

# METABOLISMO ENERGÉTICO

Prof. Kennedy Ramos

## UNIDADE 05: Respiração Celular: Visão geral

### Introdução

Em nossa alimentação, estão presentes diversos tipos de compostos orgânicos, como por exemplo, carboidratos, lipídeos e proteínas. Todos esses compostos podem ser fontes de energia para a célula.

Entretanto, seria muito complexo lidar com todas essas alternativas de energia o tempo todo.

Por esse motivo, a célula recolhe diferentes fontes de energia, extrai a energia desses componentes e a utiliza para produzir uma única molécula energética, o **ATP**.

Esse é o objetivo da respiração celular, extrair energia de diferentes fontes e converter em uma única molécula energética, o ATP.

### Mas, o que é o ATP?

Cada vez que ocorre a desmontagem da molécula de glicose, a energia não é simplesmente liberada para o meio.

A energia é transferida para outras moléculas (**chamadas de ATP - Adenosina Trifosfato**), que servirão de reservatórios temporários de energia, "bateriazinhas" que poderão liberar "pílulas" de energia nos locais onde estiverem.

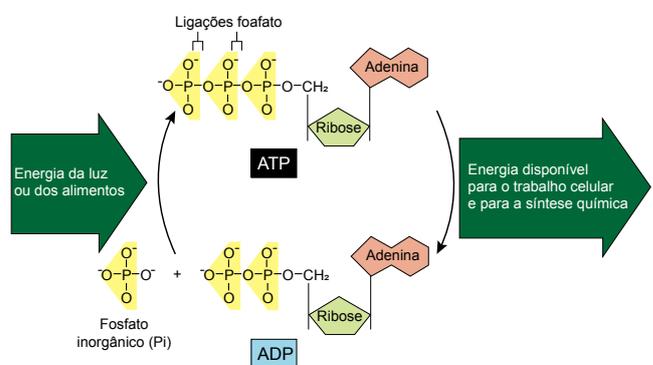
No citoplasma das células é comum a existência de uma substância solúvel conhecida como **adenosina difosfato, ADP**.

É comum também a existência de radicais solúveis livres de fosfato inorgânico (que vamos simbolizar por Pi), ânions monovalentes do ácido orto-fosfórico.

Cada vez que ocorre a liberação de energia na respiração aeróbica, essa energia liga o fosfato inorgânico (Pi) ao ADP, gerando ATP.

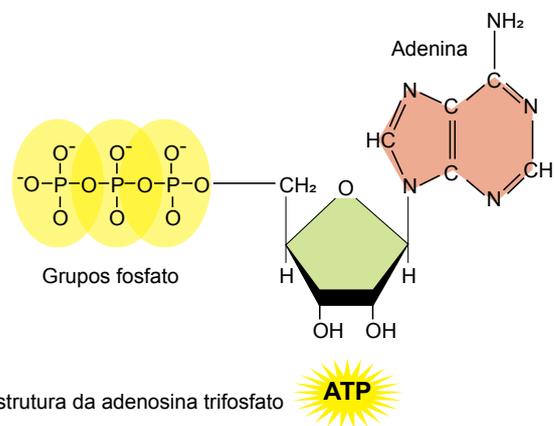
Como o ATP também é solúvel ele se difunde por toda a célula.

### Exemplificando, teremos...



A ligação do ADP com o fosfato é reversível. Então, toda vez que é necessário energia para a realização de qualquer trabalho na célula, ocorre a conversão de algumas moléculas de ATP em ADP + Pi e a energia liberada é utilizada pela célula. A recarga dos ADP ocorre toda vez que há liberação de energia na desmontagem da glicose, o que ocorre na respiração aeróbica ou na fermentação.

### A estrutura do ATP



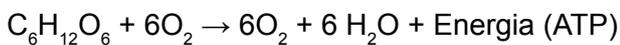
O ATP é um composto derivado de nucleotídeo em que a adenina é a base e o açúcar é a ribose. O conjunto adenina mais ribose é chamado de adenosina.

A união de adenosina com três radicais fosfatos leva ao composto adenosina trifosfato, ATP. As ligações que mantêm o segundo e o terceiro radicais fosfato presos no **ATP** são altamente energéticas (liberam cerca de 7 Kcal/mol de substância).

Assim, cada vez que o terceiro fosfato se desliga do conjunto, ocorre a liberação de energia que o mantinha unido ao ATP. É esta energia que é utilizada quando andamos, falamos, pensamos ou realizamos qualquer trabalho celular.

## Respiração Celular Aeróbica.

A respiração aeróbia consiste em levar a diante o processo de degradação das moléculas orgânicas, reduzindo-as as moléculas praticamente sem energia liberável. Os produtos da degradação inicial da molécula orgânica são combinados com o oxigênio do ar e transformados em **gás carbônico e água**.



### O rendimento energético da respiração aeróbica

O processo de respiração aeróbica, é muito eficiente: **para cada molécula de glicose degradada, são produzida na respiração, 38 moléculas de ATP, a partir de 38 moléculas de ADP e 38 grupos de fosfatos.**

A respiração aeróbica é um processo muito complexo. São necessários cerca de 60 passos metabólicos a mais, além dos nove que compõe a glicólise, para que uma molécula de glicose seja totalmente degradada a  $CO_2$  e  $H_2O$ , em presença de  $O_2$ .



## ATIVIDADES PROPOSTAS



**01. (cftmg) "Dormir com plantas no quarto faz mal à saúde, uma vez que, durante a noite, elas produzem substâncias tóxicas para o ser humano".**

**Nessa crença popular, a substância que é erroneamente considerada como prejudicial é liberada por todas as plantas submetidas à escuridão e é produzida durante a.**

- a) respiração celular.
- b) fase química da fotossíntese.
- c) eliminação de vapor de água.
- d) absorção de nutrientes do solo.



**02. (Uff-pism 1) No processo de respiração celular o gás oxigênio atua como agente oxidante de moléculas orgânicas.**

**As afirmativas a seguir são relacionadas a esse processo.**

**I. Os produtos finais da respiração celular são moléculas de gás carbônico e moléculas de água.**

**II. A degradação da glicose na respiração celular ocorre em três etapas metabólicas (glicólise, ciclo de Krebs e a fosforilação oxidativa).**

**III. O saldo energético líquido da primeira etapa da respiração celular é de dois ATP por moléculas de glicose.**

**IV. O oxigênio é necessário em todas as três etapas metabólicas da respiração celular.**

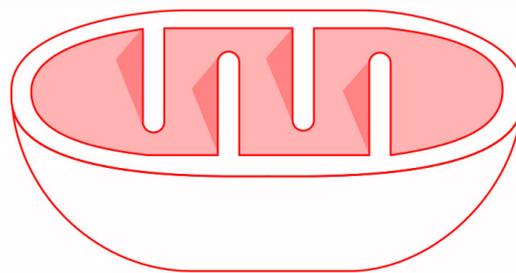
**V. Nas células eucarióticas, o ciclo de Krebs, uma das etapas metabólicas da respiração celular, ocorre no citosol.**

**São CORRETAS as afirmativas:.**

- a) I, III e V.
- b) II, IV e V.
- c) I, II e III.
- d) I, II e IV.
- e) I, II, III e V.



**03. (G1 - col. naval) Observe a figura abaixo:**



Mitocôndria vista ao microscópio eletrônico

**Analise as afirmativas abaixo sobre as mitocôndrias e a respiração celular, processo celular fundamental para a vida.**

**I. As mitocôndrias são organelas membranosas, ou seja, envolvidas por membrana, que ficam imersas no citoplasma das células.**

**II. Tais organelas são responsáveis pela respiração celular. Esse fenômeno permite à célula obter a energia química contida nos alimentos absorvidos.**

III. Dentre os reagentes mais comuns na respiração celular estão as proteínas que são os principais nutrientes energéticos.

IV. Após a respiração celular são produzidos o gás oxigênio e energia.

V. A respiração celular ocorre nas mitocôndrias das células animais. Nas células vegetais a organela responsável pela respiração celular é o cloroplasto.

Assinale a opção correta.

- a) Apenas as afirmativas I e II são verdadeiras.
- b) Apenas as afirmativas II e III são verdadeiras.
- c) Apenas as afirmativas I, IV e V são verdadeiras.
- d) Apenas as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- e) Apenas as afirmativas III, IV e V são verdadeiras.



04. (Pucrj) A respiração celular aeróbia e a fermentação são importantes vias metabólicas que produzem ATP (adenosina trifosfato).

Em relação a esse tema, considere as afirmativas a seguir:

I. Somente a respiração celular aeróbia oxida glicose.

II. NADH é oxidado pela cadeia transportadora de elétrons somente na respiração celular aeróbia.

III. Somente a fermentação é um exemplo de via catabólica.

É correto o que se afirma em::

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.



05. (Ufrgs) A rota metabólica da respiração celular responsável pela maior produção de ATP é.

- a) a glicólise, que ocorre no citoplasma.
- b) a fermentação, que ocorre na membrana externa da mitocôndria.
- c) a oxidação do piruvato, que ocorre na membrana externa da mitocôndria.
- d) a cadeia de transporte de elétrons, que ocorre na membrana interna da mitocôndria.
- e) o ciclo do ácido cítrico, que ocorre na matriz da mitocôndria.



## ATIVIDADES ENEM



06. (MODELO ENEM) Um dos problemas enfrentados atualmente pelas cidades é o grande volume de esgoto doméstico gerado por seus habitantes. Uma das formas de minimizar o impacto desses resíduos é o tratamento dos efluentes realizado pelas estações de tratamento. O principal método utilizado para isso é o tratamento por lodos ativados, no qual o esgoto é colocado em contato com uma massa de bactérias em um sistema que garante a constante movimentação e oxigenação da mistura, ambas necessárias para que o processo de decomposição possa ocorrer. As bactérias envolvidas no método de tratamento de esgoto descrito obtêm energia por meio do processo de

- a) fermentação, pois necessitam do gás oxigênio para promover a transformação da matéria inorgânica em matéria orgânica.
- b) respiração anaeróbia, pois necessitam do gás oxigênio para realizar a transformação da matéria orgânica em matéria inorgânica.
- c) respiração anaeróbia, pois necessitam do gás oxigênio para promover a transformação da matéria inorgânica em matéria orgânica.
- d) respiração aeróbia, pois necessitam do gás oxigênio para promover a transformação da matéria inorgânica em matéria orgânica.
- e) respiração aeróbia, pois necessitam do gás oxigênio para promover a transformação da matéria orgânica em matéria inorgânica.



07. (MODELO ENEM) Leia o fragmento de texto a seguir:

**Mars One: já há quem saiba como produzir água e oxigênio em Marte**

Os primeiros colonos da Mars One deverão sobreviver no planeta vizinho suportados por sistemas que geram oxigênio a partir da eletrólise e produzem água recorrendo a componentes existentes no solo marciano.

As naves do consórcio Mars One só deverão partir para Marte depois de 2023 – e pelo meio ainda haverá um reality show para a seleção da primeira colônia humana e recolha de fundos. As previsões do consórcio holandês apontam para o envio de 24 a 40 pessoas para o planeta vizinho. O que coloca a questão: como vão viver estas pessoas se alguma vez chegarem a Marte? A resposta à questão já começou a tomar forma: a empresa Paragon, que havia sido previamente selecionada pelo consórcio

**Mars One, acaba de dar a conhecer as linhas mestras de uma solução conhecida como Controle Ambiental do Habitat de Superfície e Sistema de Suporte à Vida (ECLSS) que terá como objetivo prover os primeiros colonos de Marte com água e oxigênio a partir de recursos existentes em Marte ou que derivam da atividade humana enquanto se encontra no denominado planeta vermelho.**

Imagine que, pelas condições do planeta, a produção que será feita não seja exatamente de oxigênio, mas de um elemento análogo. Se esse elemento conseguisse ser utilizado pelo corpo, na mitocôndria, ele seria usado para formação de água e, portanto, seria detectado:

- a) no ciclo de Krebs.
- b) na glicólise.
- c) no ciclo de Calvin.
- d) na cadeia respiratória.
- e) na fase de Hill.



**08. (MODELO ENEM) A maioria dos seres vivos obtém energia necessária para a realização de seus processos vitais por meio da quebra da molécula de glicose. A energia liberada resultante dessa degradação é tão grande que mataria a célula se fosse realizada de uma única vez.**

**Essa degradação ocorre em etapas denominadas.**

- a) glicólise, ciclo do ácido cítrico e cadeia respiratória.
- b) cadeia respiratória, ciclo do ácido cítrico e glicose.
- c) glicogênese, glicólise e ciclo do ácido cítrico.
- d) glicose, glicogênese e cadeia respiratória.
- e) ciclo do ácido cítrico, glicose e glicólise.



**09. (MODELO ENEM) Maria, uma mergulhadora iniciante, em jejum, resolveu fazer um percurso mais longo que o de costume nos naufrágios da costa pernambucana e assustou-se com um tubarão.**

**Na ocasião, reteve a respiração por um tempo prolongado, seguida de inspirações rápidas. Após algum tempo, sinalizou para José, seu companheiro, que precisava subir. José, mais experiente, ficou preocupado, pois ela poderia desmaiar.**



**José pensou nessa possibilidade, porque**

a) a hiperventilação, provocada pelas inspirações curtas e retenção de ar, aumenta a concentração de  $O_2$ , fazendo o sistema nervoso diminuir o número de ventilações, resultando em uma parada de quase todas as reações metabólicas, visto que o  $O_2$  é o produto final dessas reações.

b) uma vez no sangue, o  $O_2$  se combina com a hemoglobina, sendo levado ao coração, onde é bombeado para todos os tecidos.

O  $CO_2$  é metabolizado juntamente com a glicose para a produção de energia e síntese de ATP, e o  $O_2$ , produto desse metabolismo, passa das células para o sangue, retornando em seguida ao pulmão, a fim de ser distribuído para as células.

c) o principal estímulo respiratório não é o excesso de  $CO_2$ , mas a falta de  $O_2$ , pois os íons de bicarbonato ativam quimiossensores, que comandam os impulsos nervosos no bulbo raquiano, o que pode levar ao desmaio.

d) a pressão sobre o tórax dificulta a difusão de gases nos alvéolos pulmonares, aumentando a concentração de  $CO_2$  no sangue e diminuindo a de  $O_2$ . Isso compromete a respiração celular, a qual necessita de glicose e  $O_2$ , visando à transformação de energia e síntese de ATP para o metabolismo celular.

e) no processo de respiração externa, o ar alveolar não é trocado completamente por um novo ar, apenas parte dele. O ar inalado passa, respectivamente, pela boca ou nariz, brônquios, bronquíolos, traqueia, até chegar aos alvéolos, que perdem continuamente  $CO_2$  para o sangue, o qual é substituído pelo  $O_2$ , que se difunde do sangue para os alvéolos.



**10. (MODELO ENEM) Pode-se considerar a organização e o funcionamento de uma célula eucarionte animal de modo análogo ao que ocorre em uma cidade. Desse modo, a membrana plasmática seria o perímetro urbano e o citoplasma, com suas organelas, o espaço urbano. Algumas dessas similaridades funcionais entre a cidade e a célula corresponderiam às vias públicas como sendo o retículo endoplasmático, para o transporte e a distribuição de mercadorias; os supermercados como sendo o complexo de Golgi, responsável pelo armazenamento de mercadorias, e a companhia elétrica como sendo as mitocôndrias, que correspondem à usina de força da cidade. Pode-se, ainda, considerar que a molécula de adenosina tri-fosfato (ATP) seja a moeda circulante para o comércio de mercadorias. Assinale a alternativa que justifica, corretamente, a analogia descrita para as mitocôndrias:**

- a) Absorção de energia luminosa utilizada na produção de ATP.
- b) Armazenamento de ATP produzido da energia de substâncias inorgânicas.
- c) Armazenamento de ATP produzido na digestão dos alimentos.
- d) Produção de ATP a partir da oxidação de substâncias orgânicas.
- e) Produção de ATP a partir da síntese de amido e glicogênio.



## GABARITOS

### QUESTÃO 01: Gabarito: [A]

**Comentário:** O dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) é produzido durante a respiração celular.

### QUESTÃO 02: Gabarito: [C]

**Comentário:**

[IV] Incorreta: Oxigênio nas fases mitocondriais do processo de respiração celular aeróbica.

[V] Incorreta: O ciclo de Krebs ocorre na matriz mitocondrial.

### QUESTÃO 03: Gabarito: [A]

**Comentário:**

[III] Falsa. Os principais reagentes energéticos na respiração celular são os monossacarídeos, como a glicose.

[IV] Falsa. A respiração celular produz gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

[V] Falsa. Nas células vegetais, a respiração celular ocorre nas mitocôndrias.

### Questão 04: Gabarito: [B]

**Comentário:**

[I] Falsa. A glicose é um monossacarídeo que pode ser oxidado durante a respiração celular anaeróbica.

[II] Falsa. A respiração celular aeróbica é um exemplo de via catabólica, porque converte monossacarídeos em compostos simples como  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ .

### Questão 05: Gabarito: [D]

**Comentário:** A produção de ATP, obtida de uma molécula de glicose por meio da glicólise, seguida pela respiração celular, rende 32 moléculas de ATP. A glicólise produz duas moléculas de ATP, a fermentação ocorre no citosol, a oxidação do piruvato e o ciclo do ácido cítrico (2ATPs) ocorrem na matriz mitocondrial.

A cadeia de transporte de elétrons ocorre na membrana interna da mitocôndria e produz 28 moléculas de ATP.

### Questão 06: Gabarito: [E]

**Comentário:** As bactérias decompositoras utilizadas no tratamento das efluentes contendo esgoto doméstico realizam a respiração aeróbia, porque utilizam o gás oxigênio para transformar a matéria orgânica em matéria inorgânica.

### Questão 07: Gabarito: [D]

**Comentário:** A formação de moléculas de água pela associação do oxigênio com o hidrogênio ocorre durante a cadeia respiratória, fase da respiração celular que se passa nas membranas das cristas mitocondriais.

### Questão 08: Gabarito: [C]

**Comentário:** A respiração celular aeróbica inclui as seguintes fases: glicólise, realizada no citosol; ciclo do ácido cítrico (de Krebs) na matriz mitocondrial e cadeia respiratória (fosforilação oxidativa) nas cristas mitocondriais.

### Questão 09: Gabarito: [D]

**Comentário:** A retenção da respiração provoca o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  no sangue e, conseqüentemente, a diminuição da concentração do  $\text{O}_2$ . O oxigênio é necessário para a produção de energia (ATP) utilizada no metabolismo celular.

**Questão 10: Gabarito: [D]**

**Comentário:** Mitocôndrias são organelas membranosas presente em células eucarióticas. Estas organelas realizam a respiração celular, processo metabólico que oxida a glicose liberando energia que será armazenada na molécula ATP.

**REFERENCIAL TEÓRICO**

ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS; WALTER, P.; Fundamentos da Biologia Celular. Porto Alegre: Artmed, 3ed. 2011.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. Princípios de Bioquímica. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2000.

ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS; WALTER, P.; Biologia Molecular da Célula. Porto Alegre: Artmed, 5ed. 2008.

COOPER G.M. & HAUSMAN R.E. A Célula: uma abordagem molecular. 3ed. Porto Alegre, Artmed, 2007.

JUNQUEIRA L.C.U., CARNEIRO J. Biologia Celular e Molecular. 6ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2005.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. Biologia VOL 1 – 9º Ed. São Paulo, Saraiva, 2010.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. Biologia VOL 2 – 9º Ed. São Paulo, Saraiva, 2010

LOPES, S.; ROSSO, S.; BIO volume 2. 1. Ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 1: Biologia das Células 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 1: Biologia das Células 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; Biologia,

É proibida a reprodução, total ou parcial, deste material