

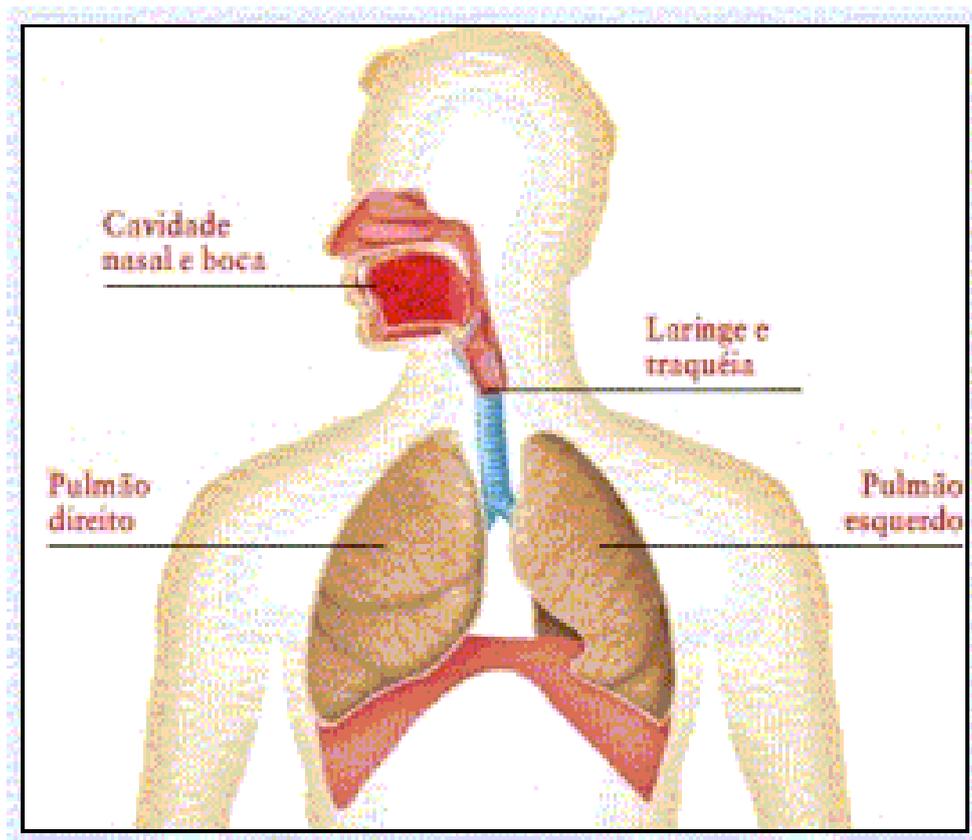
SISTEMA RESPIRATÓRIO

O sistema respiratório humano é constituído por um par de pulmões e por vários órgãos que conduzem o ar para dentro e para fora das cavidades pulmonares. Esses órgãos são as fossas nasais, a faringe, a laringe, a traquéia, os brônquios, os bronquíolos e os alvéolos, os três últimos localizados nos pulmões.

Fossas nasais: são duas cavidades paralelas que começam nas narinas e terminam na faringe. Elas são separadas uma da outra por uma parede cartilaginosa denominada septo nasal. Em seu interior há dobras chamadas cornetos nasais, que forçam o ar a turbilhonar.

Possuem um revestimento dotado de células produtoras de muco e células ciliadas, também presentes nas porções inferiores das vias aéreas, como traquéia, brônquios e porção inicial dos bronquíolos. No teto das fossas nasais existem células sensoriais, responsáveis pelo sentido do olfacto. Têm as funções de filtrar, humedecer e aquecer o ar.

Faringe: é um canal comum aos sistemas digestivo e respiratório e comunica-se com a boca e com as fossas nasais. O ar inspirado pelas narinas ou pela boca passa necessariamente pela faringe, antes de atingir a laringe.

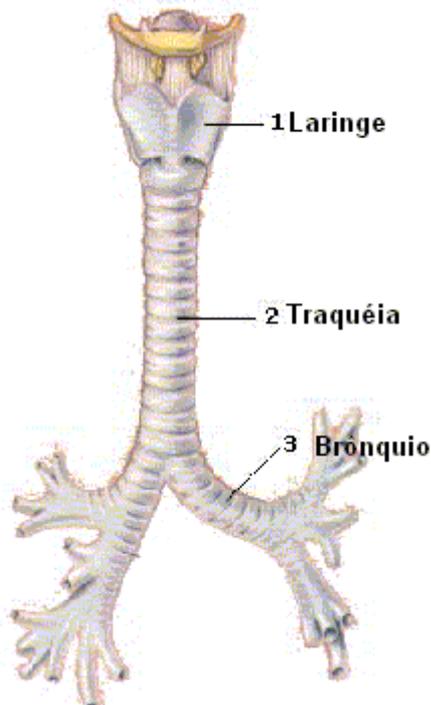
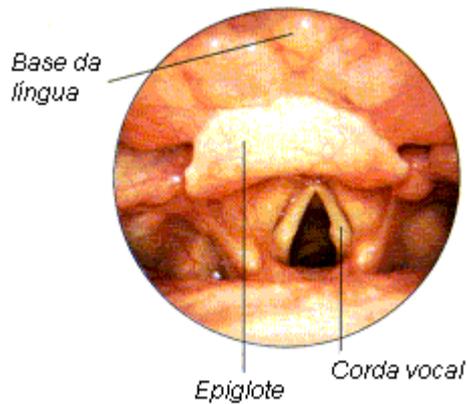
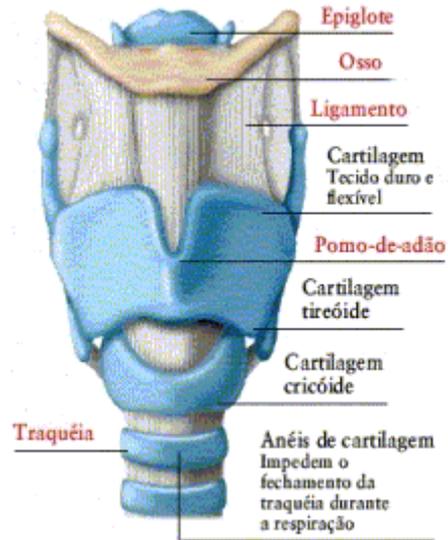


Laringe: é um tubo sustentado por peças de cartilagem articuladas, situado na parte superior do pescoço, em continuação à faringe. O pomo-de-adão, saliência que aparece no pescoço, faz parte de uma das peças cartilaginosas da laringe.

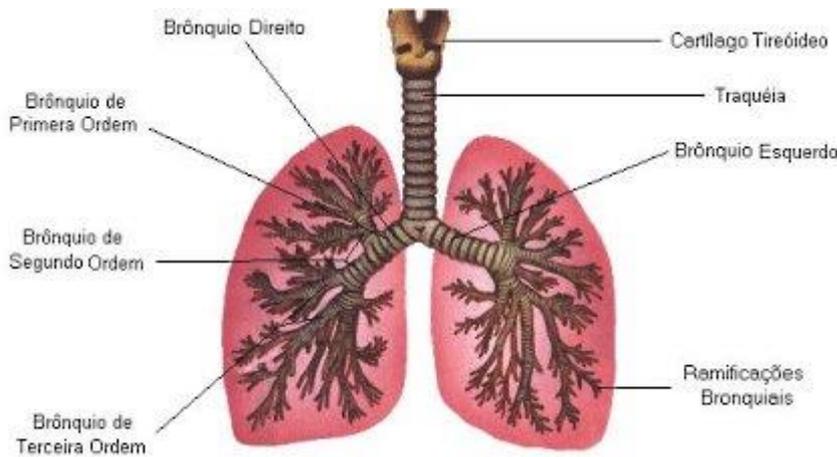
A entrada da laringe chama-se glote. Acima dela existe uma espécie de “lingueta” de cartilagem denominada

epiglote, que funciona como válvula. Quando nos alimentamos, a laringe sobe e sua entrada é fechada pela epiglote. Isso impede que o alimento ingerido penetre nas vias respiratórias.

O epitélio que reveste a laringe apresenta pregas, as **cordas vocais**, capazes de produzir sons durante a passagem de ar.



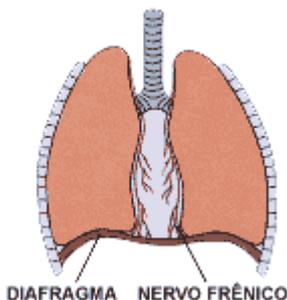
Traquéia: é um tubo de aproximadamente 1,5 cm de diâmetro por 10-12 centímetros de comprimento, cujas paredes são reforçadas por anéis cartilagosos. Bifurca-se na sua região inferior, originando os **brônquios**, que penetram nos pulmões. Seu epitélio de revestimento muco-ciliar adere partículas de poeira e bactérias presentes em suspensão no ar inalado, que são posteriormente varridas para fora (graças ao movimento dos cílios) e engolidas ou expelidas.



Pulmões: Os pulmões humanos são órgãos esponjosos, com aproximadamente 25 cm de comprimento, sendo envolvidos por uma membrana serosa denominada **pleura**. Nos pulmões os brônquios ramificam-se profusamente, dando origem a tubos cada vez mais finos, os **bronquíolos**. O conjunto altamente ramificado de bronquíolos é a **árvore brônquica** ou **árvore respiratória**.

Cada bronquíolo termina em pequenas bolsas formadas por células epiteliais achatadas (tecido epitelial pavimentoso) recobertas por capilares sanguíneos, denominadas **alvéolos pulmonares**.

Diafragma: A base de cada pulmão apoia-se no diafragma, órgão músculo-membranoso que separa o tórax do abdômen, presente apenas em mamíferos, promovendo, juntamente com os músculos intercostais, os movimentos respiratórios. Localizado logo acima do estômago, o nervo frênico controla os movimentos do diafragma (ver controle da respiração)



Bronquíolos e alvéolos

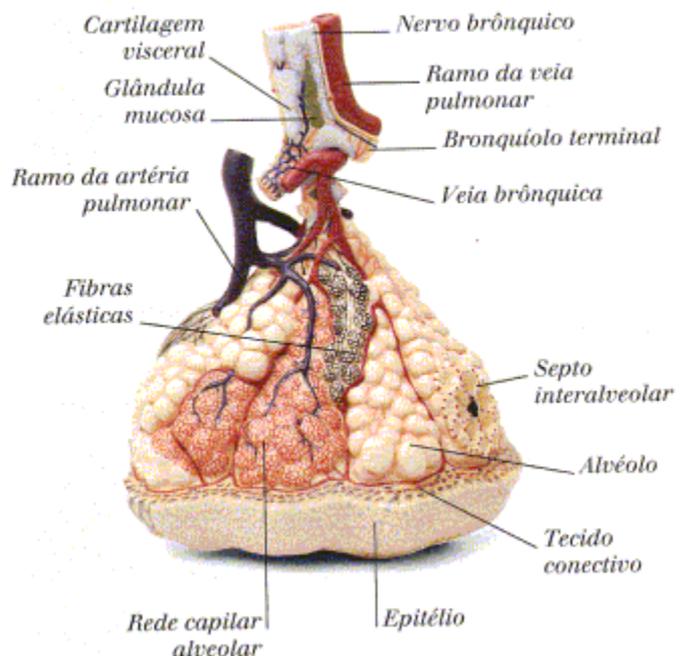
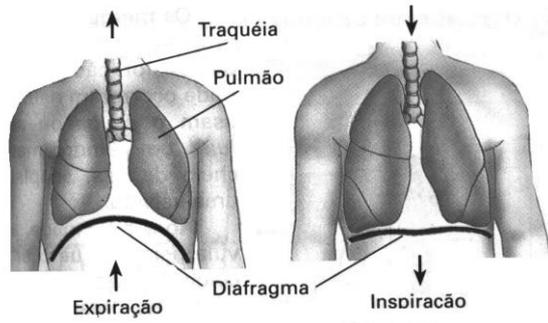


Imagem: SÉRIE ATLAS VISUAIS. O corpo Humano. Ed. Ática, 1997.

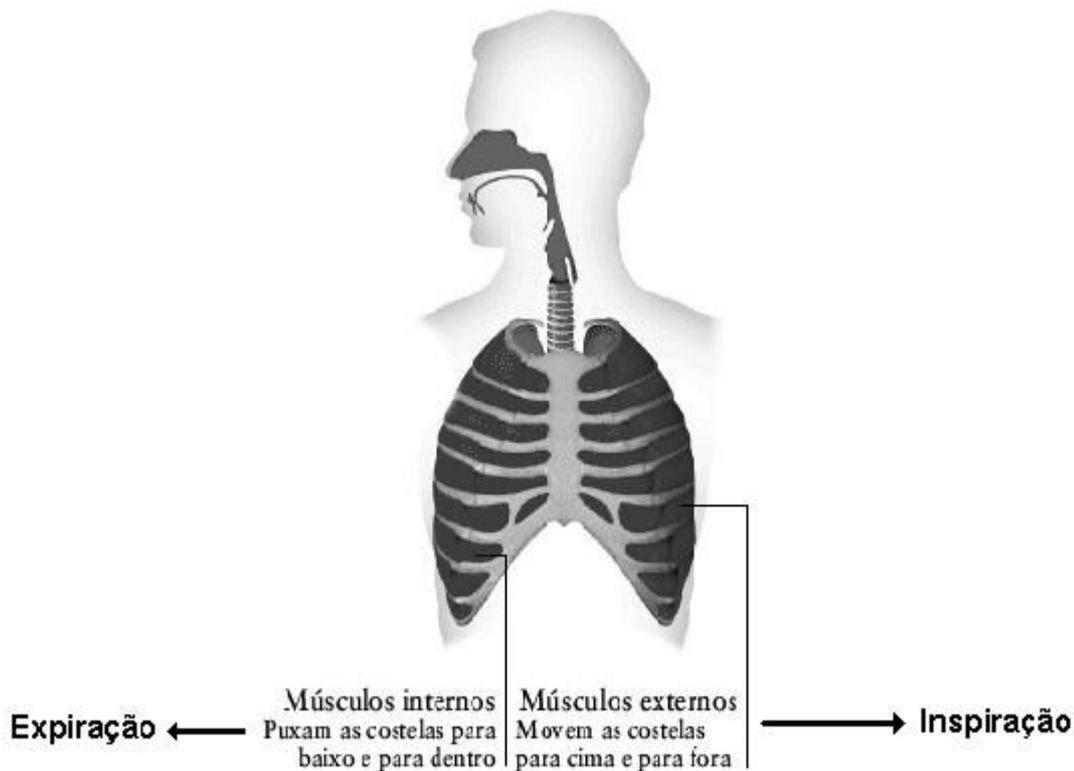
FISIOLOGIA DA RESPIRAÇÃO

Ventilação pulmonar

A **inspiração**, que promove a entrada de ar nos pulmões, dá-se pela contracção da musculatura do diafragma e dos músculos intercostais. O diafragma abaixa e as costelas elevam-se, promovendo o aumento da caixa torácica, com conseqüente redução da pressão interna (em relação à externa), forçando o ar a entrar nos pulmões.

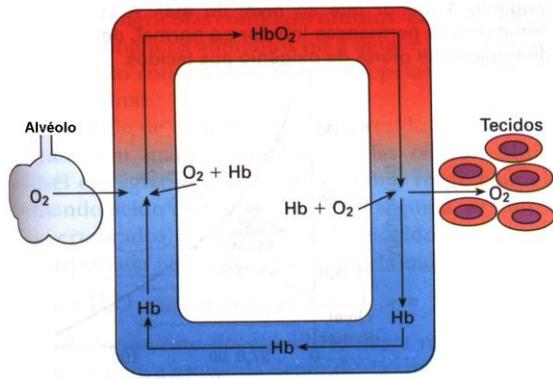


A **expiração**, que promove a saída de ar dos pulmões, dá-se pelo relaxamento da musculatura do diafragma e dos músculos intercostais. O diafragma eleva-se e as costelas abaixam, o que diminui o volume da caixa torácica, com conseqüente aumento da pressão interna, forçando o ar a sair dos pulmões.

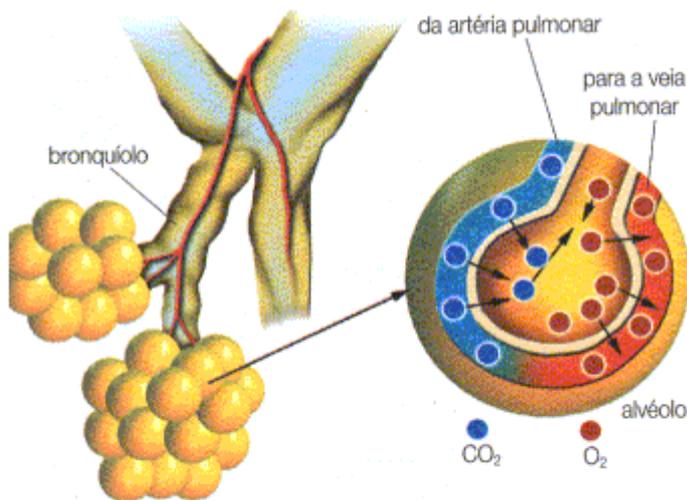


Transporte de gases respiratórios

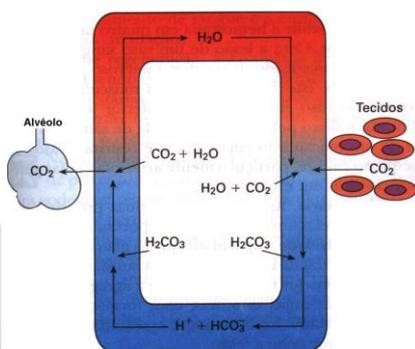
O transporte de gás **oxigênio** está a cargo da **hemoglobina**, proteína presente nas hemácias. Cada molécula de hemoglobina combina-se com 4 moléculas de gás oxigênio, formando a **oxi-hemoglobina**.



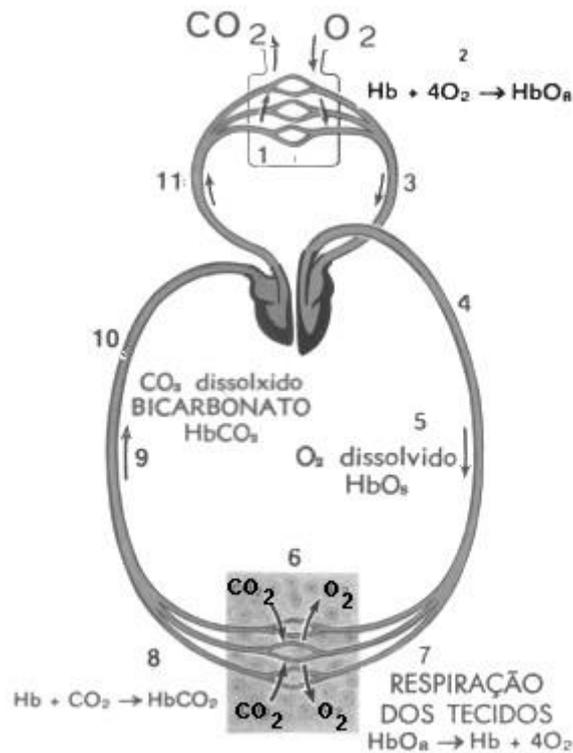
Nos alvéolos pulmonares o gás oxigênio do ar difunde-se para os capilares sanguíneos e penetra nas hemácias, onde se combina com a hemoglobina, enquanto o gás carbônico (CO_2) é liberado para o ar (processo chamado **hematose**).



Hematose é a troca de gás oxigênio por gás carbônico nos alvéolos.



Nos tecidos ocorre um processo inverso: o gás oxigênio dissocia-se da hemoglobina e difunde-se pelo líquido tissular, atingindo as células. A maior parte do gás carbônico (cerca de 70%) liberado pelas células no líquido tissular penetra nas hemácias e reage com a água, formando o ácido carbônico, que logo se dissocia e dá origem a íons H^+ e bicarbonato (HCO_3^-), difundindo-se para o plasma sanguíneo, onde ajudam a manter o grau de acidez do sangue. Cerca de 23% do **gás carbônico** liberado pelos tecidos associam-se à própria hemoglobina, formando a **carboemoglobina**. O restante dissolve-se no plasma.



OBS: O monóxido de carbono, liberado pela “queima” incompleta de combustíveis fósseis e pela fumaça dos cigarros entre outros, combina-se com a hemoglobina de uma maneira mais estável do que o oxigênio, formando o **carboxiemoglobina**. Dessa forma, a hemoglobina fica impossibilitada de transportar o oxigênio, podendo levar à morte por asfixia. Veja as tabelas abaixo, retiradas da prova do ENEM de 98:

Um dos índices de qualidade do ar diz respeito à concentração de monóxido de carbono (CO), pois esse gás pode causar vários danos à saúde. A tabela abaixo mostra a relação entre a qualidade do ar e a concentração de CO.

Qualidade do ar	Concentração de CO – ppm* (média de 8h)
Inadequada	15 a 30
Péssima	30 a 40
Crítica	Acima de 40

* ppm (parte por milhão) = 1 micrograma de CO por grama de ar 10^{-6} g

Para analisar os efeitos do CO sobre os seres humanos, dispõe-se dos seguintes dados:

Concentração de CO (ppm)	Sintomas em seres humanos
10	Nenhum
15	Diminuição da capacidade visual
60	Dores de cabeça
100	Tonturas, fraqueza muscular

270	Inconsciência
800	Morte

Controle da respiração

Em relativo repouso, a frequência respiratória é da ordem de 10 a 16 movimentos por minuto.

A respiração é controlada automaticamente por um centro nervoso localizado no bulbo. Desse centro partem os nervos responsáveis pela contracção dos músculos respiratórios (diafragma e músculos intercostais). Os sinais nervosos são transmitidos desse centro através da coluna espinal para os músculos da respiração. O mais importante músculo da respiração, o diafragma, recebe os sinais respiratórios através de um nervo especial, o **nervo frênico**, que deixa a medula espinal na metade superior do pescoço e dirige-se para baixo, através do tórax até o diafragma. Os sinais para os músculos expiratórios, especialmente os músculos abdominais, são transmitidos para a porção baixa da medula espinal, para os nervos espinais que inervam os músculos. Impulsos iniciados pela estimulação psíquica ou sensorial do córtex cerebral podem afectar a respiração. Em condições normais, o centro respiratório (CR) produz, a cada 5 segundos, um impulso nervoso que estimula a contracção da musculatura torácica e do diafragma, fazendo-nos inspirar. O CR é capaz de aumentar e de diminuir tanto a frequência como a amplitude dos movimentos respiratórios, pois possui quimiorreceptores que são bastante sensíveis ao pH do plasma. Essa capacidade permite que os tecidos recebam a quantidade de oxigénio que necessitam, além de remover adequadamente o gás carbónico. Quando o sangue torna-se mais ácido devido ao aumento do gás carbónico, o centro respiratório induz a aceleração dos movimentos respiratórios. Dessa forma, tanto a frequência quanto a amplitude da respiração tornam-se aumentadas devido à excitação do CR.

Em situação contrária, com a depressão do CR, ocorre diminuição da frequência e amplitude respiratórias.

A respiração é ainda o principal mecanismo de controle do pH do sangue.



O aumento da concentração de CO_2 desloca a reacção para a direita, enquanto sua redução desloca para a esquerda.

Dessa forma, o aumento da concentração de CO_2 no sangue provoca aumento de íons H^+ e o plasma tende ao pH ácido. Se a concentração de CO_2 diminui, o pH do plasma sanguíneo tende a se tornar mais básico (ou alcalino).

Se o **pH** está **abaixo** do normal (**acidose**), o centro respiratório é **excitado**, aumentando a frequência e a amplitude dos movimentos respiratórios. O aumento da ventilação pulmonar determina eliminação de maior quantidade de CO_2 , o que eleva o pH do plasma ao seu valor normal.

Caso o pH do plasma esteja acima do normal (**alcalose**), o centro respiratório é **deprimido**, diminuindo a frequência e a amplitude dos movimentos respiratórios. Com a diminuição na

ventilação pulmonar, há retenção de CO₂ e maior produção de íons H⁺, o que determina queda no pH plasmático até seus valores normais.

A ansiedade e os estados ansiosos promovem liberação de adrenalina que, frequentemente levam também à hiperventilação, algumas vezes de tal intensidade que o indivíduo torna seus líquidos orgânicos alcalóticos (básicos), eliminando grande quantidade de dióxido de carbono, precipitando, assim, contrações dos músculos de todo o corpo.

Se a concentração de gás carbônico cair a valores muito baixos, outras consequências extremamente danosas podem ocorrer, como o desenvolvimento de um quadro de alcalose que pode levar a uma irritabilidade do sistema nervoso, resultando, algumas vezes, em tetania (contrações musculares involuntárias por todo o corpo) ou mesmo convulsões epiléticas.

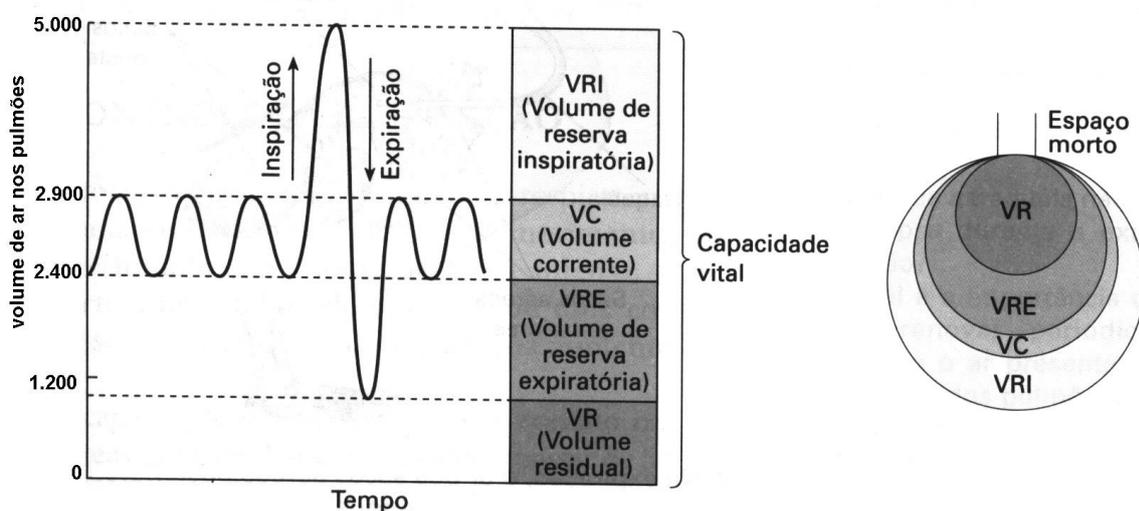
Existem algumas ocasiões em que a concentração de oxigênio nos alvéolos cai a valores muito baixos. Isso ocorre especialmente quando se sobe a lugares muito altos, onde a concentração de oxigênio na atmosfera é muito baixa ou quando uma pessoa contrai pneumonia ou alguma outra doença que reduza o oxigênio nos alvéolos. Sob tais condições, quimiorreceptores localizados nas artérias carótida (do pescoço) e aorta são estimulados e enviam sinais pelos nervos vago e glossofaríngeo, estimulando os centros respiratórios no sentido de aumentar a ventilação pulmonar.

A capacidade e os volumes respiratórios

O sistema respiratório humano comporta um volume total de aproximadamente 5 litros de ar – a capacidade pulmonar total. Desse volume, apenas meio litro é renovado em cada respiração tranquila, de repouso. Esse volume renovado é o volume corrente.

Se no final de uma inspiração forçada, executarmos uma expiração forçada, conseguiremos retirar dos pulmões uma quantidade de aproximadamente 4 litros de ar, o que corresponde à **capacidade vital**, e é dentro de seus limites que a respiração pode acontecer.

Mesmo no final de uma expiração forçada, resta nas vias aéreas cerca de 1 litro de ar, o **volume residual**.



Nunca se consegue encher os pulmões com ar completamente renovado, já que mesmo no final de uma expiração forçada o volume residual permanece no sistema respiratório. A ventilação pulmonar, portanto, dilui esse ar residual no ar renovado, colocado em seu interior.

O volume de ar renovado por minuto (ou **volume-minuto respiratório**) é obtido pelo produto da frequência respiratória (FR) pelo volume corrente (VC): **$VMR = FR \times VC$** .

Por exemplo em um adulto em repouso, podemos ter:

FR = 12 movimentos por minuto

VC = 0,5 litros

Portanto: **volume-minuto respiratório = 12 x 0,5 = 6 litros/minuto**

Os atletas costumam utilizar o chamado “segundo fôlego”. No final de cada expiração, contraem os músculos intercostais internos, que abaixam as costelas e eliminam mais ar dos pulmões, aumentando a renovação.

Os mergulhadores e a “respiração sob pressão positiva”



Quando o mergulhador está submerso, a entrada do ar e a expansão dos pulmões são dificultadas pela pressão exercida pela água sobre a parede do tórax.

No mergulho com snorkel o mergulhador tem de fazer mais força para inspirar, pois seu tórax é comprimido pela pressão da água.

No mergulho com scuba ou aqualung, um cilíndrico metálico cheio de gás acoplado a uma válvula permite que o ar seja colocado nas vias aéreas com uma pressão equivalente à pressão da água naquela profundidade.

DISTÚRBIOS CILIARES

A limpeza das vias aéreas depende do bom funcionamento dos cílios e das características do muco produzido pelo epitélio mucociliar. Esse mecanismo de defesa pode ser afetado por alterações ambientais, infecciosas ou hereditárias ou se ainda o indivíduo consome de modo crônico álcool, drogas ou cigarro, podendo levar à retenção frequente de secreção, o que provoca tosse e infecção repetitiva.

A inalação de ar frio, por exemplo, diminui a velocidade dos batimentos ciliares nas vias respiratórias, com prejuízo para a remoção de partículas sólidas, aumentando a chance de aparecimento de infecções respiratórias.

Há uma doença determinada geneticamente, a doença dos cílios imóveis, que causa alterações na síntese das proteínas que participam da estrutura de cílios e flagelos. Com isso, o batimento dos cílios é prejudicado, predispondo o paciente a infecções das vias aéreas, como pneumonias e sinusites. Acomete principalmente homens e provoca também esterilidade, pela imobilidade do flagelo dos espermatozoides.

A fumaça de cigarros diminui a eficiência dos batimentos ciliares, o que se traduz na maior frequência de doenças respiratórias entre os fumantes e seus filhos. A incidência de pneumonias é três vezes maior nos filhos de mulheres fumantes que nos filhos das não fumantes.

Se a obstrução dos bronquíolos for mais generalizada devido ao crescimento do epitélio (devido ao cigarro), desenvolve-se, com o passar dos anos, o **enfisema pulmonar**, que pode levar a morte por insuficiência respiratória. O reflexo da tosse é também um mecanismo de defesa natural inespecífica porque remove agentes irritantes que chegam as vias aéreas inferiores. Esse reflexo é conduzido pelo nervo vago até o bulbo, onde é gerado o reflexo de inspiração e expiração (diafragma e músculos intercostais) e de contração dos músculos da laringe para realizar a tosse. O reflexo de espirro é quase semelhante ao da tosse, porém a via aferente vem das terminações nervosas do nariz.