

SISTEMA RESPIRATÓRIO

A respiração, como o termo é geralmente usado, inclui dois processos: **respiração externa**, a absorção do O_2 e a remoção do CO_2 do organismo como um todo; e **respiração interna**, o intercâmbio gasoso entre as células e seu meio líquido.

O sistema respiratório, nos vertebrados, é formado pelo órgão de trocas gasosas denominado **pulmão**, e pela bomba que ventila os pulmões. Esta bomba consiste da parede torácica e dos músculos respiratórios (os quais aumentam e diminuem o tamanho da cavidade torácica). Estes músculos são controlados pelo centro respiratório, localizado no bulbo cerebral.

Em repouso, um homem normal respira 12 a 15 vezes por minuto. São inspirados e expirados 500 ml de ar por respiração, ou 6 a 8 litros/min. Este ar se mistura com o gás do alvéolo e, por difusão simples, o O_2 passa ao sangue nos capilares pulmonares ao mesmo tempo que o CO_2 passa aos alvéolos. Desta maneira, 250 ml de O_2 penetram no organismo por minuto e 200 ml de CO_2 são excretados. Traços de outros gases, tais como metano proveniente dos intestinos, podem igualmente ser expirados quando presentes em grandes quantidades no organismo.

Nas outras classes animais existem vários tipos de sistemas respiratórios os quais serão descritos quando falarmos sobre respiração externa.

1) Respiração interna ou celular

A maioria das atividades vitais é realizada com o consumo de energia celular que é obtida através da oxidação de alimentos orgânicos.

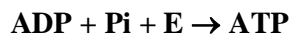
A respiração celular pode ser realizada sem a presença de oxigênio livre (fermentação ou respiração anaeróbica) ou na presença de oxigênio (respiração aeróbica). Na respiração aeróbica o processo permite um aproveitamento melhor da energia porque desdobra totalmente os alimentos. Supõe-se que na atmosfera primitiva não havia oxigênio livre e que a fermentação foi o modo pelo qual os heterótrofos primitivos conseguiam energia. Esse processo de respiração é realizado por muitos protistas e plantas.

O músculo humano também pode obter energia na ausência de oxigênio livre realizando a fermentação láctica.

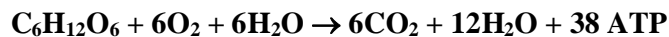
Respiração Aeróbica: é aquela que utiliza o oxigênio e permite a obtenção de maior quantidade de energia em relação à anaeróbica. Na respiração aeróbica, de uma molécula de glicose, temos:

Processos	Local de ocorrência
<i>Glicólise</i>	<i>no hialoplasma</i>
<i>Ciclo de Krebs</i>	<i>na matriz mitocondrial</i>
<i>Cadeia Respiratória</i>	<i>nas membranas mitocôndrias</i>

A finalidade é a síntese de ATP, ou seja, a **fosforilação oxidativa**:



Todo o processo da respiração aeróbica pode ser resumido na seguinte equação:



Respiração Anaeróbica (Fermentação): Demonstrado por Pasteur em microrganismos anaeróbios que obtém energia através do processo de fermentação, muito aplicada industrialmente. Por exemplo, na fermentação alcóolica realizada pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* (**levedura de cerveja**), a glicose é desdobrada em gás carbônico e álcool etílico, liberando energia.

O processo químico pode ser resumido na seguinte equação:



Quando o efeito Pasteur foi investigado nas células animais, imaginou-se que provavelmente a fermentação e a oxidação fossem dois mecanismos completamente diferentes de obtenção de energia, e que, se fosse permitida a existência da oxidação, não haveria a fermentação. Porém, constatou-se que elas apresentam etapas diferentes na respiração normal das células adultas. Nas fermentações sem o auxílio do oxigênio, o açúcar é desdobrado em ácido láctico, obtendo-se na reação uma certa quantidade de energia. Na presença de oxigênio, o produto da fermentação não será o ácido láctico, mas sim o ácido pirúvico, que é posteriormente oxidado produzindo energia consideravelmente maior em relação ao processo anaeróbico. Por esse motivo diz-se que a glicólise é somente o primeiro passo na respiração celular humana e é seguida pela oxidação.

2)Respiração externa

Em animais muito pequenos (protozoários, por exemplo), as trocas gasosas não constituem problema complexo visto que o oxigênio pode penetrar pela superfície em todas as partes do corpo em quantidades apreciáveis. Isso pode ser verdadeiro também para animais um pouco maiores, tais como as minhocas. Porém, se o animal tem um consumo de oxigênio relativamente alto e é de grande porte, se torna difícil o suprimento total de oxigênio por simples difusão através da parede do corpo. Esses animais, portanto, apresentam órgãos respiratórios especiais que têm sempre uma superfície grandemente aumentada, pela qual o oxigênio pode se difundir.

Existem basicamente três tipos de órgãos respiratórios: **brânquias, pulmões e traquéias**.

2.1) Brânquias: são invaginações filamentosas delgadas com lamelas que muitas vezes se expandem para fora do corpo do animal (fig. 1). As trocas gasosas ocorrem no meio aquático onde há uma absorção de O_2 dissolvido na água e liberação de CO_2 . Ocorre em vários grupos de animais como em poliquetas (anelídeos), muitos moluscos, crustáceos, ciclóstomados, peixes e anfíbios. De maneira geral, as brânquias estão associadas à respiração aquática e não se prestam para a respiração aérea. Se removermos um peixe da água, os moles filamentos branquiais aderem-se uns aos outros e então a maior parte da superfície da brânquia não entra em contato com o ar. Em alguns casos, as brânquias podem ser modificadas para permitir a respiração aérea e nesse caso estão, freqüentemente, cobertas ou localizadas numa cavidade que ajudam a reduzir a evaporação da água.

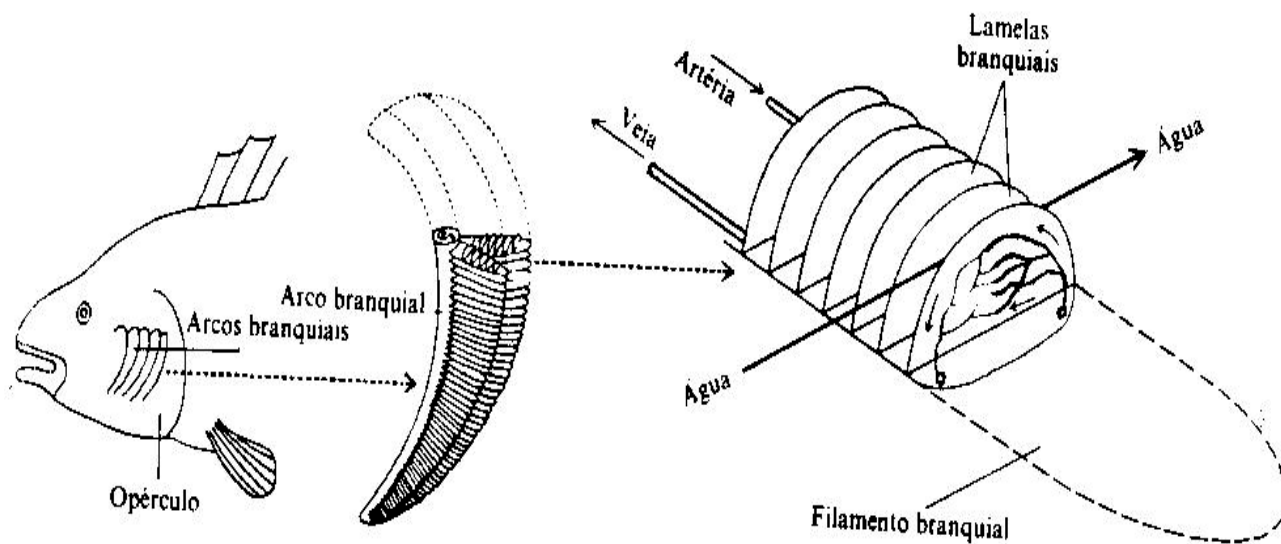


Fig. 1 - Representação esquemática da respiração branquial dos peixes.

2.2) Traquéias: ocorre nos insetos e nos miriápodes (lacraia, centopéia). Consiste num conjunto de tubos ramificados que se comunicam com o exterior através de orifícios denominados **espiráculos**. O sistema circulatório não participa das trocas gasosas. Outro tipo de respiração semelhante ao traqueal é a respiração **filotraqueal ou pulmotraqueal** que ocorre nos escorpiões e aranhas. Esse tipo de respiração consiste num conjunto de tubos que se comunicam com capilares sanguíneos onde ocorrem as trocas gasosas (fig.2).

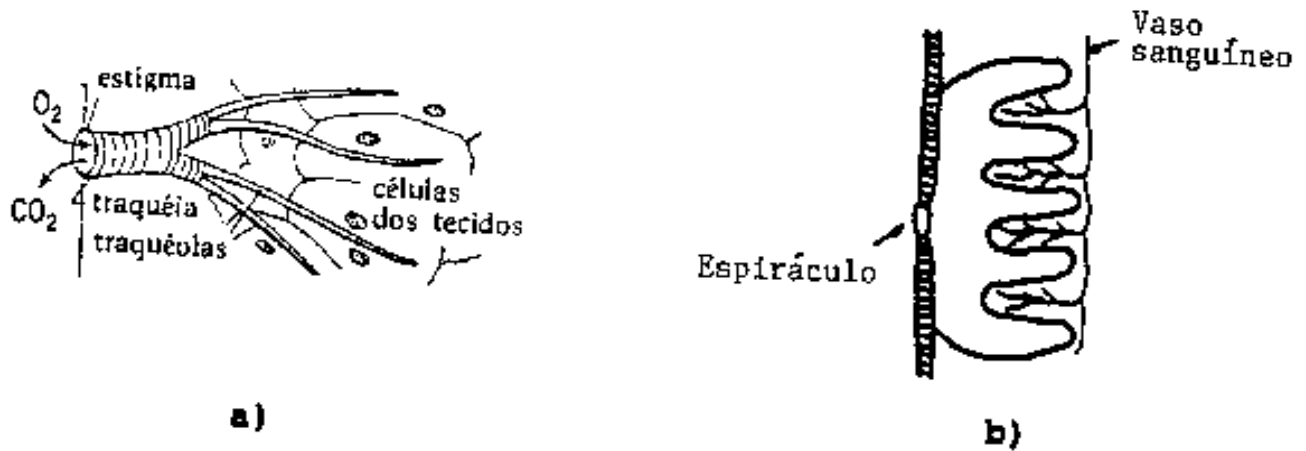


Fig. 2 - a) Esquema da respiração traqueal da minhoca b) Esquema da filotraquéia da aranha.

2.3) Pulmões: é o tipo de respiração dos anfíbios adultos, répteis, aves e mamíferos. Ocorre também em alguns moluscos terrestres (caracol). O pulmão é um órgão que se localiza no interior do corpo do animal e possui uma superfície de trocas gasosas que foi aumentando conforme a evolução das espécies (fig. 3).

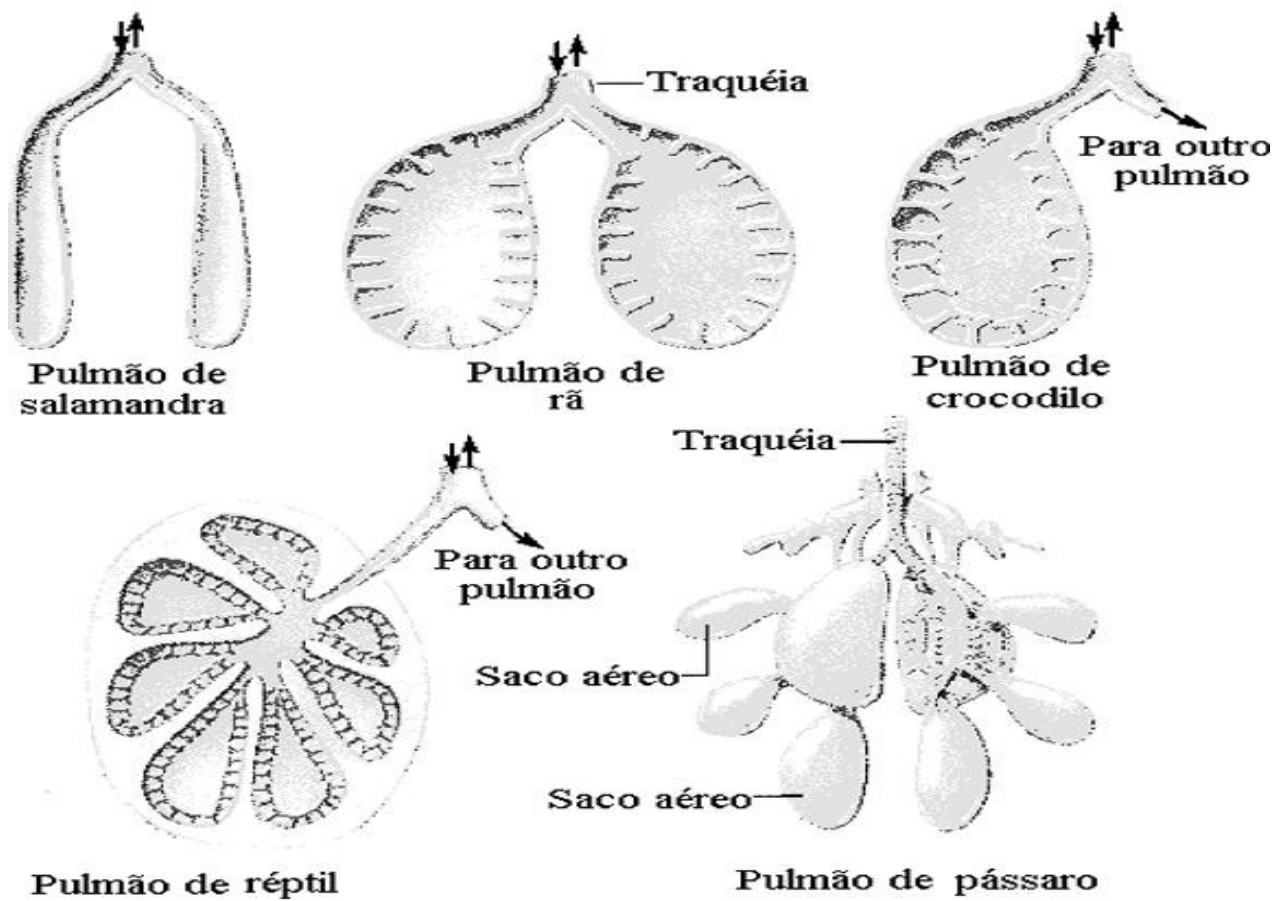


Fig. 3 - Variedade da estrutura dos pulmões na classe dos vertebrados. Note um progressivo aumento na superfície das trocas gasosas.

Pulmão Alveolar: apresenta uma grande superfície de trocas gasosas e ocorre nos mamíferos. No Homem este sistema respiratório apresenta as seguintes estruturas: *fossas nasais e boca, orofaringe, nasofaringe, glote e epiglote, laringe, traquéia, pulmão direito (lobo superior, lobo médio e lobo inferior), pulmão esquerdo (lobo superior e lobo inferior), bronquíolos, alvéolos pulmonares e diafragma.* (fig. 4).

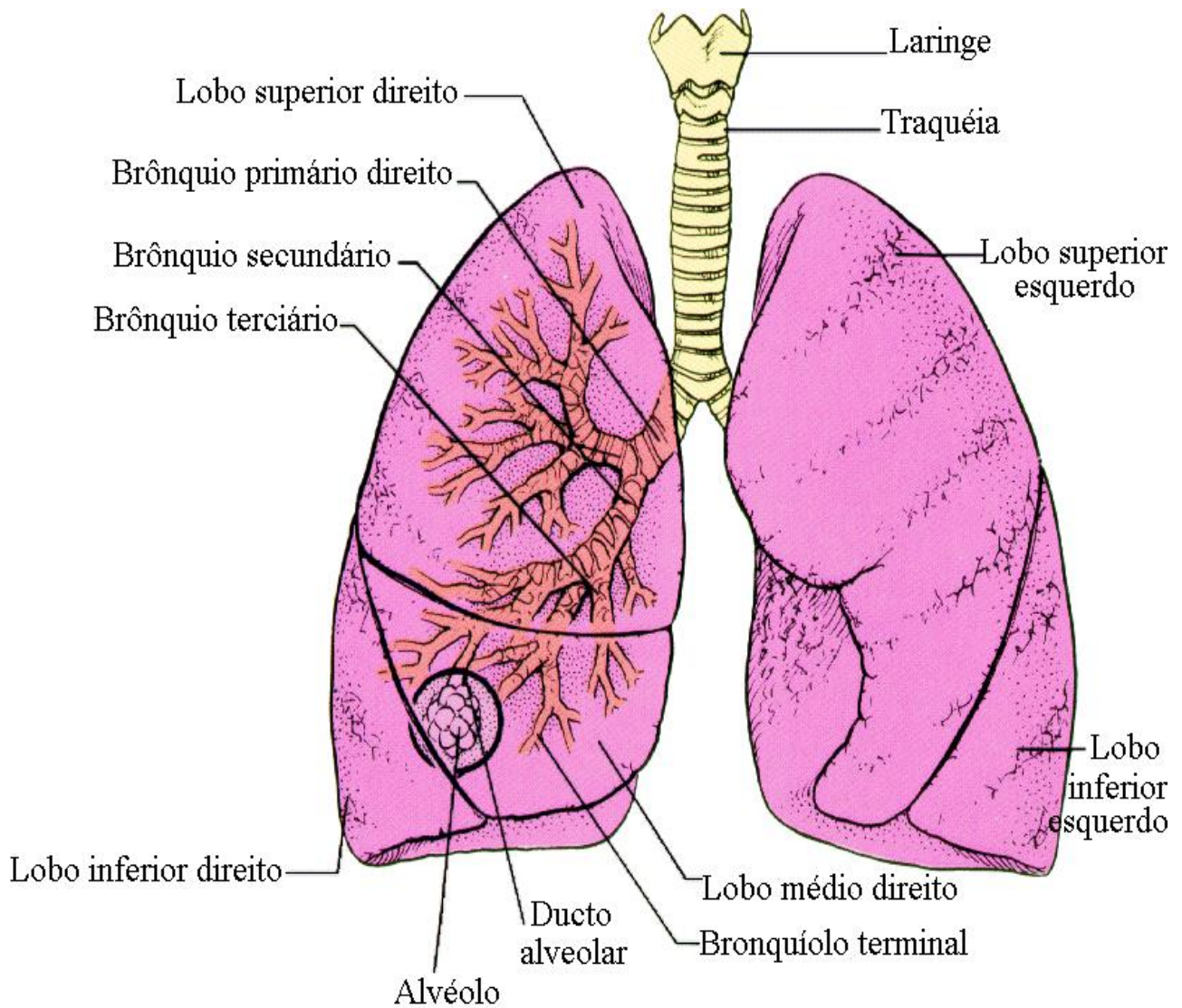


Fig. 4 - Esquema do sistema respiratório humano tendo como detalhe a laringe e o tronco bronquial

3) Composição do ar atmosférico e do ar exalado

A atmosfera contém cerca de um quinto de oxigênio, quatro quintos de nitrogênio, uma diminuta quantidade de gás carbônico e quantidades variáveis de vapor d'água. O nitrogênio molecular é completamente inerte para o organismo animal e não tem um papel de maior relevância que o dos verdadeiros gases inertes (hélio, neônio, argônio, etc) que estão presentes em pequena quantidade (cerca de 1%). Por esse motivo costuma-se reunir todos esses gases inertes e representá-los pelo nitrogênio.

GASES	O ₂	CO ₂	N ₂
<i>Ar atmosférico</i>	21%	0,04%	79%
<i>Ar exalado</i>	14%	5,60%	79%

4) Trocas Gasosas

As trocas gasosas dependendo do animal podem ser feitas por **difusão** ou através de um **pigmento** (proteína) que transporte oxigênio e gás carbônico.

4.1) Difusão: esse tipo de troca gasosa é também conhecida como respiração tegumentar ou cutânea. Nela o animal não apresenta estruturas especializadas e as trocas gasosas (hematose) se dão através das células superficiais por mecanismo de **difusão**. Esse tipo de troca gasosa ocorre em protozoários, espongiários (poríferos), celenterados, vermes (platelmintos, asquelmintos e anelídeos). Ocorre também em anfíbios, que apresentam respiração pulmonar saculiforme quando adultos, como uma maneira de complementar a necessidade de oxigênio.

4.2) Trocas Gasosas nos Vertebrados: o oxigênio inspirado ao nível dos pulmões difunde-se através das membranas respiratórias, cai na corrente sanguínea e é distribuído para todos os tecidos do organismo. O transporte do oxigênio pelo sangue pode ocorrer de duas maneiras:

- em solução no plasma (cerca de 3%)
- em combinação química com a hemoglobina das hemácias
- **oxihemoglobina** - (cerca de 97%);

Nos tecidos, na respiração intracelular, as células estão produzindo continuamente CO_2 que se difunde finalmente para o sangue sendo transportado até os pulmões de onde se difunde para o ar alveolar. O transporte do dióxido de carbono pelo sangue ocorre de duas maneiras:

- em solução no plasma dissolvido (5%) ou na forma de íon carbonato HCO_3^- (cerca de 70%)
- em combinação química com a hemoglobina - **carboxihemoglobina** - (cerca de 25%)

5) Controle do ritmo respiratório humano

A renovação de ar nos pulmões é sensivelmente ajustada para as demandas de oxigênio, sendo a regulação do sistema respiratório muito precisa. Os músculos do tórax e o diafragma são controlados por nervos que têm sua origem na medula. O **centro respiratório**, localizado no **bulbo**, é o lugar onde a informação sobre as necessidades de ventilação é recebida e coordenada. Isoladamente, o fator mais importante na regulação da respiração é a sensibilidade do centro respiratório à tensão do gás carbônico no sangue. Se essa tensão aumenta muito pouco, a respiração se torna, imediatamente, mais profundo e rápida, permitindo que mais gás carbônico deixe o sangue até que o nível desse gás tenha retornado aos valores normais. Essa regulação da tensão de CO_2 é tão perfeita que sua concentração no pulmão permanece virtualmente constante.

O centro respiratório é bastante insensível à concentração de oxigênio no sangue, mas existem **quimiorreceptores** nas paredes da aorta e artérias carótidas que reagem às oscilações da tensão de oxigênio no sangue circulante. Se ocorrer uma considerável redução de oxigênio sanguíneo aumentando conseqüentemente a tensão de gás carbônico, esses receptores enviam impulsos ao centro respiratório que induz um aumento na frequência respiratória no intuito de aumentar a concentração de O_2 no sangue. Porém, isso não é uma lei para todos os animais. Entre os animais inferiores, os aquáticos habitualmente não dependem do CO_2 para a regulação da respiração simplesmente porque o CO_2 é tão facilmente solúvel na água que não consegue se acumular em quantidades apreciáveis.

Visto que a respiração se encontra sob o controle do sistema autônomo, nós normalmente não prestamos atenção ao fato. Entretanto, se quisermos, poderemos prender a respiração por breve período de tempo, um minuto ou dois talvez. Agindo dessa forma, o CO_2 se acumulará no sangue e o efeito sobre o centro respiratório aumentará até que o estímulo seja tão intenso que supere a inibição voluntária. Por essa razão, é impossível a uma pessoa asfixiar-se a si mesma simplesmente prendendo a respiração.