático rugoso e o Complexo de Golgi.

Além da função de secreção celular, o complexo de Golgi é ainda responsável pela **formação dos lisossomas** e dos **vacúolos autofágicos**, participando, assim, no processo da **digestão intracelular**.

Os **lisossomas** (do grego *lise*, quebra, destruição) são bolsas membranosas que contêm enzimas digestivas de todos os tipos, capazes de digerir substâncias orgânicas. Desde a sua descoberta, em 1955, já foram identificados mais de cinquenta tipos de enzimas alojadas no interior das pequenas bolsas lisossômicas. Daí, os lisossomas são organelos responsáveis pela **digestão intracelular**. O esquema da figura 18 mostra alguns detalhes da acção dos lisossomas.

Como qualquer proteína, as enzimas lisossômicas são fabricadas no retículo endoplasmático rugoso; migram em seguida para os dictiossomas, sendo identificadas e enviadas para uma região especial do sistema de Golgi, onde são empacotadas e libertadas na forma de pequenas bolsas – os **lisossomas primários**. Quando uma partícula de alimento é englobada, forma-se um **vacúolo alimentar**. Um ou mais lisossomas fundem-se ao vacúolo alimentar, despejando nele enzimas. Está formado o **vacúolo digestivo** ou **lisossoma secundário**.

À medida que a digestão intracelular vai ocorrendo, as partículas capturadas pelas células são quebradas em pequenas moléculas que atravessam a membrana do vacúolo digestivo passando para o hialoplasma. Estas moléculas serão utilizadas na fabricação de novas substâncias e no fornecimento de energia à célula.

Eventuais restos do processo digestivo, constituído por material que não foi digerido, permanecem dentro do vacúolo que passa a ser chamado **vacúolo residual**. Muitas células eliminam o conteúdo do vacúolo residual para o meio externo. Nesse processo, o vacúolo residual encosta na membrana plasmática e funde-se com ela lançando o seu conteúdo para o meio externo.

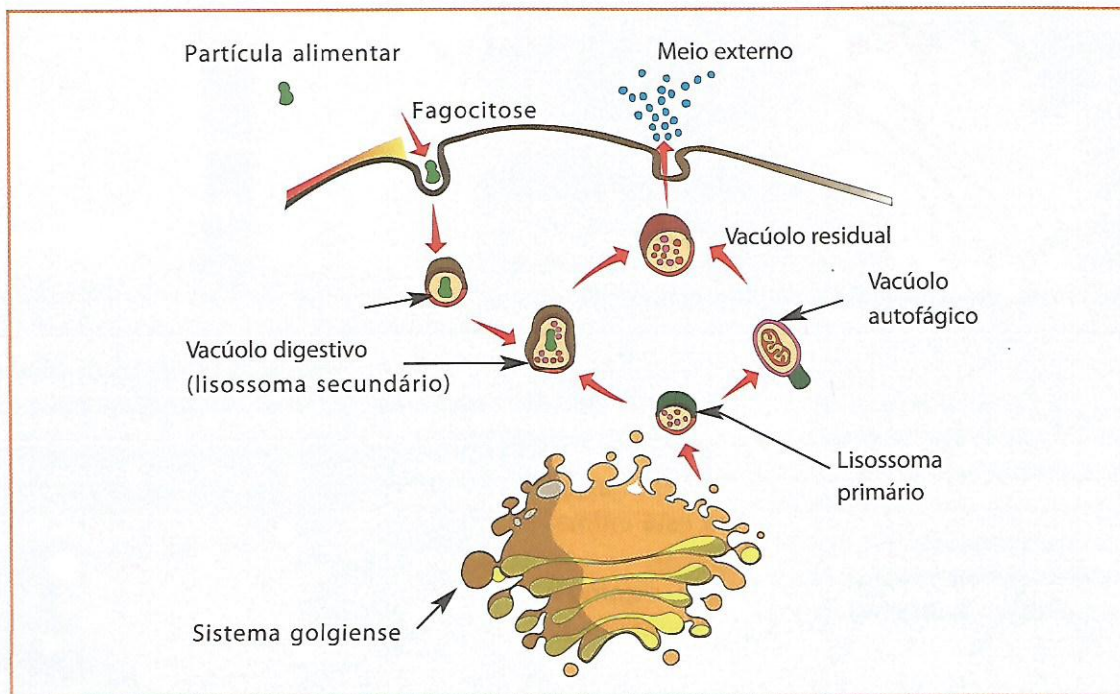


Fig. 18 Os lisossomas são responsáveis pela digestão intracelular.

Embora os **vacúolos** estejam presentes em todas as células animais, é nas células de algumas plantas que atingem grandes dimensões, ocupando, por vezes, todo o espaço intracelular. No interior do vacúolo, que é uma estrutura membranosas, existem normalmente várias substâncias em solução (açúcares, sais minerais, enzimas, produtos de excreção, etc.), que constituem o **suco vacuolar**. À membrana que limita o vacúolo dá-se o nome de **tonoplasto**. Esta membrana intervém na regulação do fluxo de água e de iões entre o citoplasma e o interior do vacúolo.

As **mitocôndrias** – organelos celulares responsáveis pela **respiração celular** – são estruturas que se encontram separadas do citoplasma por uma dupla membrana, ou seja, há duas membranas na mitocôndria: uma externa e outra interna. Na membrana interna existem dobras (invaginações), as **cristas**. O interior da mitocôndria é preenchido por um material de consistência fluida chamado **matriz mitocondrial**.

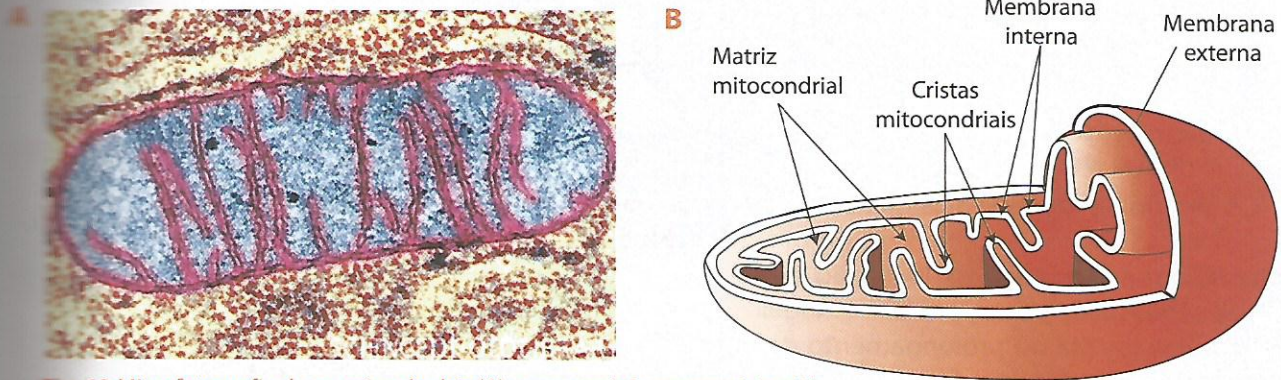


Fig. 19 Microfotografia de uma mitocôndria (A) e seu modelo esquemático (B).

O interior do **cloroplasto** – organelo celular característico das células vegetais e responsável pela **fotossíntese** – contém uma matriz granulosa designada estroma. No **estroma** encontram-se mergulhadas as **lamelas**. Existem ainda pilhas de lamelas menores, **discóides**, lembrando pilhas de moedas. Cada «moeda» recebe o nome de **tilacóide**. Uma pilha desses tilacóides é chamada *granum*. O conjunto de *granum* do cloroplasto é denominado **grana**. É a nível deste sistema membranar interno que se localizam os pigmentos fotossintéticos que fazem a captação da energia luminosa enquanto no estroma existem enzimas e outras moléculas necessárias à síntese da matéria orgânica.

Para além dos cloroplastos, podem encontrar-se nas células vegetais outros tipos de plastos que se designam em função dos materiais que encerram. Os plastos podem ser incolores (**leucoplastos**) ou possuir pigmentos (**cromoplastos**, que incluem pigmentos diferentes das clorofilas e que são responsáveis pela coloração de muitos órgãos vegetais como flores, frutos e folhas). Os **leucoplastos** incluem substâncias de reserva como o amido (**amiloplastos**), os lípidos (**oleoplastos**) e as proteínas (**proteoplastos**).

Além das estruturas que são predominantemente constituídas por membranas, encontram-se nas células eucarióticas estruturas citoplasmáticas **não membranosas**: os **ribossomas** e os organelos tubulares (**centríolos**, **cílios** e **flagelos**).

Os **ribossomas** são pequenas partículas de aspecto granuloso. Cada ribossoma é formado por duas subunidades de tamanhos diferentes. É a nível dos ribossomas que ocorre a **síntese proteica**, pois funcionam como local onde os aminoácidos se podem ligar.

As células que sintetizam proteínas apenas para consumo próprio apresentam muitos ribossomas livres no citoplasma; pelo contrário, as células que fabricam proteínas de «exportação» têm muitos ribossomas ligados ao retículo endoplasmático, o que facilita a libertação da proteína sintetizada.

Quer estejam livres no citoplasma, quer estejam ligados ao retículo endoplasmático, os ribossomas têm sempre a mesma estrutura, formando conjuntos a que se dá o nome de **polissoma**.

Os organelos tubulares como os **centríolos**, os **cílios** e os **flagelos** podem ser considerados exclusivos das células animais e de alguns eucariontes unicelulares.

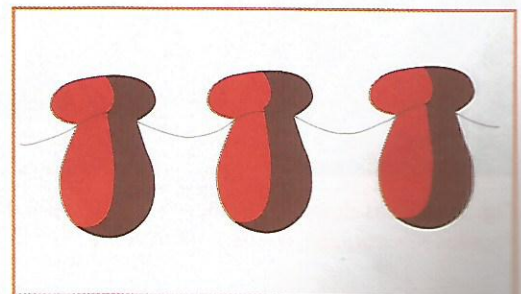


Fig. 20 Esquema de polissoma.

No seio do hialoplasma, perto do núcleo é possível observar-se dois cilindros de natureza proteica – os **centríolos** – dispostos perpendicularmente um ao lado do outro.

Cada cilindro é composto por nove feixes de túbulos ocios – os **microtúbulos**. Os microtúbulos estão modificados num padrão: nove microtúbulos duplos especiais estão dispostos formando um anel ao redor de um par de microtúbulos simples.

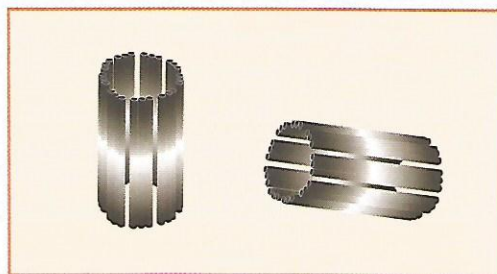


Fig. 21 Esquema de um centríolo.

Os centríolos têm essencialmente duas funções: **originar os cílios** e **os flagelos** e **participar na organização do fuso** de divisão durante o processo da divisão celular.

Nas células que possuem cílios e flagelos, cada uma destas estruturas resulta do prolongamento de um centríolo para o exterior da célula. Um dos centríolos coloca-se junto à superfície externa da célula e, de cada feixe de três túbulos, dois alongam-se; ao crescerem, os túbulos empurram a membrana plasmática, que também se vai alongando, acompanhando o crescimento.

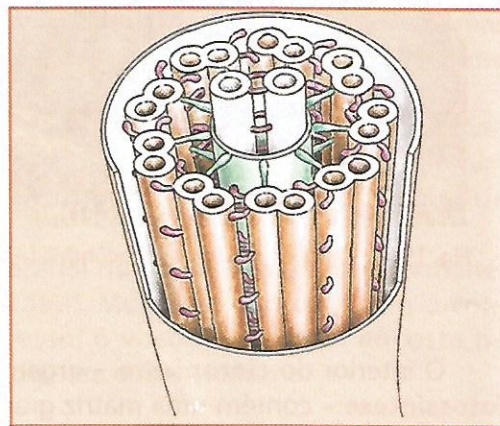


Fig. 22 Estrutura dos cílios e flagelos.

Os **cílios** são normalmente curtos e numerosos e têm movimentos pendulares – **batimentos**. Já os **flagelos** são longos, existindo apenas um ou muito poucos por célula apresentando movimentos sinuosos – **ondulações**.

Os **cílios** estão presentes em alguns organismos unicelulares e nas células que revestem superfícies internas de certos canais como é o caso da traqueia dos mamíferos.

Os **flagelos** também existem em seres unicelulares e nas células sexuais masculinas. Assim, os movimentos ciliares e flagelares permitem o deslocamento possibilitando a exploração do ambiente ou mesmo a captura de alimento.

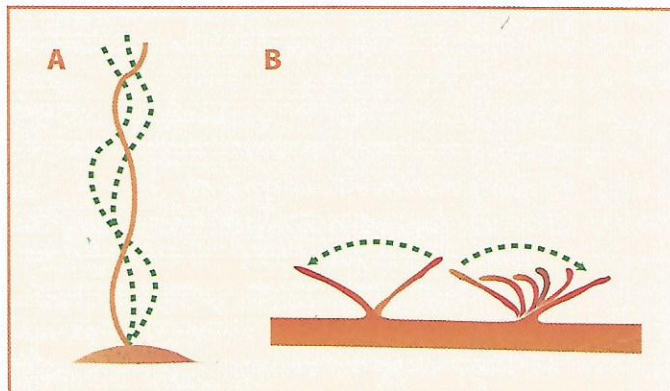


Fig. 23 O movimento dos flagelos (A) é ondulatório, enquanto os cílios (B) têm movimentos pendulares.

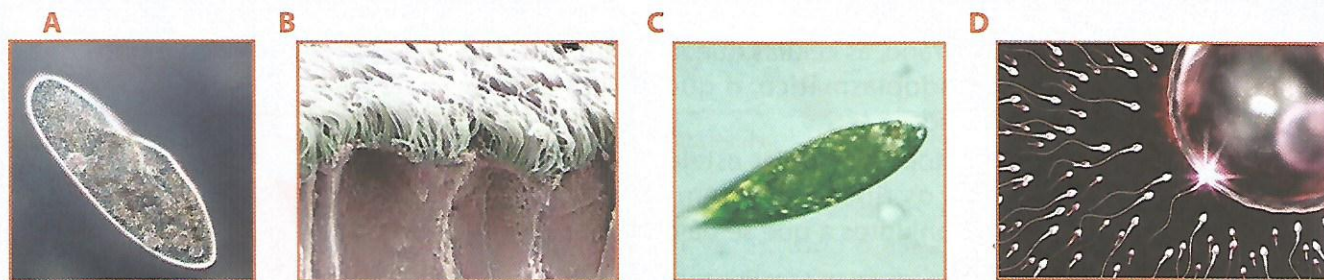


Fig. 24 Células dotadas de cílios (A – paramécia, B – células de revestimento da traqueia dos mamíferos) e células dotadas de flagelos (C – euglena, D – espermatozóide).

Quadro 3: Síntese sobre os organelos celulares e suas funções.

Organelo celular	Funções principais
Estruturas membranares com simples membrana	
Membrana plasmática 	Regula todas as trocas de substâncias entre a célula e o meio externo mantendo assim a constituição característica do citoplasma. Protecção e recepção de mensagens.
Retículo endoplasmático 	Responsável pela síntese e circulação das proteínas sintetizadas pelos ribossomas presentes na parede do retículo endoplasmático rugoso. O retículo endoplasmático liso intervém na síntese de lípidos.
Complexo de Golgi 	Local de acumulação e transformação de proteínas. Associado a processos de secreção e à formação de lisossomas.
Lisossomas 	Associados à degradação de macromoléculas (digestão intracelular).
Vacúolos 	Regulação do fluxo de água e iões entre a célula e o meio. Armazenamento de substâncias diversas.
Estruturas membranares com dupla membrana	
Núcleo 	Contém toda a informação genética, o que lhe permite controlar a actividade celular. O invólucro nuclear delimita e protege este organelo, em que os poros nucleares regulam todas as suas trocas com o citoplasma.
Mitocôndrias 	Responsáveis pela respiração celular.
Cloroplastos 	Responsáveis pela fotossíntese.
Estruturas não membranares	
Ribossomas 	Síntese de proteínas.
Estruturas tubulares	
Centríolos 	Organização do fuso de divisão durante o processo de divisão celular. Originam os cílios e os flagelos.
Cílios e flagelos 	Associados ao movimento.

Composição química da célula

A análise da matéria que constitui os seres vivos revela abundância de **água**: cerca de 75 a 85% do peso de qualquer ser vivo é devido a essa substância. Os demais constituintes moleculares de um organismo vivo são **proteínas** (10 a 15%), **lípidos** (2 a 3%), **hidratos de carbono** (1%) e **ácidos nucleicos** (1%). Há também uma pequena quantidade de outras substâncias que abrangem, por exemplo, os **sais minerais** e as **vitaminas** (1 a 3%).

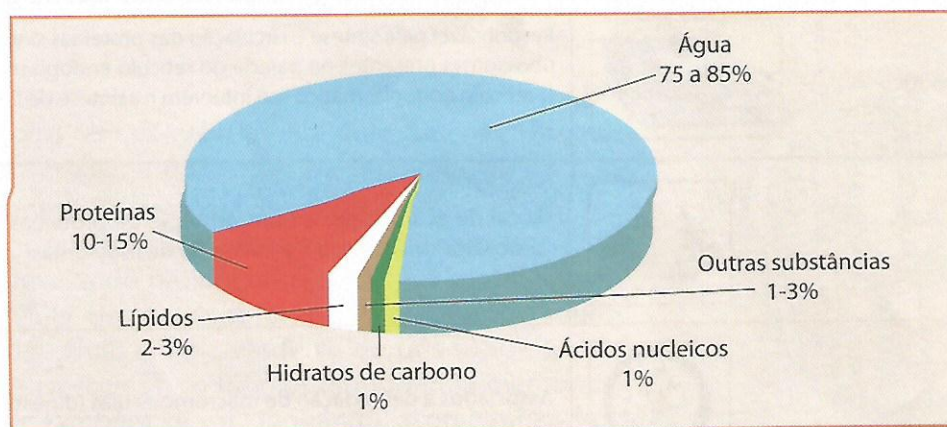


Fig. 25 Composição química da matéria viva.

O esquema e o quadro seguintes indicam, aproximadamente, a percentagem média de algumas substâncias encontradas em células animais e vegetais.

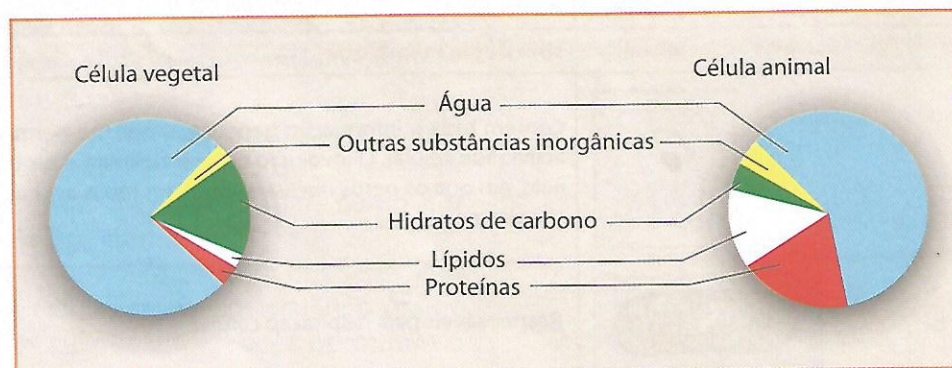


Fig. 26 Composição química das células animal e vegetal.

Quadro 4: Composição química da célula.

Substâncias químicas da célula	Célula animal	Célula vegetal
Água	60,0 %	70,0 %
Sais minerais	4,3 %	2,45 %
Hidratos de carbono	6,2 %	18,0 %
Lípidos	11,7 %	0,5 %
Proteínas	17,8 %	4,0 %

Quanto aos elementos químicos, a matéria viva é constituída principalmente por **carbono**, **hidrogênio**, **oxigênio** e **nitrogênio**, além de menores quantidades de **fósforo** e **enxofre**. Estes elementos constituem aproximadamente 96% dos átomos da maior parte dos organismos e podem fazer parte de moléculas simples como a água ou, então, de moléculas complexas como as proteínas. No entanto, as substâncias químicas dividem-se em **substâncias inorgânicas** e **orgânicas**.

A **água** e os sais minerais são exemplos de **substâncias inorgânicas**.

Uma molécula de água é formada por dois átomos de hidrogénio ligados a um átomo de oxigénio

(H_2O). As principais funções da água nos seres vivos estão relacionadas com:

- **Actuação como solvente** – Como dissolve um grande número de substâncias, a água é considerada o solvente universal. Ao separar partículas, como iões e moléculas, a água facilita a ocorrência de reacções químicas.
- **Funcionamento enzimático** – As enzimas, substâncias orgânicas que aumentam a velocidade das reacções químicas, só agem em meio aquoso.
- **Meio de transporte** – O fluxo de água, tanto dentro das células quanto entre uma célula e outra, permite uma eficiente distribuição de substâncias no corpo dos organismos.
- **Protecção térmica** – Mesmo que receba ou perca muito calor, a água sofre uma pequena modificação. Os seres vivos, que são constituídos por uma grande quantidade de água, estão protegidos contra bruscas oscilações da temperatura corporal.

Os **sais minerais** podem ser encontrados dissolvidos na água (na forma de iões), na forma de cristais (em esqueletos, cascas de ovos ou carapaças de insectos, por exemplo) ou compondo substâncias mais complexas (por exemplo: o ferro, na molécula da hemoglobina e o magnésio, na molécula da clorofila).

São importantes em diversas actividades, tais como:

- **Regulação da quantidade de água** – Quando o meio intracelular tem maior concentração de partículas dissolvidas, a água flui do meio extracelular para dentro da célula; quando o meio extracelular é mais concentrado, a célula perde água. Este fluxo de água será discutido oportunamente, no capítulo de Fisiologia Celular.
- **Modificação das propriedades da célula** – Os iões minerais são tão importantes que pequenas variações na sua percentagem influenciam propriedades, tais como permeabilidade da membrana, viscosidade do citoplasma e a capacidade de responder a estímulos.

A condição para que uma molécula seja classificada como **orgânica** é que ela tenha carbono na sua estrutura. Daí, o carbono forma a estrutura básica de todas as moléculas orgânicas (atenção à excepção: embora a molécula de dióxido de carbono contenha o elemento químico de carbono esta é considerada substância inorgânica). Muitas substâncias orgânicas são polímeros, ou seja, macromoléculas constituídas pela união de moléculas menores (monómeros) que se sucedem de forma repetitiva.

Os **hidratos de carbono**, também chamados **glúcidos** ou **açúcares**, são constituídos, basicamente, por átomos de carbono, hidrogénio e oxigénio. Os hidratos de carbono classificam-se em:

- **Monossacarídeos** – São os hidratos de carbono mais simples.

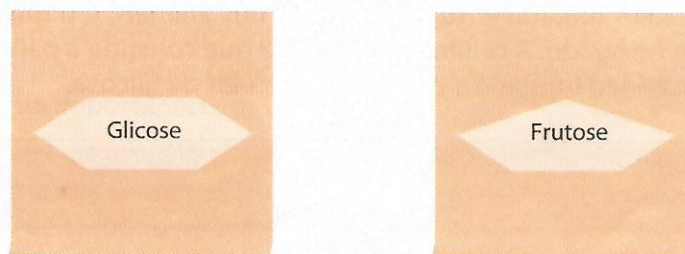


Fig. 27 Representação esquemática de monossacarídeos.

Quadro 5: Monossacarídeos mais frequentes nos seres vivos e suas respectivas funções.

Monossacarídeo	Função biológica
Ribose	Matéria-prima necessária à produção de ácido ribonucleico (RNA).
Desoxirribose	Matéria-prima necessária à produção de ácido desoxirribonucleico (DNA).
Glicose	Molécula mais usada pelas células na obtenção de energia. Fabricada pelas partes verdes dos vegetais, na fotossíntese. É abundante em vegetais, no sangue e no mel.
Frutose	Desempenha papel fundamentalmente energético.
Galactose	Um dos monossacarídeos componentes da lactose do leite; também tem papel energético.

- **Oligossacarídeos** – São moléculas constituídas pela união de dois a dez monossacarídeos. Os oligossacarídeos mais importantes são os dissacarídeos, como a **sacarose** (açúcar de cana) constituída por uma molécula de glicose ligada a uma de frutose, a **maltose** (açúcar de malte) formada pela ligação de duas moléculas de glicose e a **lactose** (açúcar de leite) que resulta da união de uma molécula de glicose com uma da galactose.

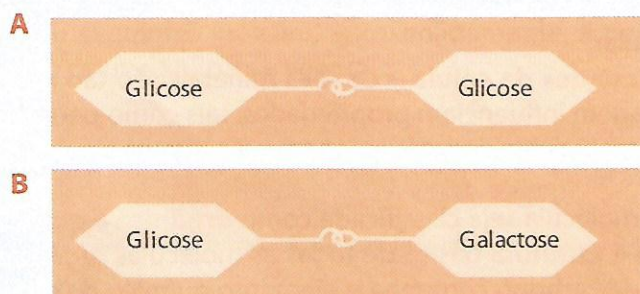


Fig. 28 Representação esquemática de dissacarídeos (A – maltose B – lactose;).

- **Polissacarídeos** – São moléculas grandes (macromoléculas), formadas pela união de dezenas, centenas ou milhares de moléculas de monossacarídeos. Os principais polissacarídeos de reserva energética são polímeros de glicose. Nos vegetais, é o **amido** presente em sementes (arroz, feijão), raízes (mandioca), caules (batata) e frutos (banana); nos animais, é o **glicogénio**, armazenado em células musculares e no fígado. A celulose, substância que constitui a parede das células vegetais, é também um polissacarídeo formado a partir de moléculas de glicose.



Fig. 29 Representação esquemática de polissacarídeos.

Os **lípidos** constituem um grupo de substâncias orgânicas, cuja propriedade mais marcante é a sua baixa solubilidade em água. São substâncias abundantes em animais e vegetais e compreendem os **óleos**, as **gorduras**, as **ceras**, os **lípidos compostos** (fosfolípidos, por exemplo) e, finalmente, os **esteróides**.

Quadro 6: Lípidos mais frequentes nos seres vivos e suas respectivas funções.

Tipos de lípidos	Exemplos	Função biológica
Lípidos simples	Óleos e gorduras	Reserva energética de animais e vegetais. Em alguns animais funcionam como isolante térmico impedindo perda de calor do corpo para o meio. Funcionam também como amortecedores contra impactos mecânicos.
	Ceras	Impermeabilização de superfícies sujeitas à desidratação dificultando a passagem de água. Estão presentes na pele, nos pêlos, nas penas e no exoesqueleto de artrópodes. Recobrem superfícies de folhas e frutos.
Lípidos compostos	Fosfolípidos	Abundantes no tecido nervoso e nas membranas plasmáticas.
Esteróides	Colesterol	Componente das membranas celulares, dá origem a outros esteróides como os das hormonas sexuais.
	Testosterona, Progesterona, Estrogénio	Hormonas relacionadas com a actividade sexual, caracteres sexuais secundários e gravidez.

As **proteínas** são macromoléculas compostas por unidades de aminoácidos. Elas desempenham muitas funções, tais como:

- **Material de construção** – As proteínas têm importância fundamental na estrutura dos seres vivos. Fazem parte da arquitectura de todas as células, dão consistência ao conteúdo celular e formam as fibras dos tecidos que sustentam o corpo. Os cabelos, as unhas e as penas são materiais que contêm a proteína estrutural chamada **queratina**. O **colagénio** é uma outra proteína estrutural que é abundante nos tendões, cartilagens e ossos.
- **Catalização das reacções químicas** – Numa célula, a manutenção da vida depende da ocorrência de reacções químicas variadas. A realização de todas essas reacções químicas depende em grande parte de proteínas especiais, as **enzimas**, que actuam como **catalisadores** (substâncias que aceleram as reacções químicas, sem serem consumidas durante o processo). O papel de qualquer enzima é muito específico, ou seja, uma determinada enzima facilita a ocorrência de uma determinada reacção química.
- **Defesa** – Quando uma proteína estranha (**antigénio**) penetra num organismo animal ocorre a produção de uma proteína de defesa chamada **anticorpo**. A molécula de anticorpo liga-se quimicamente ao antigénio, neutralizando o seu efeito. Os anticorpos, da mesma forma como as enzimas, são específicos. Assim, determinado anticorpo actua somente contra aquele antigénio particular que induziu a sua formação. Saber como funcionam os anticorpos permitiu o desenvolvimento de vacinas extremamente importantes em saúde pública.
- **Transporte** – As proteínas transportadoras recebem substâncias num lugar e libertam-nas noutra. A hemoglobina é uma das proteínas transportadoras mais importantes dos animais. Transporta o oxigénio e o dióxido de carbono no sangue.

Os **ácidos nucleicos** são moléculas que possuem, além de **açúcar** (**desoxirribose** na molécula de DNA e **ribose** na molécula de RNA), **ácido fosfórico** e quatro tipos de **bases nitrogenadas**. Entre essas bases, três são idênticas nos dois tipos de ácidos nucleicos: **adenina**, **citocina** e **guanina**. A quarta base difere nos dois tipos de moléculas: no DNA está presente a **timina**, enquanto no RNA está presente a **uracila**. Os ácidos nucleicos estão relacionados com o controlo da actividade e da estrutura das células e com os mecanismos da hereditariedade.

As **vitaminas** são compostos orgânicos de que o organismo necessita em pequenas quantidades e que regulam inúmeras funções vitais. Os animais e o Homem têm de obter as vitaminas através do alimento, uma vez que os seus organismos não conseguem fabricá-las. As vitaminas são necessárias para uma vida saudável. Uma dieta deficiente em vitaminas altera o metabolismo das células e causa sérios problemas de saúde.



Experiência

Identificação de substâncias inorgânicas e orgânicas

As substâncias inorgânicas ou orgânicas podem ser identificadas a partir de reacções químicas características.

Procure identificar algumas substâncias químicas, tais como: amido, glicose, lípidos, proteínas e vitamina C. Proceda de acordo com as indicações do quadro 7.

Quadro 7: Reacções químicas características de algumas substâncias inorgânicas e orgânicas.

Substância a identificar	Reagente característico	Procedimento	Observação característica
Amido	Água iodada	Numa tigela coloque um pedaço de mandioca, batata ou farinha de trigo. Adicione algumas gotas de água iodada.	A água iodada toma a cor azul intensa.
Glicose	Solução de Fehling I e II	Num tubo de ensaio deite um pouco de sumo de cana-de-açúcar. Adicione duas a três gotas de solução de Fehling I e duas a três gotas de solução de Fehling II. Aqueça.	Forma-se um precipitado cor de tijolo.
Proteína	Ácido nítrico Amónia (Reacção xantoproteica)	Num tubo de ensaio deite um pouco de água e clara de ovo. Agite e depois aqueça. Num outro tubo de ensaio deite também um pouco de água e clara de ovo. Agite e adicione uma gota de ácido nítrico (Atenção!). Aqueça. Deixe arrefecer e junte algumas gotas de amónia.	Durante o aquecimento a clara de ovo coagula. Com ácido nítrico forma-se um coágulo amarelo. Juntando amónia aparece uma coloração alaranjada.
Lípidos	—	Num tubo de ensaio junte azeite e igual quantidade de água. Agite energicamente. Deixe o tubo em repouso alguns minutos. Coloque umas gotas de azeite sobre papel. Deixe secar com o auxílio de sol durante 10 minutos.	O azeite mistura-se com a água, formando uma emulsão. O azeite separa-se da água, ficando à superfície. Forma-se uma mancha translúcida (mancha gordurosa) que não desaparece por acção de calor.

Substância a identificar	Reagente característico	Procedimento	Observação característica
Vitamina C	Água iodada	Num tubo de ensaio junte a 5 ml de água iodada um pouco de sumo de laranja.	A água iodada perde a sua coloração.
Água	—	Aqueça numa tigela pequena um pedaço fino duma batata. Coloque numa distância de cerca de 3 cm uma placa de vidro.	A água contida nas células da batata evapora e depois condensa na placa de vidro formando gotículas de água.

Utilize as reacções químicas indicadas no quadro para proceder à pesquisa da presença das substâncias orgânicas e inorgânicas. Preencha o quadro, assinalando com + ou –, respectivamente, as reacções positivas e negativas.

Quadro 8: Pesquisa da presença de substâncias inorgânicas e orgânicas.

	Material biológico							
	Alface	Banana	Batata	Cebola	Limão	Castanha	Leite	Peito de frango
Hidratos de carbono								
Proteínas								
Lípidos								
Água								
Vitamina C								

Difusão

Numa solução com determinada concentração, o fluxo de moléculas do soluto é idêntico em todas as direcções, o que explica o facto de que a solução mantenha a sua concentração ao longo do tempo.

Se numa solução houver zonas de diferentes concentrações, então haverá um maior fluxo de moléculas da zona de maior concentração para a de menor concentração até que a sua distribuição seja uniforme. A este movimento de moléculas chama-se **difusão**.

Como o movimento das moléculas de região de maior concentração para a de menor concentração ocorre sem gastos de energia, ou seja, a favor do gradiente de concentração (diferença entre a concentração de moléculas entre duas regiões), a difusão é uma **difusão simples**. O mecanismo considera-se como **transporte passivo**.

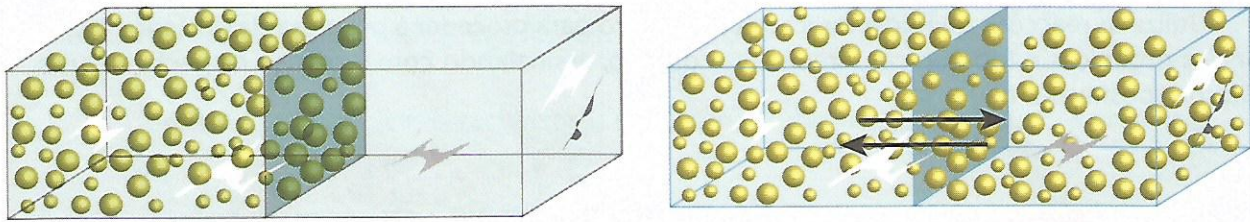


Fig. 30 Modelo evidenciando o movimento de moléculas por difusão.

Ocorre **difusão facilitada** quando as moléculas atravessam a membrana plasmática a favor do gradiente de concentração sem gasto de energia, mas, com velocidade superior à que ocorreria se fosse por difusão simples. O transporte deste tipo só poderá ocorrer através de proteínas específicas da membrana que intervêm como proteínas transportadoras. A especificidade destas proteínas deve-se ao facto de terem locais específicos a que se liga a substância a transportar até ser libertada do lado oposto da membrana. O transporte de glicose, na maioria das células, por exemplo, ocorre por difusão facilitada.

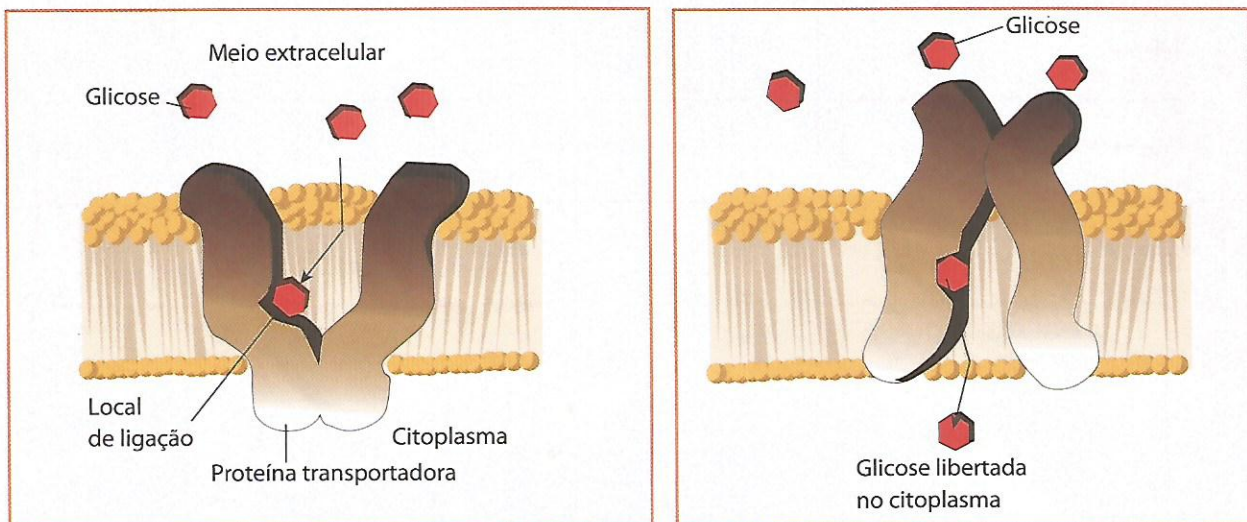


Fig. 31 Difusão facilitada.

Osmose

A **osmose** é um tipo particular de difusão. Se colocarmos uma gota de mel no fundo de um copo com água, as moléculas de glicose que constituem o mel difundem-se para a água circundante. As moléculas de água também se difundem para o interior da gota de mel, pois nela a concentração de água é bem menor do que no meio circundante. A difusão termina quando as concentrações se igualam em todas as regiões do copo. Imaginemos, agora, que a gota do mel está dentro de um saquinho feito de membrana de celofane, cujos poros são tão finos que permitem apenas a passagem de moléculas de água e impedem a saída de moléculas de glicose. A água do copo tende a difundir-se para o interior do saquinho de celofane onde a sua concentração é menor. As moléculas de glicose, porém, não conseguem difundir para fora do saquinho, de modo que a tendência é a entrada contínua de água que fará o saquinho inchar. Neste sistema a membrana de celofane é **semipermeável**: deixa passar apenas a água, o solvente, e impede a passagem da glicose, o soluto. Através de uma membrana semipermeável ocorre difusão apenas do solvente, processo denominado **osmose**.

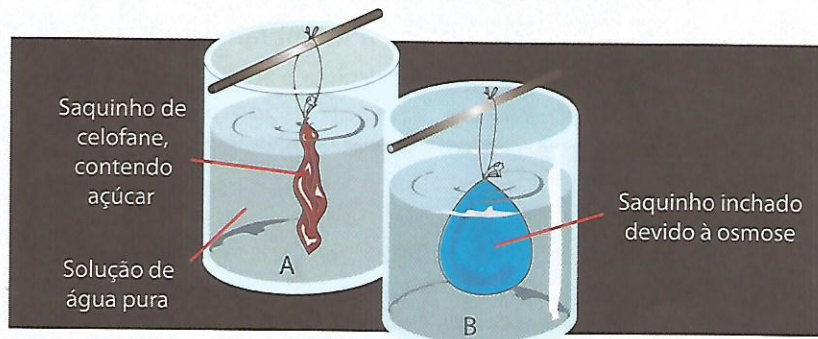


Fig. 32 Fenómeno da osmose.

O facto de as células vivas serem delimitadas pela membrana plasmática faz com que estejam sujeitas a sofrer uma osmose. Dependendo da concentração do líquido extracelular, a célula pode sofrer a osmose, perdendo ou ganhando água.

Se o meio que circunda a célula tem concentração de soluto **equivalente** à do líquido citoplasmático, o meio é **isotónico** em relação ao interior celular. A quantidade de água que entra na célula equivale à que sai e, portanto, não ocorre osmose. A água pura e soluções menos concentradas do que o citoplasma celular são denominadas **hipotónicas**. Se uma célula é mergulhada numa solução hipotónica, a água tende a entrar na célula devido ao facto da sua concentração no meio circundante ser maior do que a concentração de água dentro da célula. Uma solução mais concentrada do que o citoplasma celular é denominada **hipertónica**.

Na figura 33 pode-se ver o comportamento das células animais e vegetais em soluções de diferentes concentrações.

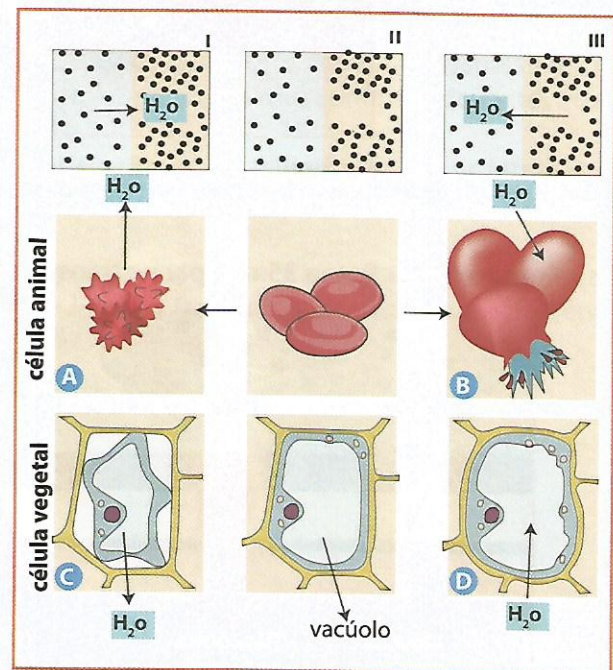


Fig. 33 Comportamento de uma célula animal (acima) e vegetal (abaixo) em soluções de diferentes concentrações.

Transporte activo

Muitas vezes a célula tem de contrariar a tendência natural da difusão no transporte de determinadas substâncias através da membrana. Este tipo de transporte é chamado **transporte activo**. Ele decorre contra o gradiente de concentração, isto é, da região de menor concentração para a de maior concentração, o que implica **gasto de energia**. Neste transporte, deve haver sempre a intervenção de proteínas transportadoras que se encontram na membrana.

Um caso de transporte activo bem conhecido é o bombeamento de iões sódio (Na^+) e potássio (K^+) através das membranas celulares. Numa hemácia (glóbulo vermelho) a concentração de ião sódio (Na^+) é muito menor do que a concentração de sódio no plasma sanguíneo. Em termos de difusão, o ião sódio deveria entrar na hemácia até que as concentrações de fora e dentro se igualassem. No entanto, isso nunca acontece: enquanto a hemácia tiver vida, a sua concentração interna de Na^+ continua baixa. O que acontece é o seguinte: os iões de sódio penetram continuamente na célula por difusão. Porém, a membrana está, ao mesmo tempo, expulsando iões de sódio da hemácia. Essa expulsão faz-se por transporte activo à custa de um trabalho constante por parte da hemácia. Já a situação do ião potássio na hemácia é inversa: a concentração de potássio na hemácia é sempre muito superior à do plasma sanguíneo. O potássio tende, por difusão, a fugir da hemácia, porém, a membrana reabsorve-o constantemente, gastando energia neste processo.

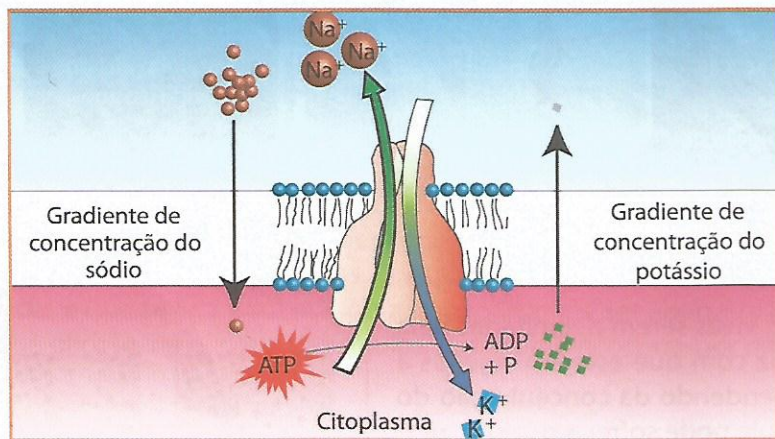


Fig. 34 Representação esquemática de bombeamento de iões sódio (Na^+) e potássio (K^+).

Resumindo, a figura 35 compara o transporte passivo com o transporte activo.

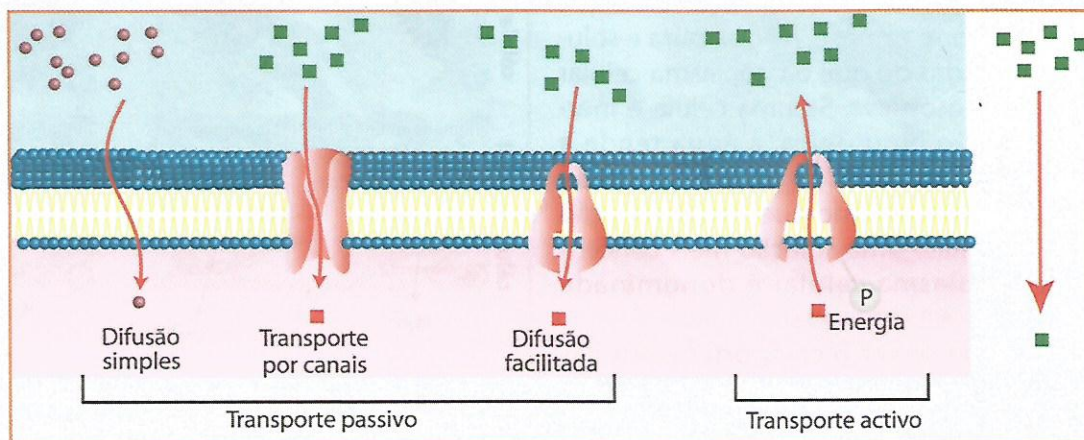
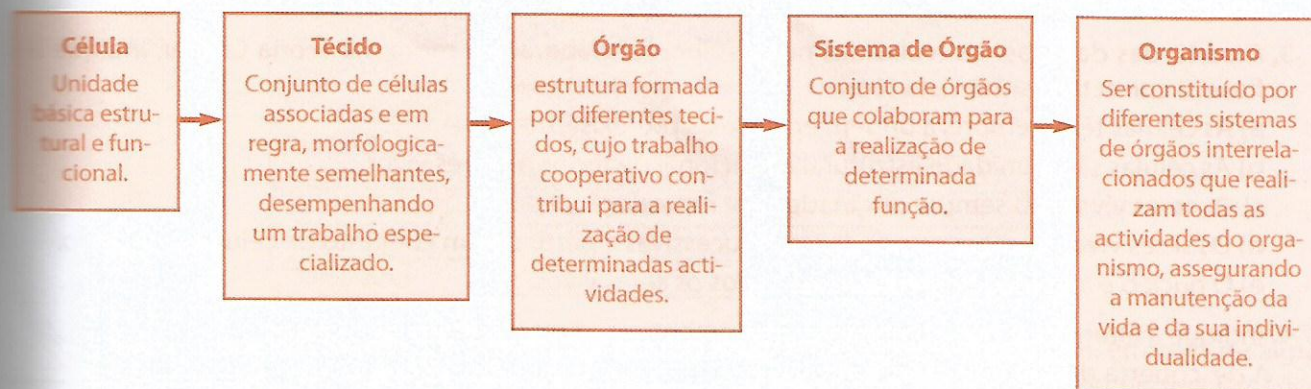


Fig. 35 Comparação do transporte passivo com o activo.

Funções vitais da célula

A célula como unidade básica estrutural e funcional de todos os seres vivos apresenta funções que possibilitam distinguir os seres vivos dos não vivos.



Consideram-se os processos físicos e químicos como base das funções vitais da célula.

Toda a actividade de **transformação química**, que vai desde a produção de energia até a montagem e desmontagem de substâncias químicas, constitui o **metabolismo celular**. No entanto, fazem parte do metabolismo celular os processos de **catabolismo** (desdobramento de moléculas complexas em moléculas menores e mais simples) e de **anabolismo** (construção dos componentes estruturais e funcionais da célula utilizando a energia gerada pelo catabolismo).

A **reprodução** refere-se à formação de novas células. Durante este processo transmite-se o material hereditário. A reprodução através do processo da divisão celular é fundamental para o **crescimento** (aumento em tamanho) e **desenvolvimento** (diferenciação pela qual as células sofrem modificações dando origem a grupos de células com formas variadas cada qual adaptada ao exercício de uma determinada função).

Entre as células e mesmo no interior delas realizam-se certos **movimentos** que incluem processos físicos como os da osmose, da difusão, do transporte activo ou do transporte através de canais iónicos. Com a **morte** da célula os movimentos celulares cessam completamente, o que confirma, de facto, que o movimento é uma propriedade inerente à vida.

As células, além de trocarem pequenas moléculas e iões, têm a capacidade de incluir (através da endocitose ou fagocitose) macromoléculas ou mesmo partículas de dimensões variadas. Consideram-se estes processos como básicos para uma **alimentação**.

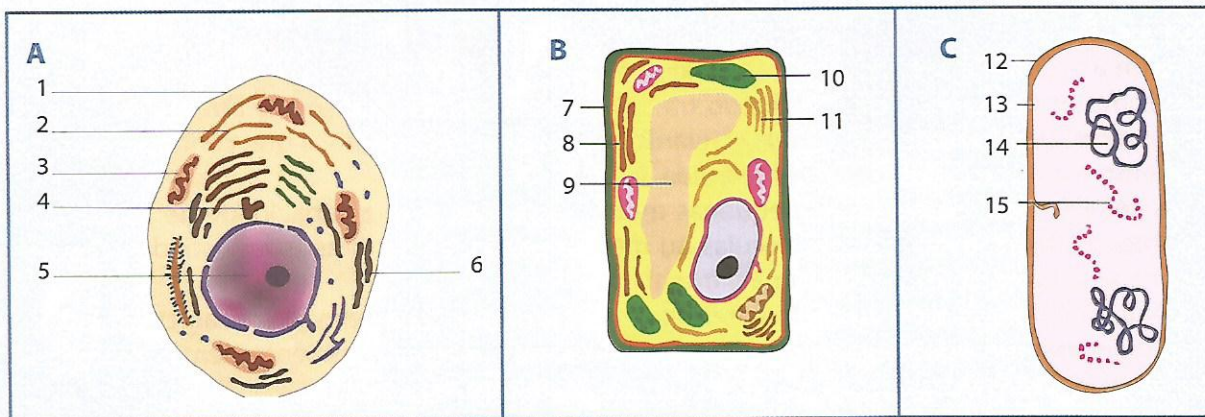
Células diferentes detectam diferentes alterações e respondem de maneira característica às mudanças no meio externo (ambiente fora da célula) ou no meio interno (ambiente dentro da célula). Sendo assim, as células têm a capacidade de responder aos **estímulos do ambiente**.



1. Elabore um pequeno comentário sobre os passos históricos da descoberta do microscópio óptico e sua importância para o desenvolvimento da Teoria Celular.
2. Existe uma grande diversidade de seres vivos. Todos eles povoam o nosso planeta desde o fundo do mar ao cume de uma montanha, dos pólos ao equador, do deserto às florestas tropicais são constituídos pela mesma unidade estrutural e funcional. Comente esta afirmação à luz da Teoria Celular.
3. A partir das descobertas realizadas no passado, foi elaborada a moderna Teoria Celular. Indique a(s) frase(s) correcta(s) sobre esta teoria.
 - a) As células têm, sempre, a origem em células pré-existentes.
 - b) As células são a unidade estrutural e funcional de todos os seres vivos.
 - c) Os seres vivos são sempre originados por reprodução.
 - d) Os seres vivos formam-se por divisões sucessivas a partir de um conjunto de células – o tecido.
 - e) O núcleo é a unidade hereditária de todos os seres vivos.
4. Indique a alternativa que completa correctamente as afirmações que se seguem.

A descoberta da célula foi feita em 1665 por _____. Em 1838 e 1839, _____ e _____, através de observações de estruturas que compõem as plantas e os animais, concluíram que os seres vivos são constituídos por células.

 - a) Hooke, Malpighi, Leeuwenhoek.
 - b) Leeuwenhoek, Grew, Schwann.
 - c) Schleiden, Hooke, Schwann.
 - d) Schwann, Schleiden, Leeuwenhoek.
 - e) Hooke, Schleiden, Schwann.
5. Observe atentamente os esquemas referentes a células observadas ao microscópio electrónico.



- a) Faça a legenda das figuras.
 - b) Qual das figuras representa uma célula procariótica? Justifique, baseando-se nos dados da figura.
 - c) Indique pelo menos três (3) diferenças entre uma célula vegetal e animal.
6. Imagine-se observando ao microscópio óptico dois cortes: um de fígado de rato e outro da folha do tomateiro. Cite duas (2) estruturas celulares que permitiriam identificar o corte da folha de tomateiro.



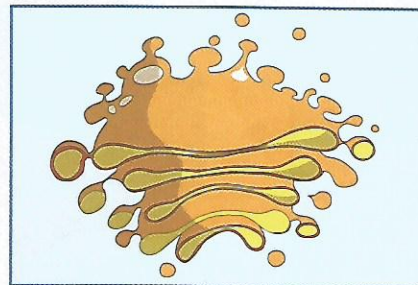
7. Considere as características das células A, B e C indicadas na tabela abaixo, relacionadas como presença (+) ou ausência (-) de algumas estruturas celulares. Determine o tipo de célula, distinguindo entre célula procariótica e célula eucariótica.

Estruturas celulares	Célula		
	A	B	C
Parede celular	-	+	+
Invólucro nuclear	+	+	-
Nucléolo	+	+	-
Ribossomas	+	+	+
Complexo de Golgi	+	+	-
Mitocôndrias	+	+	-
Cloroplastos	-	+	-

8. Sabe-se que ambos os retículos endoplasmáticos liso e rugoso desempenham, em comum algumas funções. Que função poderia ser citada como sendo exclusiva do retículo endoplasmático rugoso?

9. A estrutura celular representada no desenho ao lado é:

- a) Retículo endoplasmático.
- b) Núcleo.
- c) Membrana plasmática.
- d) Complexo de Golgi.
- e) Mitocôndria.
- f) Cloroplasto.



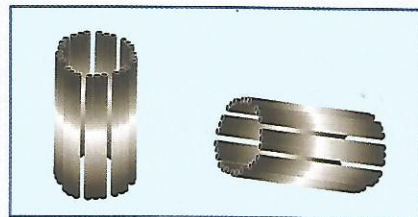
10. Os lisossomas são organelos celulares que actuam nos mecanismos de digestão intracelular. Essa digestão ocorre tanto com partículas provenientes do meio externo como com partículas próprias da célula, sendo esta última denominada autofagia.

Descreva em que circunstâncias a célula exerce a autofagia e como é realizado este processo.

11. O esquema abaixo representa uma estrutura celular encontrada na maioria das células eucarióticas.

A partir dela originam-se:

- a) Cílios e flagelos.
- b) Lisossomas.
- c) Ribossomas.
- d) Plastos.

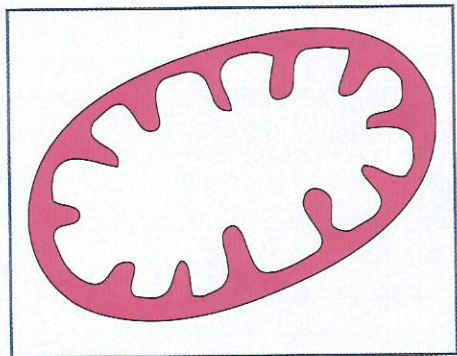


12. Células de certos organismos possuem organelos celulares que sintetizam substâncias orgânicas a partir de dióxido de carbono. Esses organelos são:

- a) Lisossomas.
- b) Mitocôndrias.
- c) Cloroplastos.
- d) Núcleo.
- e) Complexo de Golgi.

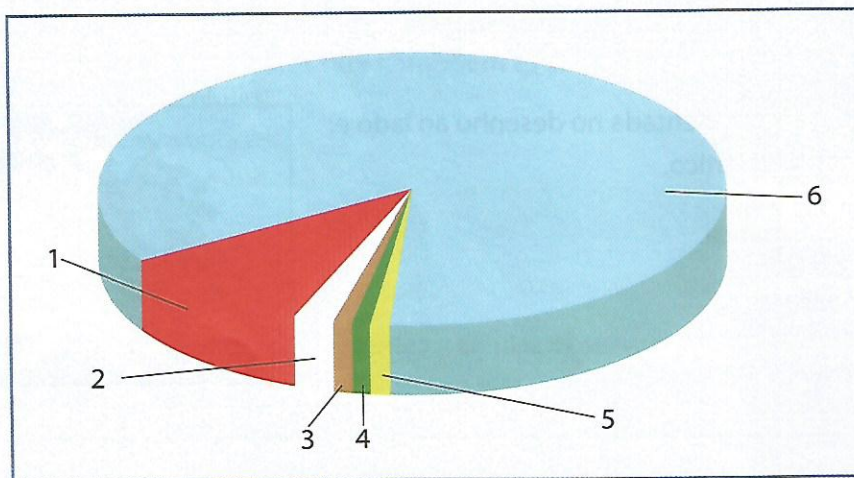


13. O organelo celular abaixo esquematizado é encontrado:



- a) Em bactérias, plantas e animais.
- b) Apenas em animais.
- c) Apenas em plantas superiores.
- d) Em bactérias e fungos.
- e) Em eucariontes.

14. Faça a legenda referente à constituição da matéria viva.



15. Defina os conceitos de monómeros e polímeros.

16. Preencha os espaços no texto que se segue com a alternativa correcta.

As substâncias que se destinam a fornecer energia, além de serem responsáveis pela rigidez de certos tecidos, sendo mais abundante nos vegetais, são os _____, sintetizados pelo processo de _____.

- a) Lípidos, fotossíntese.
- b) Ácidos nucleicos, respiração.
- c) Ácidos nucleicos, fermentação.
- d) Hidratos de carbono, respiração.
- e) Hidratos de carbono, fotossíntese.

17. Diferencie as seguintes substâncias em inorgânicas e orgânicas: vitaminas, sais minerais, hidratos de carbono, água, lípidos, proteínas e ácidos nucleicos.

18. Qual é a principal diferença, em termos de tamanho e complexidade das moléculas que as constituem, entre uma substância inorgânica e uma orgânica?

19. Explique a importância da água nas reacções químicas do metabolismo.

20. Classifique os hidratos de carbono e mencione para cada grupo os exemplos.

21. Indique quatro (4) funções das proteínas.

22. Diferencie DNA do RNA.

Fisiologia

Vamos relembrar que a substância fundamental do citoplasma, que tem recebido a denominação de **hialoplasma**, é constituída essencialmente por água (90%) e por várias moléculas orgânicas (como, por exemplo, hidratos de carbono, proteínas e vitaminas). Neste são mergulhadas as estruturas consideradas vivas, os **organelos celulares**. As estruturas não-vivas do hialoplasma são chamadas **inclusões**. O conjunto de inclusões é chamado **paraplasma**, enquanto o conjunto das estruturas vivas é denominado **protoplasma**.

Protoplasma – um colóide

A constituição química do hialoplasma opunha uma certa resistência física da célula. Este facto é incompatível com a ideia de que o espaço entre os organelos celulares é líquido. Mas se, de facto, não é um líquido, o certo é que também não é propriamente um sólido: é uma dispersão que é denominada **colóide**. O estado coloidal é um estado físico particular que corresponde a dois tipos: o **estado gel** e o **estado sol**. Estes dois tipos diferenciam-se pela sua viscosidade: o mais viscoso designa-se por gel (encontra-se na parte periférica da célula) e o menos viscoso é chamado sol (no interior da célula).



Ficha Informativa

O conceito de colóide é semelhante ao de solução, com a diferença que nos colóides o tamanho das partículas é maior.

Um bom exemplo de colóide é a gelatina que se prepara como sobremesa. A gelatina é uma proteína. Trata-se, portanto, de uma macromolécula que, quando dispersa em água, forma um colóide. Quando dissolvemos gelatina em água quente temos um colóide do tipo **sol**, tão fluido quanto uma solução; quando ela arrefece, torna-se mais viscosa, «endurece», formando um colóide do tipo **gel**.

A abundância de água existente no hialoplasma facilita a distribuição de substâncias como também a ocorrência de inúmeras reacções químicas.

Já deve ser do seu conhecimento que qualquer substância é constituída por moléculas em constante movimento. As moléculas deslocam-se ao acaso em linha recta e, ao colidirem com outras moléculas, alteram permanentemente a direcção do movimento. Este movimento que é designado por **movimento browniano** é responsável pela distribuição das partículas uniformemente.

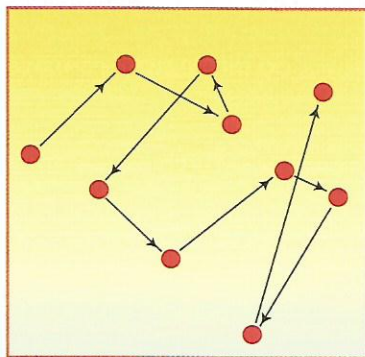


Fig. 36 Movimento browniano.

Processo de libertação de energia

A célula viva é um sistema onde ocorrem, a cada minuto, milhares de reacções químicas. Essas reacções são essenciais para que o organismo obtenha energia, se movimente, cresça e regenere as partes que se desgastam. O conjunto de todas essas actividades de transformação química e energética constitui o **metabolismo**.

As reacções metabólicas podem ser classificadas em dois tipos fundamentais: **anabolismo** e **catabolismo**.

Anabolismo é um conjunto de reacções de síntese, em que moléculas menores são reunidas para formar moléculas mais complexas, enquanto que as reacções de degradação de moléculas complexas constituem o **catabolismo**. É através da degradação de substâncias orgânicas que o ser vivo obtém a matéria-prima e a energia necessária à sua vida.

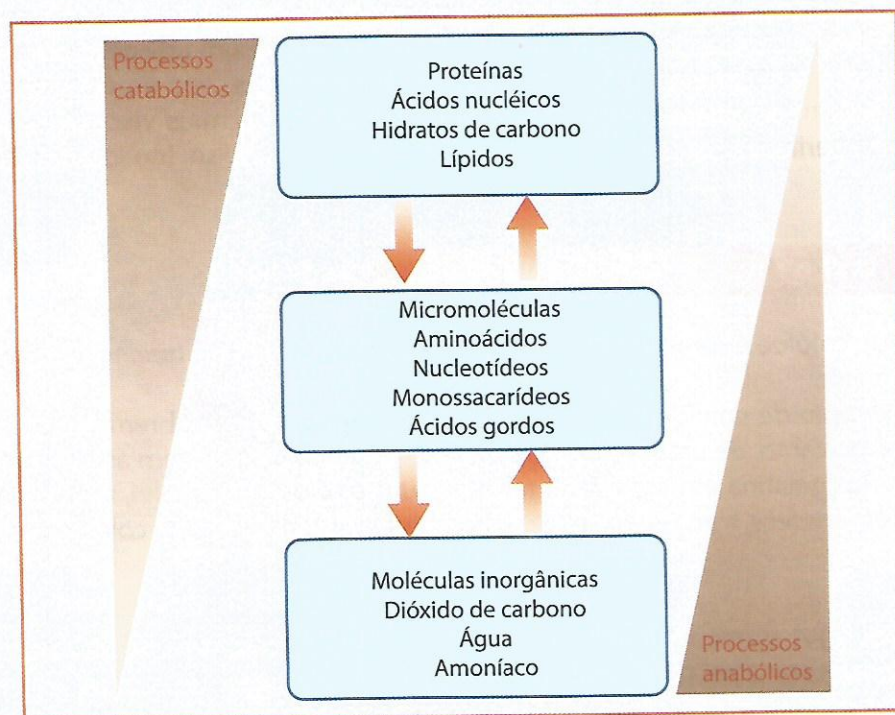


Fig. 37 Nos seres vivos, as reacções anabólicas e catabólicas estão intimamente ligadas. A energia libertada em processos catabólicos é utilizada em processos anabólicos.

Energia e organização

Todos os seres vivos, desde os unicelulares aos pluricelulares, necessitam permanentemente de energia para assegurarem a realização das suas funções, o seu desenvolvimento e a sua manutenção. No entanto, estas necessidades são satisfeitas de modo diferente pelos diversos organismos.

Os vegetais clorofilinos fabricam os seus constituintes orgânicos utilizando sais minerais, dióxido de carbono, água e energia luminosa, isto é, com moléculas pobres em energia química elaboram moléculas com elevado teor energético. Tal processo designa-se por **fotossíntese**.

Existem **seres quimiossintéticos** que, tal como os fotossintéticos, têm capacidade de produzir matéria orgânica a partir do CO_2 , mas que utilizam como fonte de energia a que é proveniente da oxidação de compostos inorgânicos, em vez de luz.

Contrariamente aos seres clorofilinos, os animais não possuem tal capacidade. É dos compostos orgânicos que eles retiram a matéria e energia necessárias à sua sobrevivência, estando assim dependentes, directa ou indirectamente, de outras formas de vida.

Fontes de energia



Ficha Informativa

Os primeiros seres vivos viviam num ambiente aquático de onde obtinham moléculas, ricas em energia, formadas na atmosfera e acumuladas nos lagos e mares primitivos. Os cientistas supõem que esses seres primitivos utilizavam um mecanismo para extrair a energia das moléculas obtidas. Esse mecanismo seria, provavelmente, semelhante à **fermentação**. O surgimento de seres autotróficos levou à acumulação de oxigénio na atmosfera. Isso permitiu que alguns desses seres passassem a usar o poder oxidante do oxigénio para extrair energia das moléculas de alimento através do processo de **respiração aeróbica**.

Actualmente, apenas algumas bactérias e fungos utilizam o processo de fermentação para obter energia. Todos os outros organismos, sejam autotróficos (algas e plantas) ou heterotróficos (algumas bactérias, fungos, protozoários e animais) utilizam a respiração aeróbica, um processo de obtenção de energia muito mais eficiente do que a fermentação.

Os átomos de uma molécula estão ligados entre si por determinadas forças. Pode-se considerar, assim, que existe energia «escondida» nas moléculas, chamada **energia de ligação** ou **energia química**. Quando, numa reacção química, uma molécula se transforma noutra, parte dessa energia pode ficar disponível e transformar-se noutra forma de energia. No entanto, a energia libertada pela fermentação ou respiração aeróbica nunca é usada directamente no trabalho celular. O facto de toda a energia se libertar de uma só vez numa reacção química provoca grande libertação de calor e, portanto, um aumento considerável da temperatura, o que é incompatível com a vida. Além disso, como a célula apenas utiliza, em cada momento, uma quantidade de energia relativamente pequena, haveria um grande desperdício de energia.

Assim, o processo de obtenção de energia a nível biológico não pode ocorrer numa única reacção, mas sim numa série de reacções em cadeia, ao longo das quais as substâncias orgânicas vão sendo lentamente degradadas e a energia é libertada em várias etapas, evitando-se grandes perdas de energia sob forma de calor. A energia libertada nessas reacções é inicialmente acumulada numa molécula especial, o **ATP** (Adenosina-trifosfato), sob a forma de ligações químicas muito ricas em energia.

O ATP é constituído pela substância **adenina** ligada a uma **ribose** (adenina + ribose = **adenosina**) e a três grupos de **fosfato**. Os grupos de fosfato estão ligados entre si por duas ligações químicas com grande quantidade de energia. O **ATP** pode perder um grupo de fosfato e transformar-se em **ADP** (Adenosina-difosfato) que tem somente uma ligação química com grande quantidade de energia.

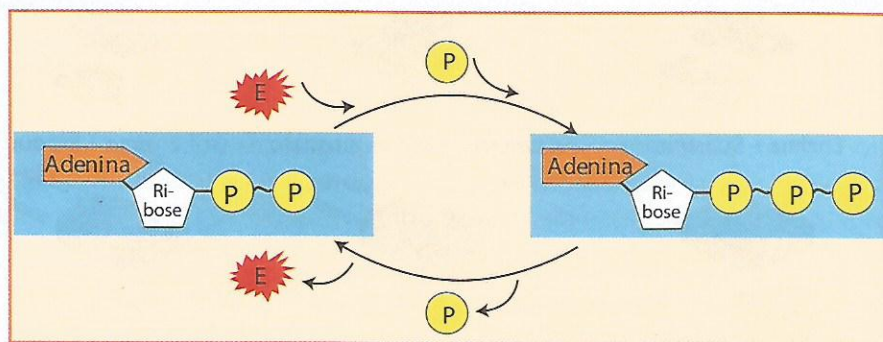


Fig. 38 Papel do ATP e do ADP no armazenamento de energia.

Enzimas

As células são capazes de activar milhares de reacções indispensáveis ao seu funcionamento. Esse «poder» misterioso reside no facto de as células conterem proteínas de estrutura globular, as **enzimas**, que actuam como **catalisadores biológicos** (ou **biocatalisadores**) e se caracterizam pela sua especificidade relativamente a cada reacção ou tipo de reacção. Caso o organismo não consiga produzir uma enzima, ele não realizará a reacção específica controlada por ela, isso pode ter consequências graves, levando inclusive à morte.

É necessária certa quantidade de energia (chamada **energia de activação**) para que as reacções químicas aconteçam.



As enzimas diminuem a energia de activação necessária para que as substâncias reagentes atinjam o **estado activado**, e assim, as reacções ocorrem com maior velocidade.

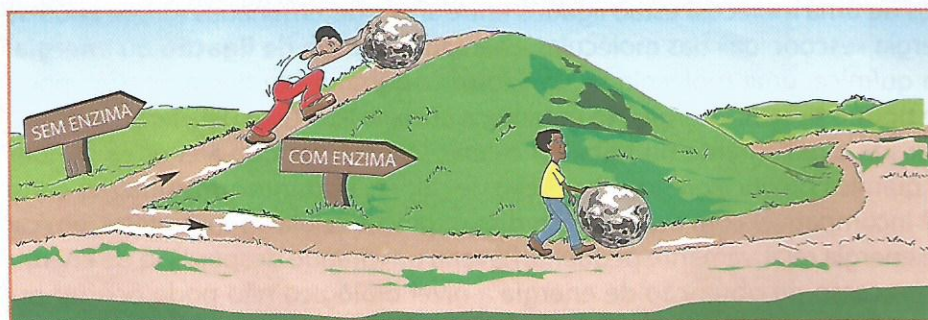


Fig. 39 É necessário que haja absorção de muita energia (energia de activação) para que ocorram reacções entre substâncias orgânicas.

As enzimas oferecem aos reagentes (denominados **substratos**) um sítio chamado **centro activo** onde eles se encaixam de modo preciso e específico, atingindo mais facilmente o estado activo.

A ligação de uma enzima com o seu substrato assemelha-se ao encaixe entre uma chave e uma fechadura com formas complementares. Esse modelo é conhecido por **chave-fechadura**.

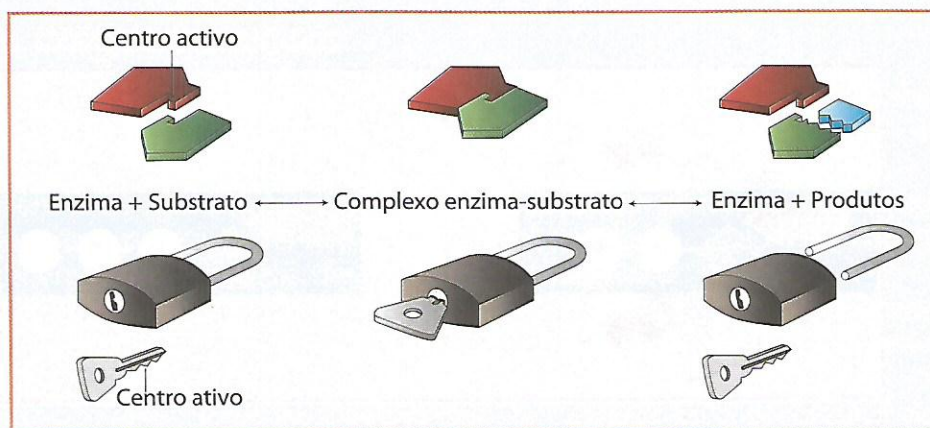


Fig. 40 O funcionamento das enzimas pode ser comparado com o funcionamento de chave-fechadura.

A actividade enzimática pode ser afectada por vários factores de entre os quais a **concentração do substrato** e da **enzima**, a **temperatura** e o **pH**.

Para as baixas concentrações de substrato há uma relação directa entre o aumento da concentração do substrato e a velocidade da reacção (zona A da figura 41). Para maiores concentrações do substrato, o aumento da velocidade passa a ser cada vez menor (B) e, a partir de determinada concentração, a velocidade estabiliza, mesmo que a concentração do substrato continue a aumentar (C).

Verifica-se que a velocidade de qualquer reacção enzimática é directamente proporcional à concentração da enzima, desde que haja excesso do substrato durante a reacção.

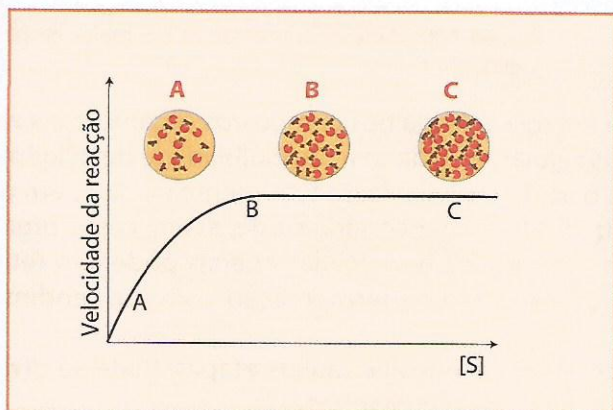


Fig. 41 Relação entre a actividade enzimática e a concentração do substrato.

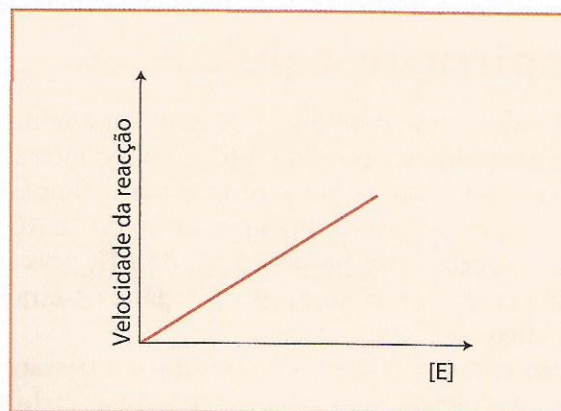


Fig. 42 Variação da velocidade da reacção em função da concentração da enzima.

A velocidade das reacções químicas aumenta com a elevação de temperatura até um determinado valor a partir do qual diminui até se anular. A temperatura para a qual a actividade enzimática é máxima designa-se por **temperatura óptima**. Temperaturas baixas ou muito elevadas dificultam a acção enzimática, podendo as altas temperaturas destruir a enzima (que é uma proteína) por desnaturação (alteração da sua conformação). Embora cada enzima tenha a sua temperatura óptima de actuação, verifica-se que a maioria das enzimas tem temperatura óptima próxima da temperatura corporal de muitos seres vivos (35 °C a 40 °C).

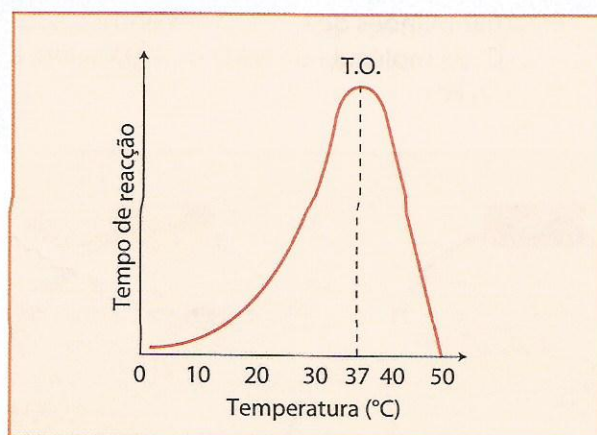


Fig. 43 Variação da actividade enzimática em função da temperatura.

A alteração do pH do meio em que uma enzima actua interfere na actividade enzimática, pois provoca alterações nas cargas eléctricas do centro activo e do substrato. Cada enzima tem um **pH óptimo** de actuação, havendo, portanto, enzimas que têm a sua actividade máxima num meio ácido (A) como as do estômago, outras num meio neutro (B) como as da boca e outras num meio alcalino (C) como as do duodeno.

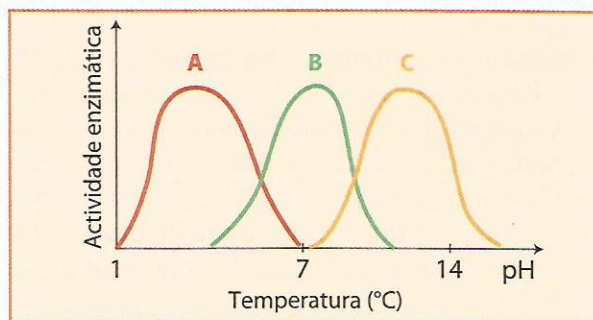


Fig. 44 Actividade de três enzimas em meios de pH diferentes.

Respiração celular

Um processo mais eficaz de aproveitamento da energia contida nos compostos orgânicos é a **respiração aeróbica**. O aparecimento de mitocôndrias nas células, associado à disponibilidade de oxigénio no meio, permitiu que nos organismos mais complexos o ácido pirúvico fosse totalmente oxidado em dióxido de carbono e água com a produção de 36 ATP ou 38 ATP. A mitocôndria surge, assim, como organelo celular especializado na produção de ATP, pois sem este organelo as células apenas poderiam retirar a energia contida nos compostos orgânicos através do processo de fermentação com um rendimento energético de 2 ATP.

No entanto, a respiração aeróbica é bastante complexa e envolve muitas etapas. Pode-se dividir a respiração aeróbica em três fases: **glicólise**, **ciclo de Krebs** e **cadeia respiratória**.

Antes de descrever cada uma das etapas detalhadamente é importante saber que, da mesma forma

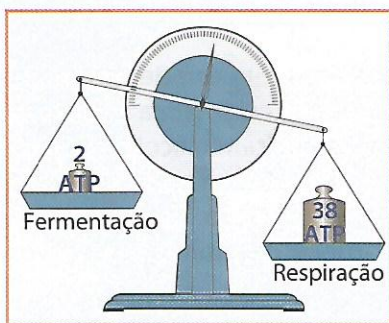


Fig. 45 A produção de ATP na respiração aeróbica é cerca de dezanove vezes mais eficiente que na fermentação.

que o **ATP** transporta fosfato e energia, há na célula uma categoria de substâncias que, durante as etapas da respiração, retiram hidrogénio da glicose das substâncias derivadas (como ácido pirúvico) e, em seguida, o cedem ao oxigénio. Uma dessas substâncias é o **NAD**, que existe sob duas formas: o **NAD** (forma «não-carregada» de hidrogénios) e o **NADH** (forma «carregada» de hidrogénios). A outra substância é o **FAD**, que também aparece na célula sob duas formas: o **FAD** («não-carregada» de hidrogénios) e o **FADH** (forma «carregada» de hidrogénios). **NAD** e **FAD** são, portanto, aceptores intermediários de hidrogénio: primeiro, eles retiram-nos nas diversas etapas e, depois, cedem-nos ao oxigénio. **NAD** e **FAD** não são consumidos; a mesma molécula de **NAD** ou **FAD** pode efectuar milhões de transportes entre o substrato e o hidrogénio.

Cada molécula de **NAD** ou **FAD** aceita dois electrões ($2e^-$) e um próton (H^+).

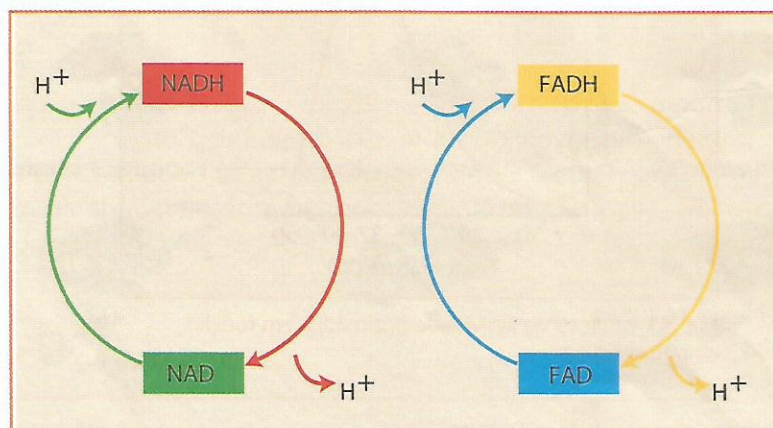


Fig. 46 A participação de aceptores intermediários no transportê de hidrogénio.

Glicólise

A glicólise surge como um conjunto de reacções enzimáticas tendo como substrato inicial uma molécula de glicose. Para se iniciar a degradação da molécula de glicose é necessário que seja activada (1.ª parte da glicólise: **activação da glicose**). Nos seres vivos a sua activação é feita com energia fornecida por duas moléculas de ATP. No final desta fase verifica-se que uma molécula de glicose dá origem a duas moléculas de um aldeído (triose, ou seja, cada uma dessas moléculas com três átomos de carbono). Seguem-se várias transformações das moléculas de aldeído (2.ª parte da glicólise: **transformação de aldeído em ácido pirúvico**) sob intervenção da co-enzima NAD que fica reduzida a NADH até formar duas moléculas de **ácido pirúvico**.

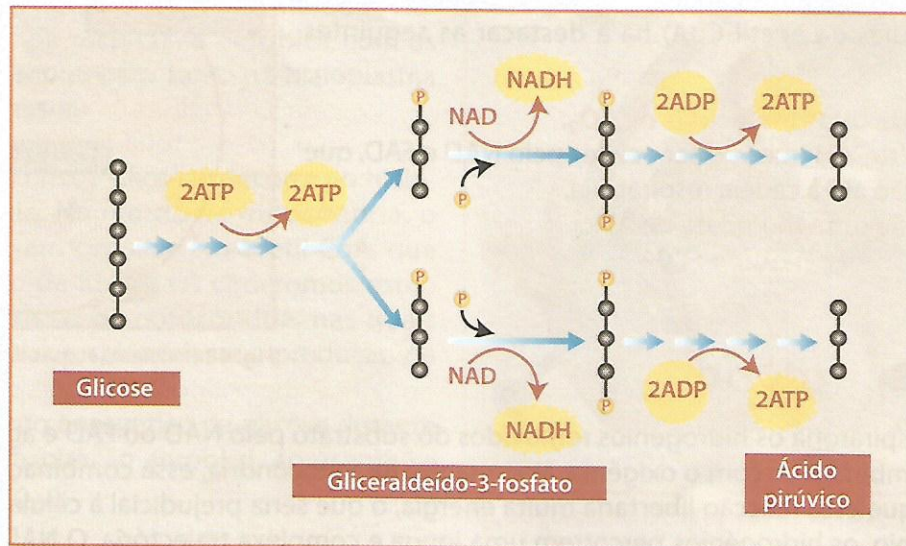


Fig. 47 Esquema da glicólise.

Resumindo, na glicólise, por cada molécula de glicose interveniente no processo, formam-se:

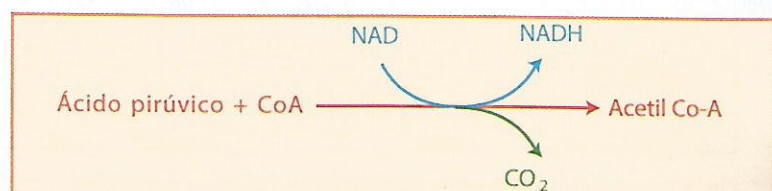
- Duas moléculas de ácido pirúvico.
- Duas moléculas de NADH.
- Quatro moléculas de ATP.

Fazendo o balanço energético da glicólise constata-se que na fase de activação da glicose foram gastos 2 ATP, de modo que aos 4 ATP produzidos devem subtrair-se os 2 ATP consumidos, havendo, portanto, em termos energéticos, um saldo de 2 moléculas de ATP.

Ciclo de Krebs

O ciclo é conhecido também por **ciclo do ácido cítrico**, mas recebeu o nome de **Krebs** em homenagem de Hans Krebs, pelo trabalho desenvolvido sobre esta via metabólica.

As moléculas de ácido pirúvico (com 3 carbonos) resultantes da degradação da glicose penetram no interior das mitocôndrias onde ocorrerá a respiração propriamente dita. Cada ácido pirúvico reage com uma molécula da substância conhecida como **coenzima A** (CoA) originando três tipos de produtos: **acetil-coenzima A** (acetil-CoA), **dióxido de carbono** e **hidrogénio**. Nesta reacção, os átomos de hidrogénio são recebidos pela molécula de NAD que fica reduzida a NADH e o CO₂ é libertado.



Em seguida, cada molécula de acetil-CoA (com 2 carbonos) reage com uma molécula de **ácido oxalacético** (com 4 carbonos), resultando em **ácido cítrico** (com 6 carbonos) e coenzima A. O ácido cítrico sofre diversas reacções (formando compostos com 5 carbonos) e, em dois momentos, ocorre a saída de CO_2 . No fim do ciclo, o ácido oxalacético (com 4 carbonos) regenera-se, não sendo gasto no processo.

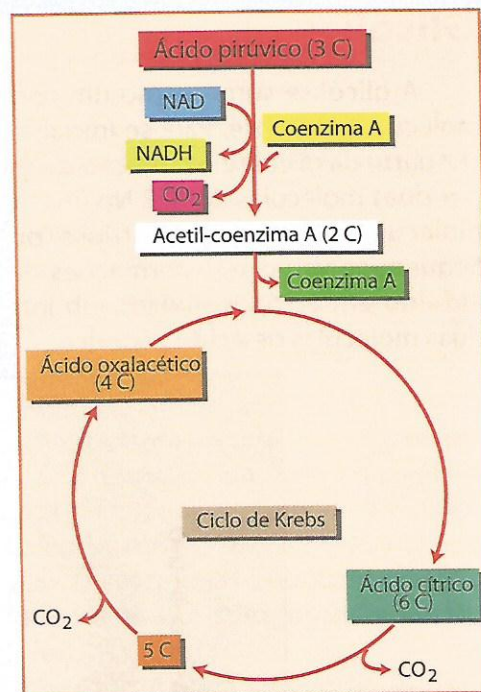


Fig. 48 Principais etapas do ciclo de Krebs.

Em síntese, por **cada volta** do ciclo de Krebs (o ciclo tem de dar duas voltas porque cada molécula de glicose é degradada em duas moléculas de ácido pirúvico que, por sua vez, combinam-se com duas moléculas de acetil-CoA) há a destacar as seguintes reacções:

- **Formação de duas moléculas de CO_2 .**
- **Libertação de 8 H** que vão ser aceites pelo NAD e FAD, que os conduzirão até à cadeia respiratória.
- **Formação de uma molécula de ATP.**

Cadeia respiratória

Na cadeia respiratória os hidrogénios removidos do substrato pelo NAD ou FAD e agora na forma de NADH e FADH combinam-se com o oxigénio. No entanto, na mitocôndria, essa combinação nunca ocorre directamente, já que essa reacção libertaria muita energia, o que seria prejudicial à célula. Antes de reagirem com o oxigénio, os hidrogénios percorrem uma longa e complexa trajetória. O NADH cede o hidrogénio a uma substância X; esta, por sua vez, fornece-o a uma substância Y, e assim por diante. É como se o hidrogénio fosse cedido de mão em mão, numa cadeia de aceptores intermediários (além de NAD e FAD são esses os **citocromos** que têm natureza proteica), até chegar aoceptor final, o **oxigénio**. Dessa combinação resultam moléculas de **água**. Em cada etapa uma pequena quantidade de energia é libertada e pode ser aproveitada para a produção de ATP.

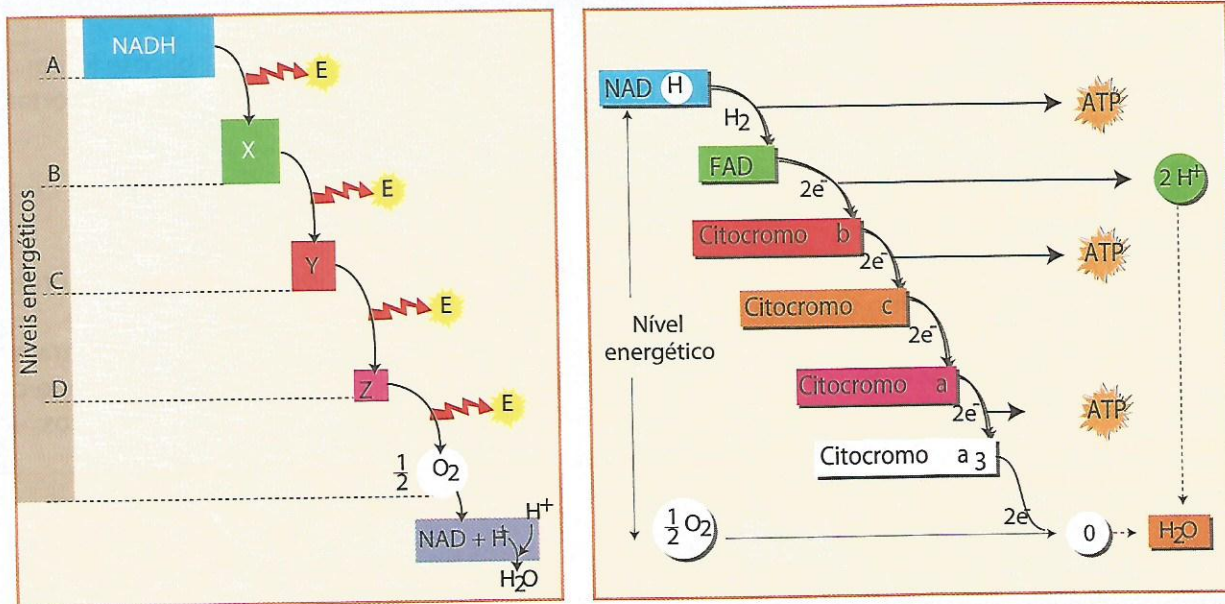


Fig. 49 Energia libertada por etapas durante a cadeia respiratória.

Na mitocôndria várias cadeias respiratórias ocorrem ao mesmo tempo. Uma cadeia respiratória pode ser iniciada tanto por um NADH como por um FADH; no entanto, a quantidade de ATP produzida é diferente. Enquanto cada NADH permite que sejam fabricadas três moléculas de ATP, cada FADH promove a produção de apenas duas moléculas de ATP. O papel do oxigênio em todo o processo é fundamental. Ele é o ponto final dos elétrons que transitam «escada abaixo».

Observe, na figura 50, um resumo que relaciona as etapas da respiração aeróbica com as regiões em que acontecem, tanto no hialoplasma como na mitocôndria.

Como já foi dito, a glicólise decorre no hialoplasma da célula. Na matriz da mitocôndria, o ácido pirúvico transforma-se em acetil-CoA, que penetra no ciclo de Krebs. Os citocromos estão associados às cristas da mitocôndria, nas quais ocorrem as cadeias respiratórias e a produção de ATP.

O rendimento energético da glicose durante o processo de respiração aeróbica, apresenta-se no quadro abaixo.

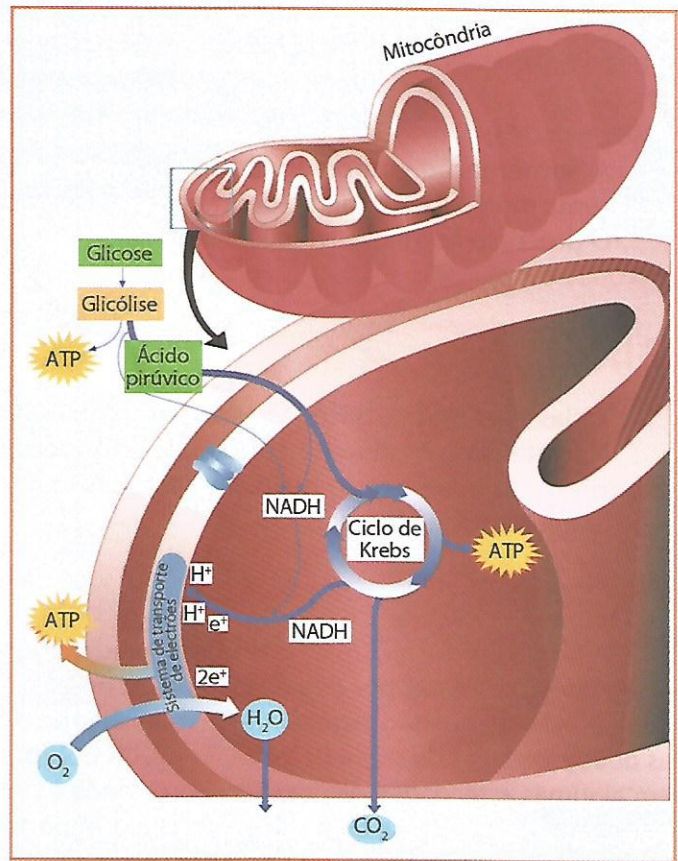
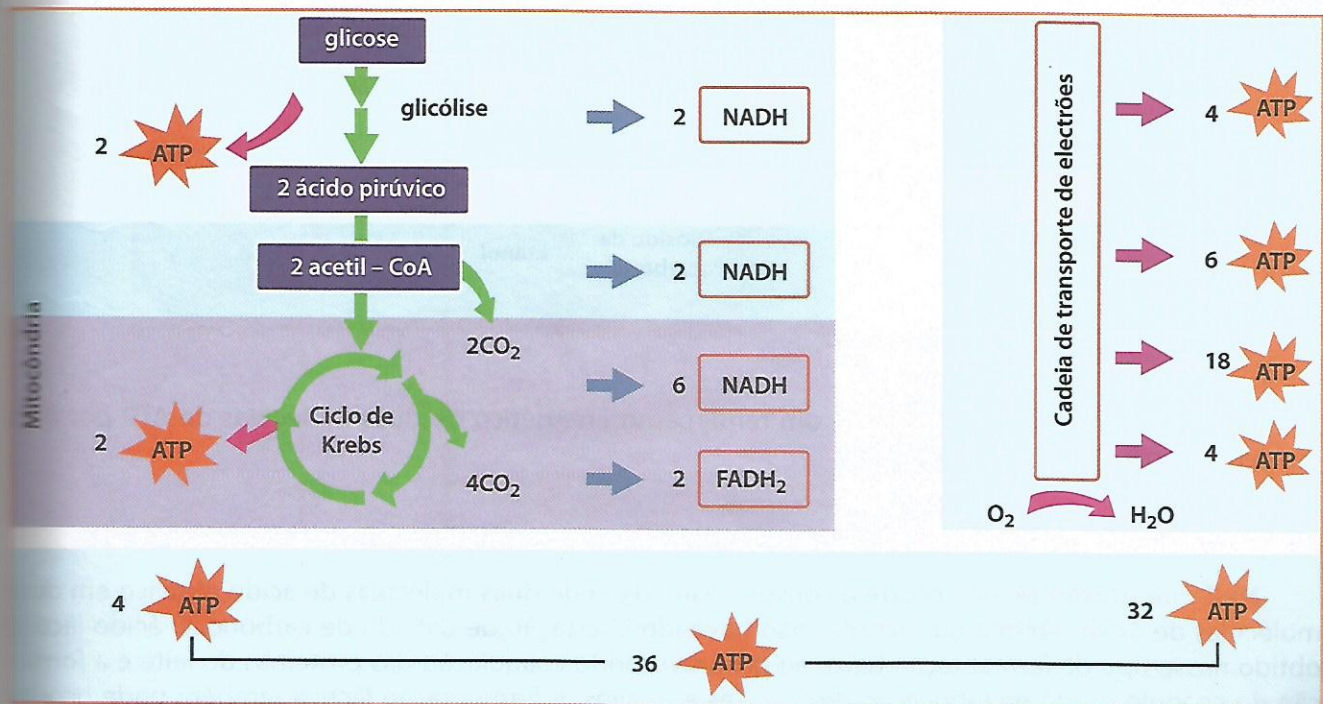


Fig. 50 Localização das etapas da respiração aeróbica.

Quadro 9: Rendimento energético da glicose durante a respiração aeróbica.



Outras fontes de libertação de energia

Fermentação

A fermentação compreende um conjunto de reacções enzimaticamente controladas através das quais uma molécula orgânica é degradada em compostos mais simples libertando energia.

O processo fermentativo ocorre no hialoplasma e o seu mecanismo químico envolve duas etapas: a **glicólise** e a **redução do ácido pirúvico**.

Glicólise

Todas as etapas da glicólise decorrem no hialoplasma e são idênticas as da respiração.

No entanto, o destino do ácido pirúvico, produto final da glicólise, depende da organização celular e das condições inerentes ao meio. As duas vias mais comuns são a **alcoólica** (fermentação alcoólica) e a **láctica** (fermentação láctica).

Fermentação alcoólica

A **fermentação alcoólica** ocorre nas leveduras e noutros microorganismos, sendo as duas moléculas do ácido pirúvico obtidas por degradação da glicose. Na fase da glicólise são transformadas em duas moléculas de **acetaldéido** que são seguidamente reduzidas pelo NADH as duas moléculas de **álcool etílico** ou **etanol** e as duas moléculas de **dióxido de carbono**. Os dois produtos dessa fermentação são utilizados pelo Homem em algumas actividades: álcool etílico (ou etanol) empregue na fabricação de bebidas alcoólicas (vinho, cerveja, aguardentes, etc.) e o dióxido de carbono, importante na produção do pão.

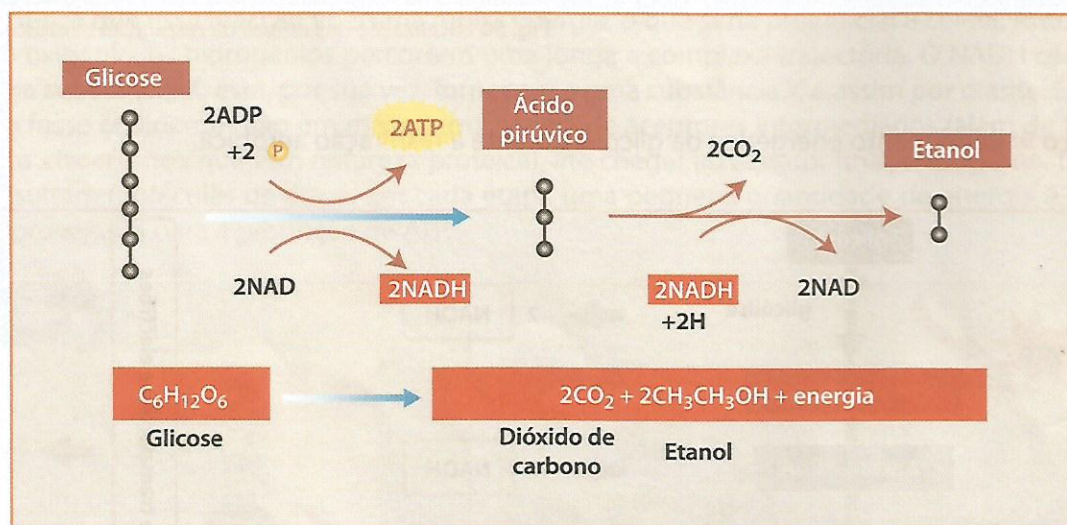


Fig. 51 Esquema da fermentação alcoólica.

Neste tipo de fermentação existe um rendimento energético de duas moléculas de ATP por uma molécula de glicose.

Fermentação láctica

Na **fermentação láctica** ocorre a conversão imediata de duas moléculas de ácido pirúvico em duas moléculas de **ácido láctico** ou **lactado**, não havendo libertação de dióxido de carbono. O ácido láctico obtido nesse tipo de fermentação baixa o pH provocando coagulação das proteínas do leite e a formação do coágulo usado na fabricação de iogurtes e queijos. A fermentação láctica também pode ocorrer

nas células do tecido muscular de alguns organismos superiores, nomeadamente no Homem, o que acontece sempre que os músculos são solicitados a fazer grande esforço e a quantidade de oxigénio fornecida pelo sangue não é suficiente para ocorrer respiração aeróbica.

Na fermentação láctica existe um rendimento energético de duas moléculas de ATP por uma molécula de glicose.

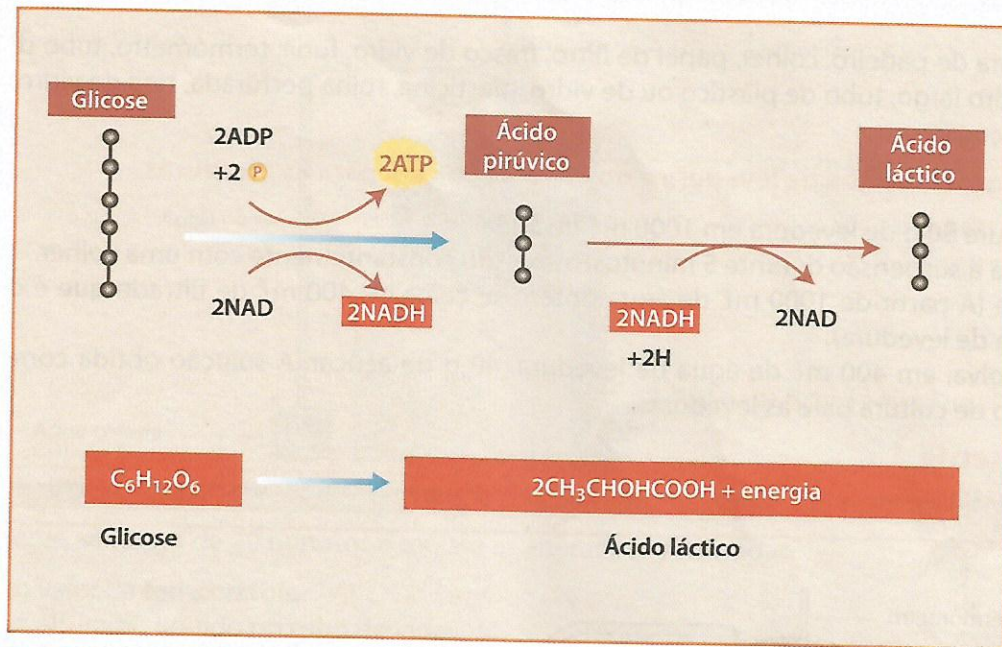


Fig. 52 Esquema da fermentação láctica.

A utilização de outros compostos, além da glicose, também pode resultar na produção de ATP. Hidratos de carbono, lípidos e proteínas podem levar à produção de acetil-CoA que movimenta o ciclo de Krebs, conhecido como via final comum.

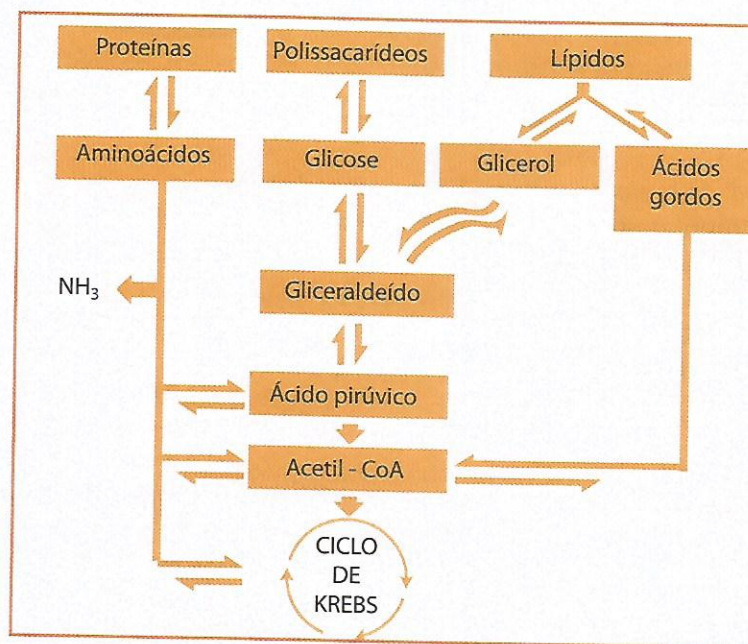


Fig. 53 Esquema global da degradação dos vários compostos orgânicos.



Mobilização de energia: fermentação e respiração

Material

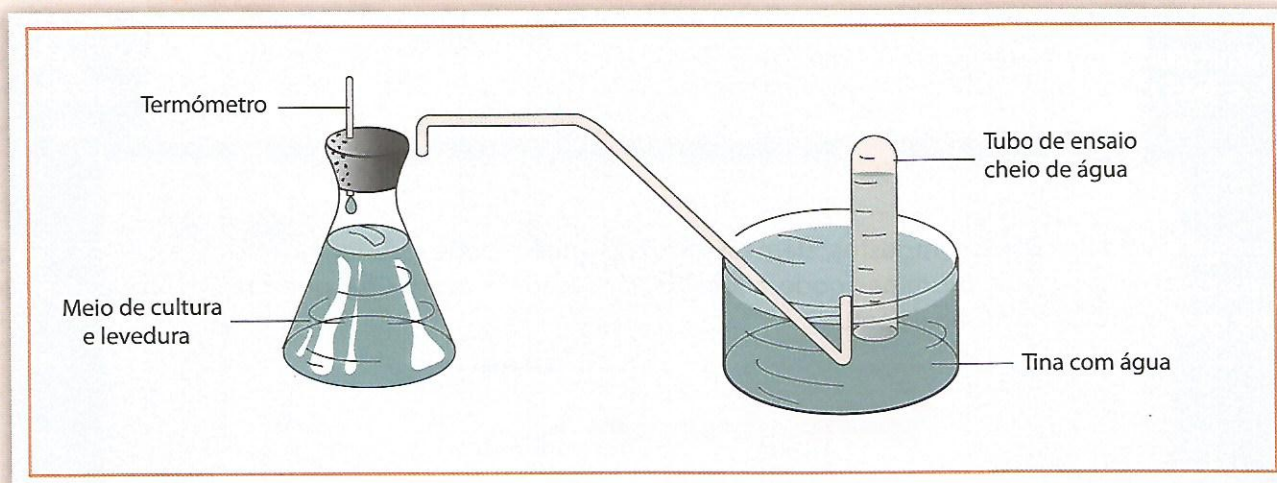
Levedura de pão, colher, papel de filtro, frasco de vidro, funil, termómetro, tubo de ensaio ou frasco de vidro largo, tubo de plástico ou de vidro, plasticina, rolha perfurada, tina de vidro, água corada, água e açúcar.

Preparação da água de levedura e do meio de cultura para as leveduras

1. Misture 50 g de levedura em 1000 ml de água.
2. Ferva a suspensão durante 5 minutos, mexendo constantemente com uma colher.
3. Filtre (A partir de 1000 ml de água obtém-se cerca de 400 ml de filtrado que é considerado água de levedura).
4. Dissolva, em 400 ml de água de levedura, 40 g de açúcar. A solução obtida corresponde ao meio de cultura para as leveduras.

Procedimento 1

Fermentação de leveduras



1. Junte, a 300 ml de meio de cultura, 1,5 g de levedura.
2. Encha quase completamente o frasco de vidro com esta mistura.
3. Complete a montagem de acordo com o esquema acima.
4. Coloque o frasco de vidro em banho-maria a 25 °C.
5. Registe a temperatura no início da montagem e nos dias seguintes.
6. Observe o que acontece na superfície do líquido contido no frasco de vidro e no tubo de ensaio.

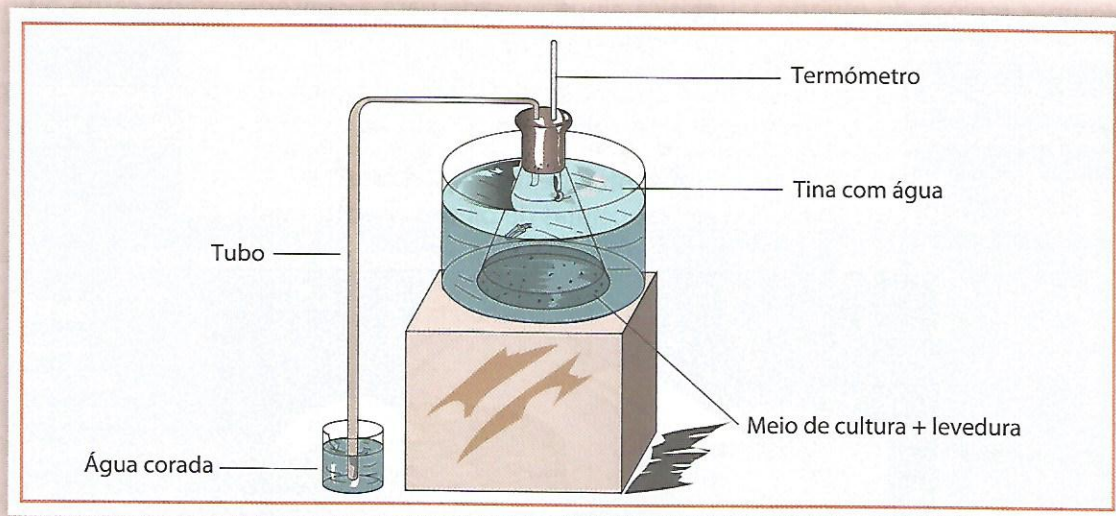
Procedimento 2

Respiração de leveduras

1. Faça atravessar a rolha pelo tubo de vidro ou de plástico e pelo termómetro.
2. Junte 0,25 g de levedura a 50 ml de meio de cultura e coloque essa mistura no frasco de vidro.

3. Tape-o e feche-o muito bem com plasticina.
4. Introduza-o numa tina com água a 25 °C.

A mobilização da energia pela fermentação e respiração está representada na figura que se segue.



5. Observe ao longo de 20 minutos e registe as alterações verificadas:
 - a) No valor da temperatura.
 - b) Na altura do líquido no tubo de vidro.

Estudo do processo de fermentação do repolho

A fermentação é um processo antigo de conservação de alimentos. O repolho fermentado é um produto de conservação do mesmo no qual os açúcares são convertidos em ácidos orgânicos pelas bactérias lácticas.

O sal adicionado ao repolho e os ácidos orgânicos produzidos na fermentação servem para prevenir a contaminação e a degradação do produto por outras bactérias, assim como atribuir ao repolho o sabor e o aroma característicos. A ausência de oxigénio favorece a fermentação anaeróbica e previne o crescimento de microorganismos aeróbicos que oxidam os ácidos orgânicos.

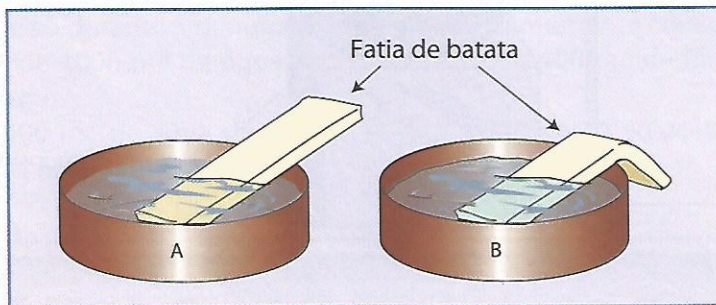
Material

Repolho, faca, microscópio, sal da cozinha, frasco de vidro de 1000 ml bem lavado, sacos de plástico, balança

1. Retire as folhas estragadas e velhas do repolho.
2. Seleccione as melhores folhas.
3. Lave as escolhidas muito bem e corte em tiras finas.
4. Pese as tiras de couve (aproximadamente 200g) e o sal correspondente (a 3% do peso do repolho).
5. Misture bem o sal com o repolho.
6. Comprime a mistura dentro de um frasco de vidro bem limpo.
7. Coloque por cima do repolho um saco cheio de água que deve aderir completamente às paredes do frasco.
8. Incube à temperatura ambiente durante 2 a 3 semanas.
9. Após o tempo de incubação, recolha uma amostra do líquido e prove.

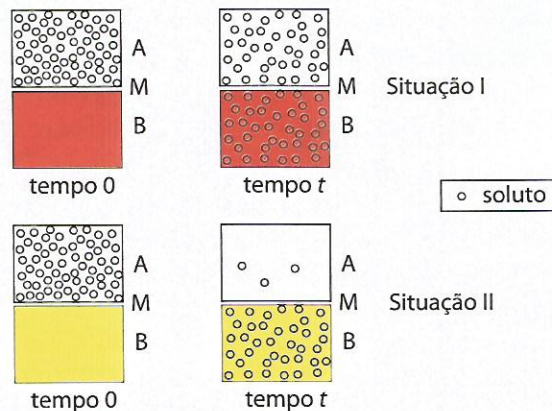


- Embora as células realizem trocas com o meio em que vivem, a sua composição química é bem diferente da do ambiente externo. Mencione a parte da célula que se encarrega de manter esta diferença e indique o nome dessa propriedade.
- Na Antiguidade, o salgamento era usado como recurso para a preservação de certos alimentos. Hoje, em algumas regiões do mundo, tal prática ainda é usada para a conservação de carne ou de peixe. Explique por que o salgamento preserva os alimentos.
- Numa experiência, fatias recém-cortadas de uma batata foram colocadas em dois recipientes contendo água com açúcar. Depois de algumas horas verificou-se a situação mostrada na figura a seguir.
 - O que se pode dizer a respeito das concentrações das soluções A e B?
 - Descreva o que deve ter ocorrido com as células da batata na solução B.



- As figuras ao lado representam duas situações, I e II, em que os compartimentos A e B contêm uma solução fisiológica e estão separados, um do outro, por uma membrana biológica M. Nessas duas situações, acrescentou-se soluto no compartimento A. Após o tempo t , verificou-se uma nova distribuição do soluto, entre A e B, como mostram as figuras.

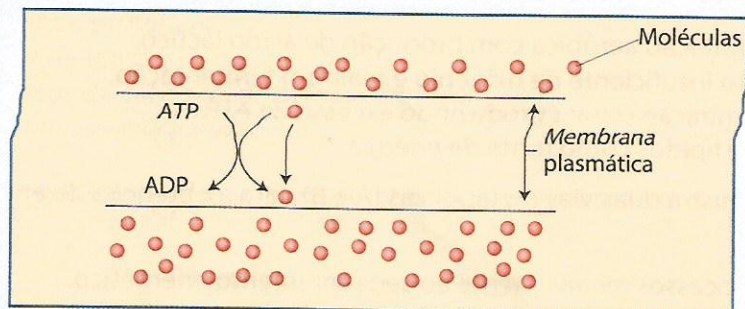
Qual das duas situações representa um transporte activo? Justifique a sua resposta.



- É prática comum temperarmos a alface com sal, vinagre e azeite, porém, depois de algum tempo, observamos que as folhas vão murchando. Isto explica-se porque:
 - O meio é mais concentrado que as células da alface.
 - O meio é menos concentrado que as células da alface.
 - O meio apresenta concentração igual à das células da alface.

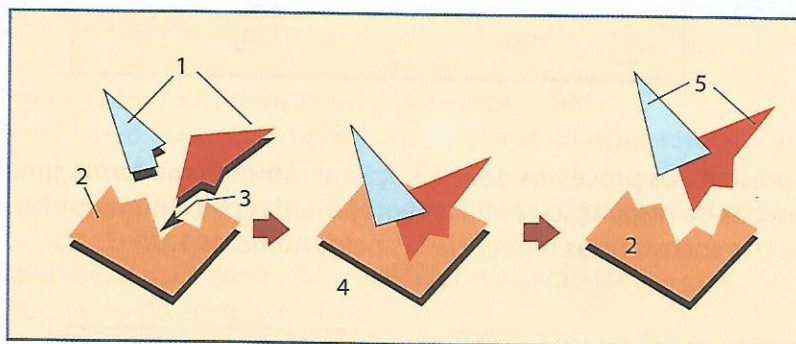


6. O esquema que se segue representa a passagem de uma substância por uma membrana.



De acordo com o esquema, está ocorrendo:

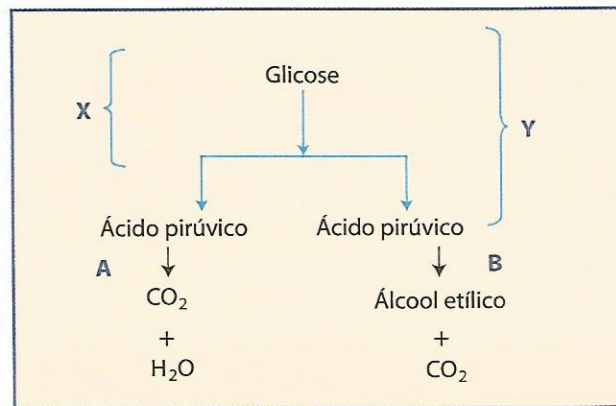
- Osmose.
 - Difusão.
 - Fagocitose.
 - Transporte activo.
 - Permeabilidade selectiva.
7. A figura representa esquematicamente um modelo que pretende mostrar o modo de actuação das enzimas.
- Como se denomina o modelo representado?
 - Descreva o funcionamento da actuação das enzimas segundo este modelo.
 - Faça a legenda da figura, para os números 1, 2, 3, 4 e 5.
 - A sequência de imagens ilustra provavelmente (indique a opção mais provável):



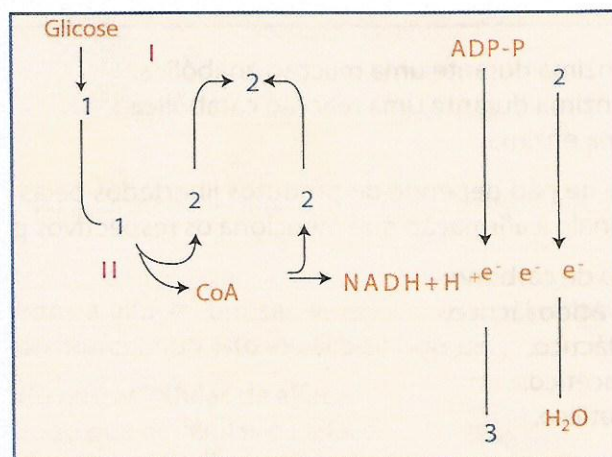
- A acção de uma enzima durante uma reacção anabólica.
 - A acção de uma enzima durante uma reacção catabólica.
 - A formação de uma enzima.
8. A fabricação de vinho e de pão depende de produtos libertados pelas leveduras durante a sua actividade fermentativa. Assinale a afirmação que menciona os respectivos produtos finais.
- Álcool etílico, dióxido de carbono.
 - Dióxido de carbono, ácido láctico.
 - Ácido acético, ácido láctico.
 - Álcool etílico, ácido acético.
 - Ácido láctico, álcool etílico.



9. Uma das causas de dores musculares depois dum grande esforço físico humano, é a presença de muito ácido láctico nas células musculares. Isso decorre quando essas células:
- Realizam intensa respiração aeróbica com produção de ácido láctico.
 - Recebem suprimento insuficiente de oxigénio e realizam fermentação.
 - Realizam intensa respiração celular produzindo excesso de ATP.
 - Utilizam proteínas e lípidos como fonte de energia.
10. O esquema seguinte ilustra duas vias metabólicas (A e B) para a obtenção de energia na célula a partir da glicose.
- Compare os dois processos relativamente ao seu rendimento energético.
 - Mencione o nome que designa o conjunto das reacções representadas no esquema pela letra X.
 - Indique o aceitador final de electrões na via metabólica representada pela letra B.
 - A degradação da glicose na etapa representada pela letra Y ocorre (indique a opção correcta):
 - Na mitocôndria.
 - No hialoplasma.
 - Em ambas as estruturas.
 - Na membrana celular.

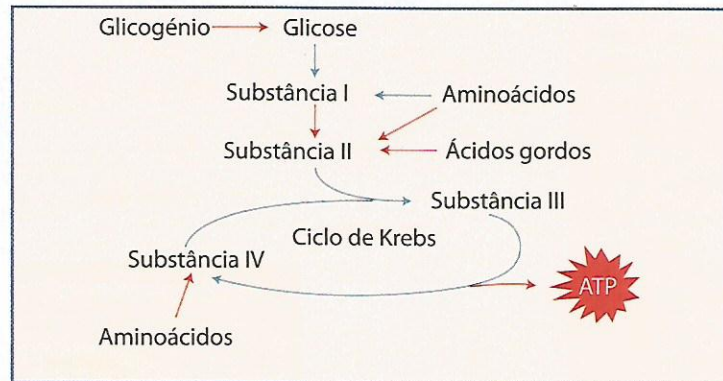


11. A figura abaixo representa os processos da respiração aeróbica numa forma simplificada.
- Identifique as etapas da respiração aeróbica representadas pelos números I, II.
 - Indique o nome das substâncias referenciadas pelos números 1, 2 e 3.





12. Pela análise do esquema prevê-se que a energia pode ser obtida por um organismo:
- Somente a partir de hidratos de carbono.
 - Somente a partir de proteínas.
 - Somente a partir de lípidos.
 - A partir de hidratos de carbono, proteínas e lípidos.
 - A partir de substâncias inorgânicas.



13. A partir da glicose, os processos de respiração celular levam à formação de dióxido de carbono e de água, com libertação de energia. Esta transformação decorre da acção encadeada de diversos processos metabólicos. Uma sequência correcta desse encadeamento corresponde a:
- Glicólise, ciclo de Krebs, cadeia respiratória.
 - Ciclo de Krebs, glicólise, cadeia respiratória.
 - Glicólise, cadeia respiratória, ciclo de Krebs.
 - Cadeia respiratória, ciclo de Krebs, glicólise.
 - Ciclo de Krebs, cadeia respiratória, glicólise.
14. Indique a alternativa incorrecta relativa ao processo respiratório:
- O processo fermentativo liberta menos energia que a respiração aeróbica, visto que na fermentação a quebra da glicose é incompleta.
 - O processo fermentativo ocorre em ausência de oxigénio e apresenta um saldo de duas moléculas de ATP por molécula de glicose.
 - Os tipos de fermentação mais conhecidos são a fermentação láctica e alcoólica, que se apresentam idênticas até a formação do ácido pirúvico.
 - A respiração aeróbica ocorre exclusivamente no interior das mitocôndrias e consegue formar 30 ATP por molécula de glicose oxidada.
 - As principais substâncias aceptoras intermediárias de hidrogénio no processo respiratório aeróbico são NAD e FAD.
15. Dois apreciadores de vinho fizeram várias suposições em relação à fermentação alcoólica. A alternativa que contém a suposição biologicamente correcta é:
- A acidez do vinho é devido aos ácidos orgânicos presentes nas leveduras utilizadas na sua fabricação.
 - A doçura de alguns vinhos se deve à fermentação completa dos hidratos de carbono de uva.
 - A fermentação permite a quebra das ligações peptídicas das proteínas da uva.
 - As folhas das videiras realizam a fotossíntese, sem a qual não haverá a matéria-prima para a fermentação.
 - Se o álcool não fosse adicionado durante a fabricação dos vinhos, beberíamos suco de uva.

Ciclo celular

As células vivas surgem sempre de células pré-existentes através do processo de **divisão celular**. Uma célula é uma estrutura altamente organizada e a sua divisão não pode decorrer de forma desorganizada. A divisão celular é um processo complexo, controlado nos mínimos detalhes pelo programa genético da célula que se encontra no núcleo. As células novas, ao serem «fabricadas», têm de receber um núcleo com todas as informações necessárias ao controlo das suas actividades vitais. Assim, um evento fundamental da divisão celular é que os programas genéticos, inscritos nos cromossomas, são passados de uma geração celular a outra. O crescimento da célula, a duplicação dos genes e a divisão celular propriamente dita ocorrem de maneira ordenada dentro de um determinado intervalo de tempo, conhecido como **ciclo celular**.

A duração do ciclo celular varia de acordo com o tipo de célula e com o estado fisiológico em que a célula se encontra. Há dois tipos fundamentais de divisão celular: a **mitose** e a **meiose**. No entanto, o período que precede a divisão celular é chamado **interfase**.

Interfase

O ciclo de vida de uma célula termina quando ela se divide originando duas células-filhas. O período que antecede essa divisão é denominado **interfase** e representa, em média, mais de 90% do tempo de duração do ciclo celular. A interfase pode ser considerada como preparação para a divisão celular.

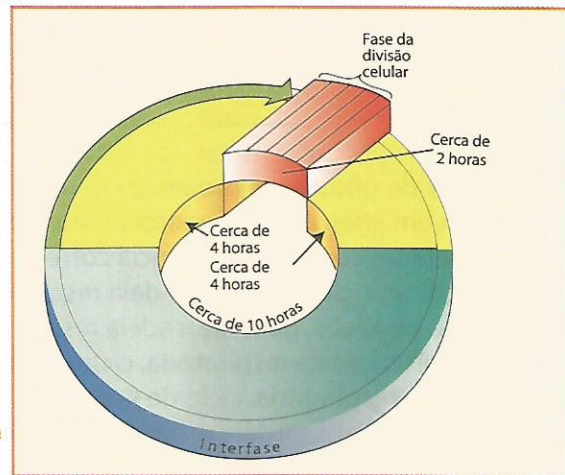


Fig. 54 Ciclo celular de uma célula da raiz da ervilha.

Uma célula, antes de se dividir, executa uma cópia de todos os seus genes duplicando o DNA dos seus cromossomas. Em seguida, os dois conjuntos de cromossomas são separados, formando dois novos núcleos. A célula divide-se, então, em duas células-filhas que receberão informações genéticas idênticas àquelas existentes na célula-mãe.

Tomando por base a duplicação do DNA, a interfase é dividida em três períodos sucessivos, respectivamente denominados **G₁**, **S** e **G₂**. Chama-se **G₁** aquele que precede a duplicação do DNA. Nesse período ocorre crescimento da célula. O período **S** é aquele em que acontece a duplicação do DNA, ou seja, dos cromossomas. O período **G₂**, o último da interfase, é, em geral, mais curto e abrange o fim da duplicação do DNA até o início da divisão celular.

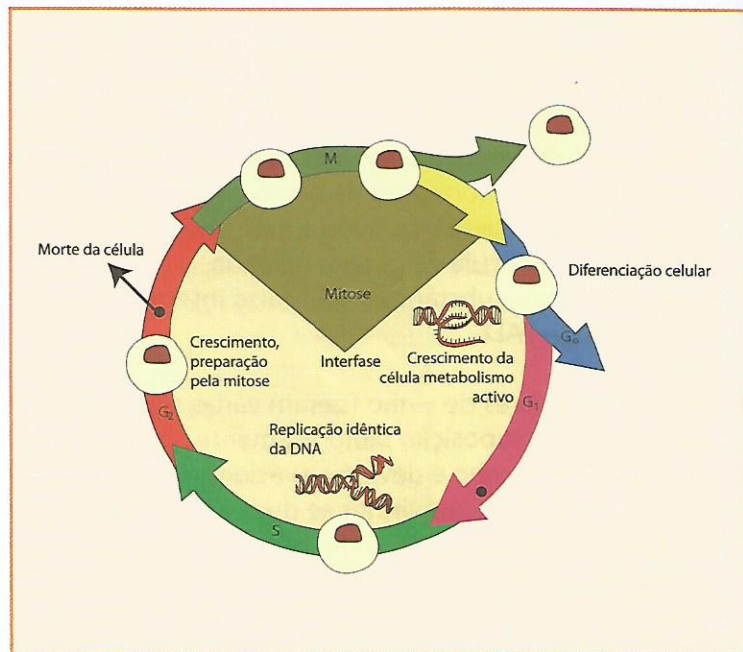


Fig. 55 Diagrama do ciclo celular.

Mitose

A mitose é um processo de divisão celular em que ocorre uma duplicação cromossômica para cada divisão celular. Assim, a quantidade e a qualidade dos cromossomas da célula-mãe são mantidos nas células-filhas.

a) A célula da figura A está em interfase.

Os cromossomas foram representados no esquema, apesar de não serem visíveis nessa fase. A célula representada tem quatro cromossomas: o par **a** e **a'**, e o par **b** e **b'**.

b) Ainda durante a interfase ocorre a duplicação do DNA. Como resultado, cada cromossoma fica duplicado e constituído por dois cromatídeos idênticos, presos por um centrómero único (figura B).

c) Durante a mitose, os cromatídeos de cada cromossoma separam-se, sendo distribuídas por cada célula-filha, que adquire, assim, um conjunto de cromossomas idênticos. Tanto o número de cromossomas da célula-mãe como a sua qualidade genética são conservados nas células-filhas (figura C).

A mitose é, na realidade, um processo contínuo. No entanto, ela costuma ser dividida em quatro etapas ou fases: **profase**, **metafase**, **anafase** e **telofase**.

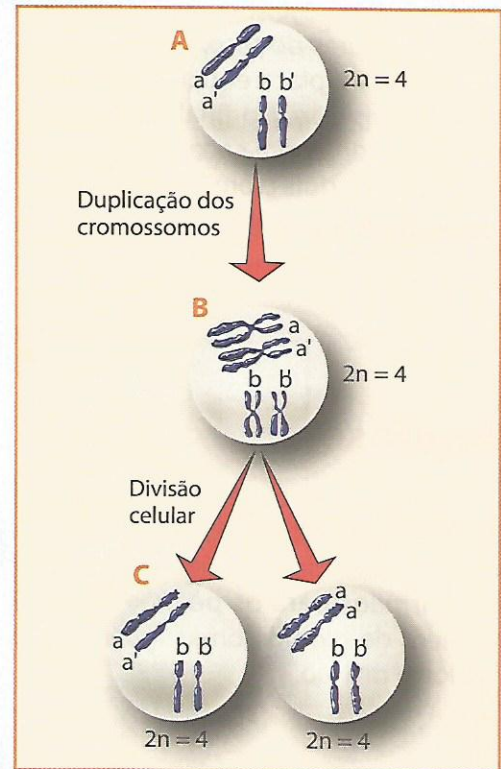


Fig. 56 Distribuição dos cromossomas na mitose.

Profase

O termo profase (do grego *protos*, primeiro) significa «primeira fase» da mitose. O primeiro sinal de que a profase teve início é a **condensação dos cromossomas**. Estes, já duplicados na interfase precedente, começam a enrolar-se sobre si mesmos. Cada cromatídeo condensa-se independentemente e vai aumentando progressivamente em diâmetro e diminuindo em comprimento.

À medida que a profase progride, os nucléolos tornam-se menos visíveis até desaparecerem por completo.

Os centríolos, já duplicados, afastam-se, atingindo os pólos da célula. Em torno deles, aparecem fibras que constituem o **âster**. Entre os centríolos que se afastam formam-se as fibras do **fuso acromático**. Tanto as fibras do âster como as do fuso são microtúbulos do citoesqueleto. O núcleo aumenta de volume; por fim, a membrana nuclear faz-se em diversos pedaços. Os cromossomas espalham-se pelo citoplasma.

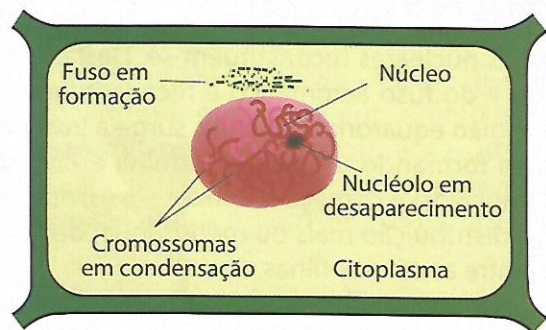


Fig. 57 A profase caracteriza-se pela condensação dos cromossomas, pelo desaparecimento dos nucléolos e pela formação do fuso acromático. O final da profase é marcado pela desintegração da membrana nuclear.

Metafase

Na metafase (do grego *meta*, meio), os cromossomas, ligados a fibras do fuso, ocupam a região equatorial da célula (formação da placa equatorial) e atingem o seu grau máximo de condensação. No final da metafase, os cromátídeos separam-se tendo agora cada uma delas um centrómero próprio e constituindo dois cromátídeos-irmãos.

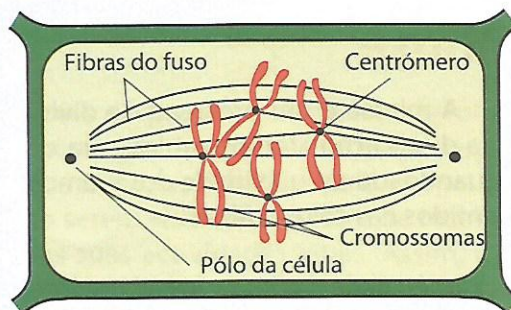


Fig. 58 A metafase caracteriza-se pela disposição dos cromossomas na região equatorial da célula, onde eles se ligam às fibras do fuso acromático.

Anafase

O termo anafase (do grego *ana*, separação) refere-se à separação dos cromátídeos-irmãos para os pólos opostos da célula. A anáfase encerra-se com a chegada dos cromátídeos-irmãos para os pólos opostos. Em cada pólo há um número de cromossomas igual ao que havia na célula que iniciou a divisão.

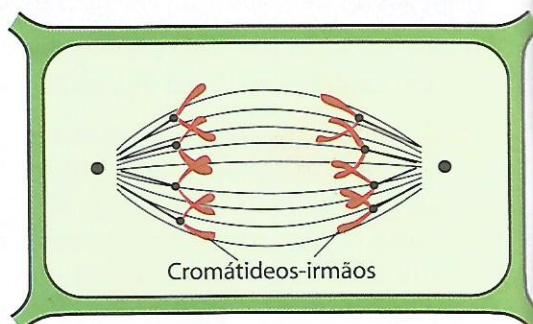


Fig. 59 A anafase caracteriza-se pela separação dos cromátídeos-irmãos e pela sua migração para pólos opostos.

Telofase

O termo telofase (do grego *telos*, fim) é empregado para designar a fase final da mitose.

Formando dois conjuntos distintos, um em cada pólo, os cromossomas descondensam-se e as duas novas membranas nucleares reconstituem-se. Desfazem-se as fibras do áster e do fuso acromático e reconstituem-se os nucléolos. Na região equatorial da célula, surge a invaginação da membrana formando um sulco. Termina a **cariorcinese** (divisão dos núcleos) e começa a **citocinese** (divisão do citoplasma), com distribuição mais ou menos igual dos organelos celulares entre as células-filhas.

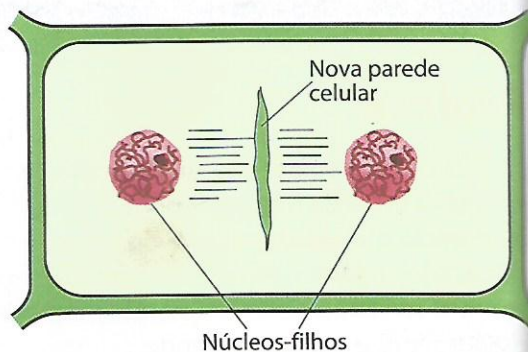


Fig. 60 A telofase caracteriza-se pela formação de novas membranas nucleares ao redor de cada conjunto de cromossomas. Os cromossomas descondensam-se e os nucléolos reaparecem.

Meiose

Na reprodução sexuada de organismos pluricelulares duas células especializadas, denominadas **gâmetas**, unem-se para formar o **ovo** ou **zigoto**, a primeira célula de um novo ser. Como já é do seu conhecimento este processo é chamado **fecundação**.

Os gâmetas são **células haplóides**, isto é, possuem um único lote cromossômico (**n**). Já o zigoto é uma **célula diplóide**, ou seja, possui dois lotes cromossômicos (**2n**), um proveniente de cada gâmeta.

Imediatamente após a fecundação, o zigoto divide-se por **mitose**, originando as duas primeiras células do novo ser. Estas também se dividem, e assim sucessivamente, originando milhares de células do organismo pluricelular. No entanto, em determinado momento do desenvolvimento do organismo pluricelular, um grupo de células diplóides realiza a **meiose**, um processo de divisão celular em que o número de cromossomas é reduzido a metade nas células-filhas.

A meiose é, portanto, um **processo reducional de divisão celular** e representa um mecanismo fundamental do ciclo de reprodução sexuada, pois contrabalança o facto de o número de cromossomas dobrar quando ocorre o encontro dos gâmetas.

Como a figura 61 mostra numa forma simplificada, durante a meiose ocorre uma **única duplicação cromossómica e duas divisões celulares**.

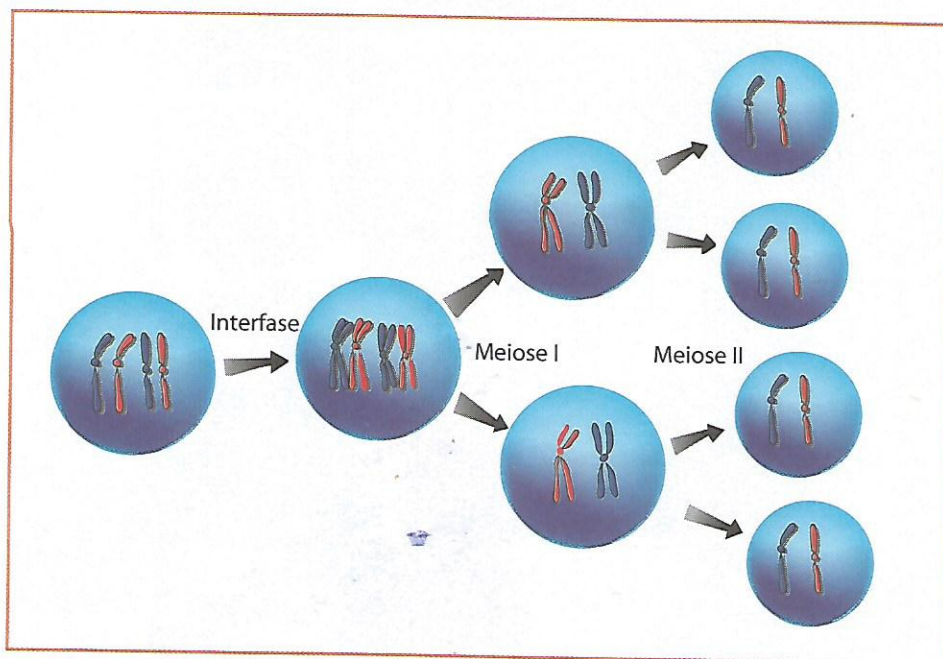
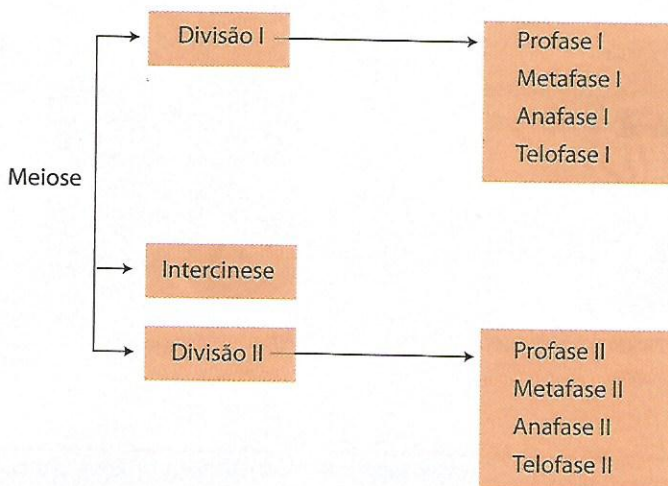


Fig. 61 Esquema simplificado do processo da meiose.

A meiose, que consiste em duas divisões celulares consecutivas, que são chamadas de **Divisão I (ou Meiose I)** e **Divisão II (ou Meiose II)**, cada uma é dividida em quatro fases:



Entre o final da **Divisão I** e o início da **Divisão II** pode haver um pequeno intervalo chamado **intercinese** em que não ocorre duplicação do DNA.

Os fenômenos que ocorrem nas divisões **I** e **II** da meiose são similares aos da mitose. Nas **prófases I** e **II** ocorre a condensação dos cromossomas; nas **metafases I** e **II** os cromossomas dispõem-se na região equatorial da célula e ligam-se às fibras do fuso acromático; nas **anafases I** e **II** ocorre a migração dos cromossomas para os pólos opostos; nas **telofases I** e **II** há descondensação dos cromossomas e a formação dos núcleos-filhos nos pólos da célula.

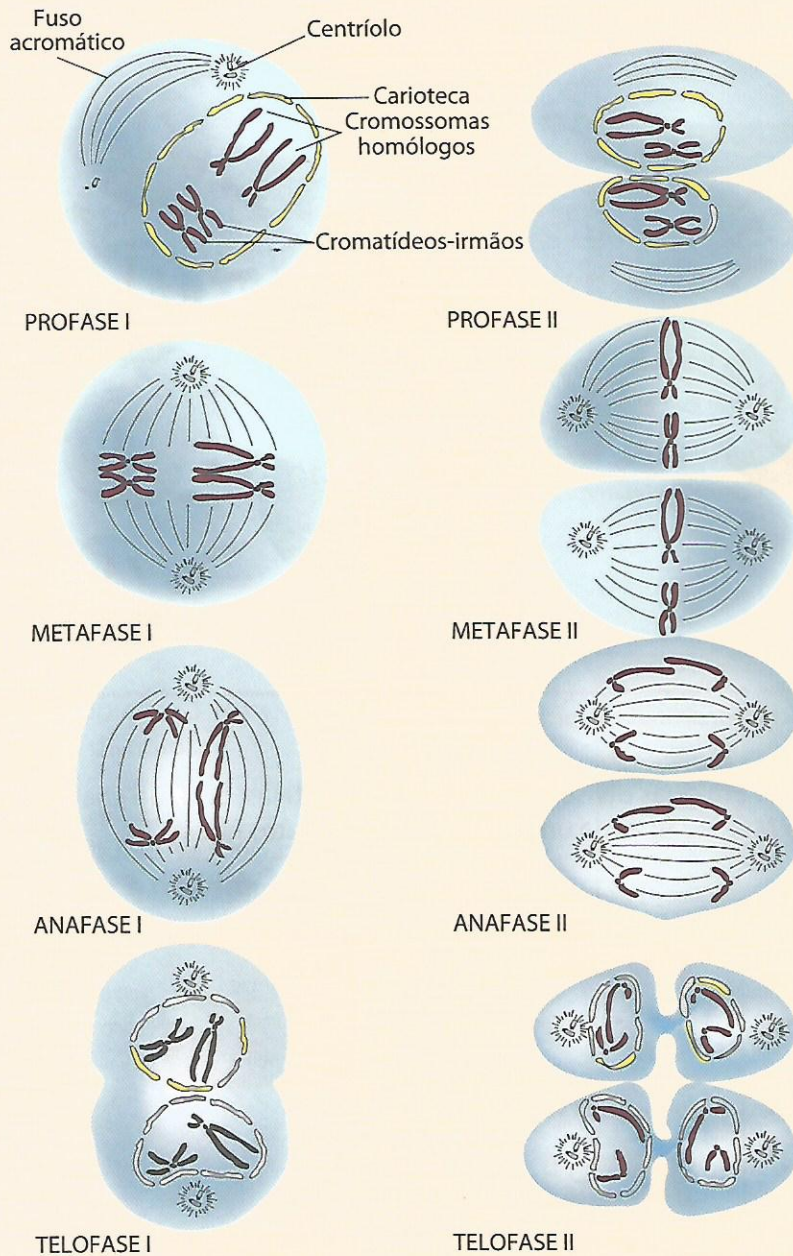


Fig. 62 Esquema resumido do processo meiótico.

Comparação entre mitose e meiose

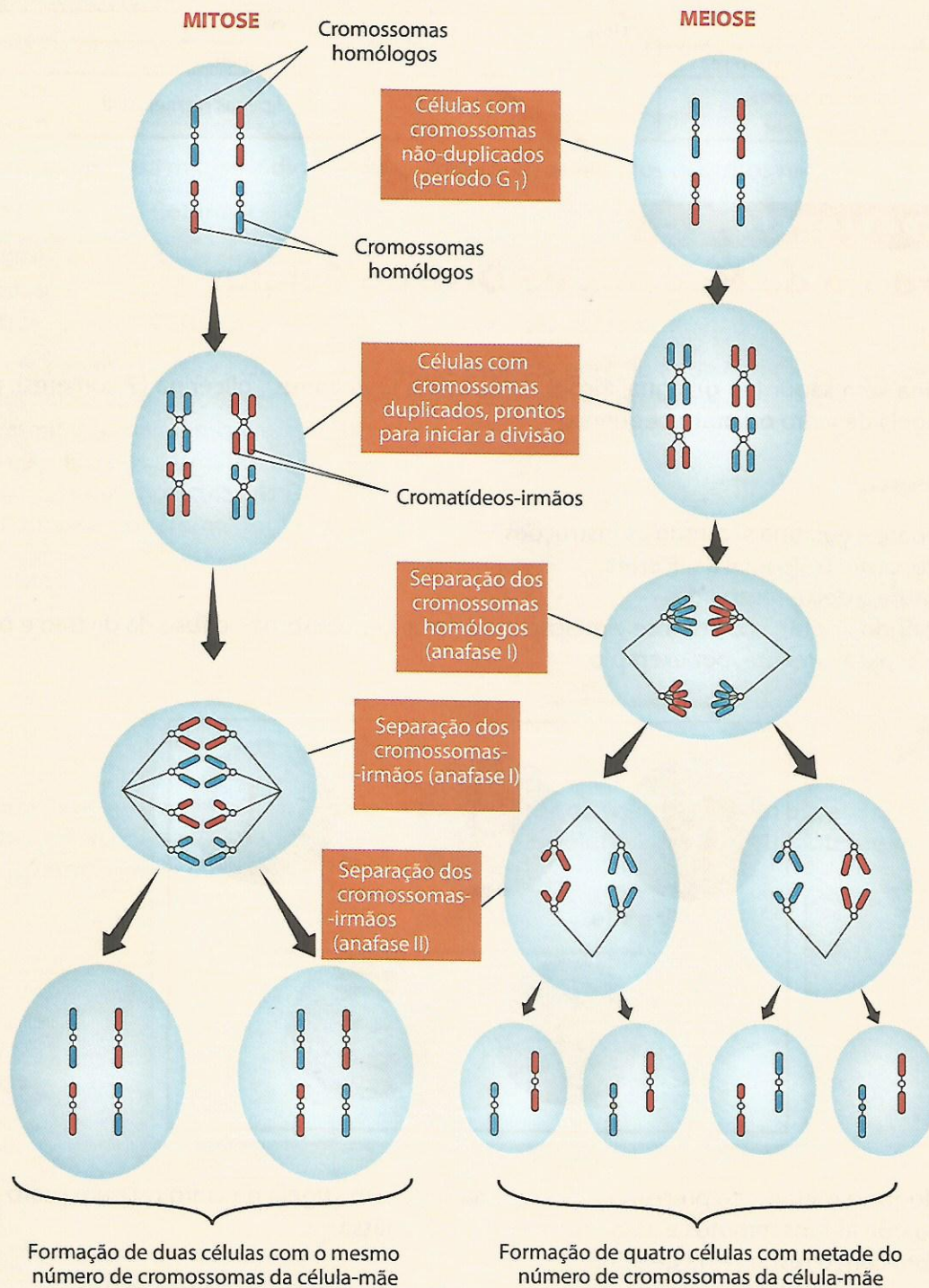


Fig. 63 A mitose é um processo equacional de divisão celular: o número de cromossomas é conservado nas células-filha. A meiose é um processo reducional de divisão: as células-filhas têm a metade do número de cromossomas da célula-mãe.

Quadro 10: Comparação entre a mitose e a meiose.

Aspectos	Mitose	Meiose
Células-filhas	Duas células genética e cromossomicamente idênticas à célula-mãe.	Quatro células com metade do número de cromossomas da célula-mãe.
Citocinese	Uma.	Duas.
Separação de homólogos	Não.	Na meiose I.
Duplicação dos centrômeros	Sim.	Apenas na meiose II.



Experiência

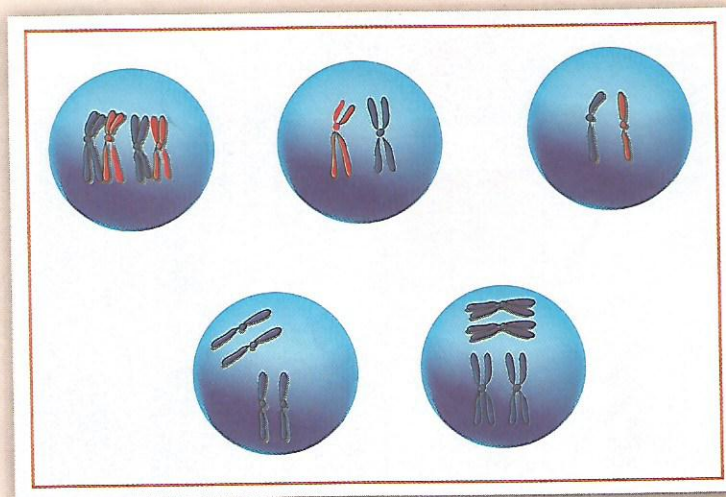
Elaboração de Modelos de Divisão Celular

Material

Gelatina sem sabor (15 g), água, álcool da farmácia (2 colheres), glicerina (2 colheres), massa de modelar, tigela de vidro ou prato pequeno.

Procedimento 1

1. Prepare a gelatina segundo as instruções.
2. Acrescente o álcool e a glicerina.
3. Misture e deixe reservado.
4. Segundo as etapas da mitose e meiose modele os cromossomas, o fuso da divisão e os centríolos, separadamente, por exemplo:



5. Coloque a metade do preparado de gelatina será numa tigela de vidro ou num prato pequeno.
6. Aguarde alguns minutos e adicione o modelo de massa.
7. Cubra com o restante da gelatina.
8. Aguarde mais alguns minutos (até ficar consistente) e retire o modelo do prato.



- Defina o conceito de ciclo celular.
- Descreva, em linhas gerais, em que consiste a mitose e a meiose.
- Em condições normais, o número de hemácias na espécie humana por mm^3 de sangue é aproximadamente constante: 5,5 milhões para o homem e 4,5 milhões para a mulher. Como isso pode ocorrer, sendo que a duração da vida das hemácias está limitada a mais ou menos 120 dias?
- Nos seres eucariontes, por ocasião da divisão celular, a membrana nuclear desaparece na:
 - Interfase.
 - Profase.
 - Metafase.
 - Anafase.
 - Telofase.

5. Relacione as fases da mitose indicadas na coluna I com os eventos descritos na coluna II.

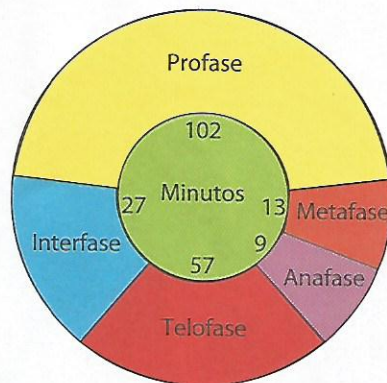
Coluna I

- Telofase
- Metafase
- Anafase

Coluna II

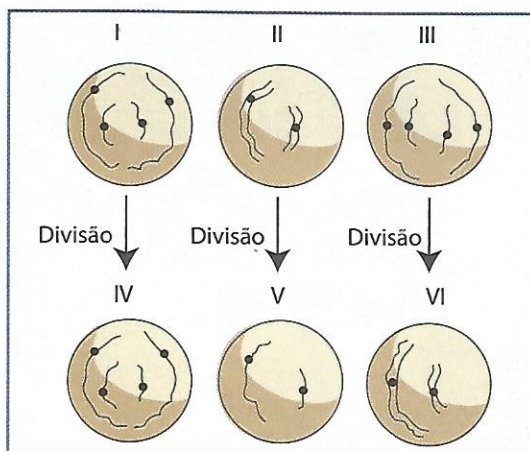
- Os cromatídeos-irmãos movem-se para os pólos opostos.
- Os cromossomas alinham-se no plano equatorial da célula.
- A membrana nuclear e o nucléolo reaparecem.

- O esquema abaixo mostra a duração das fases da mitose em células de embrião de gafanhoto. De acordo com esses dados, a etapa mais rápida é aquela em que ocorre:
 - Fragmentação da membrana nuclear.
 - Afastamento dos cromatídeos-irmãos.
 - Duplicação das moléculas de DNA.
 - Alinhamento dos cromossomas na placa equatorial.



7. Considere os esquemas abaixo que representam núcleos de seis células com os seus cromossomas. Qual das alternativas abaixo indica, respectivamente, célula diplóide resultante de mitose e célula haplóide resultante de meiose?

- I e II.
- II e III.
- III e IV.
- IV e V.
- V e VI.



8. Justifique por que a mitose é considerada um processo equacional e a meiose um processo reducional.



OBJECTIVOS

O aluno deve ser capaz de:

- Identificar os tecidos vegetais.
- Descrever os processos de absorção da água e de sais minerais pela planta.
- Definir os diferentes tipos de membranas.
- Explicar o movimento da seiva na planta.
- Definir o conceito de fotossíntese.
- Identificar as diferentes fases do processo da fotossíntese.
- Explicar as diferentes fases da fotossíntese.
- Enumerar os factores que influenciam a actividade fotossintética.

CONTEÚD

Histologia

- Meristem
- Tecidos d
- quimento

Factores q

- Composic
- Rede hidr

Anatomia

- Absorção

Tipos de m

- Permeáve
- Semi-perm
- impermeá

Circulação

- Causas d
- radicular,
- Estrutura,

UNIDADE 2

CONTEÚDOS

Histologia vegetal

- Meristemas: primários e secundários
- Tecidos definitivos: (definição, função e estrutura), parenquimatosos, suporte

Factores que determinam a fertilidade do solo

- Composição química do solo
- Rede hidrogáfica

Anatomia das raízes: (revisão)

- Absorção de água e sais minerais

Tipos de membranas

- Permeáveis
- Semi-permeáveis
- Impermeáveis

Circulação da seiva bruta

- Causas do movimento da seiva: coesão, adesão, pressão radicular, capilaridade dos vasos e transpiração
- Estrutura, função e propriedade dos estomas

Fisiologia vegetal

A **nutrição** das plantas é **autotrófica**, ou seja, as plantas fabricam elas mesmas a matéria orgânica que lhes serve de alimento. Para isso utilizam dióxido de carbono do ar atmosférico e água e sais minerais retirados do solo. Todos os órgãos da planta (raízes, caule e folhas) trabalham em conjunto na absorção, no transporte e na elaboração das substâncias necessárias para a sua sobrevivência e o seu crescimento e desenvolvimento.

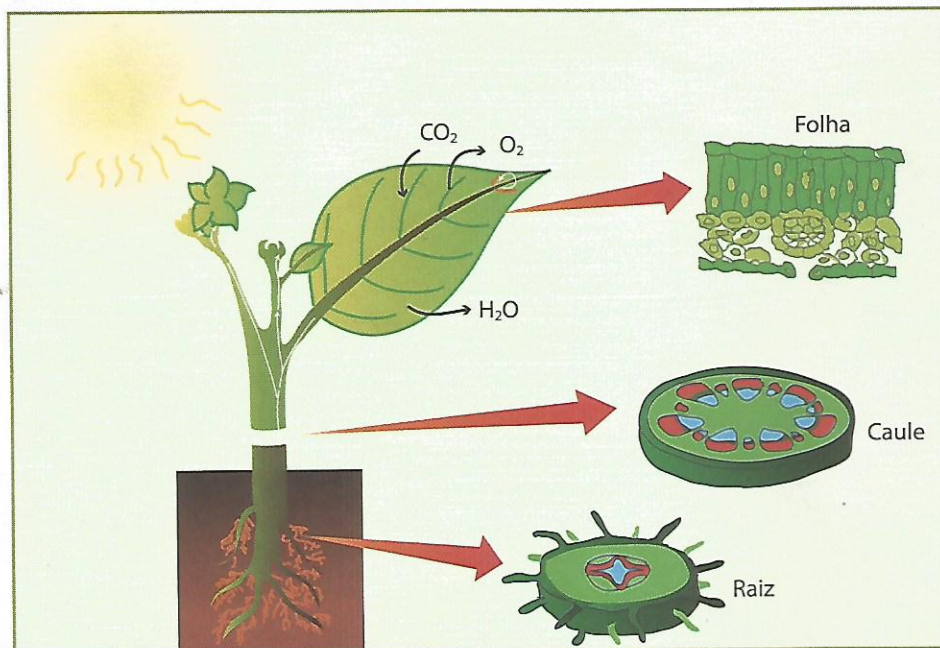


Fig. 1 Todos os órgãos da planta trabalham em conjunto para garantir a sobrevivência da planta.

A água e os sais minerais penetram na planta através das raízes. O dióxido de carbono é captado através das folhas. No entanto, as plantas que possuem um certo grau de complexidade e um certo nível de sistemas de transporte especializados movimentam os nutrientes do local onde são produzidos para o local onde são utilizados.

Histologia vegetal

Meristemas

Numa planta em desenvolvimento, certos órgãos, como as folhas e as flores, têm um crescimento limitado. Contudo, outros órgãos, como as raízes e os caules, podem crescer continuamente durante toda a vida da planta.

Sendo assim, a vida das plantas depende da interação entre seus diversos tecidos que são classificados em dois grandes tipos:

- **Tecidos meristemáticos:** que apresentam células indiferenciadas e formam os meristemas apicais e laterais, responsáveis, respectivamente, pelo crescimento da planta em espessura e comprimento.

- **Tecidos permanentes ou definitivos:** que derivam de meristemas e possuem células diferenciadas. São os tecidos de condução (xilema e floema), de sustentação (colênquima e esclerênquima), de revestimento (epiderme e periderme) e os parênquimas.

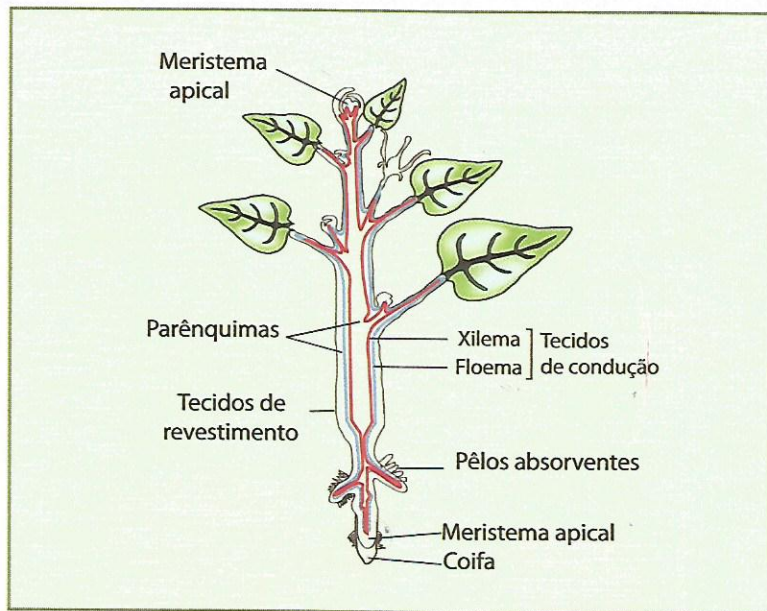


Fig. 2 Localização dos principais tecidos em uma planta.

Numa planta, os meristemas podem ser **primários** ou **secundários**, dependendo de sua capacidade de permanecer ou não realizando mitoses.

Nos **meristemas primários** essa capacidade é contínua podendo ser constatada no crescimento das pontas de caules e raízes.

Da actividade dos meristemas primários resultam células que, por diferenciação, originam **tecidos definitivos** primários que são:

- **Protoderme:** as células resultantes da sua actividade diferenciam-se em epiderme.
- **Procâmbio:** forma células que se diferenciam em tecidos condutores (xilema e floema).
- **Meristema fundamental:** dá origem aos restantes tecidos.

Os **meristemas secundários** resultam de células de tecidos definitivos primários que readquirem a capacidade de se dividir. Localizam-se ao longo de certas zonas da raiz e caule, formando uma camada cilíndrica de células que, por divisão, origina outras células para dentro e para fora, levando ao engrossamento do órgão. Este tipo de meristema secundário responsável pelo engrossamento é também chamado **câmbio**.

Os tecidos que se diferenciam a partir de meristemas secundários designam-se por **tecidos definitivos secundários**.

Tecidos definitivos

Os tecidos definitivos formam os diferentes órgãos que constituem as plantas. Sendo assim, eles desempenham actividades muito diversificadas.

As plantas vasculares apresentam três tipos de tecidos definitivos: **dérmico**, **fundamental** e **condutor**.

O **tecido dérmico** constitui o revestimento da planta. Nas células do tecido vascular circulam várias substâncias no interior da planta, como água, sais minerais, hidratos de carbono, proteínas e lípidos. Os **tecidos fundamentais** formam a restante parte do corpo dos vegetais com funções diversificadas.

Tecidos definitivos vegetais			
	Classificação	Localização	Funções
Tecidos dérmicos	Epiderme	Folha	Protecção; Troca com o meio externo
	Súber	Raiz e caule	Protecção
Tecidos fundamentais	Parênquima	Raiz, caule, folha e frutos	Secreção; Armazenamento de reservas; Fotossíntese
	Colênquima	Por baixo da superfície da planta; Nervuras das folhas	Suporte
	Esclerênquima	Comum em caules e em certas folhas acompanhando as nervuras	Suporte
Tecidos condutores	Xilema	Raiz, caule, folha	Condução de seiva bruta; Suporte
	Floema	Raiz, caule, folha	Condução de seiva elaborada

Seguidamente caracterizam-se alguns dos tecidos definitivos mencionados na tabela acima.

O **parênquima** é conhecido como **tecido fundamental** que constitui, no todo ou em parte considerável, grandes partes da planta. É formado por células vivas, pouco diferenciadas, com paredes finas e flexíveis. A forma das suas células pode variar, desde prismáticas a esféricas.

É possível distinguir entre:

- **Parênquima clorofilino:** cujas células contêm cloroplastos, sendo a sua função relacionada com a actividade fotossintética.
- **Parênquima da reserva:** cujas células apresentam diferentes substâncias armazenadas (por exemplo amido) que podem se encontrar no estado sólido (grânulos) e dissolvidas ou dispersas no citoplasma e nos vacúolos.
- **Parênquima secretor:** cujas células elaboram substâncias não utilizadas na nutrição da planta (por exemplo resina, látex).
- **Parênquima aerífero:** que apresenta largos espaços intercelulares que permitem grande arejamento (por exemplo nas plantas aquáticas).

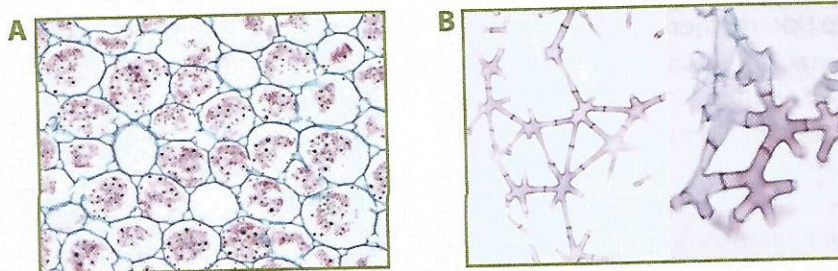


Fig. 3 Diversidade de parênquimas (A – parênquima da reserva; B – parênquima da suporte).

A colênquima e a esclerênquima são tecidos de **suporte** e comuns nas raízes, caules e folhas.

O **colênquima** é formado por células vivas, cujas paredes apresentam reforços de **celulose** e **pectina**, tendo grande flexibilidade. O **esclerênquima** é constituído, em grande parte, por células mortas, cujas paredes possuem reforços de **lignina**, substância impermeável e rígida. Os dois principais tipos de células de esclerênquima são células longas (**fibras** envolvendo vasos condutores do caule e das nervuras) e células cubiformes (**esclereídeos** existentes em caroços, sementes e polpas de frutas).

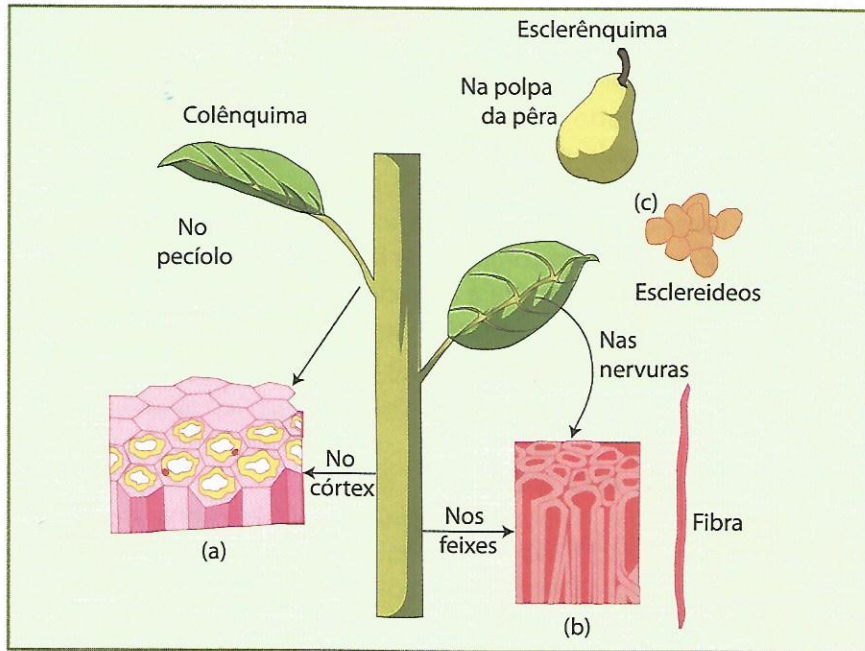


Fig. 4 Localização e estrutura de tecidos de sustentação.

O **tecido condutor** transporta as substâncias que devem ser trocadas entre os órgãos da planta. Suas células estão organizadas em feixes vasculares, nos quais predominam os **vasos lenhosos** (condutores da seiva bruta) e os **vasos liberianos** (condutores da seiva elaborada). As células do tecido condutor são de vários tipos, mas apresentam-se reunidas em dois grupos: **lenho** ou **xilema** e **líber** ou **floema**.

No **xilema**, os únicos elementos condutores são os **traqueídes** e as **traquéias**. Os reforços de lignina podem dar diferentes aspectos aos vasos condutores que são, então, definidos como anelados, espiralados, esalariformes, reticulados ou pontuados.



Fig. 5 Alguns tipos de vasos lenhosos.

No **floema**, as únicas células condutoras são os vasos liberianos ou vasos crivados. Os septos ou membranas transversais entre essas células não são completamente dissolvidos, ficando com um aspecto característico de crivos (**placas crivadas**).



Fig. 6 Aspecto microscópico de uma placa crivada

Factores que determinam a fertilidade do solo

O solo é um recurso finito, limitado e não renovável, face às suas taxas de degradação potencialmente rápidas, que têm vindo a aumentar pela pressão crescente das actividades humanas em relação às suas taxas de formação e regeneração extremamente lentas.

A fertilidade dos solos depende de um conjunto de factores, uns da natureza física, outros de natureza química. Da conjugação destes factores, resulta a capacidade de produção do solo que, dependendo do seu perfil (sucessão de horizontes), apenas atinge o seu máximo quando o nível de todos os factores nutritivos e os itinerários técnicos de mobilização foram correctamente ajustados em função das necessidades dos sistemas culturais.

Composição química do solo

Os solos são constituídos por três fases:

- Sólida (**matriz**).
- Líquida (**solução do solo**).
- Gasosa (**atmosfera do solo**).

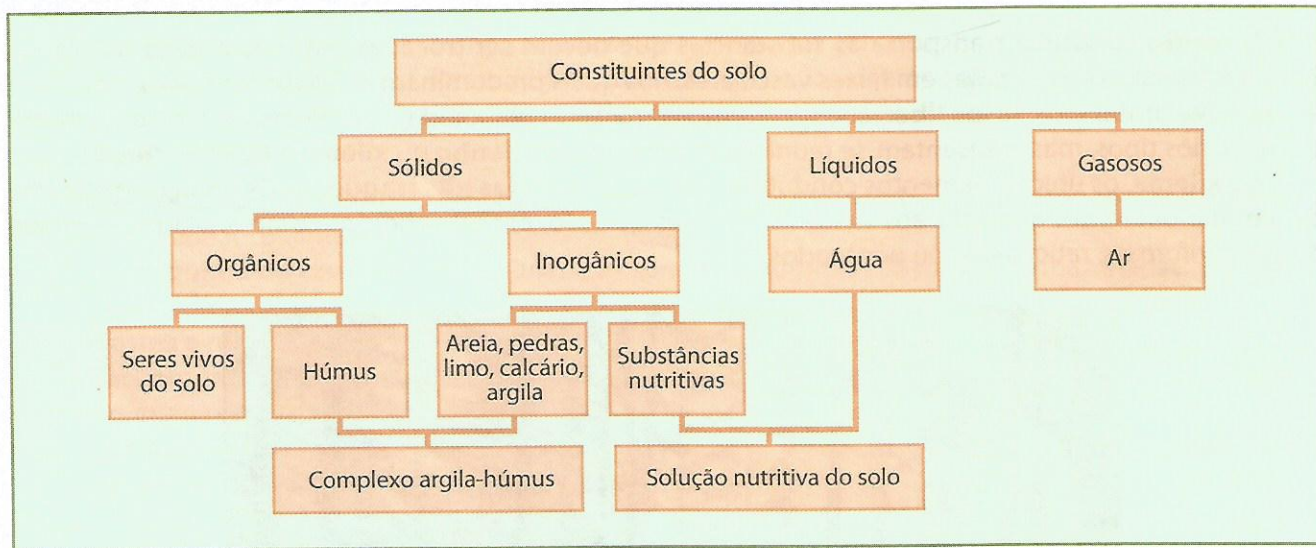


Fig. 7 Composição do solo.

A **matriz** contém **substâncias minerais** e **matéria orgânica**. As substâncias minerais dividem-se quanto ao tamanho em elementos grosseiros e terra fina, que inclui a **areia**, o **limo** e a **argila**. A proporção das partículas de diferentes dimensões é designada por **textura do solo**.

A fracção **argila**, principal responsável (conjuntamente com a matéria orgânica) pelas propriedades químicas do solo, é principalmente constituída por minerais argilosos pertencentes aos grupos da caulinite, esmectite, vermiculite, illite ou clorite. São minerais com uma predominância de cargas negativas,

umas permanentes e outras dependentes do pH. Os *minerais argilosos* diferem quanto às cargas que transportam, superfície específica, capacidade de fixar iões potássio e amónio, e ainda por serem ou não expansíveis.

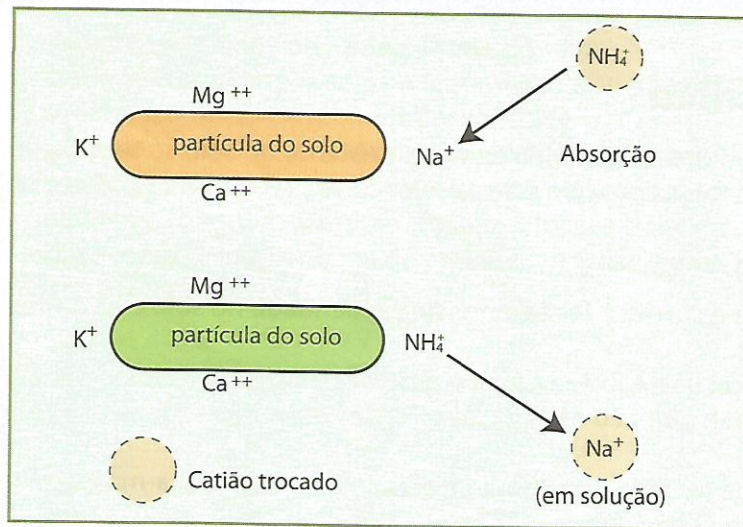


Fig. 8 Exemplo da capacidade de fixar iões pelas partículas que constituem os minerais argilosos.

Na fracção argila existem ainda **óxidos e hidróxidos de ferro, alumínio e manganésio**. Possuem cargas dependentes do pH, podendo apresentar predominância de cargas positivas em solos ácidos. Em regiões áridas e semi-áridas, pode ocorrer acumulação no solo de **carbonatos, sulfatos** ou mesmo **cloretos**.

A **matéria orgânica** inclui uma grande variedade de seres vivos desde bactérias, fungos e actinomicetas, até protozoários, nemátodos, ácaros e anelídeos. Os **organismos do solo**, em especial os microorganismos, vão levar a cabo a decomposição de resíduos orgânicos, mas são também responsáveis pela síntese de moléculas orgânicas de elevada estabilidade – as **substâncias húmicas** – que são o principal constituinte do **húmus** e contribuem para propriedades tão importantes como a capacidade de retenção de água e nutrientes e o poder tampão do solo.

Sendo assim, a manutenção da matéria orgânica do solo é bastante importante, do ponto de vista físico-químico, dado que contribui para a manutenção da sua estrutura, melhora a infiltração e a retenção da água e aumenta a capacidade de troca de certas substâncias contribuindo para o acréscimo da produtividade. O controlo da matéria orgânica do solo é um processo complexo, devendo ser conduzido com vista a reduzir as perdas, embora seja mais fácil alcançar essas perdas do que o seu aumento. Estes objectivos podem ser facilitados pela racionalização dos itinerários técnicos, com a oportunidade das épocas de intervenção, mobilização reduzida, a sementeira directa, a agricultura biológica e a incorporação de resíduos como, por exemplo, o estrume.

A **solução do solo** contém vários elementos na forma de iões livres ou de complexos. Neste sentido, certas substâncias contaminantes podem ser armazenadas no solo. Alguns, como as pesticidas, podem ultrapassar os limites da capacidade de armazenamento e de efeito tampão do solo causando a danificação/perda de algumas das funções deste e a contaminação da cadeia alimentar, dos vários ecossistemas e recursos naturais, pondo em risco a biodiversidade e a saúde humana.



Fig. 9 Os contaminantes acidificantes diminuem gradualmente o efeito tampão dos solos favorecendo a lixiviação de nutrientes, com subsequente perda de fertilidade do solo, eutroficação das águas (figura), abrandamento da actividade biológica e redução da biodiversidade.

A **atmosfera do solo** tem teores mais baixos de oxigénio e mais altos de vapor de água e dióxido de carbono, por comparação com a atmosfera. Um bom arejamento do solo é indispensável para a respiração das raízes de plantas e dos organismos do solo.

Rede hidrográfica

É importante notar que a quantidade de água existente no solo só tem significado quando considerada em conjunto com a força com que a água se encontra retida no solo. Este facto facilita ou não a sua absorção pelas plantas.

A água existente no solo abrange:

- **Água capilar:** que é sujeita a fenómenos de capilaridade no solo e se desloca nos espaços entre as partículas terrosas.
- **Água higroscópica:** que é fixada na superfície das partículas terrosas por absorção.
- **Água gravitacional:** que não é retida no solo, deslocando-se apenas nos macroporos por acção da gravidade.
- **Água freática:** que se infiltra no solo e se acumula junto à rocha-mãe, formando uma zona permanentemente saturada de água.

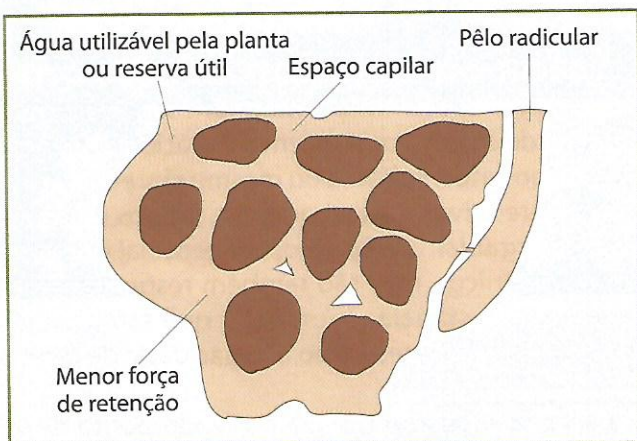


Fig. 10 A água está retida em volta das partículas terrosas ou nos espaços capilares e é facilmente absorvida pelas raízes (água capilar).

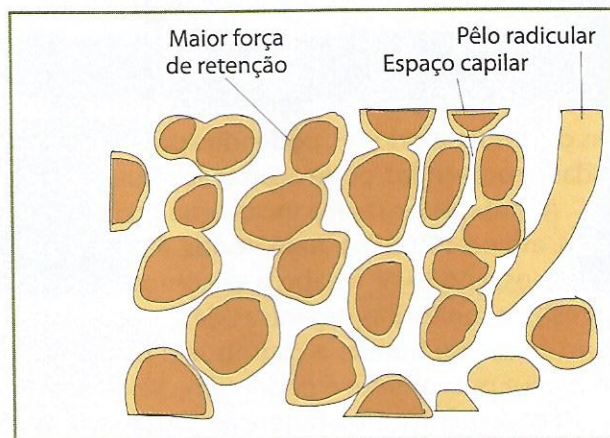


Fig. 11 A água está fortemente retida em volta das partículas terrosas e não é absorvida pelas plantas (água higroscópica).

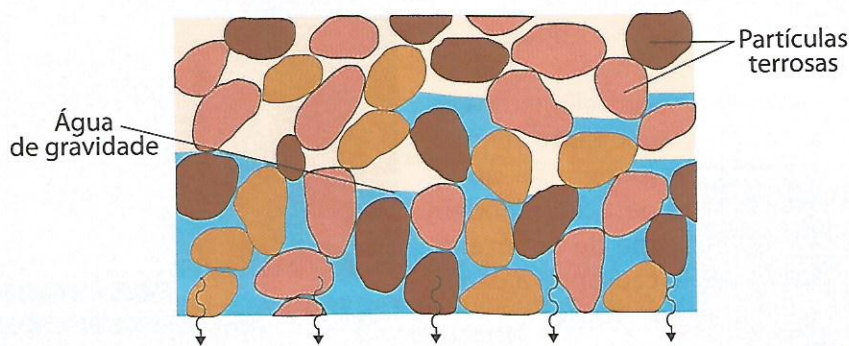


Fig. 12 A água contida nos macroporos escoou-se por acção da gravidade (água gravitacional).

Se comparar o tamanho das partículas que compõem a areia com as partículas que compõem a argila, verifica-se que as primeiras são muito maiores do que as segundas. Deste modo, quanto maiores forem as partículas de um solo maiores são os espaços entre elas (**poros**) e, conseqüentemente, mais facilmente passa a água. O respectivo fenómeno é chamado **porosidade** do solo.

Além da porosidade pode se observar nos solos o fenómeno físico da **capilaridade**. As forças, tanto as de adesão como as de coesão, são responsáveis pela capilaridade.

A água que se infiltra no solo, devido à sua forte capacidade de estabelecer ligações moleculares, permite manter um certo grau de coesão entre as partículas. No entanto, se a concentração de água for muito elevada, o volume desta aumenta e conduz à saturação do solo. A tensão exercida pela água é tal que leva a que as partículas desse solo se afastem (menor força de atrito) criando situações de instabilidade e provocando o movimento de materiais ao longo dessa vertente.

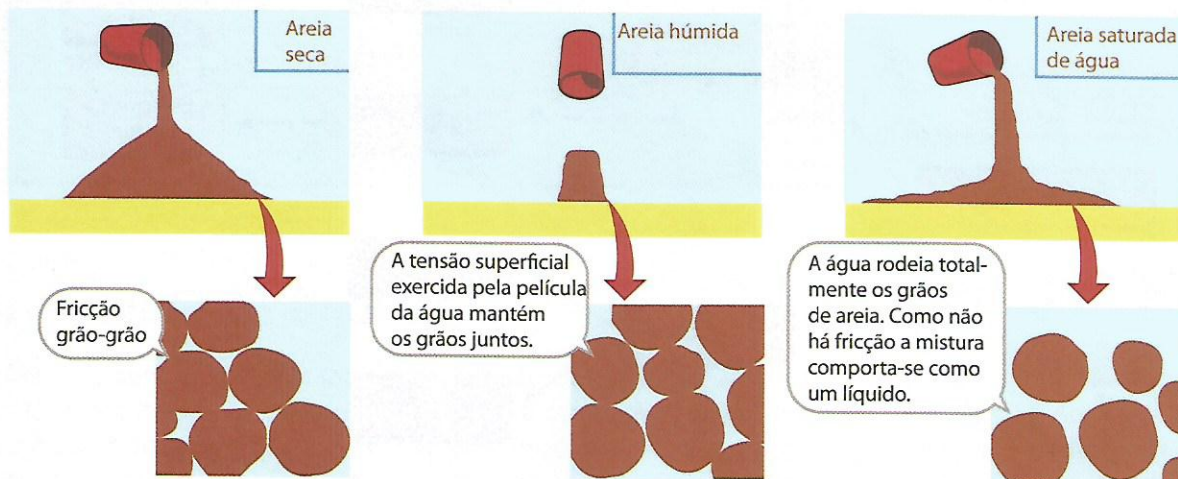


Fig. 13 Os pequenos espaços entre as partículas terrosas são responsáveis pela permeabilidade e humidade dos solos.

O quadro que se segue apresenta resumidamente algumas propriedades dos solos conforme a textura predominante.

Quadro 1: Algumas propriedades dos solos conforme a textura.

Textura fina Solos argilosos	Textura média Solos francos	Textura grossa Solos arenosos
Elevada capacidade de retenção de água	↔	Baixa capacidade de retenção de água
Difícil circulação de água	↔	Fácil circulação de água
Elevada coesão	↔	Baixa coesão
Consistência plástica, pegajosa (molhado) e dura (seco)	↔	Consistência friável (seco ou molhado)
Menor densidade do solo	↔	Maior densidade do solo
Maior porosidade total	↔	Menor porosidade total
Maior Microporosidade	↔	Maior macroporosidade
Arejamento deficiente	↔	Bom aeração
Superfície específica elevada	↔	Superfície específica baixa
Solos bem estruturados	↔	Solos sem estrutura
Difícil preparo mecânico, pouco lavados e mais ricos em elementos fertilizantes	↔	Fácil preparo mecânico, mais lavados e mais pobres em elementos fertilizantes

Decomposição do solo

Como já foi dito anteriormente, o solo constitui uma reserva mineral importante para as plantas.

A riqueza mineral do solo é mantida ou melhorada pelos **fertilizantes** que podem ser **correctivos** ou **adubos**. O adubo pode ser obtido a partir de detritos orgânicos (restos de plantas, cadáveres de animais e seus excrementos) a que se dá o nome de **estrupe**.

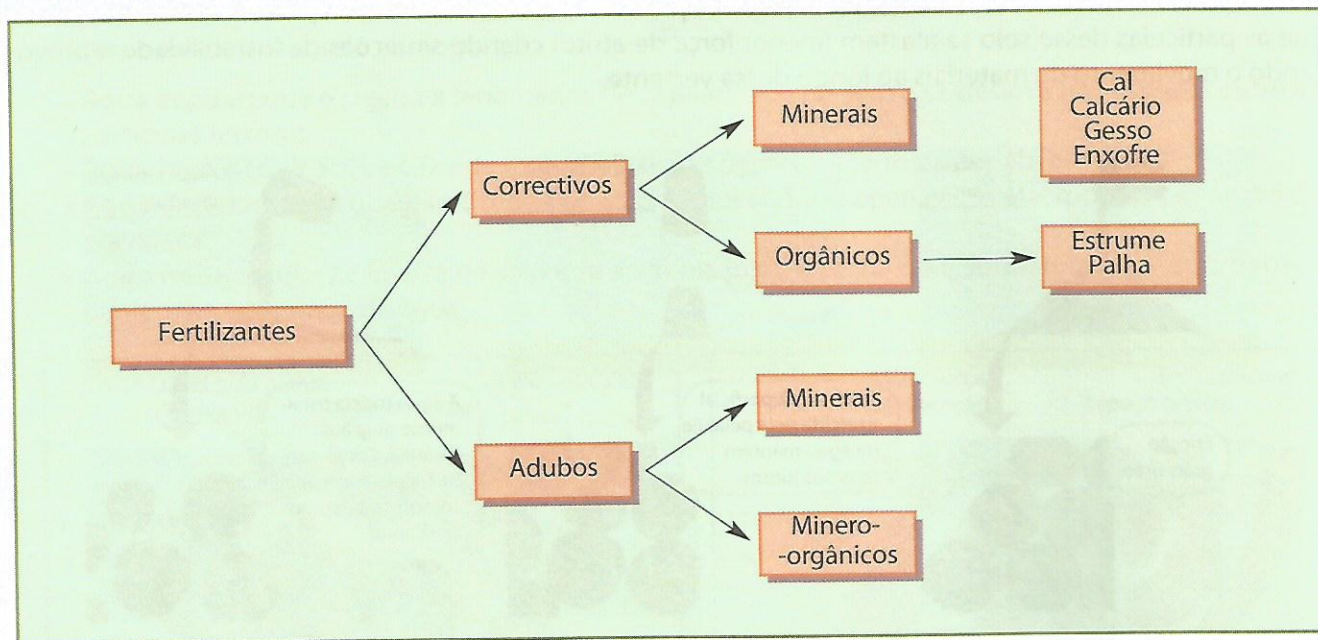


Fig. 14 Classificação de fertilizantes.

Designam-se por **macronutrientes** os elementos minerais que as plantas absorvem em maior quantidade, tais como N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl e Si. De entre estes, os **principais** são N, P e K porque, além de serem absorvidos em quantidades elevadas, não existem, geralmente, no solo em teores suficientes para satisfazerem as necessidades das culturas. Torna-se, por isso, necessária a sua aplicação através de adubos.

Os restantes designam-se por **secundários**, ainda que sejam absorvidos em quantidades elevadas. Admite-se, geralmente, que existem no solo em teores susceptíveis de dispensar a sua aplicação.

No entanto, a designação de secundários não significa que tenham menor interesse para a nutrição das plantas.

Os **micronutrientes** são os elementos minerais que a planta consome em menor quantidade e manifestam toxicidade quando existem em excesso no solo. Consideram-se micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo e Al.

O solo contém certa quantidade de substâncias orgânicas provenientes da decomposição de cadáveres de animais e dos restos vegetais. A decomposição origina o **húmus**, formado por uma mistura de solo e matéria orgânica parcialmente degradada. Com a decomposição, os minerais que constituíam a matéria orgânica são libertados, fertilizam o solo e ficam disponíveis à absorção pelas plantas. A transformação da

matéria orgânica em húmus é designada **humificação** e é efectuada por bactérias e fungos existentes no solo. A humificação depende das condições ambientais, como mostra a figura seguinte.

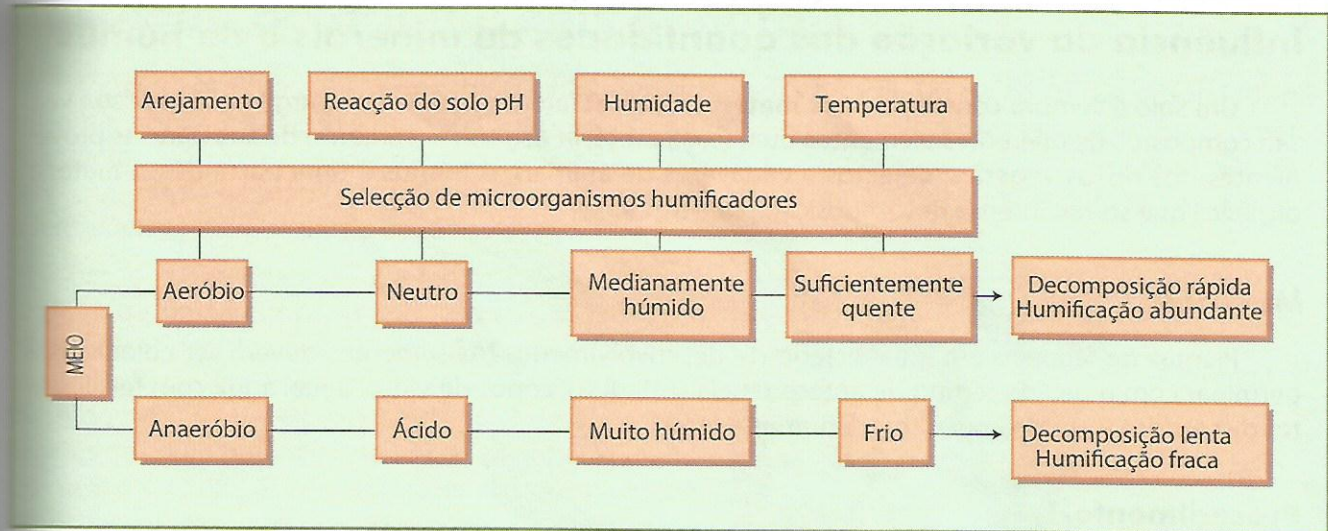


Fig. 15 Condições ambientais que influenciam a humificação.

Quantidade de animais

Além de serem determinantes na formação dos solos, os seres vivos que vivem neles desempenham outras tarefas extremamente importantes para a produção e manutenção de solos férteis. Animais como as toupeiras, as formigas, as minhocas, os ratos (que fazem parte do grupo **macrobiota** ou **macrofauna**) e pequenos vermes e larvas (que constituem o grupo **mesobiota** ou **mesofauna**) revolvem o solo durante a produção de galerias onde se instalam, produzindo uma autêntica lavra. Sendo assim, contribuem para arejar o solo e, também, para facilitar a circulação de água que é fundamental, sobretudo, para as plantas.

Por outro lado, os diversos organismos decompositores como, por exemplo, certos fungos e bactérias (grupo **microbiota** ou **microfauna**) transformam a manta-morta em húmus. Existem ainda microorganismos que vivem nas raízes de certas plantas, que enriquecem o solo com azoto produzindo uma autêntica **adubação natural**.

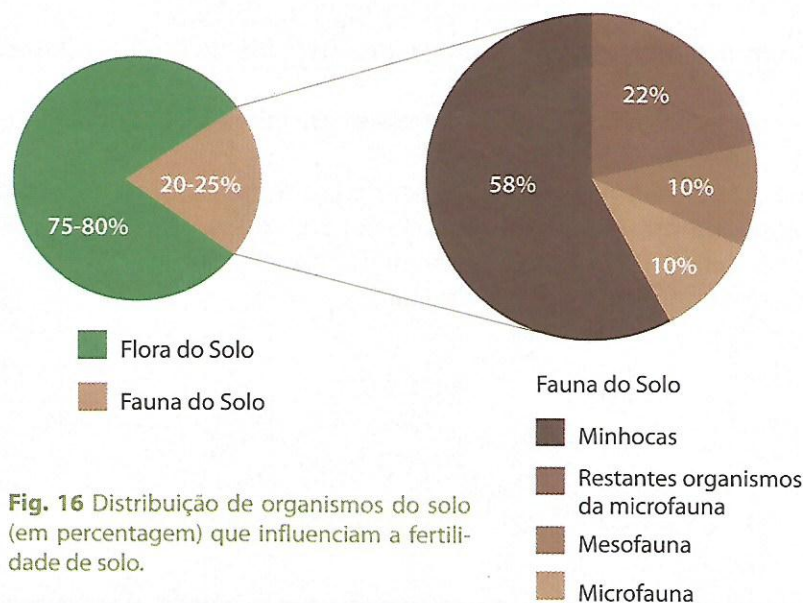


Fig. 16 Distribuição de organismos do solo (em percentagem) que influenciam a fertilidade de solo.



Influência da variação das quantidades de minerais e de húmus

Um solo é sempre constituído por **matéria mineral** (areia, calcário, limo, argila que, por sua vez, são compostos de diferentes elementos químicos), **matéria orgânica** (conjunto de substâncias provenientes dos restos vegetais, dejectos e cadáveres de animais; o húmus é uma parte dessa matéria orgânica que sofreu intensa decomposição), **ar** e **água**.

Material

Plantas de feijoeiro em igual estado de desenvolvimento (As sementes devem ser colocadas a germinar com o devido tempo de antecedência – 15 dias), copos de vidro, água, água com fertilizantes dissolvidos (casa de agricultores), húmus e terra.

Procedimento 1

Influência da variação das quantidades de minerais

1. Em cada um dos dois copos, introduza igual volume de líquidos (água e água com fertilizantes dissolvidos).
2. Coloque, em cada um dos copos, uma planta de feijoeiro. Etiquete-os, referenciando a solução que contêm.
3. Assinale o nível de líquido em cada um dos copos.
4. Coloque os copos nas mesmas condições de luz, temperatura e humidade.
5. Renove, semanalmente, a solução de cada um dos copos.
6. Observe, periodicamente, o desenvolvimento das plantas.
7. Registe os resultados e interprete-os.

Procedimento 2

Influência da variação da quantidade de húmus

1. Em cada um dos dois copos, introduza igual volume dos sólidos (terra e terra misturada com húmus).
2. Coloque, em cada um dos copos, uma planta de feijoeiro. Etiquete-os, referenciando o tipo de solo que contêm.
3. Coloque os copos nas mesmas condições de luz, temperatura e humidade.
4. Regue, regularmente, as plantas em cada um dos copos.
5. Observe, periodicamente, o desenvolvimento das plantas.
6. Registe os resultados e interprete-os.

Anatomia das raízes

Absorção de água e sais minerais

A maior parte da água e dos solutos (nutrientes minerais dissolvidos na água) são absorvidos por meio de pêlos absorventes da raiz. Este processo é também chamado **absorção radicular**. Os pêlos absorventes são longas expansões filamentosas das células epidérmicas da raiz na zona pilosa. São, portanto, unicelulares e estendem-se em grande área de solo junto à planta, infiltrando-se nos espaços microscópicos entre as partículas do solo.

Como já aprendeu, a água tende a deslocar-se de regiões de baixa concentração em soluto (**solução hipotónica**) para regiões de elevada concentração em soluto (**solução hipertónica**), ou seja, a água movimentar-se de regiões de elevado potencial de água para regiões de baixo potencial através de membranas semipermeáveis. Assim, as concentrações das duas soluções tendem a igualar-se através do processo de **osmose**.

Em regra, dentro das células da raiz é maior a concentração de soluto do que no exterior, havendo, pois, maior potencial de água no exterior do que no interior das células epidérmicas. Assim, a água tende a entrar na planta, movendo-se do exterior para o interior da raiz por osmose.

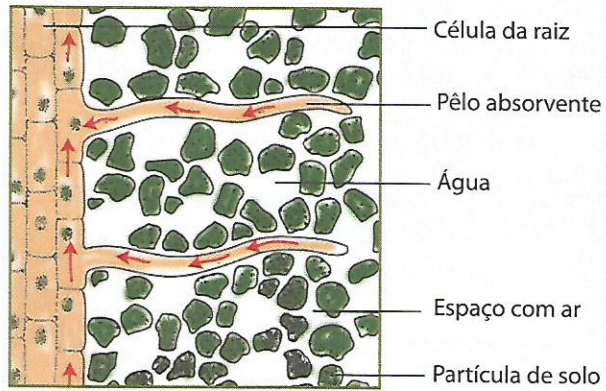


Fig. 17 A água com os sais minerais nela dissolvidos são absorvidos por meio de pêlos absorventes na zona pilosa da raiz.

Os iões minerais que estão presentes na solução do solo em concentração elevada podem entrar nas células da raiz por **difusão simples (transporte passivo)** através da membrana do pêlo absorvente.

A solução do solo é usualmente muito diluída e verifica-se que as raízes podem acumular iões minerais em concentrações que são centenas de vezes maiores do que as concentrações destes iões no solo. Nestas condições, o movimento destes iões ocorre contra o gradiente de concentração. A entrada nas células da raiz é um **transporte activo** e requer disponibilidade de energia.

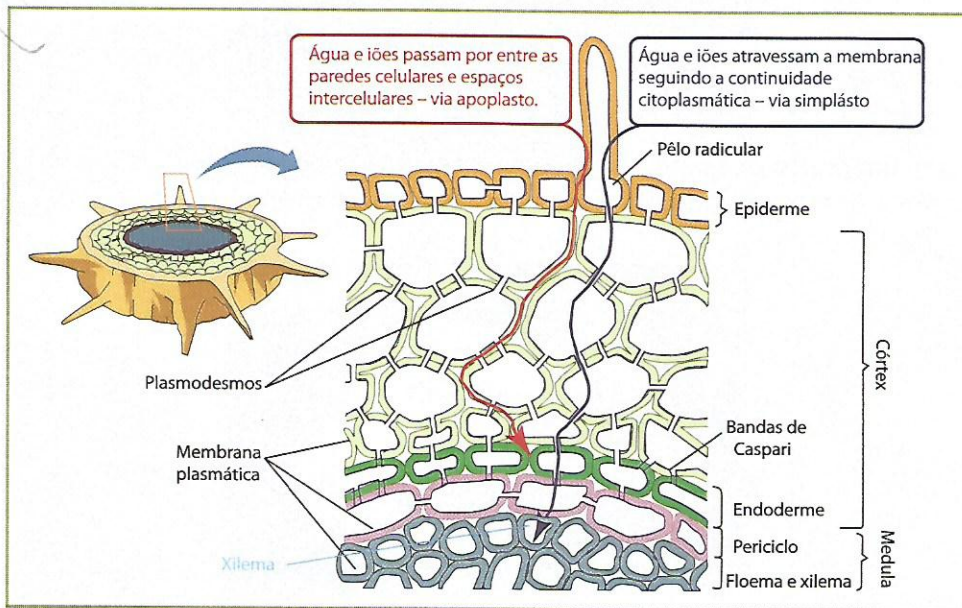


Fig. 18 O caminho da água e dos solutos na raiz.

Feita a absorção pelas células epidérmicas da raiz, a água e os sais minerais nela dissolvidos podem seguir dois caminhos:

- Através de espaços intercelulares, as soluções atingem as células endodérmicas e daí os vasos lenhosos (xilema). Esta via é conhecida como **via apoplasto**. Esse trajecto é mais rápido e directo.
- Pela passagem de célula para célula, atravessando membranas celulares e o citoplasma até à endoderme e daí para os vasos lenhosos (xilema). Esta via é designada **via simplasto**. Esse percurso é mais demorado e depende da osmose e do transporte activo.

Poderia parecer vantajoso que a planta tivesse apenas tecidos para absorver mais rapidamente. No entanto, o percurso mais demorado garante uma melhor filtragem e, portanto, maior selectividade de substâncias que podem chegar aos demais tecidos da planta.

A água e os solutos constituídos principalmente por iões minerais, uma vez chegados ao xilema, podem agora ascender, constituindo a **seiva bruta** (ou **seiva xilémica**).

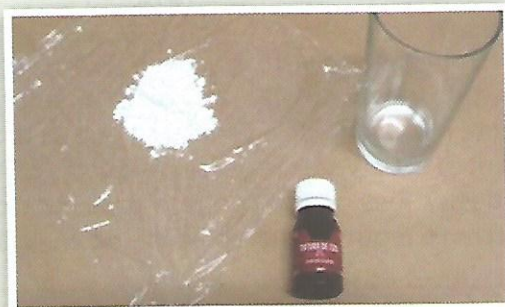


Experiência

Simulando a permeabilidade da membrana

Material

Um plástico fino e aderente para envolver alimentos, uma colher, pires, farinha de trigo, um copo com água, solução de iodo (farmácia).



Procedimento

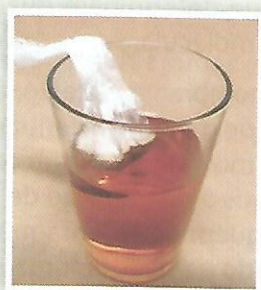
- Coloquem um pouco de farinha de trigo em cima de um pires.
- Acrescente uma gota de iodo sobre ele registando o que ocorre.



3. Em seguida coloque água no copo com um pouco de iodo e tape com o plástico fino. Em cima do plástico deve-se pôr uma colher de farinha de trigo.



4. Introduza o plástico no copo com uma colher de farinha de trigo formando uma pequena bolsa.



5. Acrescente um pouco de água na farinha e feche o plástico deixando preso em um dos lados do copo.



6. Aguarde alguns minutos e registre o que ocorre.



Tipos de membranas

Para a circulação da seiva dentro das plantas é necessário que a água e as substâncias nela dissolvidas ultrapassem as membranas. A **membrana plasmática** é a principal responsável por manter a identidade química das células vegetais, ou seja, é ela que controla constantemente o tipo de substância que entra ou sai. Sendo assim, as membranas plasmáticas possuem ou não uma certa **permeabilidade**. Este facto possibilita distinguir diferentes tipos de membranas:

- **Membranas impermeáveis:** não permitem a passagem nem dos solutos e nem do solvente.
- **Membranas permeáveis:** são aquelas que permitem a passagem, através delas, tanto dos solutos como do solvente.
- **Membranas semipermeáveis:** são as que permitem a passagem do solvente, mas impedem a passagem dos solutos.
- **Membranas selectivamente permeáveis:** permitem a passagem do solvente e também de alguns tipos de solutos. Permeável, já que substâncias podem atravessá-la; selectiva, porque «decide» o que entra e o que sai. Os factores que determinam quais são os solutos capazes de atravessar a membrana ou não são o tamanho da molécula, sua carga eléctrica, sua polaridade, entre outros.

A passagem de partículas através das membranas é aleatória e, muitas vezes, acontece em maior fluxo do local de maior concentração para o local de menor concentração. Esse tipo de movimento é chamado **a favor do gradiente de concentração**. Esse movimento acontece até que se estabeleça igualdade de concentração entre os dois meios, ou seja, até que a distribuição de partículas seja uniforme.

O esquema e a experiência que se seguem representam o fenómeno acima descrito. No entanto é necessário sublinhar o facto, de que, quando se diz que uma solução é muito concentrada, refere-se à concentração de soluto e não de solvente. Por esse motivo diz-se que a **osmose** é o processo físico da passagem de água, através de uma membrana semipermeável, do **local de menor concentração de soluto** (que é o mais concentrado em água) para o **local de maior concentração de soluto** (que é o menos concentrado em água).

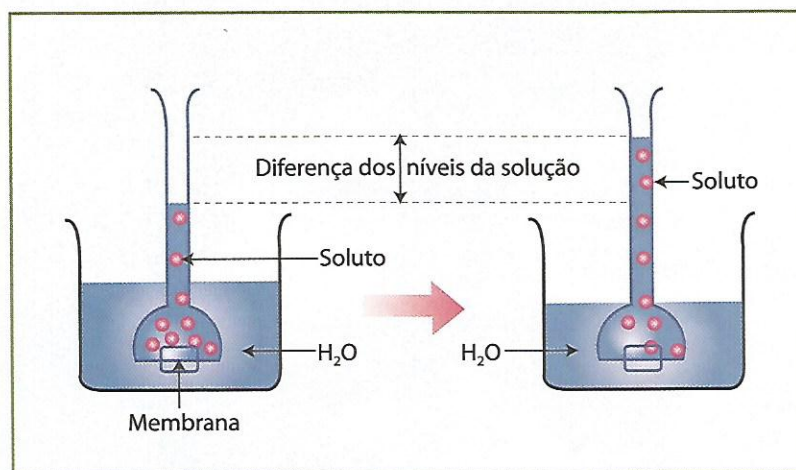


Fig. 19 Representação esquemática da osmose.

Circulação da seiva bruta

Causas do movimento da seiva bruta

As plantas perdem grande quantidade de água por transpiração, especialmente através das folhas. Todavia, essa água que perdem é substituída por outra, transportada essencialmente num sistema contínuo de xilema (vasos lenhosos), desde a raiz, passando pelo caule, até às folhas. As substâncias dissolvidas na água são transportadas passivamente ao nível do xilema.

Como explicar a subida da seiva bruta até à copa de algumas árvores, às vezes localizada a dezenas de metros acima do nível do solo?

Várias teorias têm sido sugeridas, envolvendo todas elas a acção de forças físicas como causa do movimento da água e de solutos no xilema: **coesão**, **adesão**, **pressão radicular**, **capilaridade** e **transpiração**.

Coesão

As moléculas de água tendem ligar-se umas às outras por ligações de hidrogénio que se estabelecem entre os átomos de hidrogénio e uma molécula e os átomos de oxigénio das moléculas adjacentes. Devido às forças de **coesão**, as moléculas de água permanecem unidas umas às outras resistindo à separação formando, assim, uma coluna contínua dentro dos vasos de transporte que constituem os vegetais.

Adesão

Além das forças de coesão, a água também pode aderir-se à outras moléculas. Isso pode ocorrer graças à sua polaridade. A água tende a atrair e ser atraída por outras moléculas polares. Essa atracção entre as moléculas de água e outras moléculas polares é chamada de **adesão**. A força de atracção que permite o fenómeno da adesão é de origem eletromagnética e é devida as pequenas diferenças de carga entre as superfícies de materiais diferentes. Quanto maior é o contacto entre as superfícies, maior será a força eletromagnética resultante.

Nas plantas, as moléculas de água aderem provavelmente às paredes celulares do xilema.

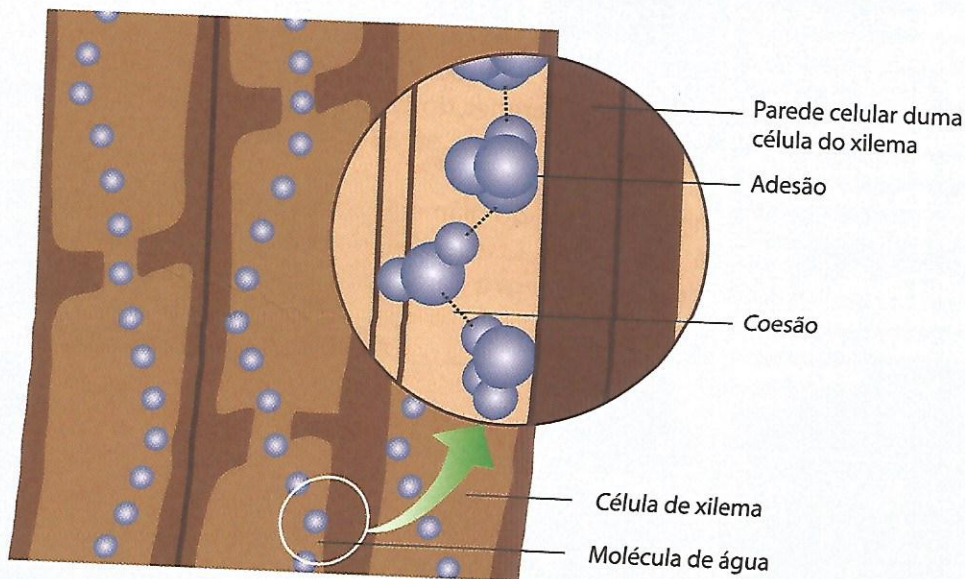


Fig. 20 Forças de coesão e adesão responsáveis pela circulação da seiva bruta nas plantas.

Pressão radicular

As raízes de muitas plantas empurram a seiva bruta para cima, fenómeno conhecido como **pressão radicular**. Em certas plantas verificou-se que a pressão radicular é suficiente para elevar a coluna de água nos vasos xilemáticos a alguns metros de altura. Este fenómeno é causado pela contínua e activa acumulação de iões minerais pelas raízes da planta. O transporte activo desses iões para as células da raiz aumenta o potencial de soluto, o que tem como consequência o movimento de água para o interior da planta. A acumulação de água nos tecidos provoca uma pressão que força a água a subir no xilema.

Em certas circunstâncias, quando a pressão radicular é muito elevada, a água ascende até às folhas, onde é libertada sob forma líquida. Este processo é também conhecido como **gutação**.

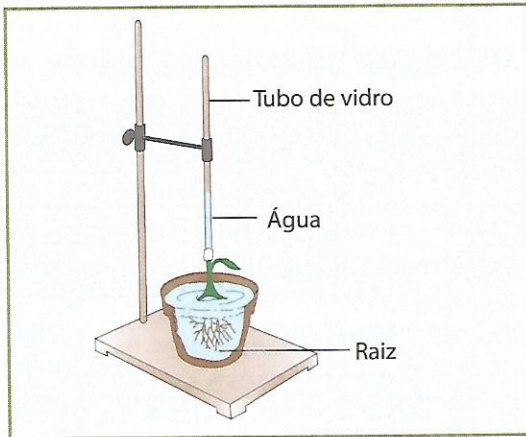


Fig. 21 Pode-se medir a pressão radicular pelo deslocamento da coluna de água num tubo de vidro adaptado a um caule recém-cortado.



Fig. 22 Fenómeno de gutação.

Capilaridade

A **capilaridade** é um fenómeno físico que resulta das propriedades de **adesão** e **coesão** manifestadas pelas moléculas de água. As moléculas de água são capazes de subir espontaneamente por um tubo muito fino (capilar) devido à sua adesão às paredes do tubo. Como as moléculas de água mantêm-se coesas por pontes de hidrogénio, as que aderem às paredes do capilar arrastam consigo as demais moléculas. A água pára de subir no tubo capilar quando a força de adesão torna-se insuficiente para vencer o peso da coluna líquida.

A altura que a coluna líquida atinge, depende do diâmetro do capilar. Quanto menor o diâmetro do tubo, mais alto a coluna de água subirá. E vice-versa. Esse fenómeno ocorre porque quanto mais aumenta o diâmetro do tubo, menos moléculas de água aderem à parede em relação ao número de moléculas que são arrastadas para cima.

Transpiração

Geralmente, durante o dia, a intensidade de transpiração excede a de absorção da água do solo, o que provoca um déficit de água nas folhas (**tensão**). Observa-se então o fenômeno da evaporação da água, saindo vapor de água da planta através dos estomas. Esta perda de água por evaporação através da superfície corporal é a **transpiração**.

A tensão provoca uma sucção de água exercida pelas folhas que puxa a seiva bruta para cima. Essa sucção é possível porque a seiva bruta forma uma coluna líquida contínua dentro dos tubos xilemáticos. Nessa coluna, as moléculas de água mantêm-se unidas por forças de coesão. Como já foi dito, as moléculas de água têm também grande capacidade de adesão a outras substâncias e, provavelmente, aderem às paredes celulares do xilema. Devido a forças de tensão-coesão-adesão estabelece-se uma coluna líquida contínua no xilema entre as folhas e a raiz, chamada **corrente de transpiração**. Para que este sistema funcione, a coluna líquida tem de se manter contínua e sem que qualquer bolha de ar penetre e a interrompa. O movimento brusco das plantas em dias de ventania ou o arrefecimento intenso da água podem levar à interrupção dessa coluna ficando interpostas bolhas de ar. O vaso deixa de ser funcional se não se restabelece a continuidade da coluna líquida no xilema.

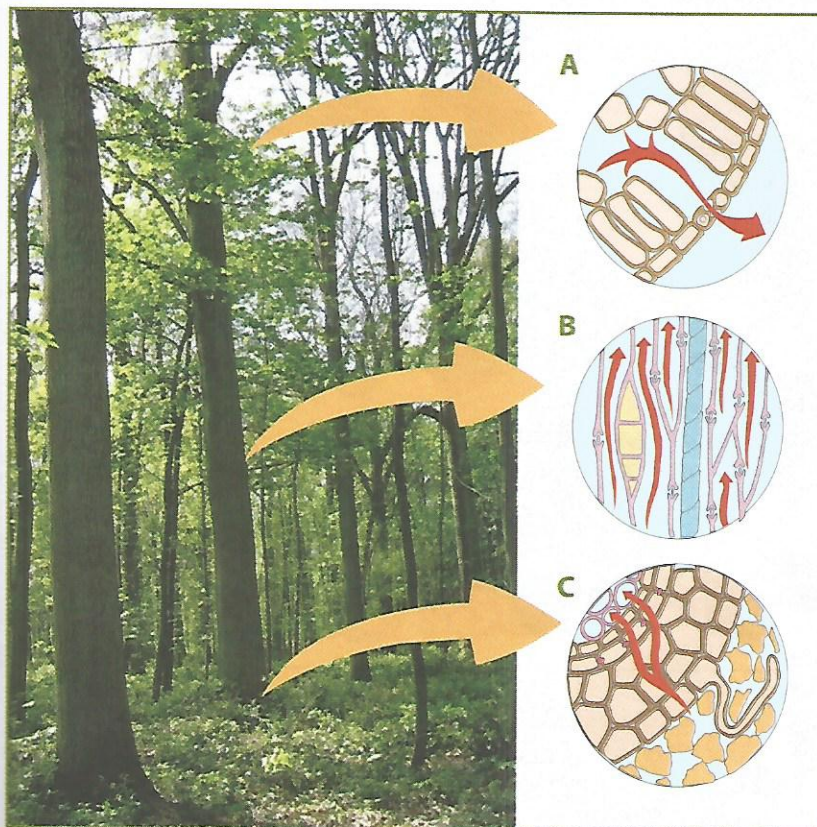


Fig. 23 (A) Quando uma planta perde água por transpiração, a tensão criada nas folhas puxa a água dos vasos xilemáticos.

(B) Como as moléculas de água se mantêm coesas desde as raízes até às folhas, toda a coluna líquida sobe tal como uma corda sendo puxada para cima.

(C) A tensão da coluna líquida chega até às raízes retirando água das suas células. As raízes, então, absorvem água do solo.

Estrutura, função e propriedade de estomas

As folhas de uma planta podem perder diariamente o seu próprio peso em água. Daí torna-se necessário controlar a transpiração. São os **estomas** que podem controlar a quantidade de água perdida devido à capacidade que têm de abrir e fechar.

Um estoma é formado por duas células em forma de rim, ricas em **cloroplastos**, denominadas **células-guarda**. As suas paredes celulares que rodeiam a abertura do estoma (**ostíolo**) são mais espessas que as paredes que contactam com as outras células da epiderme. As zonas mais finas das paredes das células-guarda têm maior elasticidade que as zonas de maior espessura. Esta característica permite-lhes abrir ou fechar o estoma de acordo com o seu grau de turgescência.

Quando a célula está túrgida, devido ao aumento de volume, a água exerce pressão sobre a parede celular (pressão de turgescência). A região delgada da parede da célula-guarda distende-se mais do que a zona mais espessa. Este movimento provoca a abertura do estoma.

Quando as células-guarda perdem água, a pressão de turgescência diminui e o estoma recupera a sua forma original. Em consequência, o ostíolo fecha-se.

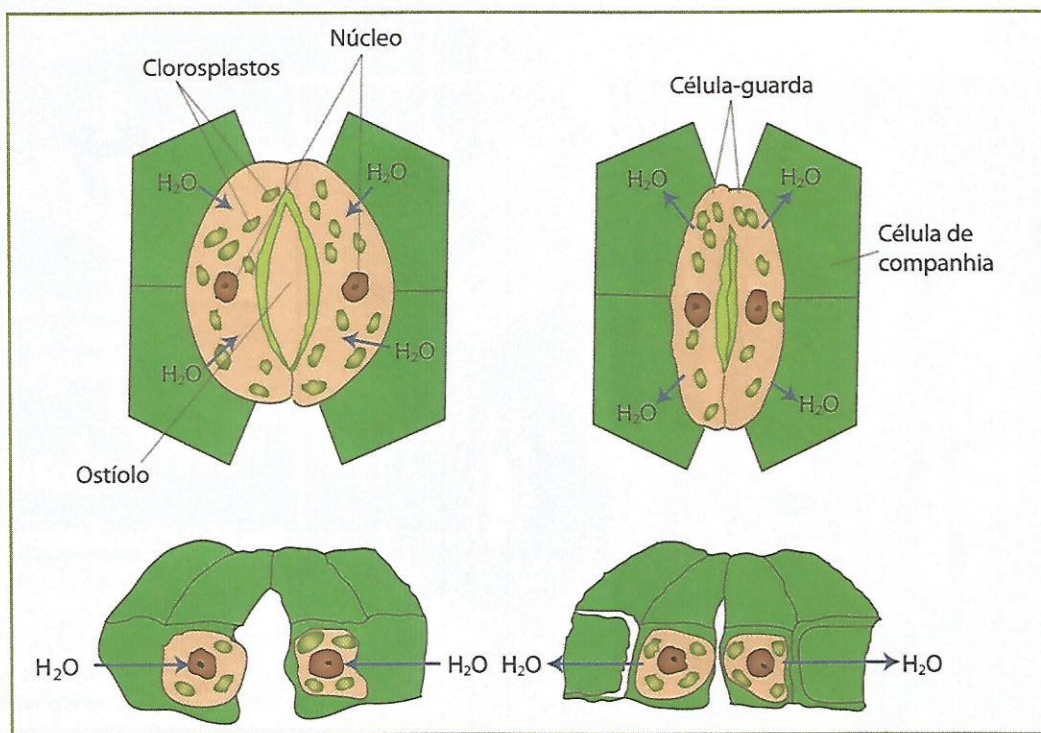


Fig. 24 Funcionamento dos estomas.



Experiência

Ascensão da seiva bruta e transpiração foliar

Procedimento 1

Transporte de seiva bruta

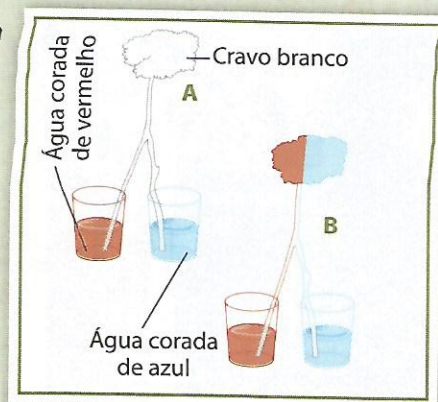
A água e os sais minerais absorvidos pelas raízes são transportados através dos vasos xilemáticos até às pétalas da flor.

Material

Dois (2) copos de vidro, corante alimentar (azul e vermelho), plantas com flores brancas e tesoura.

Procedimento

1. Deite um pouco de corante alimentar dentro de cada copo. Depois junte um pouco de água.
2. Introduza uma das pontas do pé da flor na água azul e a outra na água vermelha.
3. Deixe as flores durante 48 horas e observe.



Procedimento 2

Transpiração foliar

As plantas absorvem água do solo através das raízes. Esta água sobe pelo caule até às folhas, onde cerca de 90 % se perde pela evaporação através dos estomas aí existentes. Certas árvores chegam a perder até 6 810 kg de água num período de 12 horas.

Material

Planta em crescimento num vaso, saco de plástico transparente e fita adesiva ou elástico.

Procedimento

1. Cubra uma das folhas com o saco de plástico.
2. Usando a fita adesiva ou o elástico, feche o saco de plástico em volta da base da folha.
3. Coloque a planta num local onde receba luz em abundância durante duas ou três horas.
4. Observe o interior do saco e interprete os resultados obtidos.



Circulação da seiva elaborada

A translocação das substâncias produzidas nos órgãos fotossintéticos (seiva elaborada) ocorre através dos elementos condutores do floema.

Münch apresentou em 1926 a hipótese do **fluxo de massa** ou **fluxo sob pressão**. Segundo esta hipótese o transporte floémico ocorre devido a um gradiente de concentração de sacarose que se estabelece entre:

- O órgão da planta onde o açúcar é produzido ou mobilizado a partir de certas reservas (a chamada **fonte**).
- O órgão da planta onde o açúcar é consumido ou fica em reserva (o **local de consumo** ou **de reserva**).

Assim, a glicose elaborada, em regra, nas folhas, é convertida em sacarose antes de entrar no floema. A sacarose é transportada dos locais onde é elaborada para locais onde é gasta ou armazenada (por exemplo: nas raízes, nos frutos ou nas sementes) havendo um movimento de regiões de alta pressão osmótica para regiões de baixa pressão osmótica.

Presentemente admite-se que o movimento da seiva elaborada se efectua por **fluxo de massa associado a transporte activo**, sempre que o açúcar se desloca **contra o gradiente de concentração**.

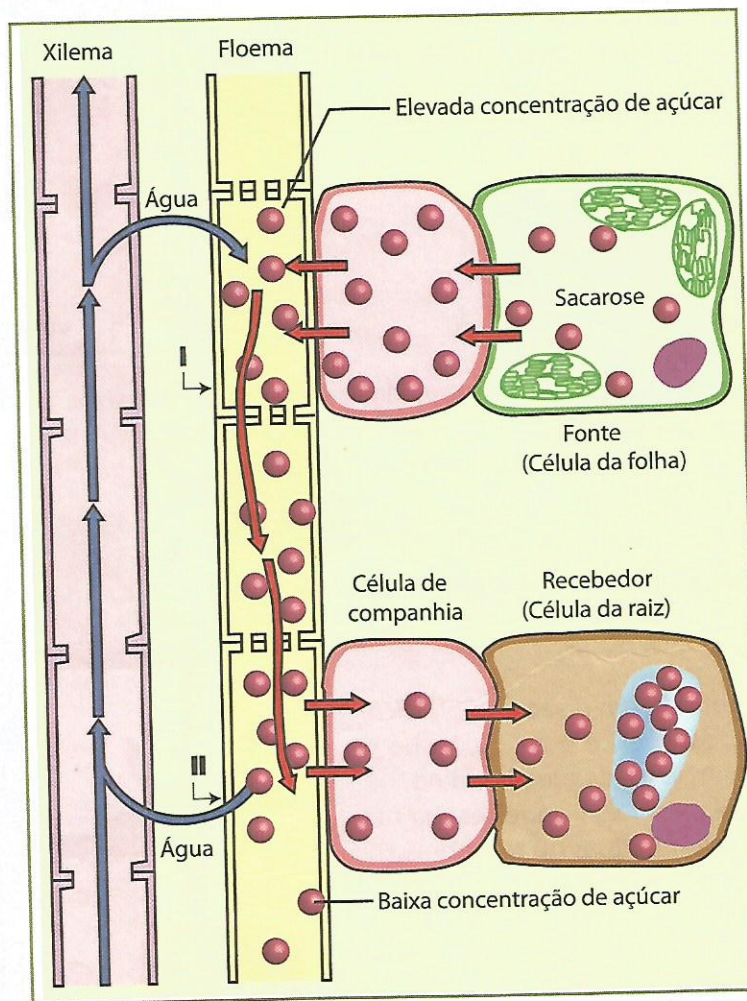


Fig. 25 Modelo de fluxo de massa que descreve o transporte da seiva elaborada na planta.

Função dos plastídeos

Os **plastos** (ou **plastídeos**) são organelos citoplasmáticos característicos de células vegetais. Sua forma e tamanho variam conforme o tipo de organismo. Em algas, por exemplo, cada célula possui apenas um ou poucos plastos de grande tamanho.

Os plastos podem ser incolores (**leucoplastos**) ou possuir pigmentos (**cromoplastos**).

Os **leucoplastos** são frequentemente relacionados com a reserva de alimentos. Um leucoplasto muito comum, o **amiloplasto**, armazena amido e encontra-se em tecidos de reserva das plantas.

O **cromoplasto** mais frequente nas plantas é o **cloroplasto**, cujo principal pigmento é a **clorofila**, de cor verde. Há também plastos vermelhos, os **eritoplastos**, que se desenvolvem, por exemplo, em frutos maduros de tomate.

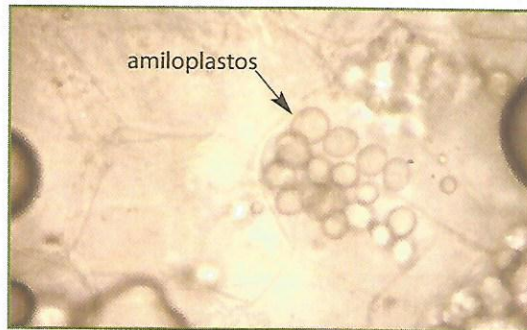


Fig. 26 Aspecto microscópico de amiloplasto.

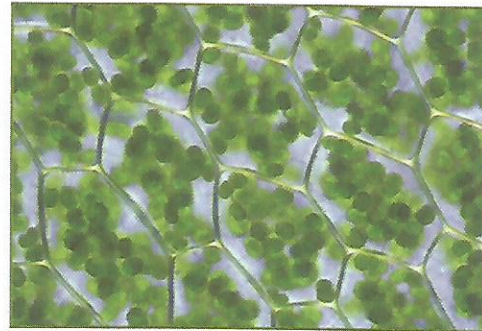


Fig. 27 Aspecto microscópico de um célula com cloroplastos que contêm clorofila.

Estrutura e função dos cloroplastos

Nos eucariontes vegetais, a fotossíntese ocorre em organelos celulares designados **cloroplastos**.

Nos vegetais superiores, os cloroplastos localizam-se essencialmente nas células das folhas. Encontram-se dispersos no citoplasma, com uma forma discóide de aproximadamente 3 μm a 10 μm de diâmetro, aparecendo ao microscópio óptico sob a forma de grãos de cor verde. O seu número é variável, podendo cada célula da folha conter 40 a 50 cloroplastos, sendo comum haver 5 000 000/ mm^2 de superfície da folha.

Esses organelos celulares são delimitados por duas **membranas (externa e interna)** e preenchidos por um fluido gelatinoso chamado **estroma**. Os cloroplastos devem a sua cor verde à presença de pigmentos – **as clorofilas**. Como já foi referido no capítulo de Citologia, as clorofilas e outros pigmentos fotossintéticos encontram-se localizados num sistema de membranas (**tilacóides e lamelas**) que atravessa o **estroma**. Os **tilacóides**, como uma estrutura discóide que delimita um espaço interior, constituem no seu conjunto os **grana** (plural de **granum**). Cada *granum* comunica com outro através de extensões das membranas dos tilacóides que atravessam o estroma do cloroplasto, constituindo as **lamelas** do estroma.

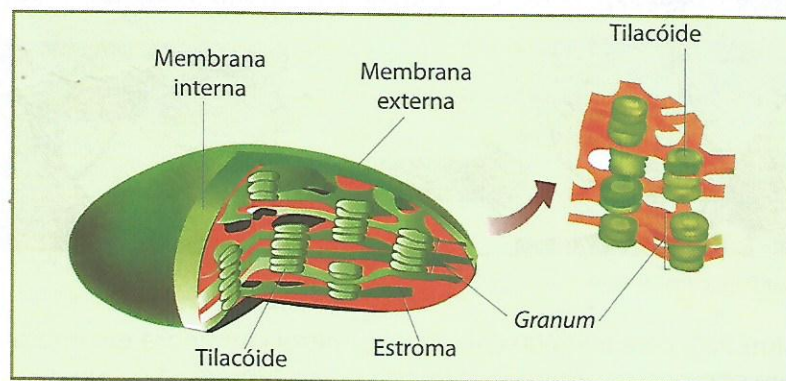


Fig. 28 Estrutura do cloroplasto.

Fotossíntese

Além da respiração, existe um outro processo fundamental para os seres vivos – a **fotossíntese**. A fotossíntese e a respiração surgem como dois processos bio-energéticos complementares que garantem a **produção** e a **mobilização de energia** no mundo vivo.

Ao realizarem a fotossíntese os **seres autotróficos** permitem que tanto o **carbono** como a **energia** se tornem úteis à vida dos seres vivos, ao mesmo tempo que libertam para a atmosfera o **oxigênio** (vital a todas as formas de vida aeróbica).

Assim, enquanto na respiração os seres vivos utilizam o O_2 para degradar os compostos orgânicos a fim de obterem energia, na fotossíntese as cadeias de carbono são reconstruídas a partir de CO_2 e H_2O , utilizando a energia luminosa.

Grande parte do CO_2 usado pelos seres fotossintéticos como matéria-prima no fabrico dos compostos orgânicos provém da respiração; daí considerar-se a fotossíntese e a respiração como duas funções complementares na Natureza.

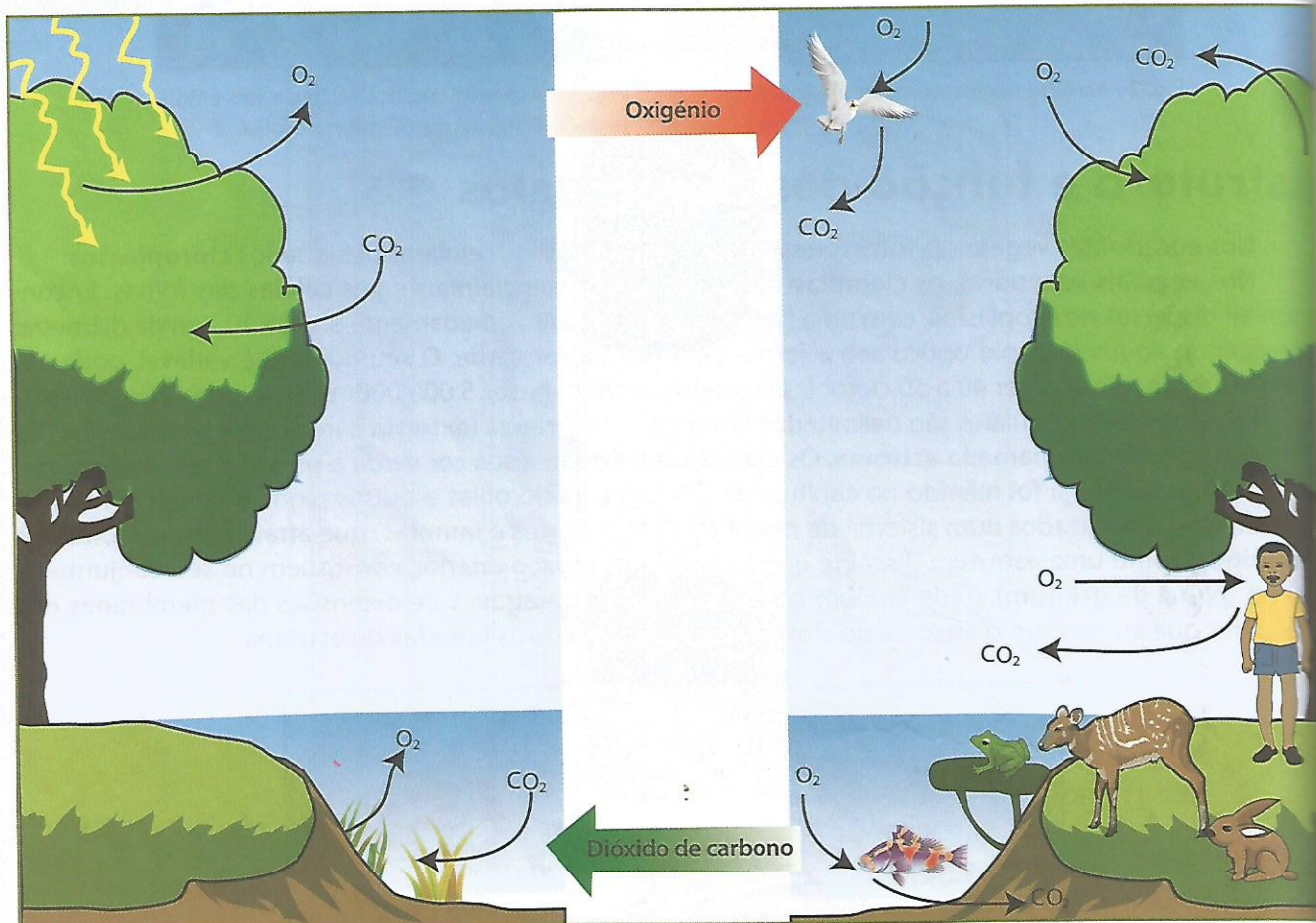
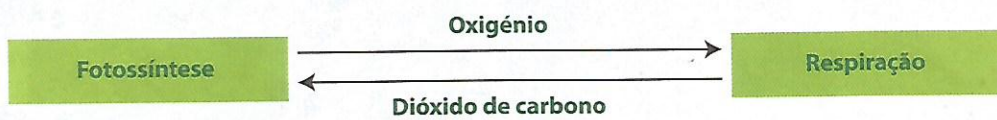


Fig. 29 Relação entre fotossíntese e respiração.

O processo fotossintético, para além de converter a energia luminosa em energia química, ainda fixa o dióxido de carbono em compostos orgânicos e liberta para a atmosfera o oxigênio.



Experiência

Libertação do oxigênio e produção do amido pelas plantas

Experiências simples, relacionadas com a produção de hidratos de carbono (amido) e com a liberação de oxigênio, são provas do processo fotossintético.

Procedimento 1

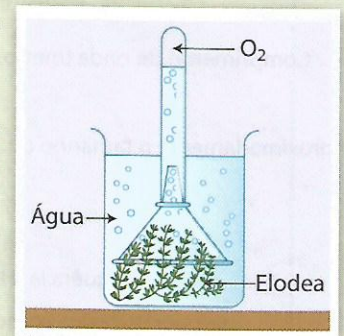
Libertação do oxigênio

Material

Um (1) copo de vidro de 500 ml ou de 1 ℓ, um (1) funil, dois (2) tubos alongados, ramos de Elodea ou duma outra planta aquática, água, uma (1) palhinha e uma (1) caneta de feltro.

Procedimento

1. Coloque alguns ramos de Elodea ou duma outra planta aquática no copo de vidro e encha o copo com água.
2. Sobre os ramos inverta um funil.
3. Encha o tubo alongado com água e, sem deixar nenhuma bolha de ar, feche-o com o polegar e inverta-o sobre o funil, como mostra a figura ao lado.
4. Sopre, por meio duma palhinha, ar expirado na água do copo. Isso aumenta a taxa de CO_2 para um melhor rendimento da fotossíntese.
5. Coloque o copo num local que receba luz suficiente.
6. Observe durante vários dias o nível de água no tubo alongado e interprete os resultados.



Procedimento 2

O amido é uma substância orgânica (polissacarídeo) produzida a partir de moléculas de glicose (monossacarídeo).

Material

Solução de iodo (farmácia), folha de uma planta de cor verde-clara, guardanapos, álcool etílico (farmácia), prato raso e frasco de vidro com tampa.

Procedimento

1. Coloque a folha verde-clara dentro do frasco.
2. Deite cerca de 250 ml de álcool etílico no frasco. Tape-o com a tampa.
3. Deixe passar um dia.
4. Retire a folha do frasco e seque-a usando um guardanapo.
5. Coloque a folha no prato raso.
6. Junte a solução de iodo de modo a cobrir a folha.
7. Observe e interprete os resultados.



Nas plantas superiores encontram-se dois tipos fundamentais de pigmentos fotossintéticos: **clorofilas** e **carotenóides**.

A **clorofila a** e a **clorofila b** são verdes, mas absorvem luzes de comprimentos de onda um pouco diferentes. Assim, a **clorofila a** é de cor verde-clara enquanto a **clorofila b** apresenta uma cor verde-azulada.

Embora sejam as clorofilas que dão o verde característico da maioria das plantas, aparecem em algumas células outros pigmentos, vulgarmente designados por **pigmentos acessórios**, que podem ser amarelos ou alaranjados. O mais importante é o **betacarotena**. Os carotenóides predominam nas folhas quando as suas células deixam de sintetizar clorofila (evidente na folhagem de algumas árvores durante a passagem do Verão para o Inverno) e em certos tecidos como os do tomate maduro e os da raiz da cenoura.

O papel dos pigmentos fotossintéticos é **absorver a energia luminosa e convertê-la em energia química**. Como funciona esse processo?

A luz branca do Sol é uma mistura de radiações electromagnéticas, cujos comprimentos de onda variam, aproximadamente, de 380 nm (luz violeta) a 750 nm (luz vermelha).

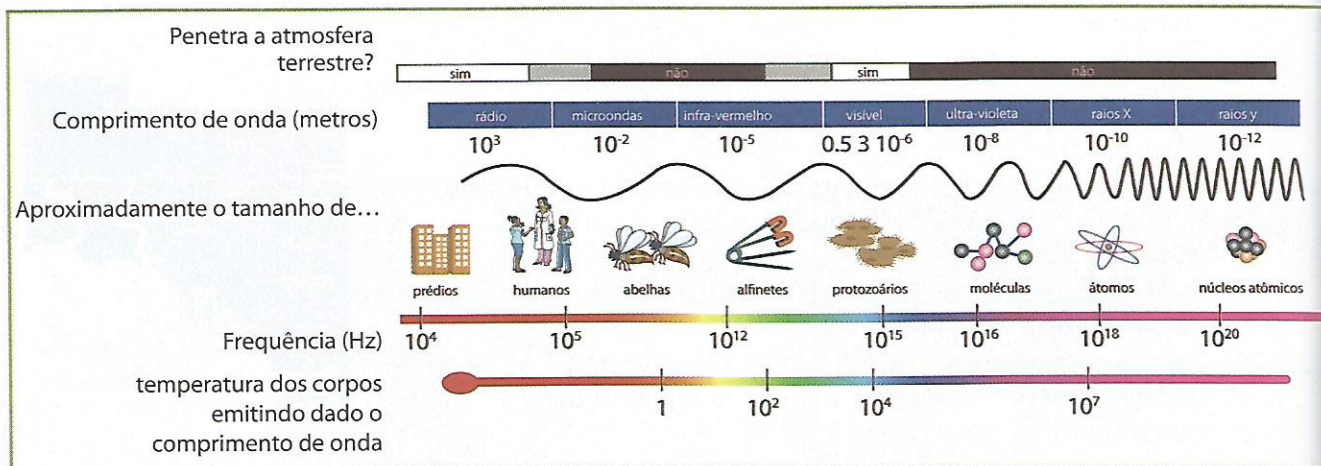
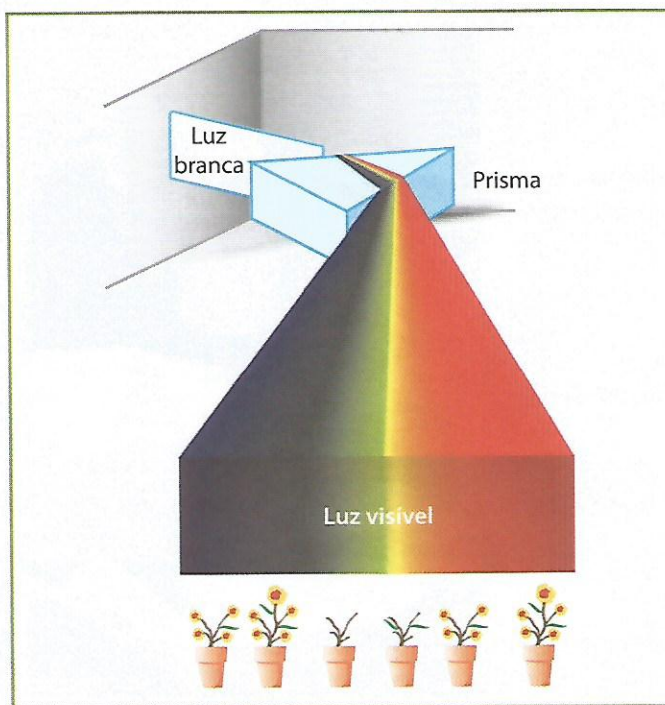


Fig. 30 Decomposição da luz branca (luz visível).



Constata-se que as **clorofilas a** e **b** absorvem principalmente as radiações de comprimentos de onda correspondentes à zona violeta, azul, alaranjada e vermelha do espectro, não absorvendo a luz da zona verde; esta é reflectida para os nossos olhos, pelo que vemos estes pigmentos com uma cor verde. No entanto, os pigmentos acessórios preenchem a faixa de absorção não coberta pelas clorofilas. Experiências mostram que a fotossíntese é mais eficiente nos comprimentos de onda em que a absorção de luz é maior, pois havia um maior desenvolvimento e crescimento das plantas.

Fig. 31 Plantas da mesma espécie, expostas a diferentes faixas da luz visível, demonstram maior desenvolvimento quando iluminadas com luz azul ou vermelha, mais favoráveis à ocorrência de fotossíntese.

Com esta experiência notou-se a similaridade entre o **espectro de absorção (absorção da luz)** e o **espectro de acção (taxa da fotossíntese)**.

No cloroplasto, as clorofilas e outros pigmentos fotossintéticos encontram-se agrupados em unidades fotossintéticas designadas por **fotossistemas**.

Observações feitas com o microscópio electrónico permitiram evidenciar a presença de dois tipos de fotossistemas nas membranas dos tilacóides: **fotossistema I** e **fotossistema II**.

Cada fotossistema contém cerca de 200 a 300 moléculas de clorofila e outros pigmentos fotossintéticos que actuam como uma «antena» colectora de energia luminosa, e um «centro de reacção» que consiste numa molécula de clorofila a especializada, com capacidade de ceder electrões a uma molécula orgânica receptora, desencadeando o processo fotossintético.

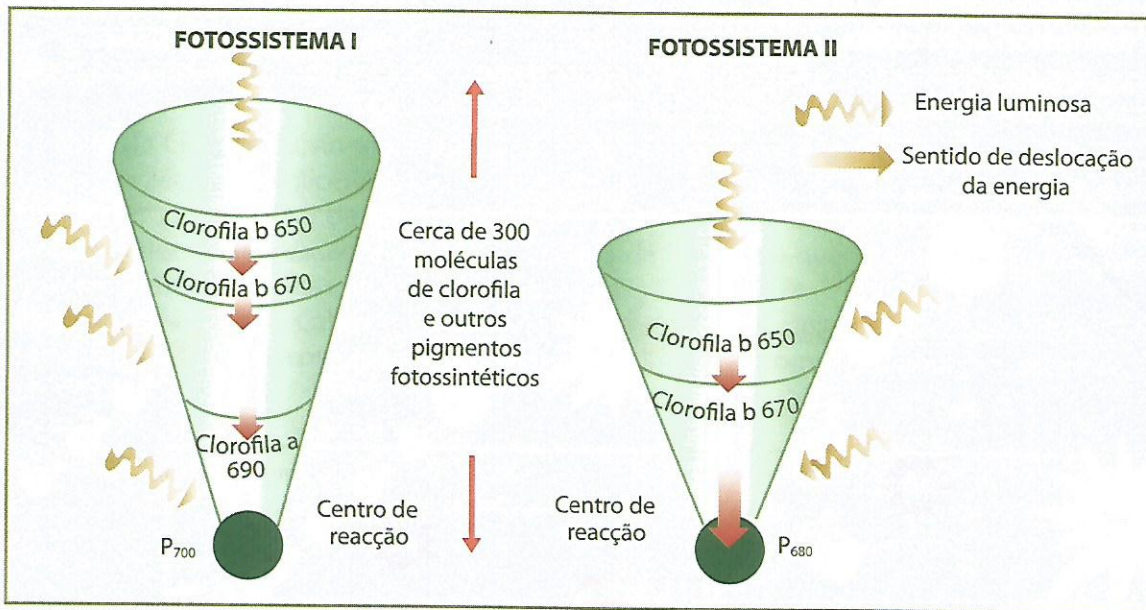


Fig. 32 Unidades fotossintéticas.

Tal facto acontece porque o nível energético da molécula de clorofila do centro de reacção é inferior ao das outras moléculas que constituem o sistema de antena, o que lhe permite captar a energia dessas moléculas. A molécula de clorofila do centro de reacção, ao ficar excitada, cede electrões a uma molécula receptora. Assim, a clorofila do centro de reacção funciona como um **dador de electrões** e é no centro de reacção que a **energia luminosa é convertida em energia química**.

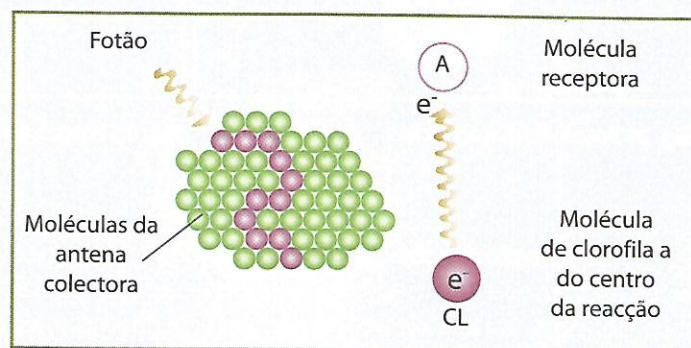


Fig. 33 Representação esquemática do processo de captação de energia luminosa numa unidade fotossintética.

No **fotossistema I** a molécula do centro de reacção é uma forma de clorofila, a chamada P_{700} (P de pigmento) pois o seu máximo de absorção se destina a comprimentos de onda de 700 nm; o **fotossistema II** distingue-se do **fotossistema I** pelo facto de a clorofila do centro de reacção ter o seu máximo de absorção para comprimentos de onda de 680 nm, sendo por isso designado por P_{680} .

Fases da fotossíntese

Sabe-se actualmente que o processo fotossintético decorre em duas séries de reacções metabólicas: **reacções fotoquímicas** e **reacções químicas**.

As **reacções fotoquímicas** ocorrem nas tilacóides e incluem a **fotólise da água**, a **fotofosforilação cíclica** e a **fotofosforilação acíclica**. A etapa fotoquímica produz **ATP**, **NADPH** e **oxigénio**.

A **fotofosforilação cíclica** envolve apenas o fotossistema I. Os electrões foto-excitados do P_{700} , depois de deixarem a clorofila, tendem a retornar a ela, passando por aceptores/receptores chamados **citocromos**. A energia libertada pelos electrões excitados permite a produção de ATP.

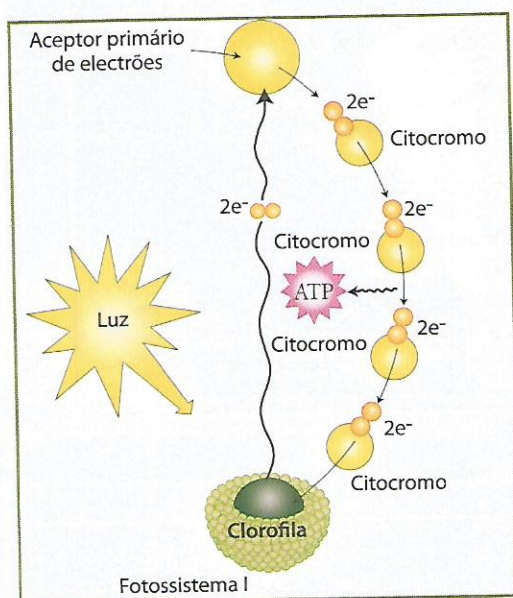


Fig. 34 Fotofosforilação cíclica.

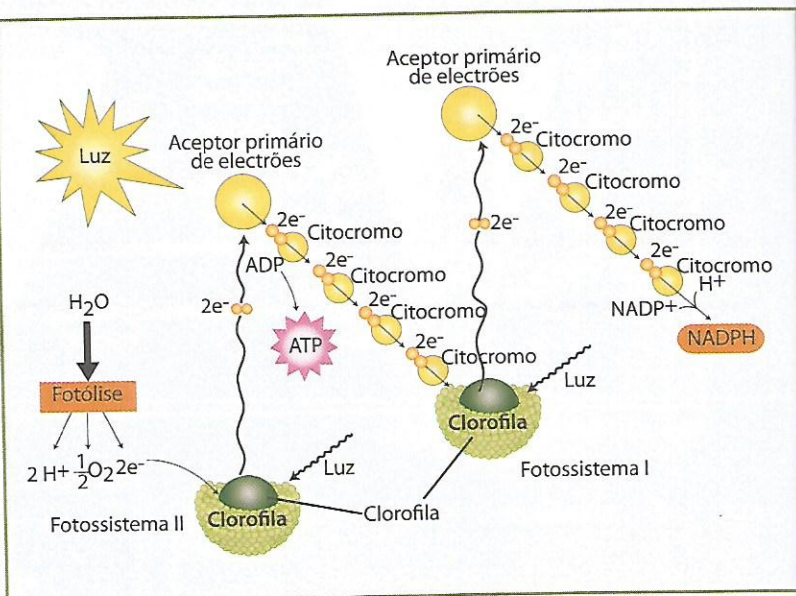


Fig. 35 Fotofosforilação acíclica.

A **fotofosforilação acíclica** depende de dois fotossistemas. A fotólise da água liberta oxigénio, electrões excitados e protões (H^+). O fotossistema II, excitado pela energia luminosa, perde electrões que passam por uma cadeia de aceptores em que libertam energia empregada na produção de ATP. O «buraco» deixado na molécula de clorofila é ocupado por electrões provenientes da fotólise da água. A energia luminosa excita também o fotossistema I, cujos electrões excitados, juntamente com os protões (H^+), são recolhidos pelo $NADP$ que se converte em $NADPH$. Os «buracos» deixados no fotossistema I são ocupados por electrões provenientes do fotossistema II.

As **reacções químicas** que ocorrem a nível do estroma do cloroplasto são dependentes de $NADPH$ e ATP , gerados na fase fotoquímica. Nesta etapa, o carbono entra, na forma de CO_2 , no Ciclo de Calvin. As

reações do **Ciclo de Calvin** são de grande complexidade, sendo de considerar as várias etapas intermédias. De uma forma resumida podemos ter em conta, fundamentalmente, duas etapas:

- **1.ª etapa:** fixação do dióxido de carbono.
- **2.ª etapa:** formação de um composto com três átomos de carbono (o gliceraldeído-3-fosfato) e regeneração do aceitador do dióxido de carbono.

Na 1.ª etapa, o dióxido de carbono é aceite por um açúcar com cinco átomos de carbono (**ribulose-difosfato**) originando um composto intermédio de seis carbonos. Esta reacção é catalisada por uma enzima muito abundante no reino vegetal – a **rubisco**. O composto com seis átomos de carbono é muito instável, sendo imediatamente hidrolizado em duas moléculas de três átomos (**fosfoglicerato** ou **ácido fosfoglicérico**). Cada molécula de ácido fosfoglicérico recebe um grupo fosfato proveniente de ATP, convertendo-se em **ácido difosfoglicérico**.

Átomos de hidrogénio provenientes do NADPH reduzem o ácido difosfoglicérico a **gliceraldeído-3-fosfato**.

A cada volta do Ciclo de Calvin são incorporados três átomos de carbono e (passos 1 e 2 da figura 36) são geradas seis moléculas de gliceraldeído-3-fosfato (passo 3 da figura 36). Dessas seis, uma é destinada à síntese de glicose (passos 4 e 6 da figura 36). As outras cinco moléculas de gliceraldeído-3-fosfato irão reconstituir três moléculas de ribulose-difosfato (passo 5 da figura 36) que iniciam um novo ciclo. Nessa reconstituição, mais três moléculas de ATP são consumidas.

Em duas voltas do Ciclo de Calvin, o rendimento líquido é de duas moléculas de gliceraldeído-3-fosfato empregues na produção de glicose e de outras moléculas orgânicas como, por exemplo, sacarose, amido e celulose.

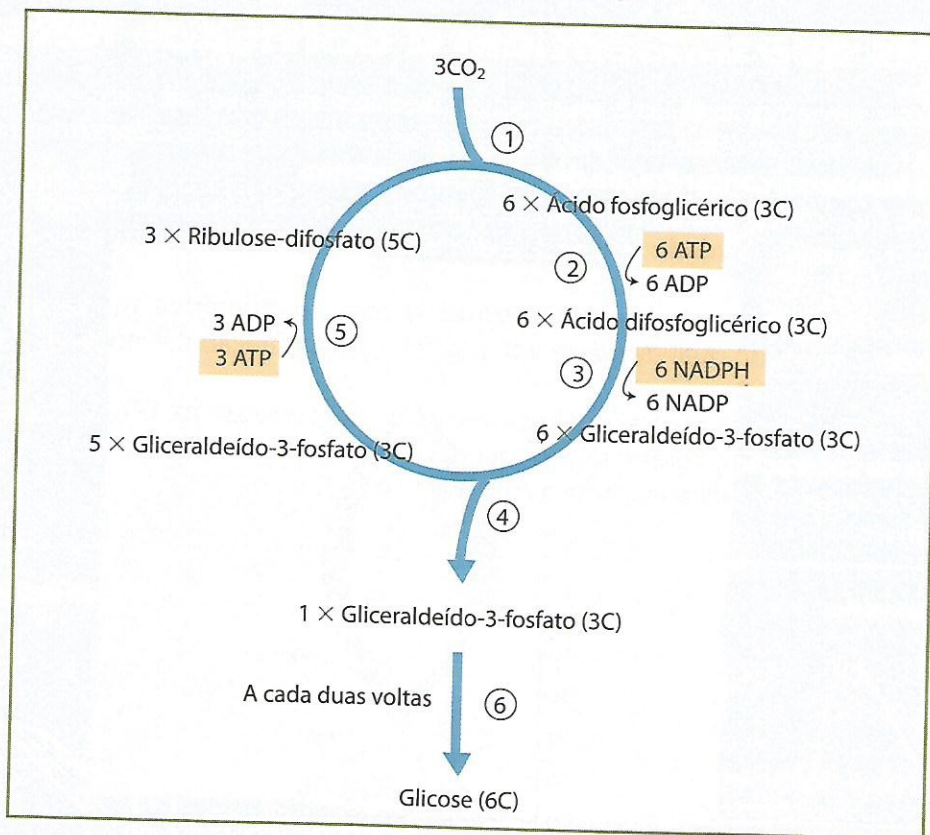


Fig. 36 Ciclo de Calvin.

A etapa fotoquímica e a etapa química complementam-se, como pode ver na figura abaixo:

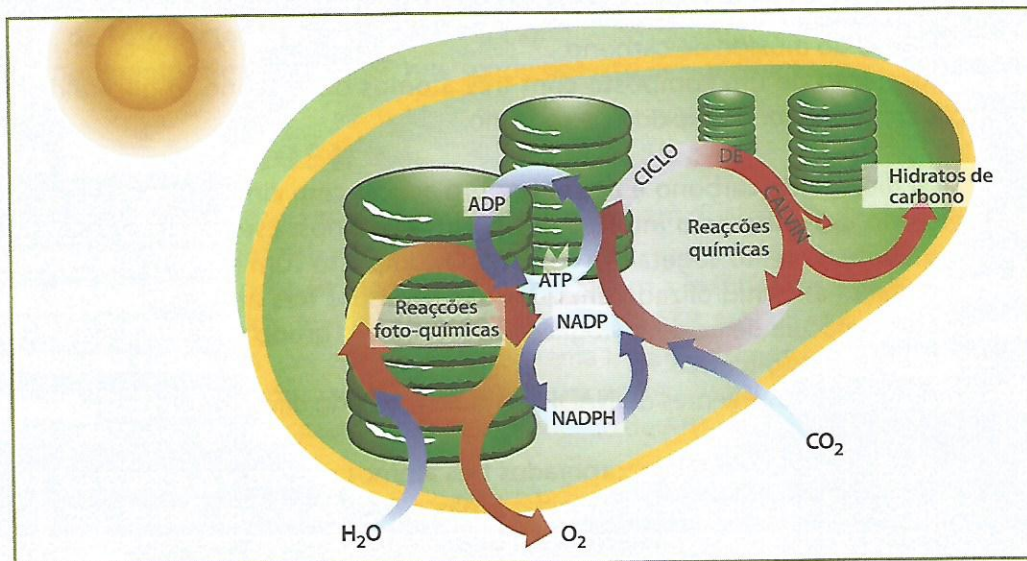


Fig. 37 Processo global da fotossíntese.

Dessa forma, a fotossíntese pode ser resumida pela sua equação geral:



Factores que influenciam a actividade fotossintética

Estando os seres fotossintéticos integrados no ecossistema eles interactuam com o meio ambiente, assim, o processo fotossintético não poderá deixar de sofrer influência dos factores abióticos, tais como **intensidade luminosa, concentração de CO₂ e temperatura.**

A taxa da fotossíntese varia com a intensidade da energia luminosa. Mantidos constantes outros factores, o aumento da intensidade luminosa eleva a taxa de fotossíntese, até que um valor máximo seja alcançado.

A intensidade da fotossíntese também aumenta com a temperatura até determinado valor (**temperatura óptima**) a partir do qual decresce por ocorrer a desnaturação das enzimas que catalisam as reações químicas.

A taxa fotossintética aumenta igualmente com a concentração de CO₂ até atingir um determinado valor (**ponto de saturação**); porém, a partir desse valor a taxa fotossintética mantém-se constante, sendo o ponto de saturação variável consoante as plantas.

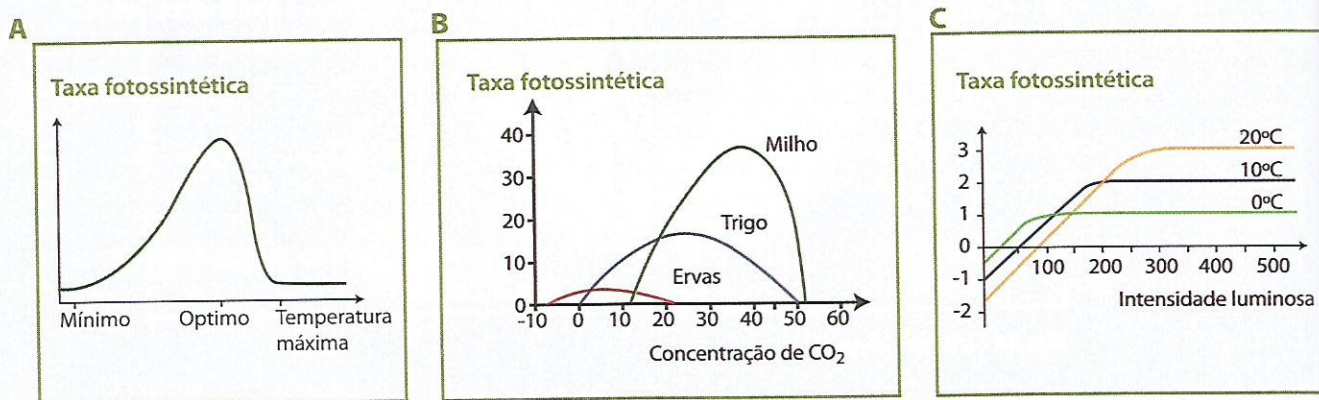
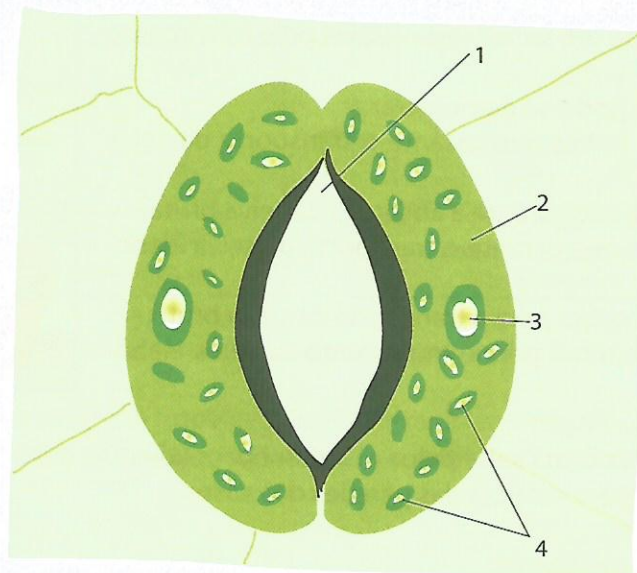


Fig. 38 Variação da taxa fotossintética com a temperatura (A), concentração de CO₂ (B) e a intensidade luminosa (C).

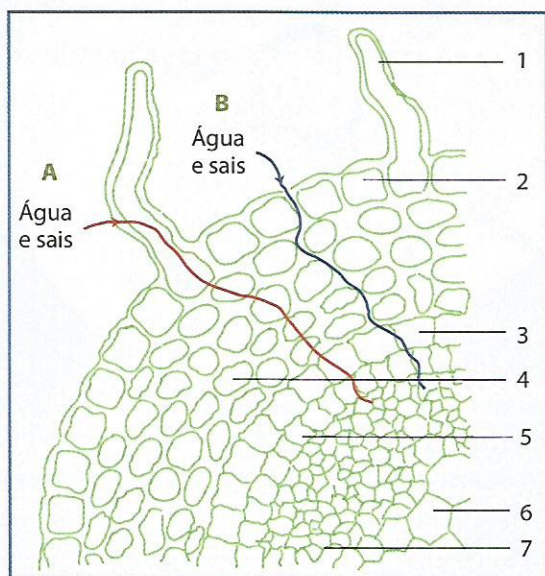


1. Defina os conceitos de macronutrientes e micronutrientes e refira a sua importância para as plantas.
2. Estima-se que uma única planta de milho, com 0,4 kg de peso seco, absorva 130 a 180 litros de água ao longo da sua vida. Sabe-se que apenas cerca de 2% de toda a água absorvida é utilizada nos vários processos metabólicos.
 - a) Qual é o destino do excedente de água?
 - b) Descreva a trajetória da água na planta e indique as estruturas envolvidas.
3. Numa experiência mergulharam-se em solução nutritiva as seguintes partes de quatro plantas intactas da mesma espécie:
 - I. Toda a raiz.
 - II. Somente a zona pilosa da raiz.
 - III. Somente a coifa da raiz.Espera-se que, após alguns dias tenham sobrevivido somente as plantas:
 - a) I e II.
 - b) II e III.
 - c) I e III.
4. Leia as afirmações que se relacionam com a absorção de água pelos vegetais e escolha a alternativa incorrecta.
 - a) A parede celular evita o rompimento da célula por absorção excessiva de água.
 - b) Os pêlos absorventes são as principais estruturas responsáveis pela absorção de água e de sais minerais.
 - c) Ao retirar água do solo o pêlo absorvente torna-se menos concentrado em relação às células vizinhas da região cortical da raiz.
 - d) Em condições normais a concentração do suco vacuolar de um pêlo absorvente é menor que a concentração do solo.
 - e) Caso a concentração salina do solo supere a concentração salina do pêlo absorvente a planta passará a ceder água para o solo por osmose.
5. Faça a legenda do esquema dum estoma.





6. O esquema abaixo representa um corte transversal de uma raiz. A e B indicam trajectos que a água e os sais minerais podem percorrer até chegarem ao tecido condutor.
- Faça a legenda das estruturas indicadas pelos números.
 - Como se designa cada uma das vias (trajectos) A e B?
 - Qual dos trajectos referidos oferece maior resistência à passagem da água e dos sais minerais?

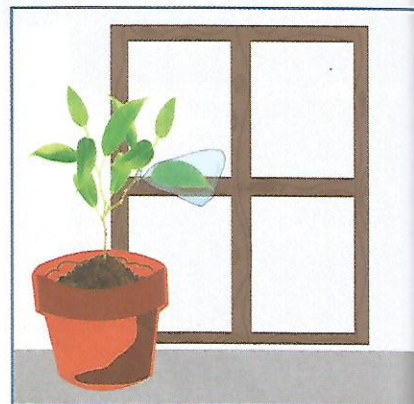


7. Em certas épocas do ano é possível observar pequenas gotas nas bordas das folhas de algumas plantas. O nome desse fenómeno e as estruturas pelas quais ocorre são, respectivamente:
- Gutação e estomas.
 - Gutação e epiderme.
 - Condensação e estomas.
 - Transpiração e estomas.
 - Evaporação e estomas.
 - Transpiração e epiderme.

8. O esquema ao lado representa o resultado duma experiência para demonstrar a existência de um factor responsável pelo movimento da seiva nos vegetais.

Através dessa experiência pode-se demonstrar a:

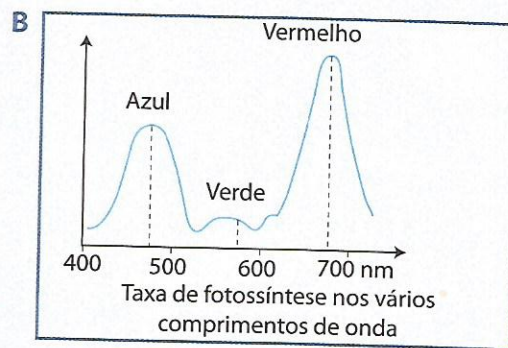
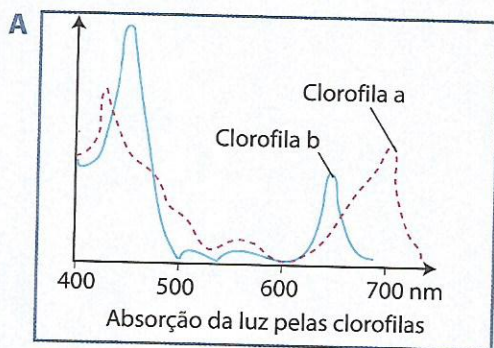
- Sucção exercida pelas folhas que garante o transporte da seiva bruta.
- Força da sucção da raiz que garante a absorção da seiva bruta.
- Força da sucção da raiz que garante o transporte da seiva elaborada.
- Pressão da raiz que contribui para o transporte da seiva bruta.
- Pressão da raiz que contribui para o movimento da seiva elaborada.



9. Nas grandes árvores a seiva bruta sobe pelos vasos lenhosos (xilema), desde as raízes até às folhas:
- bombeada por contracções rítmicas das paredes dos vasos.
 - apenas por capilaridade.
 - impulsionada pela pressão da raiz.
 - por diferença de pressão osmótica entre as células da raiz e as do caule.
 - sugada pelas folhas que perdem água por transpiração.



- 10) A capilaridade e a transpiração, segundo a teoria da coesão-tensão, são dois fenómenos responsáveis pelo(a):
- Transporte da seiva elaborada apenas.
 - Entrada de água e sais minerais.
 - Transporte da seiva bruta apenas.
 - Processo de gutação.
 - Transporte da seiva bruta e elaborada.
11. Utilizando as afirmações dadas complete os espaços em branco para obter afirmações verdadeiras. A fotossíntese ocorre no interior _____. O produto primário da reacção fotossintética é a glicose. Como a glicose não pode ser estocada na célula, esta é transformada e armazenada na forma de _____ nos _____.
- das mitocôndrias, glicogénio, cloroplastos.
 - dos cloroplastos, glicogénio, retículos endoplasmáticos.
 - dos cloroplastos, glicerol, plastos.
 - dos cloroplastos, amido, leucoplastos.
 - dos cloroplastos, celulose, leucoplastos.
12. Para realizar a fotossíntese, a célula precisa de absorver energia luminosa. O que acontece se uma planta é iluminada apenas com o comprimento de onda correspondente à luz verde (550 nm)?
13. Mencione duas (2) funções principais dos pigmentos fotossintéticos.
14. Relacione espectro de absorção e espectro de acção.
15. Diferencie o fotossistema I do fotossistema II.
16. O gráfico A representa o espectro de absorção das clorofilas a e b. O gráfico B traduz o rendimento fotossintético nas várias faixas do espectro luminoso.



- Considerando os gráficos A e B, indique para que comprimentos de onda é máxima a taxa fotossintética.
- Explique o reduzido rendimento fotossintético na faixa do verde (gráfico B).
- Alguns autores chamam às clorofilas «pigmentos foto-activos». Fundamente esta designação.