



INTRODUÇÃO À BIOQUÍMICA

SUMÁRIO

1-	IMPORTÂNCIA E DEFINIÇÃO DA BIOQUÍMICA	3
2-	CÉLULAS PROCARIÓTICAS E CÉLULAS EUCARIÓTICAS: ESTRUTURA E FUNÇÃO	8
3-	CARACTERÍSTICAS DOS ORGANISMOS VIVOS	13
4-	COMO AS CÉLULAS USAM ENERGIA	17
5-	CATABOLISMO E ANABOLISMO	21
6-	PROPRIEDADES FÍSICAS DA ÁGUA	25
7-	PROPRIEDADES ÁCIDO-BÁSICAS DOS AMINOÁCIDOS	30
8-	PROTEÍNAS	33
9-	PROPRIEDADES E FUNCIONAMENTO DAS ENZIMAS	40
10-	PRINCIPAIS TIPOS DE ÁCIDOS NUCLÉICOS	43
11-	CLASSIFICAÇÃO E ESTRUTURA DOS CARBOIDRATOS	49
12-	LIPÍDIOS	53
13-	VISÃO GERAL DO METABOLISMO	59
14-	GLICÓLISE	65
15-	CICLO DO ÁCIDO CÍTRICO	73
16-	FOTOSSÍNTESE	77

Referências

1- IMPORTÂNCIA E DEFINIÇÃO DA BIOQUÍMICA

Bioquímica é a ciência e tecnologia que estuda e aplica a química da vida e os processos químicos que ocorrem nos organismos vivos. De maneira geral, ela consiste no estudo da estrutura molecular e função metabólica de biomoléculas, biopolímeros e componentes celulares e virais, como proteínas (proteômica), enzimas (enzimologia), carboidratos, lipídios, ácidos nucleicos (biologia molecular) entre outros. Também engloba o estudo do efeito de compostos químicos nos organismos vivos (**química biológica**). Suas aplicações englobam setores como alimentos, fármacos e biofármacos, análises clínicas, biocombustíveis, pesquisa básica dentre outros. É uma ciência e tecnologia essencial para todas as profissões relacionadas a ciências da vida e uma das fronteiras de desenvolvimento das ciências químicas. A bioquímica está intimamente relacionada com a biologia molecular, o estudo dos mecanismos moleculares pelos quais a informação genética codificada no DNA pode resultar nos processos de vida. Dependendo da definição exata dos termos utilizados, a biologia molecular pode ser considerada como um ramo de bioquímica, ou bioquímica como uma ferramenta para investigar e estudar a biologia molecular.

Bioquímico é o profissional que estuda e aplica as leis da bioquímica para o entendimento e aplicação tecnológica de biomoléculas e dos organismos vivos (bioquímica industrial, biotecnologia e bioprocessos, bioquímica médica e clínica, bioquímica de alimentos, bioquímica agrícola e ambiental) para benefícios comerciais e industriais, e/ou benefícios a saúde humana e animal, a agropecuária e ao meio ambiente. Os bioquímicos utilizam ferramentas e conceitos da química e da biologia, particularmente da química orgânica, físico-química, fermentações e metabolismo, biologia celular, biologia molecular e genética, para a elucidação dos sistemas vivos e para sua aplicação tecnológica e industrial.

A Bioquímica não deve ser confundida, no Brasil, com as análises clínicas, apenas uma de suas inúmeras aplicações e nem tampouco as análises clínicas devem ser reduzidas a apenas a bioquímica clínica. Em função disso, a graduação (licenciatura em Portugal) em Bioquímica é uma das mais tradicionais na Europa e

EUA, e no Brasil, existe nas Universidades Federais de Viçosa e de São João del Rey (UFV e UFSJ) e nas Universidades Estaduais de Maringá e de São Paulo (UEM e USP, nesta última, como química ênfase bioquímica). No Brasil, não se deve confundir farmacêutico com o bioquímico, visto que um é profissional de saúde e outro é profissional da química da vida e da biotecnologia. Por bastante tempo, os cursos de graduação em farmácia no Brasil denominaram-se Farmácia-Bioquímica, em errônea alusão à habilitação em análises clínicas. Isto gerou na sociedade, e mesmo nos meios acadêmicos, a falsa noção de que bioquímica seria sinônimo de análises clínicas e farmácia, algo totalmente errado.

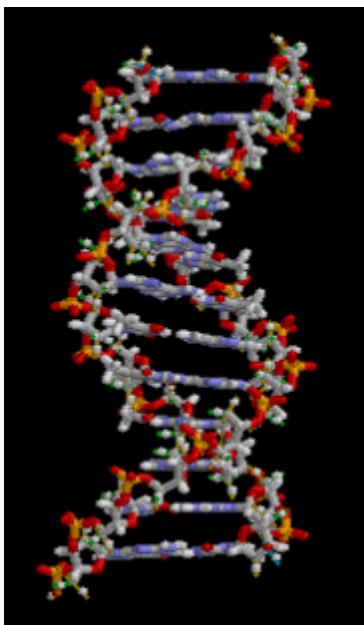
A história da bioquímica moderna é relativamente jovem, datando do século XIX quando começaram as abordagens contemplando aspectos da biologia e da química, para criar uma disciplina, integrando conhecimento destas duas ciências. No entanto, a aplicação dos conhecimentos bioquímicos se iniciou há cerca de 5.000 anos com a produção de pão utilizando leveduras. Assim como a química orgânica, é citado também como um importante marco da bioquímica moderna a descoberta da síntese de ureia por Friedrich Wöhler em 1828, provando que os compostos orgânicos poderiam ser obtidos artificialmente, em contraste com a crença largamente aceita por um longo período de tempo: compostos orgânicos seriam gerados apenas por organismos vivos. Outro marco importante ocorreu em 1833, quando Anselme Payen isolou pela primeira vez uma enzima, a diastase. Esta descoberta também é considerada como a primeira vez que foi descrito um composto orgânico que apresentava as propriedades de um catalisador. O sufixo "ase" de diastase passou a ser usado na nomenclatura das enzimas.

Em meados do século XIX, Louis Pasteur estudou o fenômeno da fermentação e descobriu que certas leveduras estavam envolvidas neste processo, e portanto, não se tratava de um fenômeno somente químico como muitos haviam defendido até aquele momento (incluindo ele próprio e Justus von Liebig). Pasteur escreveu: "a fermentação alcoólica é um ato relacionado com a vida e organização das células de levedura, não com a morte e putrefação destas células". Pasteur desenvolveu também métodos de esterilização de vinho, leite e cerveja (pasteurização) e contribuiu muito para refutar a ideia de geração espontânea de seres vivos. Em

1896, Eduard Buchner demonstrou pela primeira vez que um processo bioquímico complexo poderia ocorrer fora de uma célula, tendo como base a fermentação alcoólica usando extrato celular de levedura.

Embora o termo "bioquímica" pareça ter sido usado pela primeira vez em 1882, é geralmente aceito que a cunhagem formal do termo ocorreu em 1903 por Carl Neuberg, um químico alemão. No entanto grandes pesquisadores como Wöhler, Liebig, Pasteur e Claude Bernard já usavam outras denominações.

Durante o período de 1885-1901, Albrecht Kossel isolou e nomeou cinco constituintes dos ácidos nucleicos: adenina, citosina, guanina, timina e uracila. Estes compostos são conhecidos coletivamente como bases nitrogenadas e integram a estrutura molecular do DNA e do RNA. Os ácidos nucléicos foram descobertos por Friedrich Miescher, em 1869. Em 1878, o fisiologista Wilhelm Kühne cunhou o termo *enzima* para se referir aos componentes biológicos desconhecidos que participavam do processo de fermentação.



A elucidação da estrutura do DNA é considerada uma das descobertas mais importantes na área de bioquímica no século XX.

A partir da década de 1920, a bioquímica experimentou considerável avanço, especialmente pelo desenvolvimento de novas técnicas, como a cromatografia, a difração de raios X, a espectroscopia de RMN, a marcação isotópica, a microscopia eletrônica e simulações de dinâmica molecular. Estas técnicas

permitiram a descoberta e análise detalhada de muitas biomoléculas e de vias metabólicas em uma célula, tal como a glicólise e o ciclo de Krebs.

Outro importante evento histórico em bioquímica foi a descoberta do gene e do seu papel na transferência de informação na célula. Esta parte da bioquímica é muitas vezes chamada de biologia molecular. Na década de 1950, James D. Watson, Francis Crick, Rosalind Franklin e Maurice Wilkins resolveram a estrutura do DNA e sugeriram a sua relação com a transferência da informação genética. Em 1958, George Beadle e Edward Tatum receberam o Prêmio Nobel pelo trabalho com fungos, onde demonstram que um gene gerava como produto uma enzima. Este conceito, hoje ampliado, ficou conhecido como o Dogma central da biologia molecular. Em 1975 foi a vez de destacar as pesquisas sobre o sequenciamento de DNA, sendo Allan Maxam, Walter Gilbert e Frederick Sanger os principais cientistas envolvidos nestas pesquisas. Logo em seguida surge a primeira empresa de biotecnologia industrial, a Genentech. Logo tornou-se possível a fabricação de princípio ativo, hormônios e vacinas por meios biotecnológicos.

Em 1988, Colin Pitchfork foi a primeira pessoa condenada por assassinato usando como provas exames de DNA, ocasionando uma revolução nas ciências forenses. Mais recentemente, Andrew Fire e Craig Mello receberam o Prêmio Nobel em 2006 pela descoberta da interferência do RNA (RNAi) no silenciamento da expressão gênica.

O conhecimento bioquímico é muito importante para empresas e indústrias de diversas áreas: farmacêutica (síntese de fármacos, excipientes), médica (novos tratamentos e curas para doenças, como na nutrição alimentar), agrícola (melhora da fixação de nitrogênio em plantas como a soja), alimentícia (fermentação de bebidas alcoólicas, leite e derivados, produção de chocolates), cosmética (novos produtos de beleza e higiene) e até tecnológica (produção de compósitos sustentáveis de origem renovável). Outra aplicabilidade é em ciências básicas, em sinergia com outras ciências químicas, biológicas e farmacêuticas. Neste caso, estuda-se o sistema biológico com um olhar químico, principalmente fisiologia e patologia moleculares, ciências ômicas, processos metabólicos e fermentativos e propriedades químicas, físico-químicas, biofísicas e tecnológicas das biomoléculas.

A química da vida engloba o estudo de proteínas, carboidratos, ácidos nucleicos (DNA, RNA), lipídeos, vitaminas, íons bioinorgânicos (Cálcio, Magnésio, Potássio, Cloreto por exemplo), metabolismo, enzimas, fermentações, compostos de metabolismo secundário, tais como os da fitoquímica. Também engloba o estudo do efeito de compostos químicos nos organismos vivos (**biologia química**)

Para tanto, se utilizam de instrumentos e técnicas químicas, bioquímicas e biofísicas, tais como eletroforese, cromatografia (em especial HPLC/CLAE e gasosa), espectrofotometria, reação em cadeia da polimerase (PCR), plasmídeos e tecnologia do dna recombinante (engenharia genética), ensaios enzimáticos, espectrometria de massas, ressonância magnética nuclear, ensaios de fluorescência (espectroscopia de fluorescência por exemplo), calorimetria de titulação isotérmica (ITC), biorreatores, ensaios de ligação de biomoléculas (Western Blot, ELISA), dicroísmo circular, PCR quantitativo, bioinformática, Soxhlet, destilação, centrifugação, Kjeldahl, Demanda química de oxigênio (DQO), meios de cultura, entre outros que podem ser vistas nesta listagem: técnicas de laboratório.

Dentre os diversos tipos de biomoléculas, muitas são moléculas grandes (macromoléculas) e complexas, formadas pela união de unidades fundamentais (monômeros) repetidamente, que dão origem a longas cadeias denominadas biopolímeros. Cada tipo de biopolímero apresenta unidades fundamentais diferentes. Por exemplo, as proteínas são biopolímeros cujas unidades monoméricas são os aminoácidos, enquanto que os ácidos nucleicos (como o DNA) são biopolímeros compostos por cadeias de nucleotídeos.

2- CÉLULAS PROCARIÓTICAS E CÉLULAS EUCARIÓTICAS: ESTRUTURA E FUNÇÃO

Para ser considerado um ser vivo, esse tem que apresentar certas características:

Ser constituído de célula;

Buscar energia para sobreviver;

Responder a estímulos do meio;

Se reproduzir;

Evoluir.

De acordo com o número de células, podem ser divididos em:

Unicelulares - Bactérias, cianofitas, protozoários, algas unicelulares e leveduras.

Pluricelulares - os demais seres vivos.

De acordo com a organização estrutural, as células são divididas em:

Células Procariontes

Células Eucariontes

Células Procariontes

As **células procariontes** ou **procarióticas**, também chamadas de protocélulas, são muito diferentes das eucariontes. A sua principal característica é a ausência de **carioteca** individualizando o núcleo celular, pela ausência de alguns organelas e pelo pequeno tamanho que se acredita que se deve ao fato de não possuírem compartimentos membranosos originados por evaginação ou invaginação. Também possuem DNA na forma de um anel não-associado a proteínas (como acontece nas células eucarióticas, nas quais o DNA se dispõe em filamentos espiralados e associados à histonas).

Estas células são desprovidas de mitocôndrias, plastídeos, complexo de Golgi, retículo endoplasmático e sobretudo cariomembrana o que faz com que o DNA fique disperso no citoplasma.

A este grupo pertencem seres unicelulares ou coloniais:

Bactérias

Cianofitas (algas cianofíceas, algas azuis ou ainda Cyanobacteria)

PPLO ("pleuro-pneumonia like organisms") ou Micoplasmas

Células incompletas

As bactérias dos grupos das rickettsias e das clamídias são muito pequenas, sendo denominadas células incompletas por não apresentarem capacidade de auto-duplicação independente da colaboração de outras células, isto é, só proliferarem no interior de outras células completas, sendo, portanto, parasitas intracelulares obrigatórios.

Diferente dos **vírus** por apresentarem:

conjuntamente DNA e RNA;

parte da máquina de síntese celular necessária para reproduzirem-se;

uma membrana semipermeável, através da qual realizam as trocas com o meio envolvente.

Obs.: já foram encontrados vírus com DNA, adenovírus, e RNA, retrovírus, no entanto são raros, os vírus que possuem DNA e RNA simultaneamente.

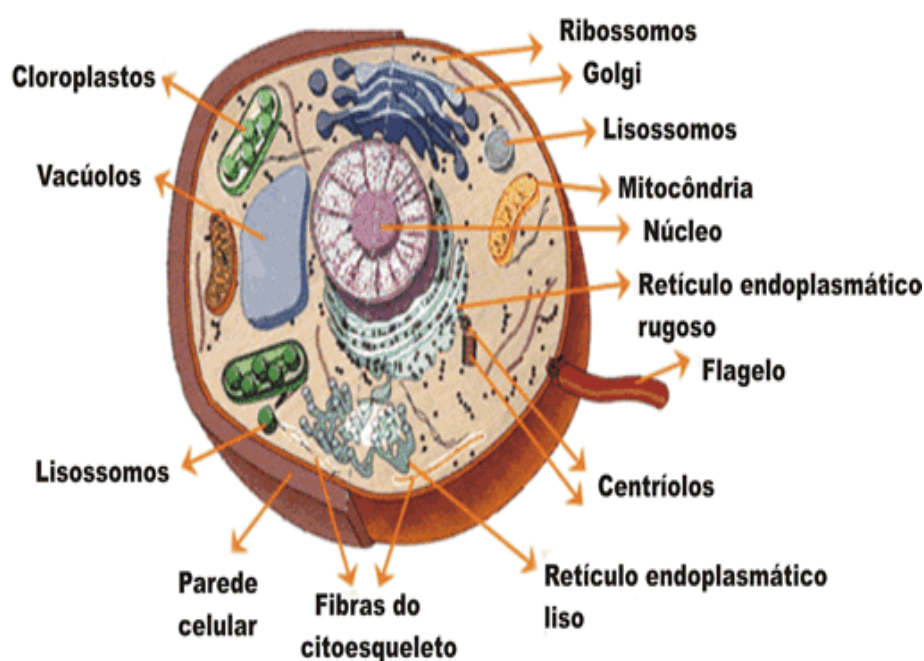
Células Eucariontes

As células **eucariontes** ou **eucarióticas**, também chamadas de **eucélulas**, são mais complexas que as procariontes. Possuem membrana nuclear individualizada e vários tipos de organelas. A maioria dos animais e plantas a que estamos habituados são dotados deste tipo de células.

é altamente provável que estas células tenham surgido por um processo de aperfeiçoamento contínuo das células procariontes.

Não é possível avaliar com precisão quanto tempo a célula "primitiva" levou para sofrer aperfeiçoamentos na sua estrutura até originar o modelo que hoje se repete na imensa maioria das células, mas é provável que tenha demorado muitos milhões de anos. Acredita-se que a célula "primitiva" tivesse sido bem pequena e para que sua fisiologia estivesse melhor adequada à relação *tamanho* × *funcionamento* era necessário que crescesse.

Acredita-se que a membrana da célula "primitiva" tenha emitido internamente prolongamentos ou invaginações da sua superfície, os quais se multiplicaram, adquiriram complexidade crescente, conglomeraram-se ao redor do bloco inicial até o ponto de formarem a intrincada malha do retículo endoplasmático. Dali ela teria sofrido outros processos de dobramentos e originou outras estruturas intracelulares como o complexo de Golgi, vacúolos, lisossomos e outras.



Quanto aos cloroplastos (e outros plastídeos) e mitocôndrias, atualmente há uma corrente de cientistas que acreditam que a melhor teoria que explica a existência destes orgânulos é a Teoria da Endossimbiose, segundo a qual um ser com uma

célula maior possuía dentro de si uma célula menor mas com melhores características, fornecendo um refúgio à menor e esta a capacidade de fotossintetizar ou de sintetizar proteínas com interesse para a outra.

Os níveis de organização das Células Eucariotas

Neste grupo encontram-se:

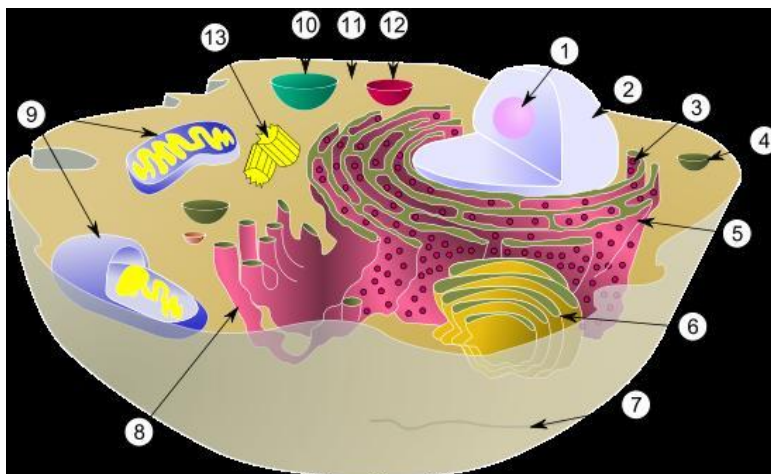
Células Vegetais (com cloroplastos e com parede celular; normalmente, apenas um grande vacúolo central)

Células Animais (sem cloroplastos e sem parede celular; vários pequenos vacúolos)

A palavra célula foi usada pela 1ª vez em 1665, pelo inglês Robert Hooke (1635-1703). Com um microscópio muito simples ele observou pedaços de cortiça, e percebeu que ela era formada por compartimentos vazios que ele chamou de células.

Célula animal é uma célula que se pode encontrar nos animais e que se distingue da célula vegetal pela ausência de parede celular e de plastos. Possui flagelo, o que não é comum nas células vegetais.

Célula Animal (sem cloroplastos e sem parede celular; vários pequenos vacúolos)



Metabolismo - Orgânulos

Nucléolo: armazena carga genética

Núcleo celular: cromossomos do DNA

Ribossomos: faz a síntese de proteínas

Vesículas

Ergastoplasma ou Retículo endoplasmático rugoso (RER): transporte de proteínas (há ribossomos grudados nele)

Complexo de Golgi: armazena e libera as proteínas

Microtúbulos

Retículo Endoplasmático Liso: produção de lipídios

Mitocôndrias: respiração

Vacúolo: existem na célula animal, porém são muito maiores na célula vegetal, servindo como reserva energética

Citoplasma

Lisossomas: digestão

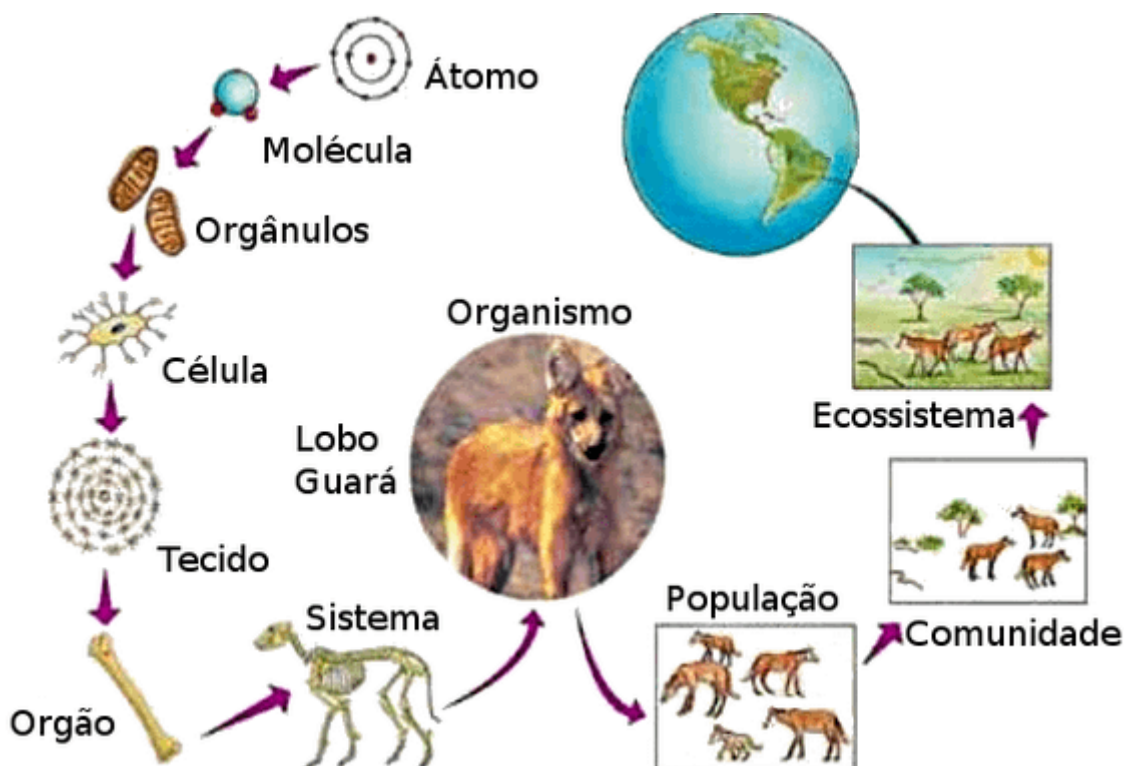
Centríolos: divisão celular

3- CARACTERÍSTICAS DOS ORGANISMOS VIVOS

Os seres vivos e a matéria bruta possuem propriedades diferentes. Os seres vivos são dotados de um conjunto de características que não existem na matéria bruta (sem vida).

Primeiramente, para identificar um ser vivo, deve-se partir do princípio de que a célula é a unidade básica de formação, logo, estuda-se a organização celular, que varia, por exemplo, entre células animais e vegetais.

Você vai estudar também a quantidade de células que compõem um organismo e a composição química dessas células. Além disso, metabolismo, reprodução, evolução, hereditariedade, irritabilidade, movimento e crescimento são outras características que merecem atenção.



1. Organização celular

De maneira geral, todos os seres vivos são constituídos de estruturas celulares — das simples bactérias e dos protozoários unicelulares até as complexas células

das angiospermas e dos cordados multicelulares. Os termos em destaque referem-se ao número de células que compõem um organismo: os unicelulares são formados por uma única célula e os multicelulares ou pluricelulares, por duas ou mais.

Existem ainda aqueles que são acelulares, como os vírus, pois não possuem estruturas típicas de uma célula. Dessa maneira, não são considerados seres vivos por alguns cientistas, sendo tratados como partículas ou entidades, basicamente proteicas, que podem infectar organismos vivos.

Os organismos também podem ser procariontes ou eucariontes. Os procariontes são formados por células procarióticas, as quais não possuem envelope nuclear e, como regra geral, embora existam exceções, apresentam parede celular. São as bactérias e as cianobactérias. Os organismos eucariontes apresentam células eucarióticas, as quais se caracterizam pela presença de envelope nuclear e, no caso das células das plantas, por exemplo, parede celular (celulósica).

2. Composição química

Os seres vivos revelam grande número de moléculas que formam as substâncias orgânicas, como proteínas, lipídios, glicídios, pigmentos, vitaminas, ácidos nucleicos (DNA e RNA), além de substâncias inorgânicas, encontradas no interior das células e nos espaços intercelulares e representadas por água e sais minerais.

Os elementos predominantes nos seres vivos e que formam as moléculas orgânicas são hidrogênio(H), oxigênio (O), carbono (C) e nitrogênio (N), diferentemente da composição química da matéria não viva, que possui oxigênio, silício (Si) e alumínio (Al) como os elementos mais abundantes.

3. Metabolismo

É o conjunto de reações químicas que ocorrem nos seres vivos. É responsável pela manutenção e pelo funcionamento do organismo. À capacidade do organismo de manter as condições do meio interno em equilíbrio dá-se o nome de homeostasia. Para isso, o organismo mobiliza o metabolismo e os diversos sistemas (nervoso, endócrino, circulatório, excretor, respiratório etc.). Divide-se o metabolismo, em:

- anabolismo — consiste nas reações de formação ou de síntese. Exemplo: fotossíntese.
- catabolismo — corresponde às reações de degradação, como a quebra da molécula de determinada substância. Exemplo: respiração celular.

Quanto à forma de nutrição, os organismos podem ser autótrofos ou heterótrofos. Organismos autótrofos utilizam a matéria inorgânica para sintetizar matéria orgânica, a exemplo dos vegetais. Os heterótrofos capturam a matéria orgânica disponível no ambiente, a exemplo dos animais.

Quanto à forma de respiração, os organismos podem ser anaeróbios ou aeróbios. Os anaeróbios produzem energia na ausência de oxigênio molecular (O_2), ao passo que os aeróbios utilizam o oxigênio molecular para obtenção de energia.

4. Reprodução

É a capacidade de manutenção da espécie. Todo ser vivo provém de outro ser vivo preexistente, por meio desse processo denominado reprodução, que pode ser sexuada ou assexuada.

- Reprodução sexuada: caracteriza-se pela participação de gametas femininos e masculinos, em que, devido à fusão (fecundação) destes, ocorre a combinação do material genético levando à variabilidade genética.
- Reprodução assexuada: ocorre sem a participação de gametas. De um único indivíduo ocorre a formação de outros. Por exemplo, a cissiparidade (bipartição) de células bacterianas e o brotamento, como ocorre na *Hydra* sp. Neste tipo de reprodução, não ocorre aumento na variabilidade genética.

5. Hereditariedade

É a capacidade que os seres vivos têm de transmitir características genéticas para seus descendentes, por intermédio dos genes existentes no núcleo das células. São os genes que contêm as informações sobre os tipos de proteína sintetizada em cada célula, responsáveis pelas manifestações das características do indivíduo.

6. Evolução e adaptação

A diversidade biológica deve-se principalmente às mutações — variações no material genético que dão origem às variantes (alelos) dos genes. As novas variantes podem ser benéficas, permitindo melhor adaptação ao meio, prejudiciais à sua sobrevivência ou, ainda, não provocar nenhum efeito.

Como os indivíduos mais bem adaptados tendem a deixar mais descendentes, a frequência dessas novas variantes aumenta no transcorrer das gerações (seleção natural).

7. Respostas a estímulos

Os seres vivos são capazes de reagir a estímulos do ambiente por meio de órgãos ou estruturas sensíveis a mudanças. Tais estratégias possibilitam a perpetuação das espécies.

8. Crescimento

É caracterizado pela modificação do organismo ao longo do seu ciclo de vida e consiste, basicamente, no aumento de tamanho e no crescimento do indivíduo. Está relacionado à assimilação e à transformação da matéria, obtida por meio da alimentação e do metabolismo.

Esse crescimento pode ocorrer pelo aumento do volume de células ou pelo aumento do número de células. Os seres unicelulares crescem por aumento do tamanho das células, já os multicelulares crescem principalmente por aumento no número das células. O desenvolvimento é resultado da ação conjunta do crescimento e da diferenciação celular.

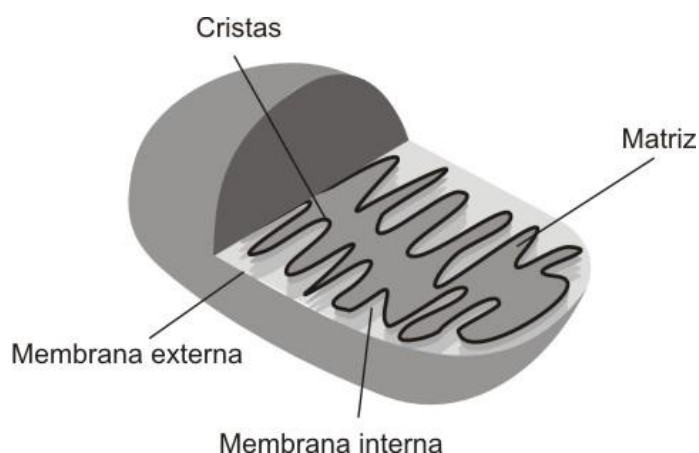
4- COMO AS CÉLULAS USAM ENERGIA

Obtenção de energia pela célula: respiração celular

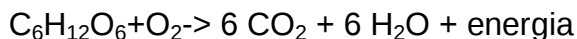
As células dos organismos vivos necessitam de energia para realizar os seus processos de crescimento e manutenção vital, entre os quais estão os de sintetizar novas substâncias, realizar movimentos, estabelecer trocas passivas e ativas de substâncias através de membranas, produzir calor, eliminar resíduos, desencadear processos de reprodução, etc.

Para obter essa energia realizam o processo de respiração celular que consiste basicamente no processo de extração da energia química armazenada nas moléculas de glicose, com a participação do oxigênio. É um processo contínuo, que acontece em todas as células dos seres aeróbios, tanto de dia como de noite. Se o mecanismo respiratório de entrada de O_2 for paralisado num indivíduo, suas células deixam de dispor de energia necessária para o desempenho de suas funções vitais e inicia-se, então, um processo de desorganização da matéria viva, o que acarreta a morte do indivíduo.

A respiração celular da maioria dos seres vivos se realiza dentro de uma estrutura com forma de chinelo: o mitocôndrio, que são verdadeiras “Usinas” de energia. O número de mitocôndrios de uma célula varia de alguns até centenas, dependendo se a célula realiza menos ou mais intensamente a respiração celular.



Nos organismos aeróbicos, a equação simplificada da respiração celular pode ser assim representada:



Como a energia é liberada?

Uma maneira eficiente de liberar a energia contida nas ligações químicas da glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) é provocar a reação de suas moléculas com o oxigênio (O_2).



No entanto, a energia não é liberada de uma vez só, pois acarretaria uma liberação de uma quantidade muito grande de energia que não poderia ser aproveitada diretamente pela célula, acabando por ser perdida para o meio ambiente sob a forma de calor. Por isso, a glicose é quebrada aos poucos, formando moléculas menores e liberando pequenas porções energéticas que vão sendo captadas por uma substância chamada ATP (trifosfato). Quando a célula precisa de energia para realizar algum trabalho, o ATP fornece a energia armazenada no seu terceiro fosfato e transforma-se em ADP, pronto para receber novo fosfato e armazenar outra porção energética nessa terceira ligação química, regenerando um novo ATP.

No entanto, grande parte da energia química liberada durante a oxidação da glicose se transforma em calor que contribui para a manutenção de uma temperatura corpórea em níveis que possibilitam a vida, compensando o calor que normalmente um organismo vivo cede para o ambiente, sobretudo nos dias de frio. Isso se verifica principalmente em aves e mamíferos; em outros grupos, como os anfíbios e os répteis, o organismo é aquecido basicamente através de fontes externas de calor, quando, por exemplo, o animal se põe ao sol.

Quais são as etapas da respiração celular?

As transformações sucessivas da glicose até chegar aos compostos inorgânicos $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ e H_2O permitem dividir a respiração celular em 3 etapas:

Glicólise -> Nessa etapa, a glicose se quebra em duas moléculas de ácido pirúvico, cada uma delas com 3 carbonos. Para essa quebra acontecer, a célula gasta 2 ATP

e durante a mesma são produzidos 4 ATP. Portanto, a glicólise apresenta um saldo energético positivo de 2 ATP.

Na conversão da glicose em ácido pívrico, verifica-se a ação de enzimas denominadas *desidrogenases*, responsáveis, como o próprio nome diz, pela retirada de hidrogênios da glicose e a sua transferência para uma substância chamada NAD. Cada NAD captura 2 Hidrogênios. Logo, formam-se 2 NADH₂.



Como se pode observar, nessa etapa não há necessidade de O₂.

Ciclo de Krebs -> As duas moléculas de ácido pirúvico formadas no citoplasma durante a glicólise, entram no mitocôndrio. Ali cada molécula entra em um ciclo de reações químicas em sequência, onde ocorrem desidrogenações (perda de íons H) e descarboxilações (perda de CO₂). As 6 moléculas de CO₂ (3 para cada molécula de ácido pirúvico) são imediatamente eliminadas das células, em direção ao meio externo.

Nessa fase, também não há presença ou necessidade de O₂.

Cadeia respiratória -> Essa fase ocorre nas cristas mitocondriais. Os íons hidrogênios (H⁺) retirados da glicose são transportados, pela cadeia respiratória até o oxigênio, formando água. Durante a passagem pela cadeia, há liberação gradativa de energia, formando ATP.

Ao final, podemos dizer que temos como matéria prima e produtos o seguinte:



Para finalizar, é importante chamar atenção de que a reação química geral da respiração celular é o inverso da reação química da fotossíntese. Mais importante ainda, é chamar a atenção de que a respiração é um processo de liberação de energia realizado continuamente (noite e dia) pelos seres aeróbios sejam eles

autótrofos ou heterótrofos. Para exemplificar, podemos dizer que a respiração é feita continuamente por todos os vegetais e animais, de dia e de noite.

Já a fotossíntese é um processo de armazenamento de energia no composto orgânico produzido (glicose) realizado somente pelos seres autótrofos, pois só eles possuem clorofila, indispensável para a transformação da energia luminosa em energia química.

Da mesma forma, a respiração celular utiliza O_2 e libera CO_2 enquanto que a fotossíntese faz o contrário. Em vista disso, podemos dizer que são processos químicos complementares, igualmente importantes e necessários.

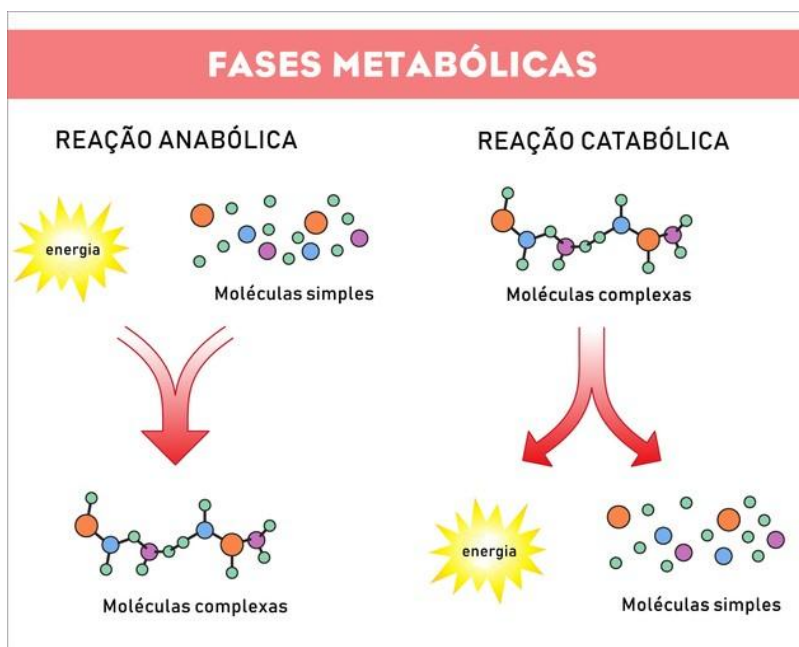
5- CATABOLISMO E ANABOLISMO

Qual a diferença entre anabolismo e catabolismo?

Anabolismo e catabolismo são dois tipos de reação bioquímica que fazem parte do metabolismo humano.

O **anabolismo** refere-se ao processo que **constrói** moléculas complexas a partir de moléculas simples, consumindo energia para isso. Já o **catabolismo** é o conjunto de reações envolvidas na degradação ou **quebra** de moléculas complexas em moléculas menores. Esse processo geralmente fornece energia para o organismo.

Ou seja, o anabolismo é um processo construtivo, enquanto o catabolismo é um processo destrutivo.



	Anabolismo	Catabolismo
Definição	Anabolismo é o processo metabólico que sintetiza moléculas complexas por meio	Catabolismo é o processo metabólico que decompõe moléculas complexas, transformando-as em moléculas

	Anabolismo	Catabolismo
Metabolismo	de substâncias simples. É a fase construtiva do metabolismo.	menores. É a fase destrutiva do metabolismo.
Energia	Consome energia.	Produz energia.
Efeitos no exercícios	Os exercícios anabólicos aumentam a massa muscular. Geralmente são exercícios anaeróbicos.	Os exercícios catabólicos utilizam o alimento armazenado para gerar energia, por isso ele queima gordura e calorias. Geralmente são exercícios aeróbicos.
Hormônios relacionados	Estrogênio, testosterona, hormônio do crescimento, insulina, etc.	Adrenalina, cortisol, glucagon, citocinas, etc.
Quando ocorre	Principalmente durante o repouso.	É mais funcional durante as atividades físicas.
Processo energético	Durante o anabolismo a energia cinética é convertida em energia potencial.	Durante o catabolismo, a energia potencial é convertida em energia cinética.
Exemplos de processo	Fotossíntese em plantas; Síntese de proteínas; Síntese de glicogênio; Assimilação em animais.	Digestão; Respiração celular; Excreção.

O que é anabolismo?

O anabolismo é o conjunto de reações envolvidas na síntese de moléculas complexas, a partir de moléculas simples. Esse processo requer energia, e pode ser estimulado pela prática de exercícios e por uma alimentação rica em proteínas.

A construção de tecidos e o ganho de massa muscular são dois processos anabólicos básicos. Já no nível celular, um exemplo de processo anabólico é a síntetização de proteínas por meio de aminoácidos

Alguns dos hormônios envolvidos no processo de anabolismo são:

- Insulina;
- Estrogênio;
- Testosterona;
- Hormônio de crescimento
- Esteroides.

O que é catabolismo?

O catabolismo é o conjunto de reações envolvidas na quebra de moléculas complexas em moléculas simples.

Essas reações liberam energia para o organismo, que posteriormente poderão ser usadas no processo anabólico. Alguns resíduos celulares como ureia, dióxido de carbono e amônia também são produzidos durante o catabolismo.

O principal processo catabólico é a digestão, onde as substâncias ingeridas pelo corpo são divididas em componentes mais simples. No nível celular, podemos citar a quebra de proteínas para a formação de aminoácidos, ou de glicogênio para a formação de glicose.

Alguns dos hormônios envolvidos no processo catabólico são:

- Adrenalina;
- Cortisol;
- Glucagon;
- Citocinas.

Exercícios anabólicos

Os exercícios anabólicos são aqueles que constroem massa muscular. Alguns exemplos são os exercícios de resistência e força.

Essas atividades forçam o corpo a utilizar suas reservas imediatas de energia. Além disso, para se preparar para um novo esforço, o corpo irá aumentar sua massa muscular, fortalecer os ossos e aumentar suas reservas de proteínas sintetizando aminoácidos.

Exercícios catabólicos

Exercícios catabólicos geralmente são aeróbicos, ou seja, eles consomem oxigênio e ajudam na queima de calorias.

Alguns exemplos são exercícios de intensidade moderada que são realizados em um intervalo maior de tempo, como ciclismo, dança e natação.

6- PROPRIEDADES FÍSICAS DA ÁGUA

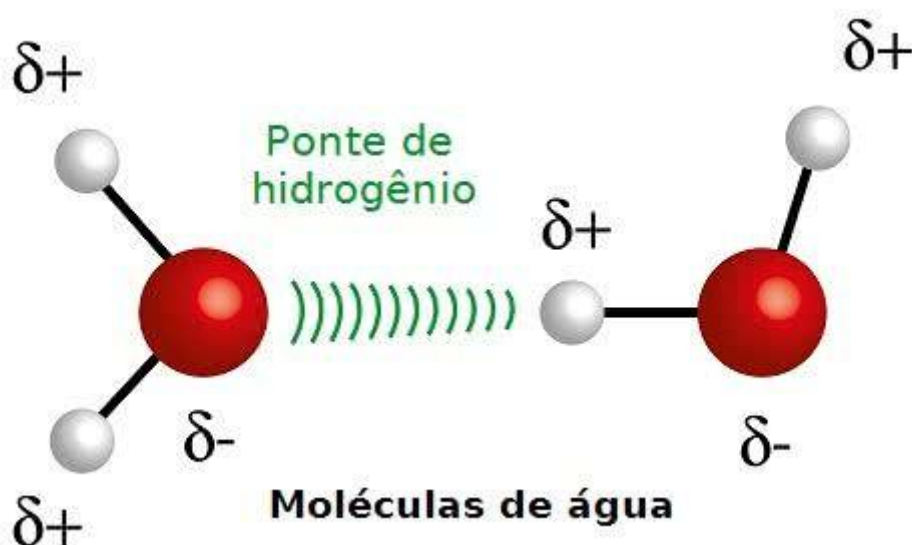
A água tem características especiais que permitem a vida no planeta, entre elas, sua grande capacidade de dissolver substâncias, além de conter nutrientes orgânicos e inorgânicos, é encontrada em maior quantidade na forma líquida, aspectos essenciais aos seres vivos.

Se comparada com o ar, ela possui valores maiores de densidade, resistência à passagem da luz e calor específico.

A Estrutura da Molécula da Água

A fórmula da água, H_2O , indica que é composta por **dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio**. Esses átomos compartilham de forma desigual os elétrons, criando uma polaridade (cargas positivas e negativa).

Em outras palavras, a molécula da água é polar e por isso as moléculas ligam-se através de pontes de hidrogênio, que são bem fortes.



Representação das moléculas de água e a ponte de hidrogênio entre elas. Observe as cargas elétricas.

A água na natureza pode ser encontrada no estado sólido nas geleiras de regiões muito frias, no estado de vapor formando a atmosfera e as nuvens, ou como líquido nos rios, mares e outros corpos aquáticos.

A forma mais abundante na natureza, nas condições normais de temperatura e pressão, é a líquida graças à sua estrutura química, além do fato de ter um alto ponto de ebulição (só ferve aos 100°).

Essas características da molécula da água influenciam várias propriedades químicas e físicas da água, como a tensão superficial, o calor específico, a solubilidade, entre outras, explicadas a seguir.

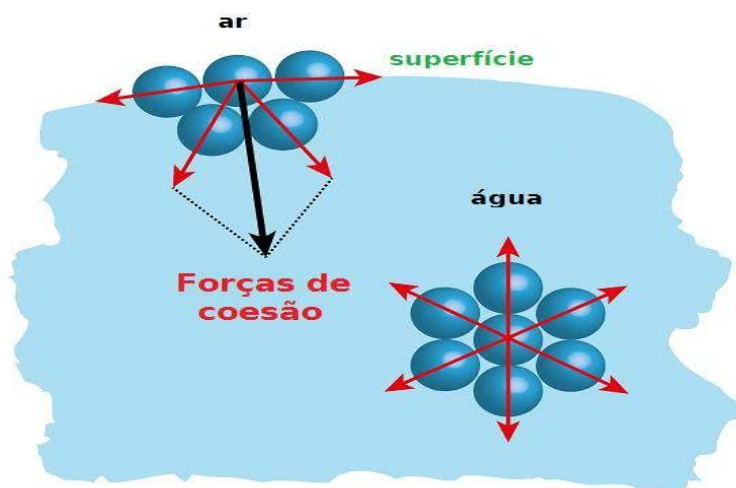
Propriedades Físico-Químicas da Água

Solubilidade

A água é um excelente solvente porque é capaz de dissolver enorme quantidade de substâncias. As substâncias que se dissolvem são chamadas solutos e ao ser misturada com o solvente forma uma solução. Essa propriedade é muito importante para os seres vivos porque absorvem nutrientes (como o cálcio, o magnésio, etc) dissolvidos na água que bebem.

Exemplo: quando o sal é adicionado na água e misturado forma uma solução.

Tensão Superficial



Esquema das forças de coesão nas moléculas da superfície e nas moléculas internas.

A tensão superficial é uma propriedade física que resulta da força de atração entre as moléculas internas e da superfície.

Nas moléculas internas, como as forças são em todas as direções elas se anulam, já na superfície as forças de coesão puxam para os lados e para baixo, desse modo, fazem com que a superfície fique como uma película elástica.



Inseto na "película elástica" formada pela tensão superficial.

Exemplo: um inseto consegue caminhar sobre a água por causa da tensão superficial. Muitos organismos marinhos vivem nessa região da película como os protozoários, as bactérias, os copépodos, entre outros.

Densidade

A densidade é uma **medida da concentração da massa em certo volume**, ou seja, determina o quanto a substância é compacta.

A densidade da água varia e diminui em temperaturas menores. Isso explica porque o gelo flutua na superfície da água.

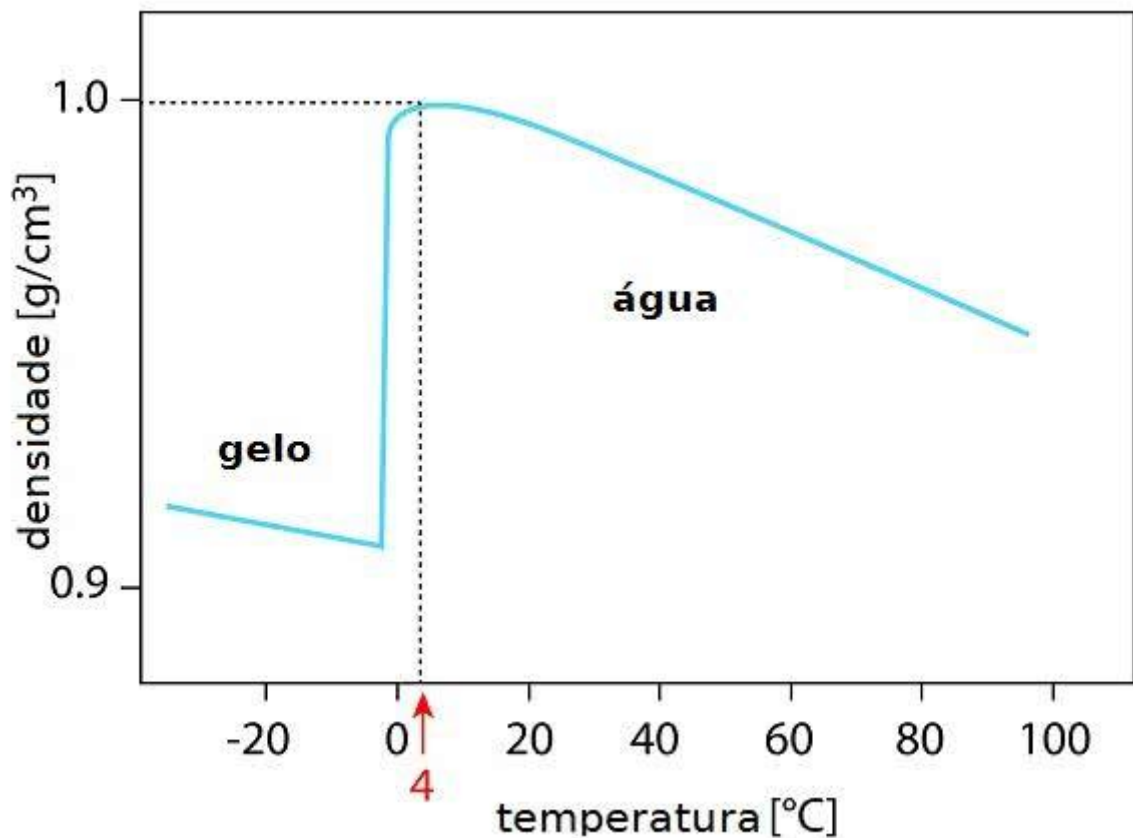


Gráfico mostrando as variações de densidade da água de acordo com a temperatura.

Exemplo: a superfície dos lagos congela devido a essa diferença de densidade em relação ao interior do lago.

Calor Específico

O calor específico ou capacidade térmica da água é a quantidade de calor que é preciso para elevar em 1°C a temperatura de 1g de uma substância.

A água tem um elevado calor específico, o que significa dizer, que ele consegue aumentar ou diminuir bastante sua temperatura sem mudar de estado físico, mas por outro lado isso demora mais a acontecer, se comparado com outras substâncias.

Exemplo: como a água ocupa cerca de 70% da superfície terrestre, essa propriedade ajuda a controlar o aquecimento do planeta. Os oceanos guardam o calor no tempo quente que é liberado no tempo frio.

Calor Latente

Representa a quantidade de calor necessária para que a substância mude de estado físico. O calor latente de vaporização e de fusão da água são muito elevados de modo que evita que ela congele ou evapore muito rapidamente.

Exemplo: o elevado calor latente de fusão da água não permite que ela congele rapidamente, evitando assim que os organismos de ambientes frios congelem.

Consumo Humano: Água Potável

As propriedades da água destinada ao consumo humano devem seguir os padrões de qualidade para ser uma água potável, esses parâmetros são chamados de potabilidade.

Desse modo, são definidas as quantidades limites de certas substâncias que são prejudiciais à saúde, tais como mercúrio, chumbo, cádmio, bem como agrotóxicos, desinfetantes dentre outros.

Também está determinado o limite de microrganismos, os coliformes fecais, e as características organolépticas, como a turbidez (o quanto a água está turva), a intensidade de odor e gosto.

O Ministério da Saúde publicou a portaria Nº 2914, de dezembro de 2011, que *"Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade."*

Essa portaria define a água potável como aquela *"destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem"*. Esses padrões se aplicam apenas à água proveniente do abastecimento de água e não às águas minerais.

7- PROPRIEDADES ÁCIDO-BÁSICAS DOS AMINOÁCIDOS

Todas as proteínas existentes nos seres vivos, desde os vírus até os seres humanos, são constituídas por combinações de apenas vinte aminoácidos. Esses blocos constituintes da vida se unem entre si, como contas de um colar, para formar longas cadeias e moléculas complexas que configuram a estrutura de todos os organismos vivos.

Composição química

O aminoácido é um composto orgânico que apresenta, em sua molécula, um grupo ácido ($-\text{COOH}$) e um grupo amino ($-\text{NH}_2$), além de um radical $-\text{R}$, que vai ser responsável pela diferenciação entre os diversos tipos de aminoácidos existentes.

Graças à presença em sua molécula de grupamentos derivados de ácidos carboxílicos e de aminas, os aminoácidos são dotados de propriedades de ácidos e de bases. Esse duplo caráter é de importância vital para a compreensão do comportamento e das funções das proteínas e, por conseguinte, da matéria viva. De acordo com a natureza do radical $-\text{R}$, esses compostos podem ser classificados em neutros, ácidos e básicos. Os primeiros são aqueles nos quais esse radical não se encontra diretamente ligado aos grupos $-\text{NH}_2$ ou $-\text{COOH}$. Entre os compostos desse tipo incluem-se a glicina, a serina, a alanina, a cisteína (que apresenta um átomo de enxofre em sua molécula), a treonina, a valina, a metionina (que também possui um átomo de enxofre), a leucina, a isoleucina, a fenilalanina, a tirosina (ambas com um anel benzênico em sua estrutura), a prolina e o triptofano.

Os aminoácidos de caráter ácido apresentam um ácido carboxílico no radical $-\text{R}$ e liberam, quando em meio ácido, não somente o átomo de hidrogênio da carboxila principal, mas também aquele correspondente ao grupo $-\text{COOH}$ ligado ao radical $-\text{R}$, deixando a molécula com dupla carga negativa. Pertencem a esse grupo os ácidos aspártico e glutâmico e seus respectivos derivados, a asparagina e a glutamina. Já os aminoácidos básicos, representados pela arginina, lisina e histidina, apresentam um grupo $-\text{NH}_2$ ligado ao radical $-\text{R}$. O estudo do comportamento desses grupos

distintos de aminoácidos na presença de um campo elétrico revelou aspectos importantes nos processos bioquímicos que regulam a estrutura das substâncias protéicas.

Experiências realizadas com ratos albinos, aos quais administrou-se uma dieta alimentar carente de diferentes aminoácidos para observar os efeitos de sua deficiência no organismo humano, demonstraram a existência de duas categorias desses compostos.

Especialmente importantes são os denominados aminoácidos essenciais, que para os seres humanos são a leucina, a isoleucina, a treonina, a valina, a lisina, a histidina, a arginina, a metionina, a fenilalanina e o triptofano. Esses compostos devem ser ingeridos diariamente, uma vez que o organismo humano não os sintetiza. Os restantes, conhecidos como aminoácidos não-essenciais, são produzidos pelo organismo.

Os compostos essenciais são especialmente abundantes na carne, mas é possível obtê-los também por meio de uma dieta vegetariana, pois algumas verduras e legumes, sobretudo a soja, contêm esses compostos em quantidades suficientes. A carência desses aminoácidos determina a curto prazo graves transtornos e alterações orgânicas, podendo até levar à morte, pois, sem eles, a síntese de proteínas fica inibida.

União de aminoácidos

A união de aminoácidos se dá por meio da denominada ligação peptídica, estabelecida entre o grupo $-CO$ do radical ácido de um composto com o grupo $-NH$, de outro. Essa ligação, embora resistente, pode romper-se em meio aquoso, por meio de reação de hidrólise. A união de dois aminoácidos forma um composto denominado dipeptídeo e de três, tripeptídeo, e assim sucessivamente. Quando o número de unidades é superior a três, os compostos obtidos denominam-se, genericamente, polipeptídeos. O limite entre um polipeptídeo e uma proteína é bem menos preciso, embora se entenda por essa última uma unidade funcional e operativa, de tamanho e complexidade maiores. Alguns hormônios, toxinas e antibióticos são peptídeos.

Métodos de estudo

Passo importante no estudo das proteínas foi a criação de métodos experimentais e de técnicas que permitiram a identificação dos aminoácidos que as compõem. Entre esses métodos destaca-se a cromatografia, que se baseia no fato de compostos de uma mistura difundirem-se de modo diferente em um determinado suporte, seja ele papel, coluna de resinas ou gel. Assim, cada aminoácido da proteína percorre uma distância que é função da natureza da molécula, o que permite sua diferenciação. Outra técnica muito utilizada é a eletroforese, na qual se tira partido das diferentes cargas dos aminoácidos para separá-los, sob a ação de um campo elétrico. Desse modo, os aminoácidos de caráter básico predominante se deslocam na direção do eletrodo negativo, enquanto os mais ácidos se movimentam na direção do pólo positivo.

8- PROTEÍNAS

Nós temos a tendência de pensar na proteína como um sinônimo de massa: uma substância homogênea, algo que sua dieta deve conter em uma determinada proporção. Mas, se você já trabalhou em um laboratório de biologia molecular (digamos, durante um estágio de verão), a proteína pode começar ser percebida de uma maneira muito diferente para você.

Como assim? Bem, você pode ver em primeira mão que a proteína não é apenas uma única substância. Em vez disso, existem muitas e muitas proteínas diferentes em um organismo, ou mesmo em uma única célula. Elas existem em todos os tamanhos, formas e tipos que você possa imaginar, e cada uma delas tem um trabalho único e específico. Algumas são peças estruturais, dando forma às células ou ajudando-as a se mover. Outras agem como sinais, à deriva entre as células, como mensagens em uma garrafa. Ainda, outras são enzimas metabólicas agregando ou separando as biomoléculas necessárias para a célula. E é provável que uma dessas participantes moleculares únicas se torne *sua* durante a sua pesquisa!

As proteínas estão entre as moléculas orgânicas mais abundantes entre os sistemas vivos e têm estruturas e funções muito mais diversificadas do que outras categorias de macromoléculas. Uma única célula pode conter centenas de proteínas, cada qual com uma função única. Ainda que suas estruturas, como suas funções, variem muito, todas as proteínas são feitas de uma ou mais cadeias de aminoácidos. Neste artigo veremos em mais detalhes os blocos de construção, as estruturas e papéis das proteínas. Ao final do capítulo veremos novamente sobre os aminoácidos associados à proteínas.

Tipos e funções das proteínas

As proteínas podem desempenhar uma ampla gama de funções em uma célula ou organismo. Aqui, vamos ver alguns exemplos de tipos comuns de proteínas que você já deve conhecer, e que são importantes na biologia de muitos organismos .

Enzimas

As **enzimas** atuam como catalisadores nas reações bioquímicas, o que significa que elas aceleram as reações. Cada enzima reconhece um ou mais substratos, que são as moléculas que servem como material de base para a reação de catálise começar. Diferentes enzimas participam em diferentes tipos de reações e podem quebrar, ligar ou reorganizar seus substratos.

Um exemplo de uma enzima encontrada em seu corpo é a amilase salivar, que quebra amilose (um tipo de amido) em açúcares menores. A amilose não tem um gosto muito doce, mas os açúcares menores têm. Por isso, os alimentos ricos em amido normalmente possuem gosto doce quando você os mastiga por mais tempo: você está dando mais tempo para a amilase salivar trabalhar.

Hormônios

Hormônios são sinais químicos de longas distância liberados por células endócrinas (como as células da sua glândula pituitária). Eles controlam processos fisiológicos específicos, como o crescimento, desenvolvimento, metabolismo e reprodução. Enquanto alguns hormônios são baseados em esteroides (veja o artigo sobre lipídeos), outros são proteínas. Esses hormônios baseados em proteínas são comumente chamados de hormônios peptídicos.

Por exemplo, a insulina é um importante hormônio peptídico que ajuda a regular os níveis de glicose no sangue. Quando os níveis de glicose plasmática aumentam (por exemplo, após uma refeição), células especializadas do pâncreas liberam insulina. A insulina se liga às células no fígado e em outras partes do corpo, fazendo com que peguem a glicose. Esse processo auxilia o açúcar plasmático a retornar ao seu nível normal, de repouso.

Alguns tipos adicionais de proteínas e suas funções estão listados na tabela a seguir:

Tipos de proteínas e funções

Papel	Exemplos	Funções
Enzima digestiva	Amilase, lipase, pepsina	Quebram nutrientes na comida em pequenos pedaços que podem ser absorvidos imediatamente
Transporte	Hemoglobina	Transporta substâncias pelo corpo pelo sangue ou linfa
Estrutura	Actina, tubulina, queratina	Constroem diferentes estruturas como o citoesqueleto
Hormônio sinalizador	Insulina, glucagon	Coordenam a atividade de diferentes sistemas corporais
Defesa	Anticorpos	Protegem o organismo de corpos estranhos patógenos
Armazenamento	Legumes armazenam proteínas, ovo branco (albumina)	Fornecem alimento para o desenvolvimento inicial de embriões ou de mudas

Tabela modificada de OpenStax College, Biology.

As proteínas têm muitos tamanhos e formas diferentes. Algumas são globulares (quase esféricas) na forma, enquanto outras formam fibras longas e finas. Por exemplo, a proteína hemoglobina que carrega o oxigênio no sangue é uma proteína globular, enquanto o colágeno, encontrado em nossa pele, é uma proteína fibrosa.

A forma de uma proteína é crítica para sua função e, como veremos no próximo artigo, muitos tipos diferentes de pontes químicas podem ser importantes na manutenção desta forma. Mudanças na temperatura e pH, assim como a presença de certos químicos, podem romper a proteína e fazer com que ela perca a funcionalidade, um processo conhecido como **desnaturação**.

Aminoácidos

Aminoácidos são os monômeros que formam as proteínas. Especificamente, uma proteína é feita de uma ou mais cadeias lineares de aminoácidos, em que cada uma é chamada de **polipeptídeo**. (Veremos, um pouco mais a frente, de onde vem esse nome). Existem 20 tipos de aminoácidos comumente encontrados nas proteínas.

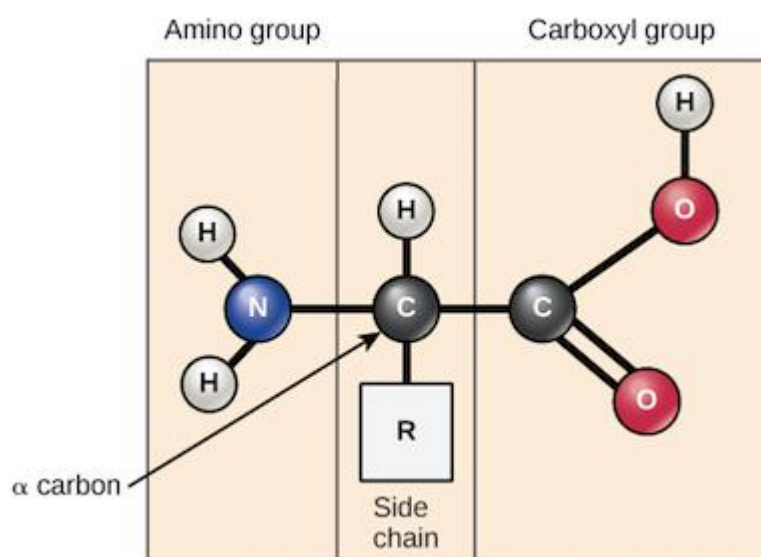


Imagem de um aminoácido, indicando o grupo amina, o grupo carboxila, carbono alfa e grupo R.

Os aminoácidos compartilham uma estrutura básica que consiste em um átomo de carbono central, também conhecido como carbono alfa (α), ligado a um grupo amina (NH_2), um grupo carboxila (COOH) e um átomo de hidrogênio.

Apesar do aminoácido genérico mostrado acima ser representado com seus grupos, amina e carboxila, neutros para simplificar, este não é o estado real em que um aminoácido geralmente seria encontrado. Num pH fisiológico 7,2 - 7,4, o grupo amina é tipicamente protonado e carrega uma carga positiva, enquanto o grupo carboxila é tipicamente desprotonado e carrega uma carga negativa.

Cada aminoácido tem ainda outro átomo ou grupo de átomos ligados ao átomo central, conhecido como grupo R, que determina a identidade do aminoácido. Por

exemplo, se o grupo R é um átomo de hidrogênio, o aminoácido é glicina, enquanto se for um grupo metila (CH_3), o aminoácido é alanina. Os vinte aminoácidos comuns são mostrados no gráfico abaixo, com seus grupos R destacados em azul.

As propriedades da cadeia lateral determinam o comportamento químico do aminoácido (isto é, se ele é considerado ácido, básico, polar ou apolar). Por exemplo, aminoácidos como a valina e a leucina são apolares e hidrofóbicos, enquanto aminoácidos como a serina e a glutamina possuem cadeias laterais hidrofílicas e são polares. Alguns aminoácidos como a lisina e a arginina, têm cadeias laterais positivamente carregadas em pH fisiológico e são considerados aminoácidos básicos. (Às vezes, a histidina também é colocada nesse grupo, embora ela seja desprotonada em pH fisiológico na maior parte do tempo.) Por outro lado, aspartato e glutamato são negativamente carregados em pH fisiológico e são considerados ácidos.

Alguns outros aminoácidos têm grupos R com propriedades especiais, e estes irão provar sua importância quando olharmos para a estrutura de uma proteína:

- A prolina tem um grupo R que está ligado a seu próprio grupo amina, formando uma estrutura anelar. Isso é uma exceção à estrutura típica de um aminoácido, já que ele não tem mais o grupo amina NH_2 padrão. Se você pensar que a estrutura anelar parece um pouco estranha, você está certo: a prolina geralmente provoca curvas ou dobras em cadeias de aminoácidos.
- A cisteína contém um grupo tiol (-SH) e pode formar ligações covalentes com outras cisteínas. Veremos porque isso é importante para a estrutura e função da proteína no artigo sobre arranjos da estrutura proteica

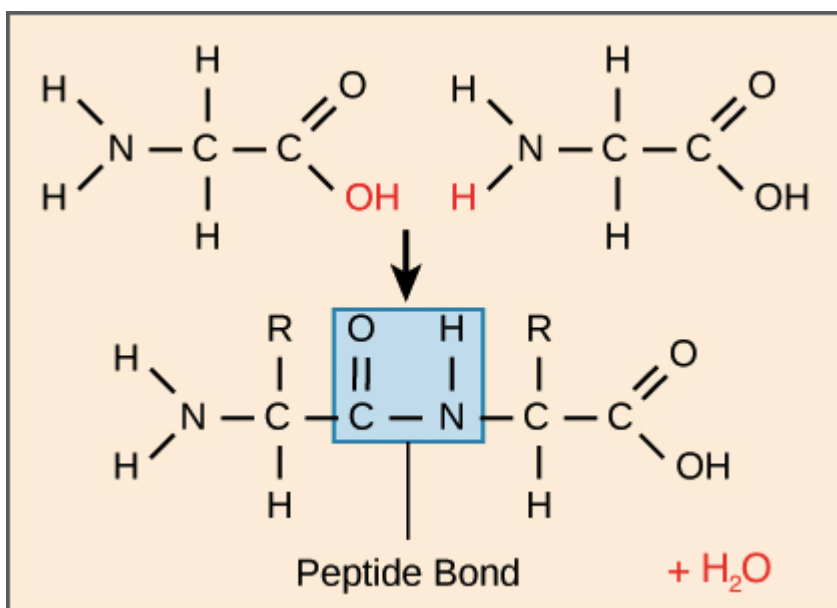
Finalmente, há alguns outros aminoácidos "não-canônicos" que são encontrados nas proteínas apenas em certas condições.

Ligações peptídicas

Cada proteína de nossas células consiste de uma ou mais cadeias de polipeptídeos. Cada uma dessas cadeias de polipeptídeos é formada por aminoácidos ligados em

uma ordem específica. Um polipeptídeo é como uma palavra longa "soletrada" por letras de aminoácidos⁴⁴. As propriedades químicas e a ordem dos aminoácidos são importantes na determinação da estrutura e função do polipeptídeo e da proteína da qual fazem parte. E como os aminoácidos são ligados em cadeias?

Os aminoácidos de um polipeptídeo são ligados a seus vizinhos por ligações covalentes conhecidas como **ligações peptídicas**. Cada ligação forma-se numa reação de síntese de desidratação (condensação). Durante a síntese proteica, o grupo carboxila do aminoácido do final da cadeia crescente de polipeptídeos reage com o grupo amina do aminoácido que está entrando, liberando uma molécula de água. A ligação resultante entre os aminoácidos é uma ligação peptídica



A formação da ligação peptídica entre dois aminoácidos. Em uma ligação peptídica, o C da carbonila de um dos aminoácidos está ligado ao N da amina de outro.

Imagem adaptada de OpenStax Biology.

Devido à estrutura dos aminoácidos, uma cadeia de polipeptídeos tem **direcionalidade**, isto é, tem duas pontas quimicamente distintas uma da outra. Numa ponta, o polipeptídeo tem um grupo amina livre, e esta ponta é chamada de **terminal amina** (ou N-terminal). A outra ponta, que tem um grupo carboxila livre, é conhecida como **terminal carboxila** (ou C-terminal). O N-terminal fica na esquerda e o C-terminal na direita no pequeno polipeptídeo mostrado acima.

Como a sequência de aminoácidos de um polipeptídeo se transforma em uma estrutura tridimensional de uma proteína madura, funcional? Para saber como ocorrem as interações entre aminoácidos para a proteína chegar à sua forma madura, assista ao vídeo sobre ordenação da estrutura proteica.

9- PROPRIEDADES E FUNCIONAMENTO DAS ENZIMAS

Se púdessemos listar as classes de compostos existentes na natureza de acordo com o fascínio que provocam, as ENZIMAS estariam, com certeza, dentre os principais da lista. *Mas o que faz dessas biomoléculas espécies tão incríveis e indispensáveis?*

A manutenção de nossa vida depende da ocorrência ininterrupta de uma série de reações químicas. Porém, a temperatura de aproximadamente 36°C e o pH próximo da neutralidade (7,0), condições apresentadas pelo nosso organismo, não são favoráveis ao desenvolvimento de **todas** essas reações. Um exemplo: a digestão das proteínas em aminoácidos é um processo que ocorre diariamente em nosso trato digestório. Essa "quebra" de proteínas também ocorre normalmente em laboratórios que desejam obter os aminoácidos em sua forma livre. A diferença está no fato de que para conseguir romper as ligações peptídicas fora do organismo humano, os cientistas precisam submeter as proteínas a processos de fervura em meio ácido ou básico.



Poderíamos facilmente concluir: uma reação que, para acontecer, precisa de fervura e condições extremas de pH não ocorrerá facilmente no interior do organismo humano, onde a temperatura é muito mais baixa e o pH nem sempre é o ideal para a ocorrência dessa reação... Mas ela acontece!!! Será que existe algum mediador, algum mecanismo que acelere essas reações dentro do nosso organismo?

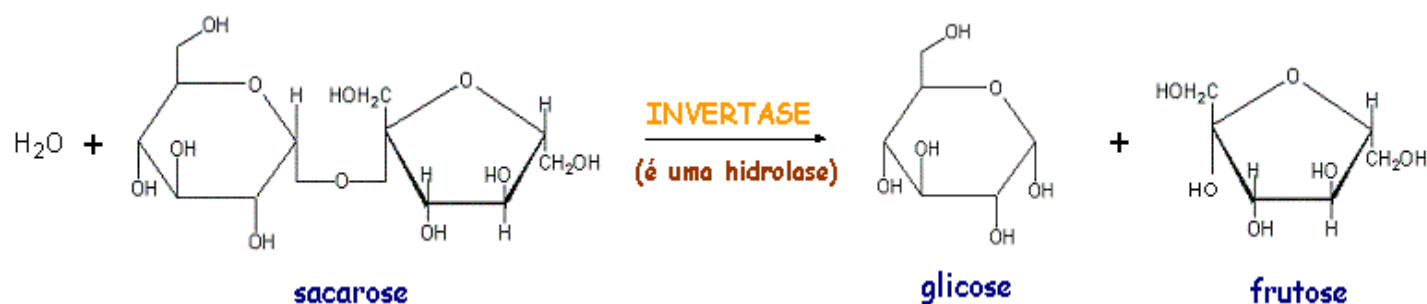
A resposta é SIM... As enzimas é que fazem esse papel, atuando como **CATALISADORES BIOLÓGICOS!!!**

Catalisadores são substâncias com a capacidade de acelerar reações químicas, sem participar delas como reagentes. Ou seja: eles participam da reação, **umentam sua velocidade, mas são recuperados inalterados ao final** dela.

Na maioria das vezes, as velocidades das reações catalisadas por enzimas têm um aumento da ordem de 10^6 a 10^{12} vezes em relação às velocidades das reações não catalisadas. As enzimas são classificadas de acordo com o tipo de reação que catalisam. Assim, temos:

CLASSIFICAÇÃO	TIPO DE REAÇÃO QUE CATALISA	EXEMPLOS	MODO DE ATUAÇÃO
Oxirredutases	reações de óxido-redução	desidrogenase oxidase	remove átomos de hidrogênio adiciona átomos de oxigênio
Transferases	transferências de grupos funcionais	metiltransferase	transfere grupos metil (-CH ₃)
Hidrolases	reações de hidrólise	lipases proteases	quebra lipídios quebra proteínas
Liasas	quebra de ligações duplas	descarboxilase	remove CO ₂
Isomerases	isomerizações	cis-trans isomerase	converte formas cis e trans
Ligases	formação de ligações	sintetase	combina dois grupos

Veja o exemplo:



No exemplo acima temos uma substância inicial (sacarose), que é transformada em produtos (glicose + frutose). À substância inicial, que é transformada na reação catalisada pela enzima, dá-se o nome de **SUBSTRATO**. O mecanismo de ação é praticamente o mesmo para todas as enzimas: a enzima forma um complexo com o substrato, a reação desenvolve-se e obtém-se o (s) produto (s). A equação

geral do processo descrito pode ser representada assim:



E é nesse ponto que devemos destacar mais uma característica que faz das enzimas moléculas tão interessantes: elas apresentam **especificidade** notável diante dos substratos e produtos. Esta especificidade é muito maior que a da maioria dos catalisadores químicos. Isso quer dizer que uma dada enzima catalisa uma única reação das várias que um único substrato pode sofrer. Essa especificidade é determinada estreita relação que existe entre a estrutura da molécula enzimática e suas propriedades biológicas: provavelmente, apenas uma fração (denominada *sítio ativo*) da molécula é responsável pela ligação da enzima ao (s) substrato (s). Diante disso, Emil Fischer propôs, em 1894, a **hipótese da chave e fechadura**, que diz que a especificidade de uma enzima (fechadura) e do seu substrato (chave) provém da complementaridade das respectivas formas.



10-PRINCIPAIS TIPOS DE ÁCIDOS NUCLEÍCOS

Um ácido nucleico tem a capacidade de guardar informações, de replicação, de gerar diversificação de atividades numa célula, de catalisar, de unir gerações pelo processo de hereditariedade e de dirigir a síntese de outras macromoléculas (proteínas).

O RNA foi provavelmente o primeiro tipo de ácido nucleico a surgir na natureza. Sua estrutura mais simples, a diversidade de tipos, a capacidade de autorreplicação, a ação catalítica encontrada em certos RNA aponta para a condição de molécula hereditária primordial.

O DNA foi na verdade uma criação do RNA de algumas células primitivas que ganharam com isso maior estabilidade e durabilidade do seu material em dupla hélice.

Com essa nova invenção das células era possível aumentar consideravelmente o tamanho dos ácidos nucleicos e assim, estocar mais informações e a partir daí desencadear a síntese de um maior arsenal de proteínas que tornou o metabolismo celular mais complexo, diversificado e consequente eficiência no seu funcionamento.

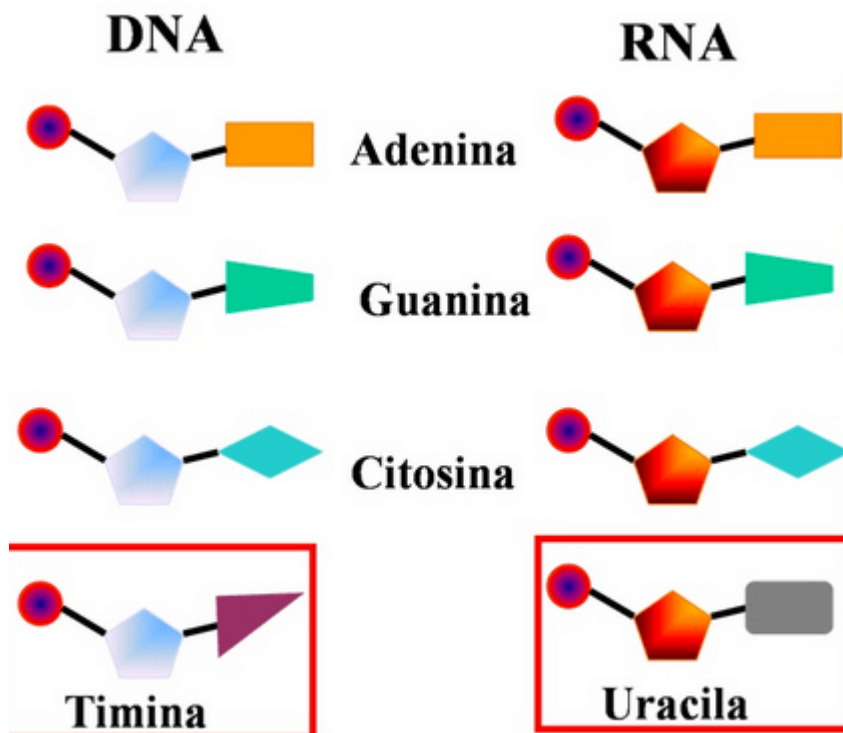
Embora a ordem de surgimento das moléculas informacionais tenha sido: RNA $\Rightarrow$ DNA $\Rightarrow$ PROTEÍNA, sabemos que as células modernas transferem a informação biológica da forma: DNA $\Rightarrow$ RNA $\Rightarrow$ PROTEÍNAS. Essa sequência de eventos é considerada o DOGMA CENTRAL DA BIOLOGIA MOLECULAR

Ácidos nucleicos

Paralelamente à investigação dos mistérios dos átomos por parte dos físicos, os bioquímicos e os especialistas em genética aprofundaram-se nos segredos da matéria viva até descobrirem que a atividade desta é regida por moléculas extraordinariamente complexas em sua estrutura e notáveis por suas propriedades: os ácidos nucleicos, que constituem a base da herança biológica.

Os ácidos nucleicos são as substâncias responsáveis pela transmissão da herança biológica: as moléculas que regem a atividade da matéria viva, tanto no espaço (coordenando e dirigindo

a química celular por meio da síntese de proteínas) como no tempo (transmitindo os caracteres biológicos de uma geração a outra, nos processos reprodutivos).



Composição e natureza química

Já no segundo quartel do século XIX o cientista suíço Friedrich Miescher isolou uma substância procedente dos núcleos celulares, à qual chamou nucleína, que passou a ser chamada mais tarde de ácido nucleico, por seu forte grau de acidez.

Mas só quando já ia avançado o século XX demonstrou-se que essa substância era na realidade o suporte da herança dos caracteres nos seres vivos. Em 1944, as experiências de Oswald Theodore Avery, Colin M. MacLeod e Maclyn McCarty determinaram que um dos ácidos nucleicos, o ADN ou ácido desoxirribonucleico, podia transferir uma característica biológica de uma bactéria (no caso, um pneumococo) para outra, característica ausente antes da transmissão.

Em 1954, James Dewey Watson e Francis Harry Compton Crick propuseram a estrutura de dupla hélice para explicar a disposição dos átomos na molécula de ADN. No começo da década de 1960, os franceses François Jacob e Jacques Monod postularam o possível papel

de outro ácido nucleico, o chamado ácido ribonucleico mensageiro (ARNm), na célula, como transmissor e executor das instruções contidas no ADN.

Os ácidos nucleicos são moléculas longas e complexas, de elevado peso molecular, constituídas por cadeias de unidades denominadas mononucleotídeos. Estes se compõem de um carboidrato ou açúcar de cinco átomos de carbono (uma pentose), de estrutura cíclica pentagonal, ao qual se une por um de seus extremos uma molécula de ácido fosfórico e, por outro, uma base nitrogenada também de estrutura fechada, seja púrica (que tem dois anéis com vários átomos de nitrogênio unidos ao esqueleto carbonado), seja pirimidínica (que consta de um só anel hexagonal no qual se inserem átomos de nitrogênio, oxigênio e, em alguns casos, um radical metila, $-CH_3$).

Os componentes variáveis nos mononucleotídeos são as bases, das quais há cinco tipos possíveis — duas púricas, a adenina e a guanina, e três pirimidínicas, a citosina, a uracila e a timina —, e nessa variabilidade reside o caráter “informativo” dos ácidos nucleicos e sua funcionalidade como moléculas codificadoras de informação biológica.

O açúcar ou pentose pode ser de duas classes: em forma de ribose desoxigenada ou desoxirribose, que é a que constitui o esqueleto do ADN, ou, em sua variedade normal, conhecida simplesmente como ribose, própria do ARN. No primeiro caso, originam-se desoxirribonucleotídeos; no segundo, ribonucleotídeos.

Os mononucleotídeos se unem entre si para compor, como já foi dito, longas cadeias de centenas ou milhares de unidades que se dispõem em forma de estruturas filamentosas helicoidais, de dupla hélice no caso de ADN e de hélice simples no ARN.

A borda de cada hélice é integrada pelas pentoses, que se engancham umas nas outras através dos restos de ácido fosfórico, enquanto o contato entre uma hélice e outra se efetua pelo estabelecimento de enlaces por parte das bases nitrogenadas, obedecendo a determinadas leis bioquímicas.

Cada enlace é, pois, o resultado da interação de um par de bases, cada uma das quais correspondente a uma das hélices. O acoplamento das bases não é arbitrário e atende a exigências espaciais, químicas e estruturais muito precisas. Sempre se emparelham uma base púrica e uma pirimidínica: a adenina sempre com a timina ou uracila, e a guanina com a

citosina.

Estrutura e função genética

A sequência dos ácidos nucleicos é específica e característica de cada ser vivo. Em tal sequência radicam-se em suma a individualidade e as diferenças existentes entre os organismos. As cinco bases, combinadas em todas as sequências imagináveis, com ou sem repetições e sem limite teórico de extensão, dão lugar a uma série infinita de distintas cadeias possíveis.

As cadeias são representadas pelas iniciais maiúsculas de cada base na ordem de sequência característica; por exemplo: AATCAGCTTTACGC. Logicamente, essa representação corresponde a uma das hélices; a da outra hélice será complementar, levando-se em conta os emparelhamentos antes indicados (adenina, A, com timina, T, e guanina, G, com citosina, C, no que se refere a ADN). Assim no exemplo proposto, a complementar seria TTAGTCGAAATGCG.

A composição anteriormente detalhada é universal e válida para todos os seres vivos, desde o vírus até o homem, o que reflete um fato importante: a unidade básica da estrutura da vida na Terra. Nos vírus, o ácido nucleico situa-se no interior, protegido por um invólucro proteico.

Nos organismos unicelulares, ou seja, que não dispõem de núcleo ou que o apresentam difuso, sem membrana nuclear, caso das bactérias, o ADN forma uma única estrutura circular que constitui o cromossomo bacteriano.

Nos eucariontes, que já dispõem de núcleo protegido por invólucro próprio, como as plantas e animais, o ADN encontra-se encerrado no núcleo como uma substância difusa, na qual há também certas proteínas básicas chamadas histonas: é o que se conhece como cromatina.

Antes de ocorrer a divisão celular, a cromatina fragmenta-se numa série de unidades ou cromossomos, cujo número é constante para cada espécie. Em tais cromossomos acham-se os genes, conjuntos mais ou menos grandes de nucleotídeos dispostos segundo uma sequência dada, que codificam a informação precisa para um determinado caráter biológico.

Ácido desoxirribonucleico

O ADN, ácido desoxirribonucleico, é formado pela pentose desoxirribose, o ácido fosfórico e as bases citosina, timina, adenina e guanina. É a substância responsável pela herança biológica de todos os seres vivos, à exceção de muitos vírus, nos quais esse papel é representado pelo ARN.

No período denominado interfase, imediatamente anterior à divisão celular, o ADN experimenta o processo de autoduplicação, ou seja: suas moléculas duplicam-se, de modo que mais tarde, ao formarem-se as duas hélices-filhas a partir de uma única célula-mãe, cada uma delas possa receber a totalidade do material genético. Na autoduplicação, a dupla hélice se abre e cada um dos dois filamentos que a compõem se separa e se sintetiza, graças à intervenção de diferentes enzimas, o filamento complementar.

Ácido ribonucleico

O ARN é o ácido ribonucleico, constituído pela pentose ribose, o ácido fosfórico e as bases citosina, uracila (esta ausente do ADN), adenina e guanina. Compõe-se de uma só cadeia helicoidal e apresenta três classes, cada uma das quais cumpre uma função específica na célula: o chamado ARN mensageiro (ARNm), sintetizado pela ação de diversas enzimas a partir de um filamento de ADN que lhe serve de guia, no processo conhecido como transcrição; o ARN ribossômico, componente essencial, junto com as proteínas, dos orgânulos celulares chamados ribossomas; e o ARN de transferência, que translada os diversos aminoácidos (unidades estruturais das proteínas) até onde se está sintetizando uma molécula proteica, sob a direção de um ARNm, e os insere no ponto exato para obter a sequência exata, no processo denominado tradução.

Síntese de proteínas

A síntese de proteínas ou tradução é o processo em função do qual se formam as sequências de aminoácidos que constituem as proteínas, a partir de uma sequência correlativa expressa pelo ARN mensageiro, numa linguagem de bases nitrogenadas. Assim, de um fragmento de ADN dado, que contém a informação precisa para que se forme uma proteína concreta, obtém-se uma cópia, a qual é o ARNm que guiará diretamente o processo de tradução. Ao ARNm unem-se vários ribossomas que, ao se deslocarem, efetuarão um autêntico processo de “leitura química”.

Cada grupo de três bases do ARNm — por exemplo GCC — corresponde na linguagem nucleotídica a um aminoácido dado, neste caso a alanina. O ribossoma reconhece por meios químicos o caráter desse trio (designado em genética como códon) e um ARN de transferência leva até ele o aminoácido alanina. Vai-se formando assim, pouco a pouco, a sequência que dará lugar à proteína. Cada aminoácido tem sua codificação correspondente, em geral de vários códonos, também há trios que indicam o sinal de terminação.

O código genético representa, pois, na escala molecular, uma autêntica linguagem, da qual a célula se serve para crescer e reproduzir-se, o que é possível graças aos ácidos nucleicos.

Conclusão

As matérias vivas contêm quatro tipos básicos de substância orgânica: proteínas, glicídios, lipídios e ácidos nucleicos.

Todas as formas de vida possuem os chamados ácidos nucleicos. Esses ácidos têm esse nome por terem sido descobertos em primeiro lugar no núcleo das células. Segundo o biólogo José Mariano Amabis, professor do Departamento de Biologia do Instituto de Biociências da USP, em São Paulo, os ácidos nucleicos são as maiores e as mais importantes moléculas orgânicas. Essas moléculas se encontram presentes em todas as formas de vida, desde vírus até mamíferos, e não são uma particularidade dos seres humanos.

Há dois tipos identificados de ácidos nucleicos, que são:

O DNA (que significa, em inglês, DesoxirriboNucleic Acid, ou ácido desoxirribonucleico). Ele tem esse nome porque o açúcar que o forma é a desoxirribose.

E o RNA (que significa, em inglês, RiboNucleic Acid, ou ácido ribonucleico). O nome vem do açúcar que o compõe, que é a ribose.

Depois de terem desvendado boa parte dos mistérios e do mecanismo desses ácidos, em particular o DNA, os cientistas puderam então começar a entender o funcionamento da vida e da perpetuação das espécies. A corrida às pesquisas começou a atrair a curiosidade da população leiga quando foi dada a informação de que, a partir do DNA, era possível se fazer inclusive investigação de paternidade.

11-CLASSIFICAÇÃO E ESTRUTURA DOS CARBOIDRATOS

Os carboidratos são moléculas formadas por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio. Essas moléculas também são chamadas de hidratos de carbono, glicídios ou sacarídeos.

Os vegetais e as algas produzem glicose na fotossíntese a partir de gás carbônico (CO_2), água (H_2O) e energia luminosa. A glicose produzida na fotossíntese pode ser utilizada como fonte de energia na respiração celular ou ser armazenada na forma de amido nos caules e nas raízes dos vegetais ou ainda ser utilizada na formação de celulose presente na parede celular dos vegetais e das algas.

Os carboidratos são classificados, de acordo com sua estrutura molecular, em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos.

Os monossacarídeos

Os monossacarídeos são carboidratos simples que possuem fórmula geral $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$, em que o valor de n varia entre 3 e 7. O nome dos monossacarídeos é dado pelo valor de n .

n	Nome do monossacarídeo
3	Trioses
4	Tetroses
5	Pentoses
6	Hexoses
7	Heptoses

Os mais abundantes são as hexoses, com fórmula geral $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, como a glicose, a frutose e a galactose. Esses carboidratos são utilizados como fonte de energia na respiração celular. A glicose, além de função energética, também é a unidade de formação de carboidratos mais

complexos.

As pentoses, como desoxirribose e ribose, possuem papel estrutural, pois são componentes das moléculas dos ácidos nucleicos DNA e RNA, respectivamente.

Os oligossacarídeos

São carboidratos formados pela união de 2 até 10 unidades de monossacarídeos. Os mais abundantes, na natureza, são os dissacarídeos, formados pela união de dois monossacarídeos.

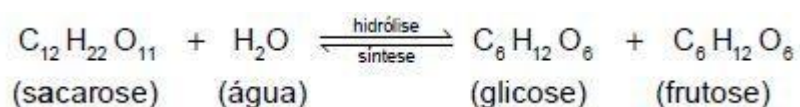
Os dissacarídeos mais comuns são a sacarose, a maltose e a lactose. A sacarose (açúcar da cana ou da beterraba) é constituída por uma molécula de glicose ligada a uma frutose. A maltose dos cereais é um dissacarídeo formado por duas moléculas de glicose. A lactose é encontrada no leite e resulta da união de uma glicose com uma galactose.

A tabela a seguir resume as informações sobre os dissacarídeos citados:

Dissacarídeo	Unidades formadoras	Fonte	Papel biológico
Sacarose	Glicose + frutose	Cana e beterraba	Energético
Maltose	Glicose + glicose	Cereais	Energético
Lactose	Glicose + galactose	Leite	Energético

A sacarose é o açúcar comum em nossas casas e está presente em nossa alimentação nos doces, sucos, refrigerantes, bolos, pães, entre outros produtos industrializados ou caseiros.

O aproveitamento da sacarose pela célula de qualquer organismo só é possível após sua digestão por ação enzimática. O esquema a seguir mostra os mecanismos de transformações da sacarose.



Os polissacarídeos

Os seres vivos podem formar cadeias com dezenas de moléculas de glicose. Esses carboidratos são os polissacarídeos, nos quais as moléculas de glicose estão unidas umas às outras por meio de ligações glicosídicas.

Ao contrário dos monossacarídeos e dos dissacarídeos, os polissacarídeos são, geralmente, insolúveis.

De acordo com suas funções biológicas, são classificados em:

Polissacarídeos energéticos de reserva – São formas de armazenamento da glicose. Nos vegetais, o amido é a principal forma de armazenamento: nas sementes, como no arroz; nas raízes, como na mandioca; ou no caule, como na batatinha. Nos animais, é armazenado na forma de glicogênio nas células do fígado e nas células musculares.

Polissacarídeos estruturais – Alguns polissacarídeos participam da manutenção da estrutura dos seres vivos, como o esqueleto. Os mais importantes são a celulose e a quitina.

A quitina é um polissacarídeo rígido e resistente que contém átomos de nitrogênio na molécula. Constitui o esqueleto externo dos insetos, dos crustáceos e das aranhas.

A celulose forma a parede celular das células vegetais. É um polissacarídeo muito abundante na biosfera.

A celulose, rica em glicose, para ser aproveitada pelos seres vivos deve ser digerida e transformada em unidades de glicose. Nos seres humanos, isso não ocorre, pois não temos a enzima celulase, mas a celulose é importante para retenção de água nas fezes e o bom funcionamento do intestino. Animais, como os ruminantes, possuem em seu sistema digestório microrganismos como bactérias, que digerem a celulose. Os cupins podem aproveitar a celulose da madeira por terem protozoários produtores de celulase em seu intestino.

O quadro a seguir resume informações importantes sobre os polissacarídeos.

Polissacarídeos	Unidades formadoras	Fonte	Papel biológico
Amido	Glicose	Raízes (mandioca) e caule (batatinha)	Reserva energética vegetal
Glicogênio	Glicose	Músculo e fígado	Reserva energética animal
Celulose	Glicose	Células vegetais	Formação da parede celular

12-LIPÍDIOS

Os **lipídios** ou **gorduras** são moléculas orgânicas insolúveis em água e solúveis em certas substâncias orgânicas, tais como álcool, éter e acetona.

Também chamados lípidos ou lipídeos, essas biomoléculas são compostas por carbono, oxigênio e hidrogênio.

Podem ser encontrados em alimentos de origem vegetal e de origem animal e seu consumo deve ser feito de forma equilibrada.

Funções dos Lipídios

Os lipídios apresentam funções importantes para o organismo, confira a seguir:

- **Reserva de energia:** utilizada pelo organismo em momentos de necessidade, e está presente em animais e vegetais;
- **Isolante térmico:** nos animais as células gordurosas formam uma camada que atua na manutenção na temperatura corporal, sendo fundamental para animais que vivem em climas frios;
- **Ácidos graxos:** estão presentes nos óleos vegetais extraídos de sementes, como as de soja, de girassol, de canola e de milho, que são usados na síntese de moléculas orgânicas e das membranas celulares.
- **Absorção de vitaminas:** auxiliam a absorção das vitaminas A, D, E e K que são lipossolúveis e se dissolvem nos óleos. Como essas moléculas não são produzidas no corpo humano é importante o consumo desses óleos na alimentação.

Estrutura dos Lipídios

Os lipídios são ésteres, isso quer dizer que são compostos por uma molécula de ácido (ácido graxo) e uma de álcool (glicerol ou outro).

São **insolúveis em água** porque suas moléculas são apolares, ou seja, não têm carga elétrica e por esse motivo não possuem afinidade pelas moléculas polares da água.

Tipos de Lipídios e Exemplos

Carotenoides

São pigmentos alaranjados presentes nas células de todas as plantas que participam na

fotossíntese junto com a clorofila, porém desempenha papel acessório.

Um exemplo de fonte de caroteno é a cenoura, que ao ser ingerida, essa substância se torna precursora da vitamina A, fundamental para a boa visão.

Os carotenoides também trazem benefícios para o sistema imunológico e atuam como anti-inflamatório.

Ceras

Estão presentes nas superfícies das folhas de plantas, no corpo de alguns insetos, nas ceras de abelhas e até mesmo aquela que há dentro do ouvido humano.

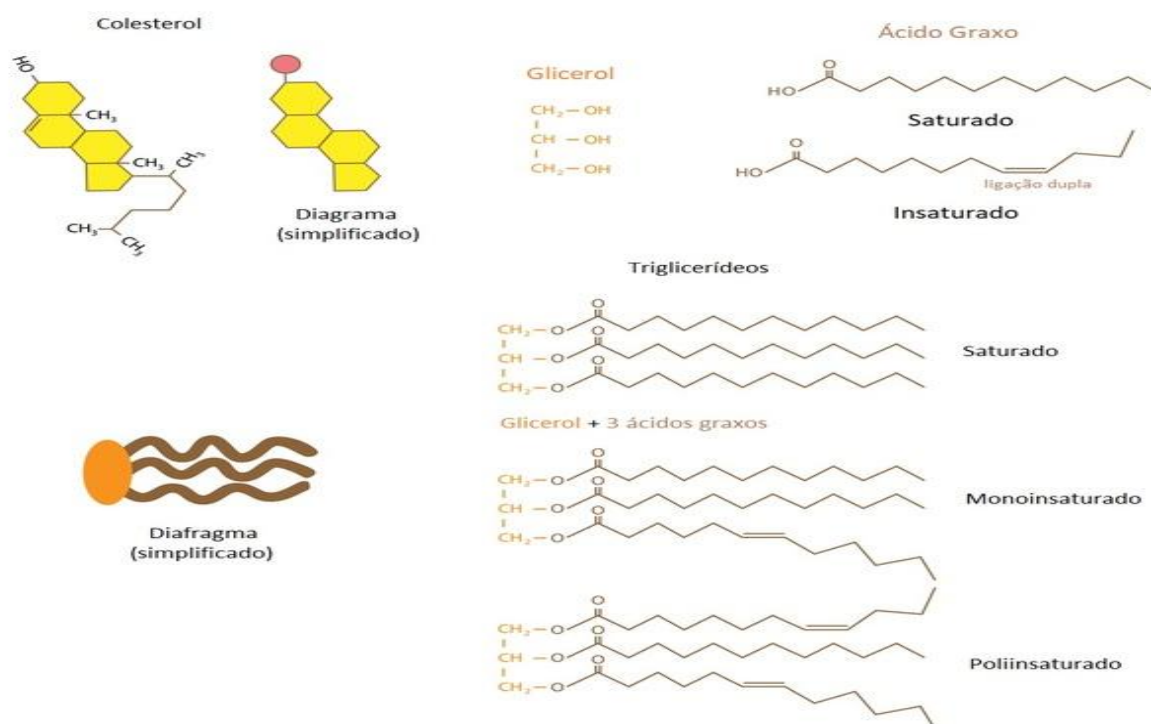
Esse tipo de lipídeo é altamente insolúvel e evita a perda de água por transpiração. São constituídas por uma molécula de álcool (diferente do glicerol) e 1 ou mais ácidos graxos.

Fosfolipídios

São os principais componentes das **membranas das células**, é um glicerídeo (um glicerol unido a ácidos graxos) combinado com um fosfato.

Glicerídeos

Podem ter de 1 a 3 ácidos graxos unidos a uma molécula de glicerol (um álcool, com 3 carbonos unidos a hidroxilas-OH). O exemplo mais conhecido é o **triglicerídeo**, que é composto por três moléculas de ácidos graxos.

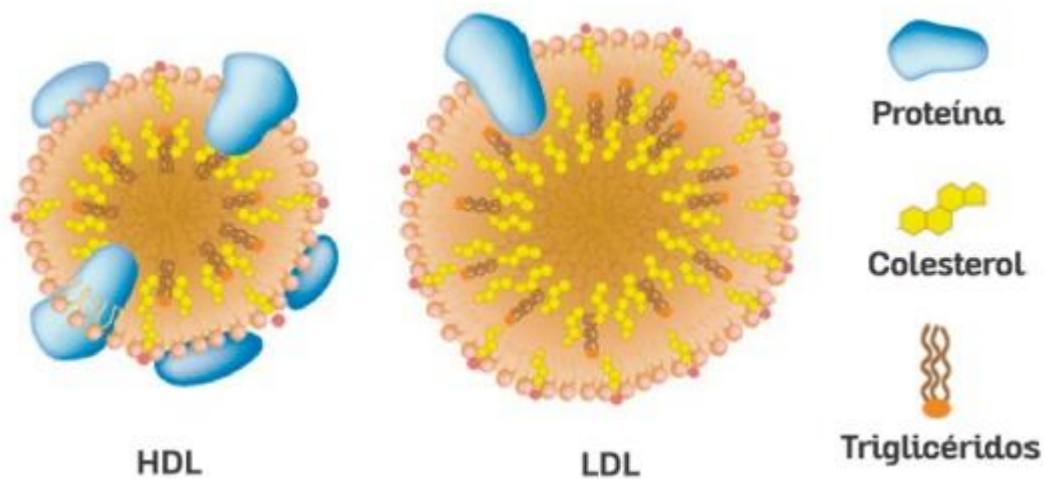


Representação da estrutura da molécula de colesterol e do triglicerídio.

Esteroides

São compostos por 4 anéis de carbonos interligados, unidos a hidroxilas, oxigênio e cadeias carbônicas.

Como exemplos de esteroides, podemos citar os hormônios sexuais masculinos (testosterona), os hormônios sexuais femininos (progesterona e estrogênio), outros hormônios presentes no corpo e o colesterol.



Esquema representando a estrutura das lipoproteínas HDL e LDL.

As moléculas de colesterol associam-se às proteínas sanguíneas (apoproteínas), formando as lipoproteínas HDL ou LDL, que são responsáveis pelo transporte dos esteroides.

As lipoproteínas LDL carregam o colesterol, que se for consumido em excesso se acumula no sangue. Já as lipoproteínas HDL retiram o excesso de colesterol do sangue e levam até o fígado, onde será metabolizado. Por fazer esse papel de "limpeza" as HDL são chamadas de **bom colesterol**.

Alimentos ricos em lipídios



A ingestão de lipídios é fundamental, pois ele traz diversos benefícios para a saúde auxiliando no funcionamento do organismo. Os alimentos ricos em lipídios podem ser de origem animal e vegetal.

Os alimentos de origem animal fontes de lipídios são:

- Carnes vermelhas
- Peixes
- Ovos
- Leite
- Manteiga

Os alimentos de origem vegetal fontes de lipídios são:

- Coco
- Abacate
- Oleaginosas como castanhas, nozes, amêndoas e gergelim
- Azeite de oliva

13-VISÃO GERAL DO METABOLISMO

O que está acontecendo no seu corpo nesse exato momento? Sua primeira resposta poderia ser que você está com fome ou que seus músculos estão doloridos de uma corrida ou que você está cansado. Mas, vamos aprofundar um pouco mais, além da camada da sua consciência e analisando o que está acontecendo nas suas células.

Se você pudesse olhar dentro de qualquer célula de seu corpo, descobriria que está em intensa atividade, mais semelhante com um mercado de rua do que com um ambiente calmo. Esteja acordado ou dormindo, correndo ou assistindo TV, a energia está sendo constantemente transformada dentro das suas células, mudando conforme as reações químicas vão acontecendo para manter seu corpo vivo e funcionando.

Visão geral do metabolismo

As células estão constantemente realizando milhares de reações químicas necessárias para manter as células, e seu corpo como um todo, vivos e saudáveis. Essas reações químicas estão geralmente conectadas em cadeias ou vias. Todas as reações químicas que ocorrem dentro de uma célula são coletivamente chamadas de **metabolismo** da célula.

Para ter uma ideia da complexidade do metabolismo vamos olhar o diagrama metabólico abaixo. Para mim, essa bagunça de linhas parece um mapa de um sistema de metrô muito grande ou uma complexa placa de circuito. Na verdade, é o diagrama das principais vias metabólicas de uma célula eucariótica, como as que formam o corpo humano. Cada linha é uma reação e cada círculo é um reagente ou produto

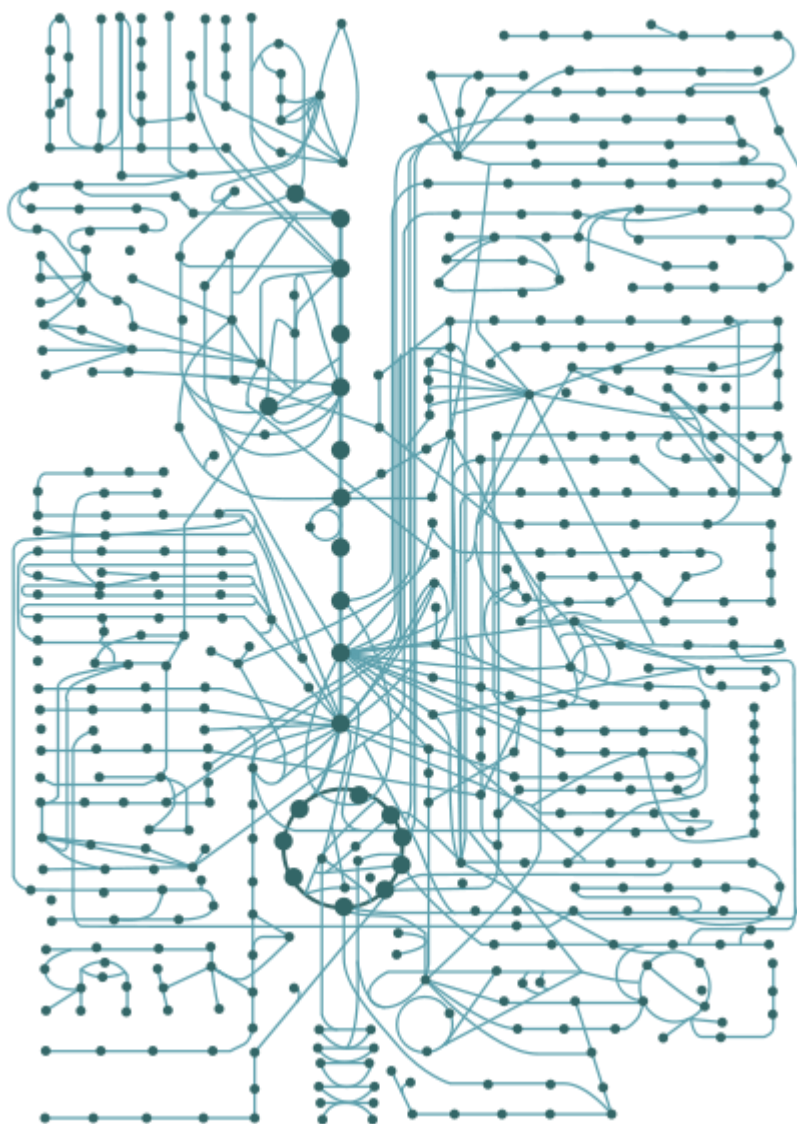


Diagrama abstrato representando redes metabólicas eucarióticas essenciais. O principal objetivo do diagrama é indicar que o metabolismo é complexo e altamente interligado, com diversas vias que se alimentam umas das outras.

Crédito da imagem: "Metabolism diagram," de Zlir'a (domínio público).

Na rede metabólica da célula, algumas das reações químicas liberam energia e podem acontecer espontaneamente (sem inserção de energia). No entanto, outras precisam de energia adicional para serem realizadas. Assim como você continuamente deve comer alimentos para substituir o que seu corpo usa, as células precisam de um fluxo contínuo de energia para alimentar suas reações químicas que requerem energia. Na verdade, o alimento que você come é a fonte de energia utilizada por suas células!

Para tornar a ideia de metabolismo mais concreta , vamos olhar dois processos metabólicos que são essenciais para a vida na Terra: os que produzem açúcares e os que quebram os açúcares.

Quebrando a glicose: respiração celular

Como um exemplo de uma via de liberação de energia, vamos ver como uma de suas células pode quebrar uma molécula de açúcar (como de um doce que você comeu de sobremesa).

Muitas células, incluindo a maioria das células no seu corpo, obtêm energia da glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, start subscript, 6, end subscript, H, start subscript, 12, end subscript, O, start subscript, 6, end subscript) em um processo chamado de respiração celular. Durante esse processo, uma molécula de glicose é quebrada gradualmente, em vários passos. Contudo, o processo possui uma reação geral:

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, start subscript, 6, end subscript, H, start subscript, 12, end subscript, O, start subscript, 6, end subscript + 6 O_2 , O, start subscript, 2, end subscript $\rightarrow\rightarrow$ 6 CO_2 , C, O, start subscript, 2, end subscript + 6 H_2O , H, start subscript, 2, end subscript, O + energia energiae, n, e, r, g, i, a

A quebra da glicose libera energia, a qual é capturada pela célula na forma de **adenosina trifosfato**, ou **ATP**. O ATP é uma pequena molécula que permite que as células armazenem energia de uma maneira conveniente e breve.

Uma vez produzido, o ATP pode ser usado por outras reações na célula como fonte de energia. Assim como os seres humanos usam o dinheiro por ser mais fácil do que fazer escambo cada vez que precisamos de algo, as células usam o ATP como uma maneira padronizada para transferência de energia. Devido a isso, o ATP é por vezes descrito como a "moeda energética" da célula.

Produzindo glicose: Fotossíntese

Como exemplo de uma via metabólica que requer energia, vamos inverter o último exemplo e ver como a molécula de açúcar é construída.

Açúcares como a glicose são produzidos por plantas em um processo chamado fotossíntese. Na fotossíntese, as plantas usam a energia da luz solar para transformar o gás dióxido de carbono em moléculas de açúcar. A fotossíntese ocorre em várias pequenas etapas, mas sua reação geral é a reação da respiração celular invertida:

$$6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} + \text{energia} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$$

6, O, start subscript, 2, end subscript + 6 \text{ H}_2\text{O} 6H2O6, H, start subscript, 2, end subscript, O + \text{energia}energiae, n, e, r, g, i, a →→ \text{ C}_6\text{ H}_{12}\text{ O}_6C6H12O6C, start subscript, 6, end subscript, H, start subscript, 12, end subscript, O, start subscript, 6, end subscript + 6\text{ O}_26, O, start subscript, 2, end subscript

Como nós, as plantas precisam de energia para efetuar seus processos celulares, então alguns dos açúcares são utilizados pela própria planta. Eles também podem ser fonte de alimento para animais que comem a planta, como o esquilo abaixo. Em ambos os casos, a glicose será quebrada através da respiração celular, gerando ATP para manter o funcionamento das células.



Esquerda: imagem de uma árvore carregada de bolotas. Direita: imagem de um esquilo alimentando-se de uma bolota.

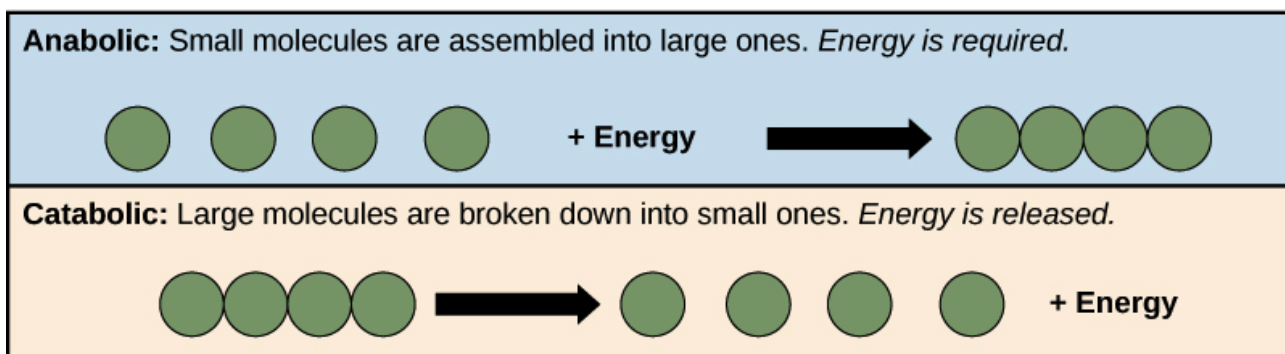
Crédito da imagem: OpenStax Biology. "Acorn," adaptado do trabalho de Noel Reynolds; "Squirrel," adaptado do trabalho de Dawn Huczek.

Vias anabólicas e catabólicas

Os processos de produzir e quebrar moléculas de glicose são ambos exemplos de vias metabólicas. Uma **via metabólica** é uma série de reações químicas conectadas que alimentam uma a outra. A via começa com uma ou mais moléculas e, através de uma série de intermediários, converte-as em produtos.

As vias metabólicas podem ser divididas em duas amplas categorias, com base em seus efeitos. Fotossíntese, que produz açúcares a partir de moléculas menores, é uma via de "construção" ou **anabólica**. Em contraste, a respiração celular quebra o açúcar em moléculas menores e é uma via de "quebra" ou **catabólica**.

Metabolic pathways



Via anabólica: pequenas moléculas são reunidas em moléculas maiores. Normalmente, energia é necessária.

Via catabólica: grandes moléculas são quebradas em moléculas menores. Normalmente, a energia é liberada.

Figura: OpenStax Biology.

Vias anabólicas constroem moléculas complexas a partir de moléculas mais simples e tipicamente precisam de energia. Produzir glicose a partir de dióxido de carbono é um exemplo. Outros exemplos incluem a síntese de proteínas a partir de aminoácidos ou de cadeias de DNA a partir de ácido nucleico (nucleotídeos). Esses

processos biossintéticos são críticos para a vida da célula e ocorrem constantemente, usando energia carregada pelo ATP e outras moléculas de armazenamento de energia de curto prazo.

Vias catabólicas envolvem a quebra de moléculas complexas em moléculas mais simples e tipicamente liberam energia. A energia armazenada nas ligações dessas moléculas complexas, como glicose e gorduras, é liberada nas vias catabólicas. Essa energia é, então, armazenada em formas que podem impulsionar o trabalho das células (como através da síntese de ATP).

[Precisa de um mnemônico para anabólico e catabólico?]

Uma nota final, mas importante: as reações químicas em vias metabólicas não ocorrem automaticamente, sem um guia. Na verdade, cada reação em uma via é facilitada ou catalizada por uma proteína, chamada de **enzima**. Você pode aprender mais sobre enzimas e como elas controlam as reações bioquímicas no tópico enzimas.

14-GLICÓLISE

Glicólise (do grego antigo "γλυκύς" (*glykys*), adocicado e "λύσις" (*lysis*), quebra, degradação) é uma sequência metabólica composta por um conjunto de dez reações catalisadas por enzimas livres no citosol, na qual a glicose é oxidada produzindo duas moléculas de piruvato, duas moléculas de ATP e dois equivalentes reduzidos de NADH^+ , que serão introduzidos na cadeia respiratória ou na fermentação.^[1] A glicólise é uma das principais rotas para geração de ATP nas células e está presente em todos os tipos de tecidos.

A importância da glicólise em nossa economia energética é relacionada com a disponibilidade de glicose no sangue, assim como com a habilidade da glicose gerar ATP tanto na presença quanto na ausência de oxigênio. A glicose é o principal carboidrato em nossa dieta e é o açúcar que circula no sangue para assegurar que todas as células tenham suporte energético contínuo. O cérebro utiliza quase exclusivamente glicose como combustível. A oxidação de glicose a piruvato gera ATP pela fosforilação (a transferência de fosfato de intermediários de alta energia da via do ADP) a nível de substrato e NADH. Subsequentemente, piruvato pode ser oxidado a CO_2 no ciclo de Krebs e ATP gerado pela transferência de elétrons ao oxigênio na fosforilação oxidativa. Entretanto, se o piruvato e o NADH gerados na glicólise forem convertidos a lactato (glicólise anaeróbica), ATP pode ser gerado na ausência de oxigênio, através da fosforilação a nível de substrato.

A glicose tem sua importância também por ser fonte de energia para todos os tipos de células de mamíferos, além de ser fonte exclusiva de energia para as hemácias. O eritrócito maduro não apresenta mitocôndrias, sendo assim obtêm sua energia a partir da glicose por duas principais vias: via glicolítica anaeróbia (Embden-Meyerhof) que envolve 90% da degradação da glicose até lactato, e a via das pentoses fosfato ou derivação da hexose monofosfato, ou ainda via do fosfogliconato

A glicólise é uma rota central quase universal do catabolismo da glicose, a rota com o maior fluxo de carbono na maioria das células. A quebra glicolítica de glicose é a única fonte de energia metabólica em alguns tecidos de mamíferos e tipos celulares

(hemácias, medula renal, cérebro e esperma, por exemplo). Alguns tecidos de plantas que são diferenciados para armazenar amido (como os tubérculos da batata) e algumas plantas aquáticas derivam a maior parte de sua energia da glicólise; muitos micro-organismos anaeróbicos são inteiramente dependentes da glicólise.^[1]

Fermentação é um termo geral para a degradação anaeróbica de glicose (glicólise anaeróbica) ou outros nutrientes orgânicos para obtenção de energia, conservada como ATP. Os organismos primitivos se originaram num mundo cuja atmosfera carecia de O₂ e, por isto, a glicólise é considerada a mecanismo biológico mais primitivo para obtenção de energia a partir de moléculas orgânicas, presente em todas as formas de vida atuais. No curso da evolução, a química dessa sequência de reações foi completamente conservada; as enzimas glicolíticas dos vertebrados são intimamente similares, na sequência de aminoácidos e na estrutura tridimensional, a seus homólogos nas leveduras e no espinafre. A glicólise difere entre as espécies apenas em detalhes de sua regulação e no destino metabólico subsequente do piruvato formado. Os princípios termodinâmicos e os tipos de mecanismos regulatórios que governam a glicólise são comuns a todas as rotas de metabolismo celular. O estudo da glicólise pode, portanto, servir como modelo para muitos aspectos das rotas metabólicas.^[1] A glicólise nas células procariontes ocorre no citoplasma e nas eucariontes ocorre no citosol.

A mais comum e conhecida forma de glicólise é a rota de Embden-Meyerhof, que foi inicialmente elucidada por Gustav Embden e Otto Meyerhof. O termo glicólise pode significar também outras rotas metabólicas, como a de Entner-Doudoroff. Entretanto, o resto desse artigo usará o termo glicólise para explicar a via metabólica mais comum pela qual ocorre: a rota de Embden-Meyerhof.

A quebra dos seis carbonos da glicose em duas moléculas de piruvato com três carbonos ocorre em dez passos; os primeiros cinco dos quais constituem a *fase preparatória* (fase de investimento) e os cinco seguintes, a *fase de geração de ATP* (fase de rendimento).^{[1][2]}

Fase 1: Preparação, regulação e gasto de energia

Na fase inicial preparatória da glicólise (fase de investimento), a glicose é fosforilada duas vezes por ATP e clivada em duas trioses fosfato.^[2] Nesta fase, a célula gasta duas moléculas de ATP, o catião Mg²⁺ é indispensável para as reações, e

processam-se cinco reações bioquímicas. Nenhuma energia é armazenada, pelo contrário, duas moléculas de ATP são investidas nas reações de fosforilação.^[1]

Reação 1: hexocinase

Na primeira reação, a glicose que entra nos tecidos é fosforilada no grupo hidroxila em C6, com o gasto energético de uma molécula de ATP, dando origem a glicose-6-fosfato e ADP.^[1] Essa reação, catalisada pela enzima hexocinase, é irreversível sob condições fisiológicas devido a seu ΔG° altamente negativo.^[2] Trata-se de um dos três passos que regulam a glicólise. A fosforilação da glicose na primeira reação impede que esta saia da célula novamente (a glicólise realiza-se no citosol da célula). Ao adicionar um grupo fosfato à glicose, ela se torna uma molécula carregada negativamente e é impossível atravessar passivamente a membrana celular, mantendo-a aprisionada dentro da célula.

Glicose-6-fosfato é um ponto de ramificação no metabolismo de carboidratos. Ela é um precursor para quase todas as rotas que utilizam a glicose, incluindo glicólise, via da pentose fosfato e síntese de glicogênio. De um ponto de vista oposto, ela também pode ser gerada a partir de outras rotas do metabolismo de carboidratos, tais como glicogenólise (quebra de glicogênio), via da pentose fosfato e gliconeogênese (síntese de glicose a partir de não-carboidratos).

As hexoquinases, enzimas que catalisam a fosforilação da glicose, são uma família de isoenzimas tecido-específicas que diferem em suas propriedades cinéticas. A isoenzima encontrada no fígado e células do pâncreas tem um Km muito mais alto do que outras hexoquinases e é chamada de glicoquinase.^[2] As cinases são enzimas que catalisam a transferência de um grupo fosforil terminal do ATP para um aceptor nucleófilo. No caso da hexoquinase, o aceptor é uma hexose, normalmente D-glicose, embora a hexoquinase possa catalisar a fosforilação de outras hexoses comuns, tais como D-frutose e D-manose. A hexoquinase, como muitas outras cinases, requer Mg^{2+} para sua atividade, pois o verdadeiro substrato da enzima não é ATP^{-4} , e sim $MgATP^{-2}$.^[1] Em muitas células, parte da hexoquinase se encontra ligada a porinas na membrana mitocondrial externa, as quais dão a essas enzimas o acesso precoce ao ATP recém-sintetizado conforme ele sai da mitocôndria.^[2]

Reação 2: fosfohexose-isomerase

Na segunda reação, catalisada pela enzima glicosefosfato-isomerase (também chamada de fosfoexose isomerase), a glicose-6-fosfato, uma aldose, é convertida num processo de isomerização reversível em frutose-6-fosfato, uma cetose, assim, permitindo um sítio de entrada para a frutose da dieta na glicólise. Esta isomerização tem um papel crítico na química geral da via glicolítica, uma vez que o rearranjo dos grupos carbonil e hidroxil em C-1 e C-2 é uma preparação necessária para os próximos dois passos. A fosforilação que ocorre na reação seguinte (reação 3) requer que o grupo em C-1 seja primeiramente convertido de um carbonil para um álcool e, na reação subsequente (reação 4), a clivagem da ponte entre C-3 e C-4 pela aldolase requer um grupo carbonil em C-2.^[1]

Reação 3: fosfofrutoquinase-1(PFK1)

Na reação número 3, a célula investe outra molécula de ATP para fosforilar a frutose-6-fosfato e convertê-la em frutose-1,6-bisfosfato. Esta é também uma reação irreversível e de controle desta via metabólica, catalisada pela enzima fosfofrutocinase, que é a enzima marca-passo da glicólise. Esta etapa ocorre para deixar a molécula simétrica para a reação de clivagem na etapa seguinte.

Reação 4: aldolase

Na reação 4, a frutose-1,6-bisfosfato é clivada em duas trioses: gliceraldeído-3-fosfato e dihidroxiacetona fosfato. Esta reação é catalisada pela enzima aldolase.

Reação 5: triosefosfato isomerase

O gliceraldeído-3-fosfato e a dihidroxiacetona fosfato são isômeros facilmente interconvertíveis pela enzima triosefosfato isomerase. Ocorre então a conversão da dihidroxiacetona P em gliceraldeído 3P, a única triose que pode continuar sendo oxidada.

Fase 2: Produção de ATP e oxidação

Na fase de geração de ATP (de rendimento), gliceraldeído-3-fosfato (uma triose fosfato) é oxidado pelo NAD e fosforilada usando fosfato inorgânico. A ponte de fosfato de alta energia gerada nesta etapa é transferida ao ADP para formar ATP. O fosfato restante é também rearranjado para formar outra ponte de fosfato de alta

energia que é transferida ao ADP. Como há dois moles de triose fosfato formados, o resultado da fase de geração de ATP é de quatro ATPs e dois NADH. O resultado é uma produção global de dois moles de ATP, dois moles de NADH e dois moles de piruvato por mol de glicose.

Reação 6: Gliceraldeído 3-fosfato desidrogenase

Na primeira reação desta fase, a número 6 no seguimento da fase anterior, cada gliceraldeído-3-fosfato é oxidado (desidrogenado) pelo NAD⁺ (e o NAD⁺ passa a NADH) e fosforilado por um fosfato inorgânico, dando origem a 1,3-Bifosfoglicerato (1,3 BPG). Esta reação é catalisada pela enzima gliceraldeído 3-fosfato desidrogenase.

Reação 7: Fosfogliceratocinase

Na reação 7, catalisada pela enzima 1,3 BiP glicerato cinase, a 1,3 BPG transfere um grupo fosfato para uma molécula de ADP dando origem a uma molécula de ATP e a 3-fosfoglicerato. Esta é a primeira etapa da glicólise que *sintetiza* ATP diretamente na via.

Reação 8: Fosfogliceratomutase

Na reação 8, a enzima fosfogliceromutase reaposiciona a posição do grupo fosfato 3- Fosfoglicerato, dando origem a 2-fosfoglicerato (grupo fosfato ligado ao carbono 2), preparando o substrato para a próxima reação.

Reação 9: enolase

A reação 9 é uma reação de desidratação catalisada pela enzima enolase. O 2-fosfoglicerato é desidratado formando uma molécula de água e fosfoenolpiruvato (PEP), um composto altamente energético. Foi devido a esta configuração energética que o grupo fosfato foi transferido da posição 3 para 2 na reação anterior.

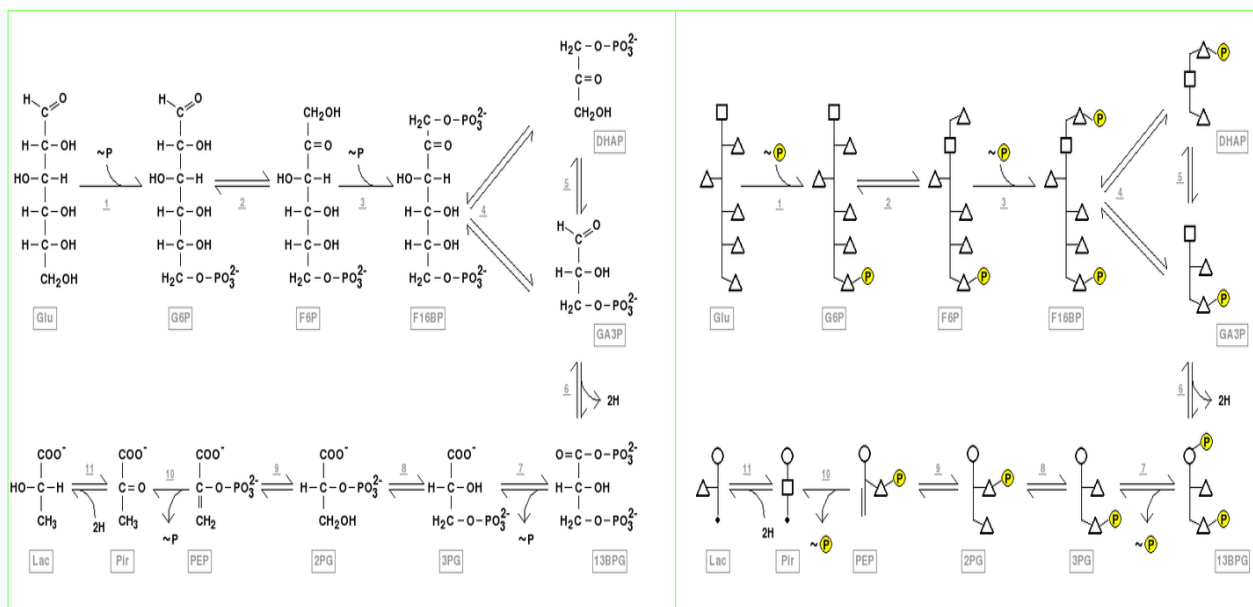
Reação 10: piruvato cinase

A reação 10, última desta via metabólica, catalisada pela enzima piruvato cinase, há transferência do grupo fosfato do fosfoenolpiruvato para uma molécula de ADP, **formando-se** então **uma molécula de ATP** e piruvato. Tendo em conta que por cada molécula de gliceraldeído-3-fosfato produz-se duas

moléculas de ATP, na glicólise são produzidos ao todo 4 ATPs e gastos 2. O saldo energético é de 2 moléculas de ATP e 2 NADH por molécula de glicose.

Estruturas dos componentes da glicólise representadas através de projeções de Fischer e do modelo poligonal

Os intermediários da glicólise apresentados utilizando projeções de Fischer mostram as mudanças químicas passo a passo. Essa imagem pode ser comparada à representação através do modelo poligonal.



Estrutura dos componentes da glicólise anaeróbica mostradas utilizando projeções de Fischer, à esquerda, e modelo poligonal, à direita. Os compostos correspondem à glicose (Glu), glicose 6-fosfato (G6P), frutose 6-fosfato (F6P), frutose 1,6-bifosfato (F16BP), dihidroxicetona fosfato (DHAP), gliceraldeído 3-fosfato (GA3P), 1,3-bifosfoglicerato (13BPG), 3-fosfoglicerato (3PG), 2-fosfoglicerato (2PG), fosfoenolpiruvato (PEP), piruvato (Pir) e lactato (Lac). As enzimas que participam dessa via metabólica estão indicadas pelos números sublinhados, e correspondem à hexoquinase (1), glicose 6-fosfato isomerase (2), fosfofrutoquinase-1 (3), frutose-bifosfato aldolase (4), triose fosfato isomerase (5), gliceraldeído 3-fosfato desidrogenase (6), fosfoglicerato quinase (7), fosfoglicerato mutase (8), fosfopiruvato hidratase (enolase) (9), piruvato quinase (10) e lactato desidrogenase (11). As coenzimas participantes (NAD^+ , $\text{NADH} + \text{H}^+$, ATP e ADP), fosfato inorgânico, H_2O e CO_2 foram omitidos nessas representações. As reações de fosforilação a partir de

ATP, assim como as reações de fosforilação do ADP na parte mais final da glicólise são mostradas como “~P”, respectivamente entrando ou saindo na via metabólica. As reações de oxirredução usando NAD^+ ou NADH são observadas como hidrogênios “2H” saindo ou entrando na via metabólica.

Após a glicólise

Ciclo de Krebs (ou ciclo do ácido cítrico)

Para o ciclo da glicose interagir com o ciclo de Krebs, há uma reação intermediária a qual transforma-se o Piruvato em Acetil-CoA. Nesta etapa, ocorre a entrada de NAD e CoA-SH . O Piruvato gerado na glicólise sofre desidrogenação (oxidação) e descarboxilação catalisado pelo complexo Piruvato desidrogenase. Durante essas reações, é adicionada a coenzima A(CoA). Desta forma, a partir de cada piruvato, produz-se um acetil-CoA. Esta etapa é fundamental, principalmente no fígado, que regula a glicemia no sangue, pois é irreversível. O piruvato, pode ser transformado novamente em glicose, através do gasto de energia, num processo chamado gliconeogênese, processo essencial para manutenção do nível mínimo de glicose no corpo, sem o qual certos tecidos morreriam, por não realizarem o ciclo de Krebs. Uma vez transformado em acetil-CoA, não há como gerar glicose novamente, sendo este acetil-CoA usado para produzir energia (com oxigênio), corpos cetônicos, gordura, colesterol ou isoprenóides.

Quando usado para produzir energia, o acetil-CoA vai para o ciclo de Krebs, onde será oxidado, produzindo CO_2 , água e GTP(energia). Os produtos da oxidação são oxidados pelo oxigênio na Fosforilação oxidativa, gerando ainda mais energia. Somado com a glicólise, são produzidos 38 ATP por molécula de açúcar.

Fermentação Anaeróbica

A fermentação ocorre quando, após a glicólise, não é realizado o ciclo de Krebs, porque o organismo em questão não o possui ou porque esta via está bloqueada, como durante a hipóxia (falta de oxigênio).

Em ambos os casos, a glicólise gasta NAD^+ e produz NADH . Como a quantidade de NADH na célula é limitada, este deve ser regenerado a NAD^+ . Para isso, alguma molécula deve receber estes elétrons que o NADH carrega. Na respiração aeróbica,

o oxigênio recebe estes elétrons, mas na ausência de oxigênio, o produto da glicose piruvato, ou seus derivados, recebem estes elétrons. No caso do ser humano, outros animais e algumas bactérias, a ausência de oxigênio suficiente leva a reação do NADH com o piruvato, gerando NAD⁺ e ácido láctico (Fermentação láctica). No caso das leveduras e bactérias do gênero *Zymonas*, ocorre a Fermentação alcoólica: o piruvato é descarboxilado, gerando acetaldeído, através da enzima piruvato descarboxilase (ausente em animais), e o NADH reduz o acetaldeído, produzindo NAD⁺ e etanol (como nos processos fermentativos do pão, dos vinhos e das cervejas). Alguns microorganismos fermentam produzindo outras variadas substâncias, como nos estudos de Chaim Weizmann, primeiro presidente de Israel (produzindo acetona), ou usando outros aceptores de elétrons que não o oxigênio, como nitrato, sulfato, íons férricos, etc..

Outras vias da oxidação da glicose

Grande parte da glicose consumida nos tecidos animais é catabolizada através da glicólise até piruvato. A maior parte do piruvato por sua vez é oxidado através do ciclo do ácido cítrico. A função principal do catabolismo da glicose por esta via é gerar ATP. Porém, existem outras vias catabólicas que podem ser o destino da glicose. Estas vias constituem parte do metabolismo secundário da glicose e levam a produtos especializados necessários para a célula, sendo que duas destas vias produzem pentoses fosfato, D-glicuronato, importante na detoxificação e na excreção de compostos orgânicos estranhos, e o ácido ascórbico (vitamina C). A via das pentoses fosfato resulta em oxidação e descarboxilação na posição C-1 da glicose, produzindo NADPH, que fornece poder redutor para reações de biossíntese, e pentoses fosfato, que são componentes essenciais dos nucleotídeos e ácidos nucleicos

15-CICLO DO ÁCIDO CÍTRICO

O Ciclo de Krebs ou Ciclo do Ácido Cítrico é uma das etapas metabólicas da respiração celular aeróbica que ocorre na matriz mitocondrial de células animais.

Lembre-se que a Respiração Celular é constituída por 3 fases:

- **Glicólise** - processo de quebra da glicose em partes menores, com formação de piruvato ou ácido pirúvico, que originará o Acetil-CoA.
- **Ciclo de Krebs** - o Acetil-CoA é oxidado a CO_2 .
- **Cadeia Respiratória** - produção da maior parte da energia, com a transferência de elétrons provenientes dos hidrogênios, que foram retirados das substâncias participantes nas etapas anteriores.

Funções e Importância

O complexo ciclo de Krebs possui várias funções que contribuem para o metabolismo das células.

A função do ciclo de Krebs é promover a degradação de produtos finais do metabolismo dos carboidratos, lipídios e de diversos aminoácidos. Essas substâncias são convertidas em acetil-CoA, com a liberação de CO_2 e H_2O e síntese de ATP.

Assim, realiza a **produção de energia para a célula**.

Além disso, entre as diversas etapas do ciclo de Krebs são produzidos intermediários usados como precursores na **biossíntese de aminoácidos e outras biomoléculas**.

Através do ciclo de Krebs, a energia proveniente das moléculas orgânicas da alimentação é transferida para moléculas carregadoras de energia, como o ATP, para ser utilizada nas atividades celulares.

Reações do Ciclo de Krebs

O ciclo de Krebs corresponde a uma sequência de oito reações oxidativas, ou seja, que necessitam de oxigênio.

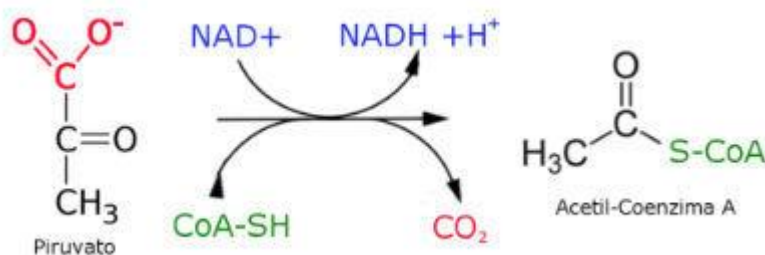
Cada uma das reações conta com a participação de enzimas encontradas nas mitocôndrias. As enzimas são responsáveis por catalisar (acelerar) as reações.

Etapas do Ciclo de Krebs

Descarboxilação Oxidativa do Piruvato

A glicose ($C_6H_{12}O_6$) proveniente da degradação dos carboidratos se converterá em duas moléculas de ácido pirúvico ou piruvato ($C_3H_4O_3$). A glicose é degradada através da Glicólise, e é uma das principais fontes de Acetil-CoA.

A descarboxilação oxidativa do piruvato dá início ao ciclo de Krebs. Ela corresponde a remoção de um CO_2 do piruvato, gerando o grupo acetil que se liga a coenzima A (CoA) e forma o Acetil-CoA.

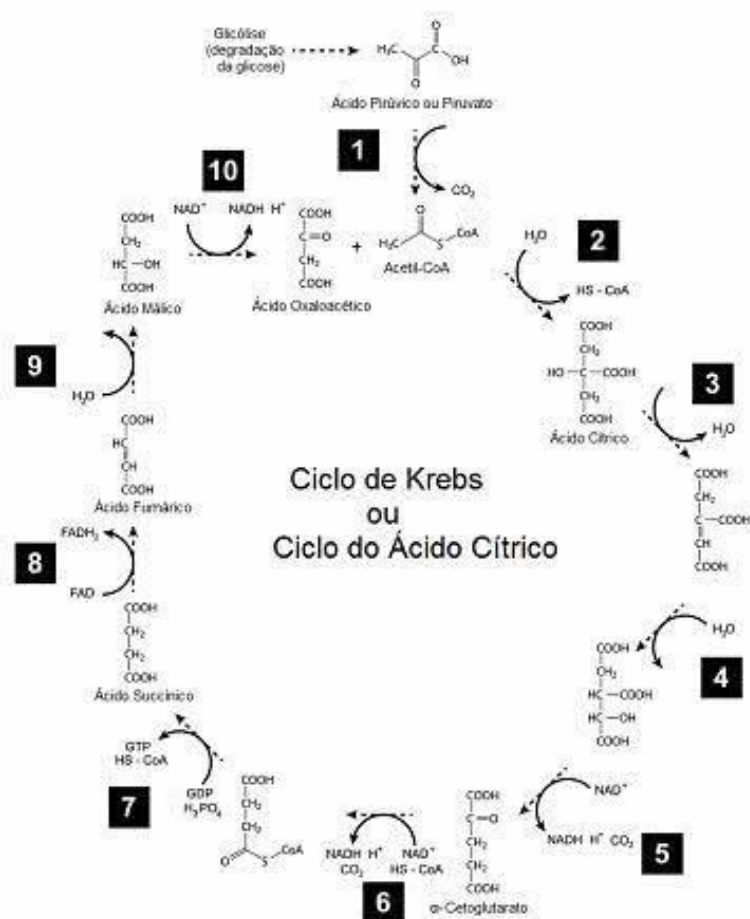


Descarboxilação oxidativa do piruvato para formar o Acetil-CoA

Observe que essa reação produz NADH, uma molécula carregadora de energia.

Reações do Ciclo de Krebs

Com a formação do acetil-CoA é dado início ao ciclo de Krebs, na matriz das mitocôndrias. Ele integrará uma cadeia de oxidação celular, ou seja, uma sequência de reações a fim de oxidar os carbonos, transformando-os em CO_2 .



Etapas do Ciclo de Krebs

Com base na imagem do ciclo de Krebs, **acompanhe o passo a passo de cada reação:**

Etapas (1 - 2) → A enzima *citrato sintetase* catalisa a reação de transferência do grupo *acetil*, proveniente da acetil-CoA, para o **ácido oxaloacético** ou **oxaloacetato** formando o **ácido cítrico** ou **citrato** e liberando a Coenzima A. O nome do ciclo está relacionado com a formação do ácido cítrico e as diversas reações que decorrem.

Etapas (3 - 5) → Ocorrem reações de oxidação e descarboxilação originando **ácido cetoglutarico** ou **cetoglutarato**. É liberado CO_2 e forma-se $\text{NADH}^+ + \text{H}^+$.

Etapas (6 - 7) → Em seguida o ácido cetoglutarico passa por reação de descarboxilação oxidativa, catalisada por um complexo enzimático do qual fazem parte a CoA e o NAD^+ . Essas reações originarão **ácido succínico**, NADH^+ e uma molécula de **GTP**, que posteriormente transferem sua energia para um molécula de ADP, produzindo assim ATP.

Etapas (8) → O ácido succínico ou succinato é oxidado a **ácido fumárico ou fumarato**, cuja coenzima é o FAD. Assim será formando **FADH₂**, outra molécula carregadora de energia.

Etapas (9 -10) → O ácido fumárico é hidratado formando o **ácido málico ou malato**. Por fim, o ácido málico sofrerá oxidação formando o ácido oxaloacético, reiniciando o ciclo

16-FOTOSSÍNTESE

A fotossíntese é um processo fotoquímico que consiste na produção de energia através da luz solar e fixação de carbono proveniente da atmosfera.

Ela pode ser resumida como o processo de transformação da energia luminosa em energia química. O termo *fotossíntese* tem como significado *síntese pela luz*.

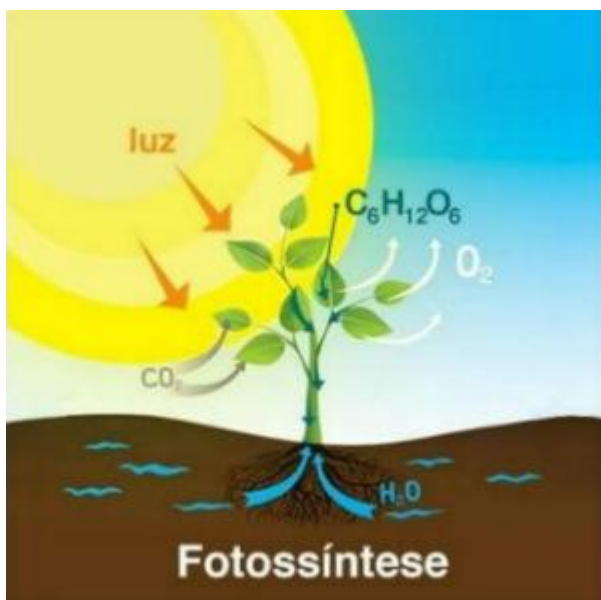
As plantas, algas, cianobactérias e algumas bactérias realizam fotossíntese e são denominados seres clorofilados, isso porque apresentam um pigmento essencial para o processo, a clorofila.

A fotossíntese é o processo básico de transformação de energia na biosfera. Ela sustenta a base da cadeia alimentar, em que a alimentação de substâncias orgânicas proporcionadas pelas plantas verdes produzirá o alimento para os seres heterótrofos.

Assim, a fotossíntese tem sua importância baseada em três principais fatores:

- Promove a captura do CO₂ atmosférico;
- Realiza a renovação do O₂ atmosférico;
- Conduz o fluxo de matéria e energia nos ecossistemas.

Processo de fotossíntese



Representação do processo de fotossíntese

A fotossíntese é um processo que ocorre no interior da célula vegetal, a partir do CO_2 (dióxido de carbono) e H_2O (água), como forma de produzir glicose.

Em resumo, podemos esclarecer o processo de fotossíntese da seguinte forma:

A H_2O e o CO_2 são as substâncias necessárias para realização da fotossíntese. As moléculas de clorofila absorvem a luz solar e quebram a H_2O , liberando O_2 e hidrogênio. O hidrogênio une-se ao CO_2 e forma a glicose.

Esse processo resulta na equação geral da fotossíntese, a qual representa uma reação de oxidação-redução. A H_2O doa elétrons, como o hidrogênio, para a reduzir o CO_2 até formar os carboidratos na forma de glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$):



A clorofila é pigmento responsável pela coloração verde dos vegetais

A fotossíntese ocorre nos cloroplastos, uma organela presente apenas nas células vegetais, e onde é encontrado o pigmento clorofila, responsável pela cor verde dos vegetais.

Os pigmentos podem ser definidos como qualquer tipo de substância capaz de absorver luz. A clorofila é o pigmento mais importante dos vegetais para a absorção da energia dos fótons durante a fotossíntese. Outros pigmentos também participam do processo, como os carotenoides e as ficobilinas.

A luz solar absorvida apresenta duas funções básicas no processo de fotossíntese:

- Impulsionar a transferência de elétrons através de compostos que doam e aceitam elétrons.
- Gerar um gradiente de prótons necessário para síntese da ATP (Adenosina Trifosfato - energia).

Porém, o processo fotossintético é mais detalhado e ocorre em duas etapas, como veremos a seguir.

Etapas

A fotossíntese é dividida em duas etapas: a fase clara e a fase escura.

Fase clara

A fase clara, fotoquímica ou luminosa, como o próprio nome define, são reações que ocorrem apenas na presença de luz e acontecem nas lamelas dos tilacoides do cloroplasto.

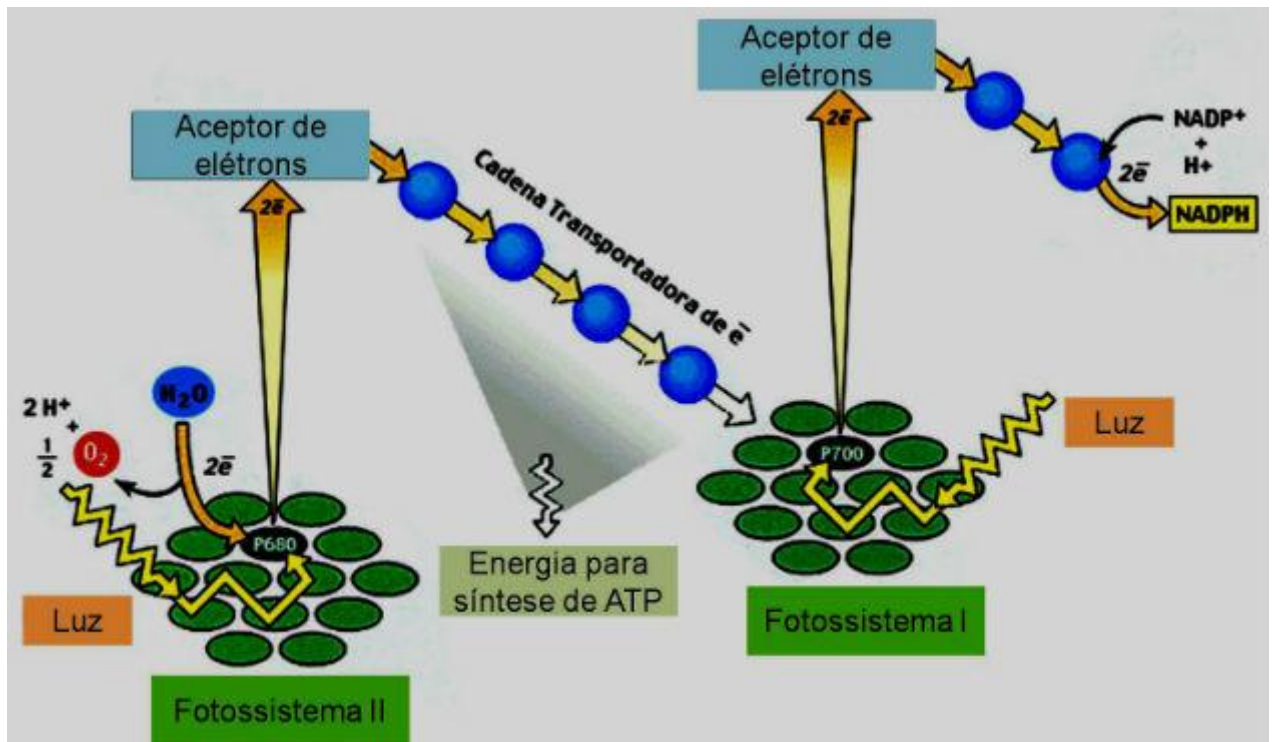
A absorção de luz solar e a transferência de elétrons ocorre através dos fotossistemas, que são conjuntos de proteínas, pigmentos e transportadores de elétrons, os quais formam uma estrutura nas membranas dos tilacoides do cloroplasto.

Existem dois tipos de fotossistemas, cada um com cerca de 300 moléculas de clorofila:

- **Fotossistema I:** Contém um centro de reação P_{700} e absorve preferencialmente a luz de comprimento de onda de 700 nm.
- **Fotossistema II:** Contém um centro de reação P_{680} e absorve a luz preferencialmente de comprimento de onda em 680 nm.

Os dois fotossistemas estão ligados por uma cadeia transportadora de elétrons e atuam de forma independente, mas complementar.

Dois processos importantes acontecem nessa fase: a fotofosforilação e a fotólise da água.



Os fotossistemas são responsáveis pela absorção de luz e transporte de elétrons para a produção de energia

Fotofosforilação

A fotofosforilação é basicamente a adição de um P (fósforo) ao ADP (Adenosina difosfato), resultando na formação de ATP.

No momento em que um fóton de luz é capturado pelas moléculas antenas dos fotossistemas, a sua energia é transferida para os centros de reação, onde é encontrada a clorofila. Quando o fóton atinge a clorofila, ela torna-se energizada e libera elétrons que passaram por diferentes aceptores e formaram, juntamente com H_2O , o ATP e NADPH.

A fotofosforilação pode ser de dois tipos:

- **Fotofosforilação acíclica:** Os elétrons que foram liberados pela clorofila não retornam para ela e sim para a do outro fotossistema. Produz ATP e NADPH.
- **Fotofosforilação cíclica:** Os elétrons retornam para a mesma clorofila que os liberou. Forma apenas ATP.

Fotólise da água

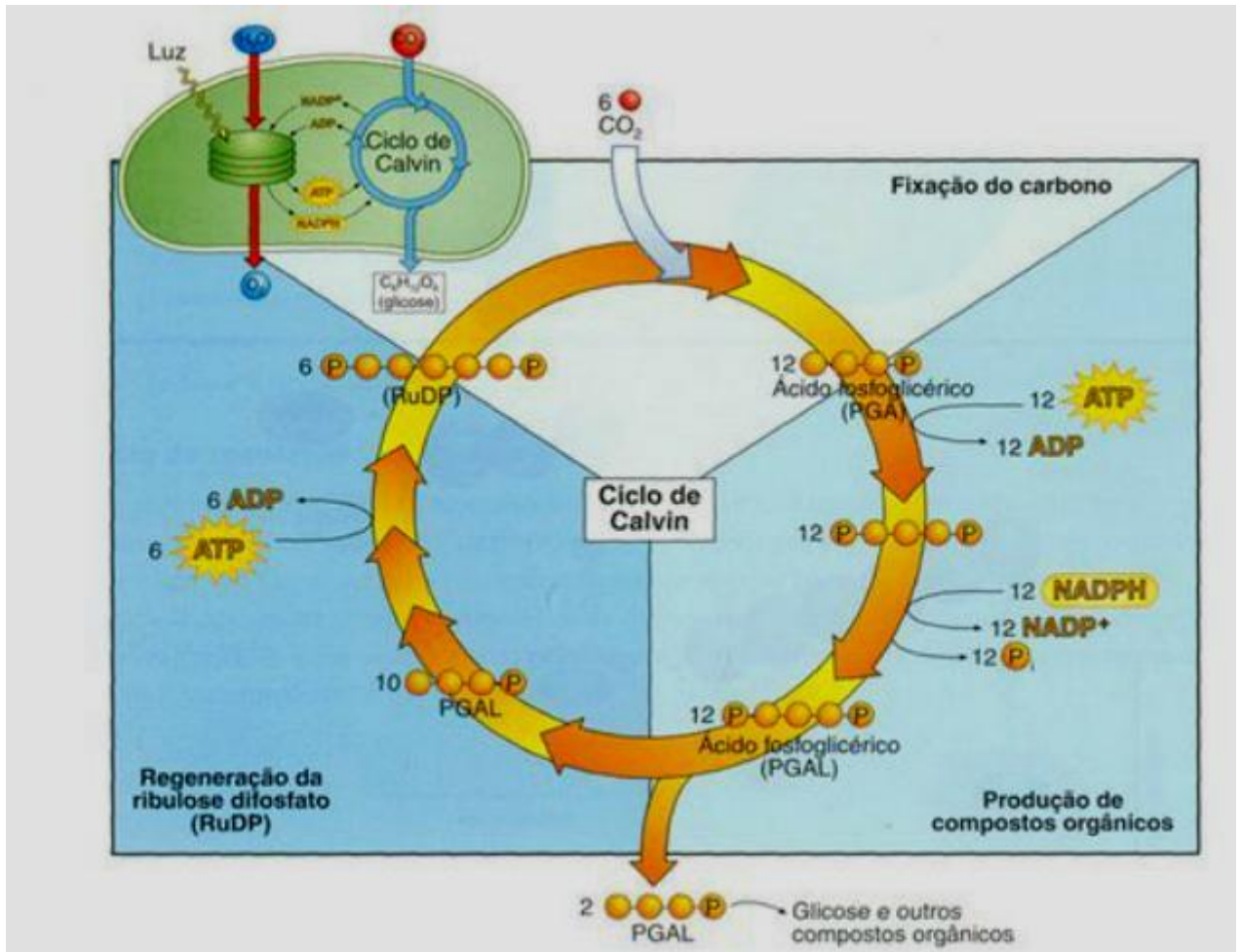
A fotólise da água consiste na quebra da molécula de água pela energia da luz do Sol. Os elétrons liberados no processo são usados para substituir os elétrons perdidos pela clorofila no fotossistema II e para produzir o oxigênio que respiramos.

A equação geral da fotólise ou reação de Hill é descrita da seguinte forma:

Assim, a molécula de água é a doadora final de elétrons. O ATP e NADPH formados serão aproveitados para a síntese de carboidratos, a partir de CO_2 . Porém, isso acontecerá na etapa seguinte, a fase escura.

Fase escura

A fase escura, ciclo das pentoses ou ciclo de Calvin pode ocorrer na ausência e presença de luz e acontece no estroma do cloroplasto. Durante essa fase, a glicose será formada a partir de CO_2 . Assim, enquanto a fase luminosa fornece energia, na fase escura acontece a fixação do carbono.



Esquema do ciclo de Calvin

Confira um resumo de como ocorre o ciclo de Calvin:

1. Fixação do Carbono

- A cada volta do ciclo, uma molécula de CO_2 é adicionada. Porém, são necessárias seis voltas completas para produzir duas moléculas de gliceraldeído 3-fosfato e uma molécula de glicose.
- Seis moléculas de ribulose difosfato (RuDP), com cinco carbonos, unem-se a seis moléculas de CO_2 , produzindo 12 moléculas de ácido fosfoglicérico (PGA), com três carbonos.

2. Produção de compostos orgânicos

- As 12 moléculas de ácido fosfoglicérico (PGAL) são reduzidas a 12 moléculas de aldeído fosfoglicérico.

3. Regeneração da ribulose difosfato

- Das 12 moléculas de aldeído fosfoglicérico, 10 combinam-se entre si e formam 6 moléculas de RuDP.

- As duas moléculas de aldeído fosfoglicérico que sobraram servem para dar início a síntese de amido e outros componentes celulares.

A glicose produzida ao final da fotossíntese é quebrada e a energia liberada permite a realização do metabolismo celular. O processo de quebra da glicose é a respiração celular.

Quimiossíntese

Ao contrário da fotossíntese que necessita de luz para ocorrer, a quimiossíntese acontece na ausência de luz. Ela consiste na produção de matéria orgânica a partir de substâncias minerais.

É um processo realizado apenas por bactérias autotróficas para obtenção de energia.

REFERÊNCIAS

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Bioqu%C3%ADmica>>Acesso em 20 de agosto de 2019

<https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Seresvivos/Ciencias/Celulavegetal.php>>Acesso em 20 de agosto de 2019

<https://www.coladaweb.com/biologia/ecologia/as-caracteristicas-dos-seres-vivos>>Acesso em 20 de agosto de 2019

http://mdmat.mat.ufrgs.br/acqua/Textos/resp_celular.htm>Acesso em 20 de agosto de 2019

<https://www.diferenca.com/anabolismo-e-catabolismo/>>Acesso em 20 de agosto de 2019

<https://www.todamateria.com.br/propriedades-da-agua/>>Acesso em 20 de agosto de 2019

<https://biomania.com.br/artigo/aminoacido>>Acesso em 20 de agosto de 2019

<https://pt.khanacademy.org/science/biology/macromolecules/proteins-and-amino-acids/a/introduction-to-proteins-and-amino-acids>>Acesso em 20 de agosto de 2019

<http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/enzimas.htm>>Acesso em 20 de agosto de 2019

<https://www.coladaweb.com/biologia/bioquimica/acidoss-nucleicos-desoxirribonucleicos-e-ribonucleicos>>Acesso em 20 de agosto de 2019

<https://www.todamateria.com.br/o-que-sao-lipidios-funcoes-e-tipos/>>Acesso em 20 de agosto de 2019

<https://pt.khanacademy.org/science/biology/energy-and-enzymes/energy-in-metabolism/a/overview-of-metabolism>>Acesso em 20 de agosto de 2019

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Glic%C3%B3lise>>Acesso em 20 de agosto de 2019

<https://www.todamateria.com.br/ciclo-de-krebs/>>Acesso em 20 de agosto de 2019

<https://www.todamateria.com.br/fotossintese/>>Acesso em 20 de agosto de 2019