

# QUALIDADE DO AR INTERIOR

Cartilha sobre qualidade de vida, bem-estar, saúde  
e biossegurança das pessoas em salas fechadas



# SUMÁRIO

Introdução .....	3	Sistema de renovação do ar por ventilação mecânica.....	14
O problema .....	4	Sistema de ventilação natural.....	15
O que é a degradação do ar.....	5	O ar exterior.....	16
Os efeitos do ar degradado nas pessoas.....	6	Biossegurança .....	17
Contaminação por vírus e bactérias no ar interior .....	7	Tecnologia inovadora de foto-oxidação catalítica.....	18
Locais críticos normalmente sem renovação de ar.....	8	Como acontece na prática.....	19
PMOC - Plano de Manutenção Operação e Controle .....	9	Como são os equipamentos de oxidação avançada.....	20
Manutenção e regulagem dos condicionadores de ar .....	10	Pontos essenciais.....	21
Caracterização do problema sem a renovação do ar .....	11	Considerações finais .....	22
A solução: renovação de ar interior .....	12	Normas técnicas pertinentes .....	23
Fatores físicos de controle da qualidade do ar .....	13		

# INTRODUÇÃO

## O que é Qualidade do Ar Interior?

É SAÚDE, BEM-ESTAR e BIOSSEGURANÇA das pessoas que passam grande parte de seu dia dentro de salas fechadas, no lar, no trabalho, na escola, em festas e eventos, etc. Estima-se que uma pessoa passe, em média, mais de 90% do seu tempo diário dentro de espaços fechados. Na maioria das vezes, essas salas fechadas não possuem renovação do ar no interior e, assim, pelo processo de respiração das pessoas, em que se consome o oxigênio e exala gás carbônico e umidade, o ar fica degradado, trazendo uma série de problemas de saúde que as pessoas não relacionam com a qualidade do ar interior. Isso é especialmente grave nos momentos de pandemias, visto que a contaminação por vírus e bactérias é facilmente obtida pela respiração de ar contaminado.

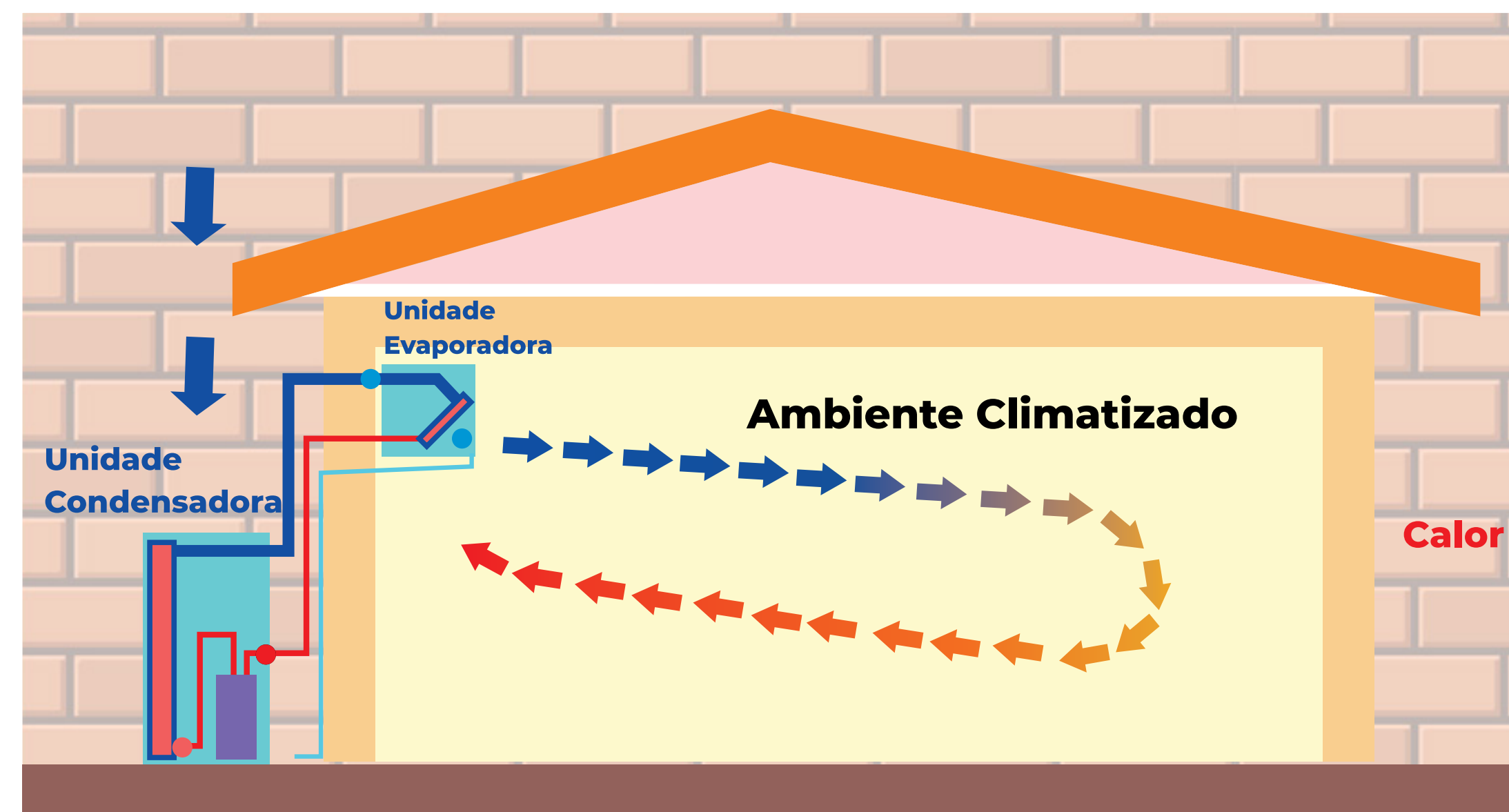
A PORTARIA nº 3.523, de 28/08/1998, do Ministério da Saúde do Governo Federal, estabelece um Regulamento Técnico a respeito da Qualidade do Ar Interior e serve de base para as afirmações técnicas desta cartilha. Ela define em seu artigo 3º, parágrafo único: **d) boa qualidade do ar interno: conjunto de propriedades físicas, químicas e biológicas do ar que não apresentem agravos à saúde humana.**



## O PROBLEMA

Os espaços internos são “caixas fechadas” que, mesmo possuindo várias aberturas, como portas e janelas, invariavelmente ficam fechadas visto que, no seu interior, existe um sistema de condicionamento de ar para esfriar ou aquecer o ambiente. Os aparelhos condicionadores de ar de pequena capacidade, tais como os modelos split ou de janela (que são a grande maioria das instalações em edificações), não possuem dispositivos que promovam a troca do ar interior. Para promover o conforto térmico, as pessoas fecham todas as aberturas, ligam os aparelhos de ar condicionado e, assim, permanecem por longos períodos em suas variadas atividades.

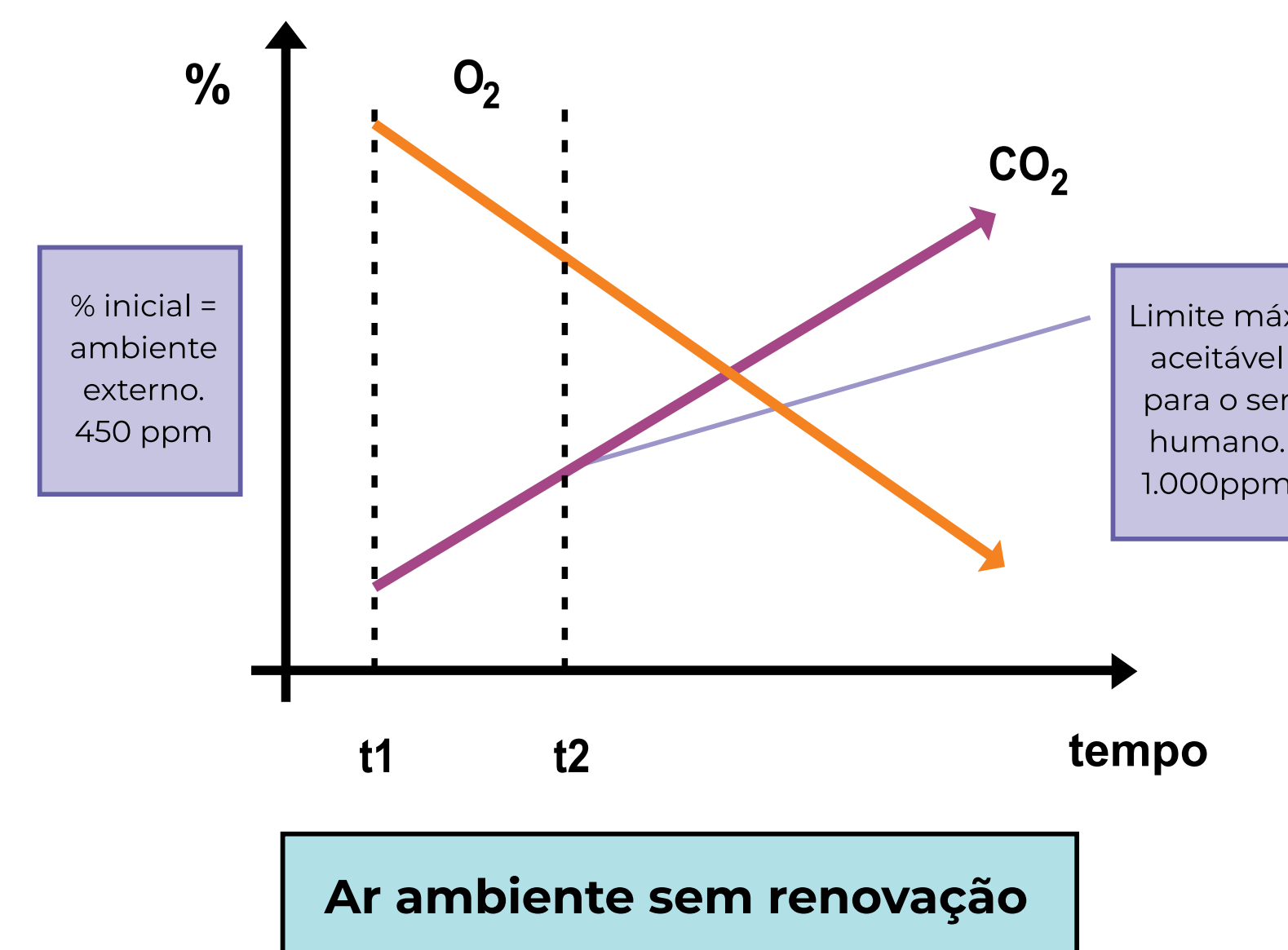
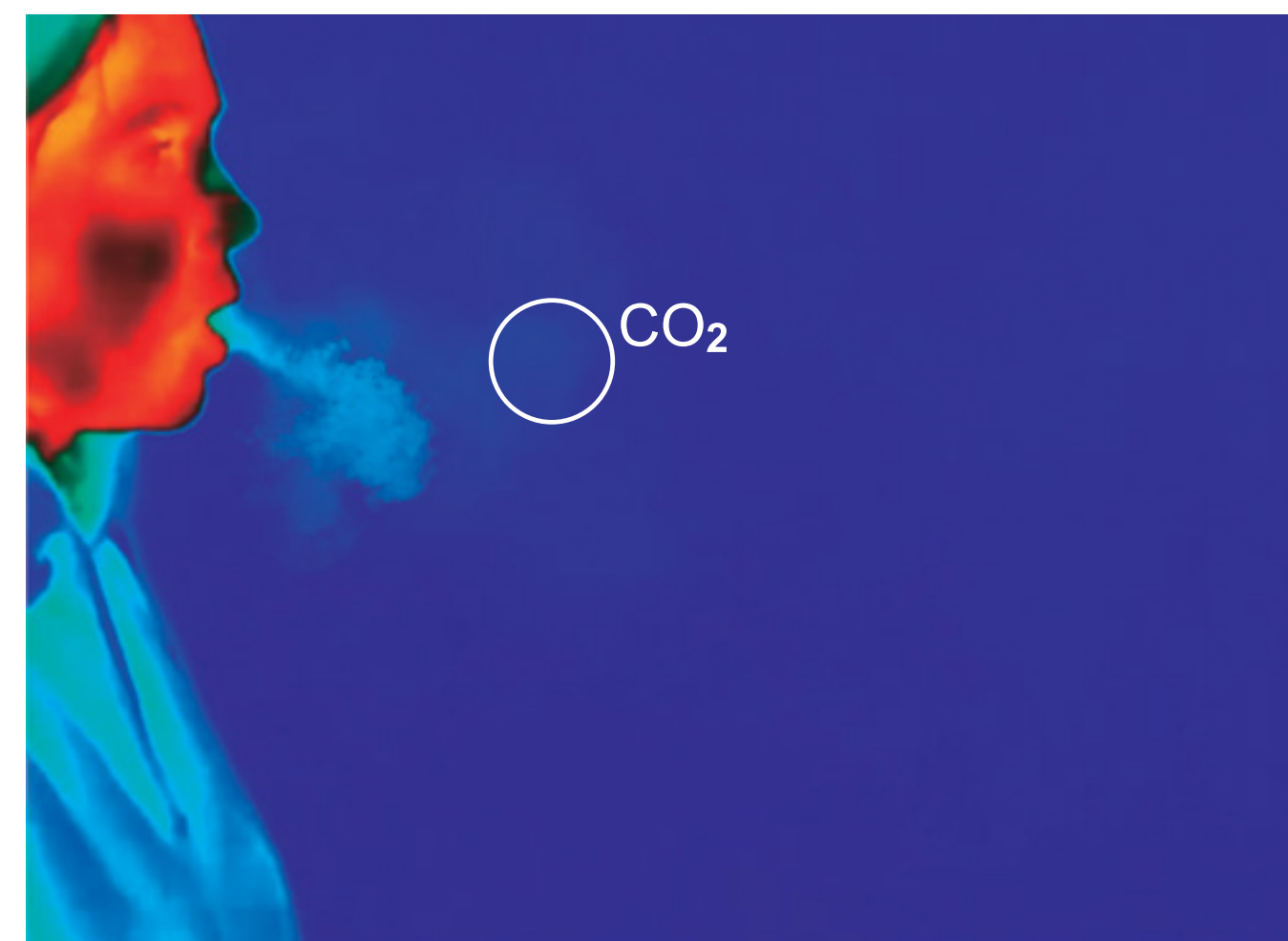
Os condicionadores de ar apenas reduzem a temperatura e retiram a umidade do ar interior, mas a degradação do ar continua de forma crescente ao longo do tempo.



## O QUE É A DEGRADAÇÃO DO AR?

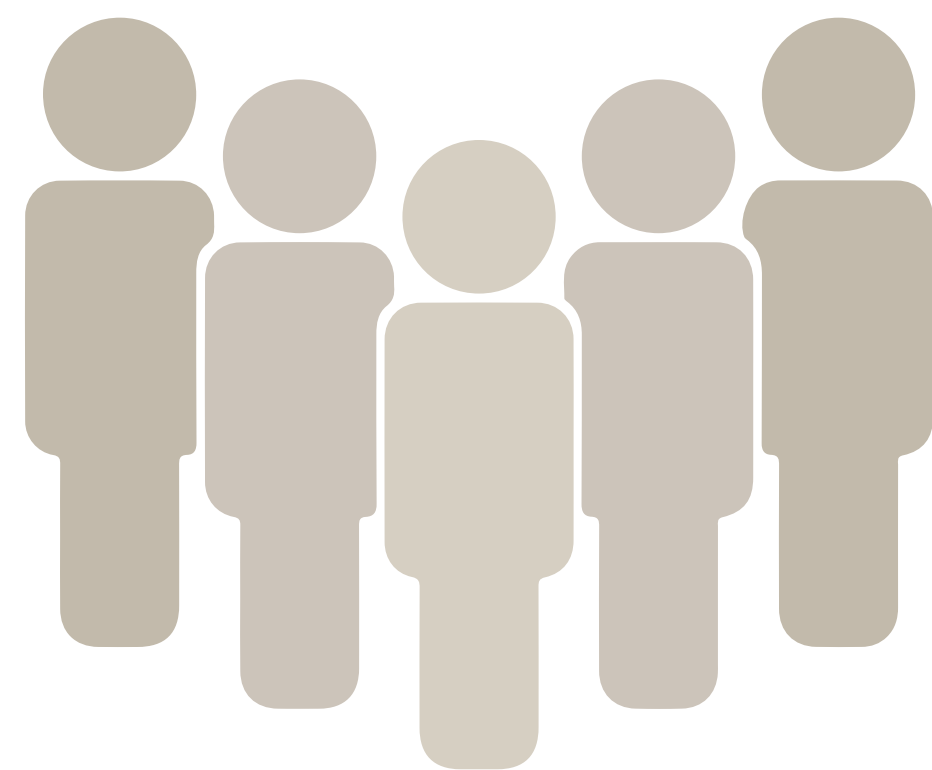
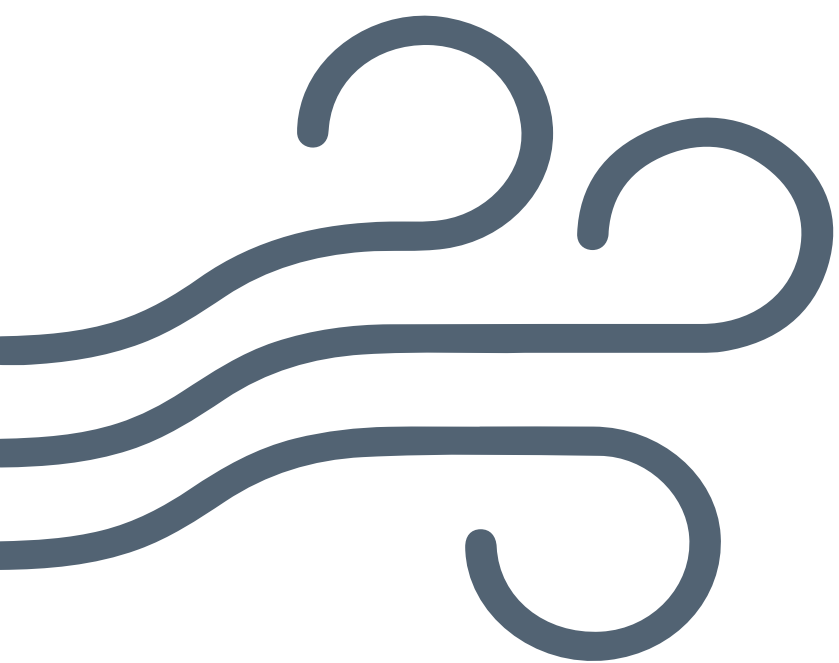
O processo da respiração humana implica o aproveitamento do  $O_2$  - oxigênio contido no ar necessário para o metabolismo do corpo. Esse mesmo processo retorna para o ar interior das salas o  $CO_2$  - gás carbônico, como pode ser visto na imagem termográfica ao lado. Dessa forma, a quantidade de  $O_2$  da sala fechada vai reduzindo constantemente e, do mesmo modo, o  $CO_2$  vai crescendo, chegando a índices que começam a trazer problemas de saúde e bem-estar às pessoas.

O indicador técnico de qualidade do ar interior é o  $CO_2$ , cujo teor máximo admitido pela Resolução nº 9 da ANVISA é de 1.000 ppm.



## OS EFEITOS DO AR DEGRADADO NAS PESSOAS

Encontra-se na PORTARIA Nº 3.523, DE 28/08/1998 do Ministério da Saúde, artigo 4º, letra i: “Síndrome dos Edifícios Doentes: consiste no surgimento de sintomas que são comuns à população em geral, mas que, em uma situação temporal, pode ser relacionado a um edifício em particular. Um aumento considerável na prevalência dos níveis dos sintomas, antes relacionados, proporciona a relação entre o edifício e seus ocupantes”.



### Sintomas típicos que ocorrem na SÍNDROME DOS EDIFÍCIOS DOENTES - SED

- DOR DE CABEÇA
- SONOLÊNCIA
- DESATENÇÃO
- LETARGIA
- PERDA DE RENDIMENTO NO TRABALHO E NO ESTUDO
- ALTERAÇÃO DO pH SANGUÍNEO
- FALTA DE OXIGÊNIO NO ORGANISMO
- DISTÚRBIOS EMOCIONAIS
- TRANSMISSÃO DE VÍRUS E BACTÉRIAS
- MORTE (no caso extremo)

Limite máximo admitido de CO<sub>2</sub> nas salas fechadas: 1.000 ppm, e podem ser medidos facilmente por aparelhos portáteis para os devidos controles.

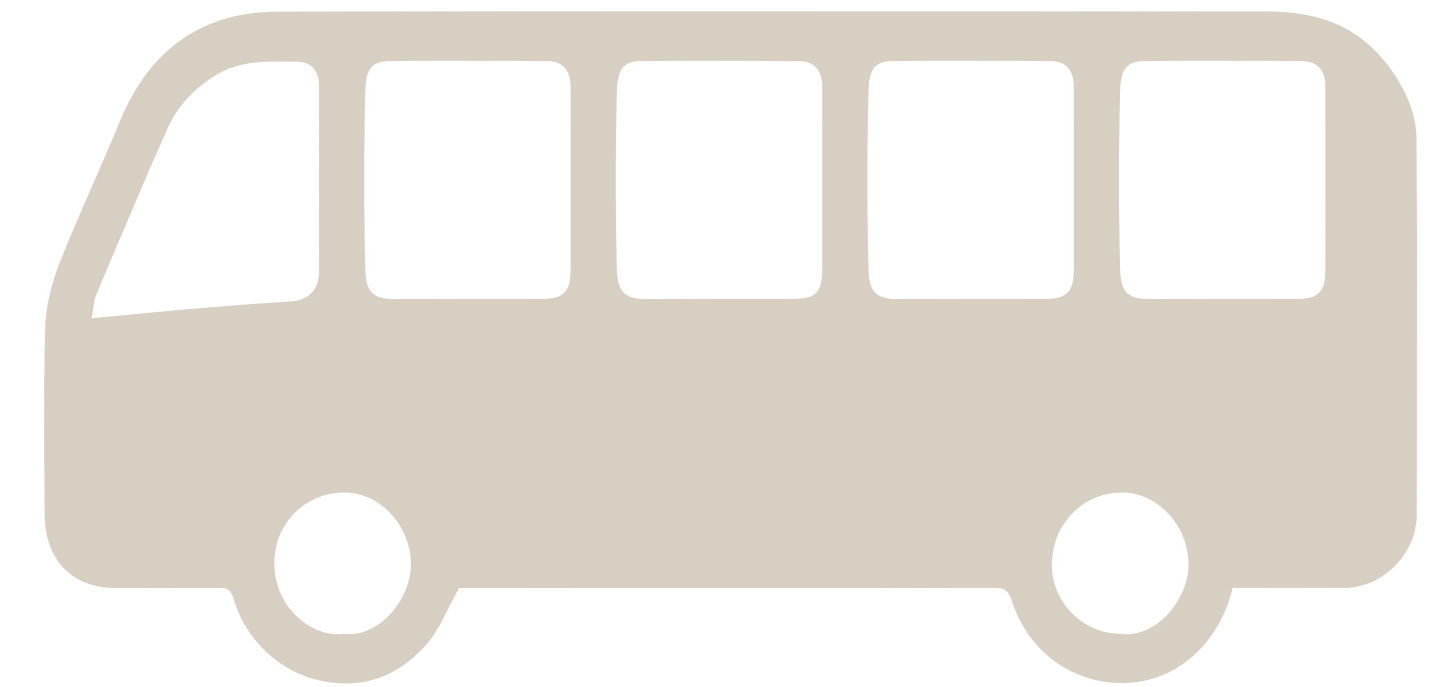
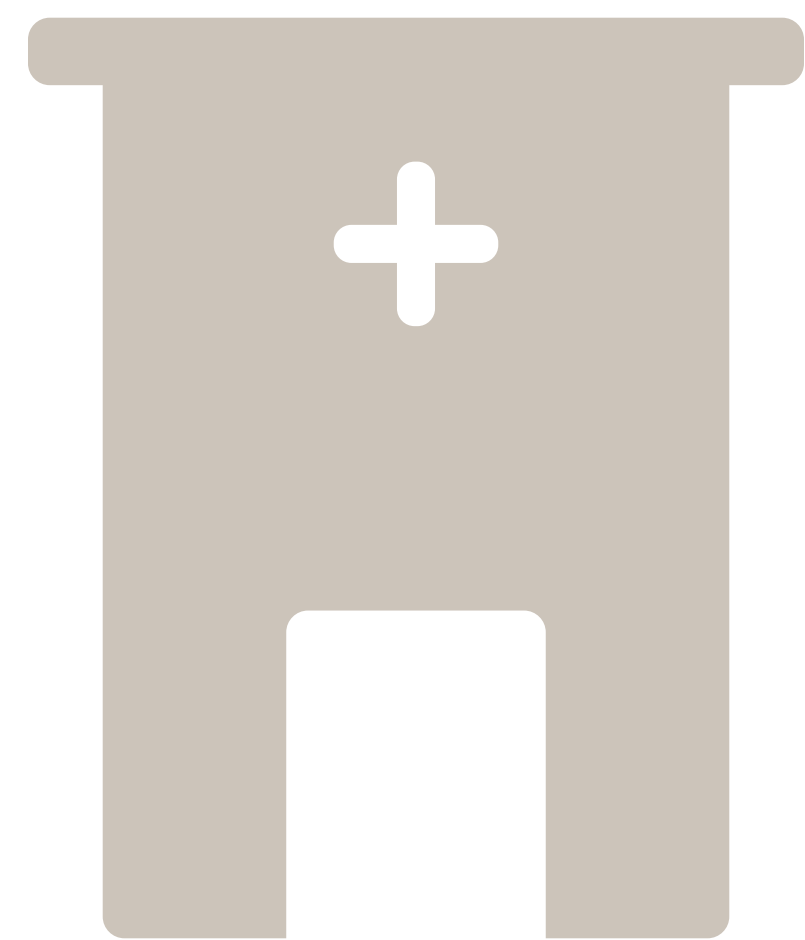


## CONTAMINAÇÃO POR VÍRUS E BACTÉRIAS NO AR INTERIOR

Estudo conduzido pela Toho University no Japão, por intermédio do Dr. Kazuhiro Tateda - Presidente da Japanese Association for Infectious Disease, mostra a existência das macro e micro gotículas exaladas pelas pessoas, flutuando no ar interior das salas fechadas na ausência de ventilação/renovação do ar. Nessa condição, o ar estagnado sem velocidade mantém as partículas com carga viral flutuando no ar, propiciando que pessoas presentes respirem o ar umas das outras e, dessa forma, contaminem-se.

## LOCAIS CRÍTICOS NORMALMENTE SEM RENOVAÇÃO DE AR

Pela falta de conhecimento e atenção das pessoas sobre a qualidade do ar interior, ambientes comuns nos quais as pessoas passam várias horas por dia são fechados, ocasionando a degradação do ar e os riscos à saúde. Desde um quarto de dormir, passando por salas de aula, escritórios e os mais críticos, tais como hospitais e clínicas, são potenciais perigos às pessoas.



Veículos de transporte público e até mesmo automóveis são ambientes **extremamente perigosos** quando há **ausência de ventilação** e renovação do ar. Muitas pessoas confinadas em pequenas cápsulas, degradam o ar rapidamente e, o mais crítico, podem emitir uma carga viral no ambiente. Nos veículos públicos, recomenda-se manter as janelas parcialmente abertas para promover a circulação do ar. Nos automóveis, é recomendado manter a climatização ligada, mas a cada 15-20 minutos de viagem, abrir todas as janelas para promover a limpeza do ar interno.

## PMOC – PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE

A PORTARIA Nº 3.523, DE 28/08/1998 do Ministério da Saúde, no artigo 5º, determina que: “todos os sistemas de climatização devem estar em condições adequadas de limpeza, manutenção, operação e controle, observadas as determinações abaixo relacionadas, visando a prevenção de riscos à saúde dos ocupantes”.

- Manter os componentes do sistema de climatização limpos, tais como bandejas, serpentinas, umidificadores, ventiladores e dutos, é uma forma de evitar a difusão ou proliferação de agentes nocivos à saúde humana, mantendo assim, uma boa qualidade do ar interno.

A lei federal nº 13.589, de 2018, exige a aplicação de um plano de manutenção em estabelecimentos que possuem sistemas de climatização e condicionamento de ar, são inspecionados pela Vigilância Sanitária e pelo CREA, de forma a garantir o perfeito funcionamento dos equipamentos para a saúde dos ocupantes.

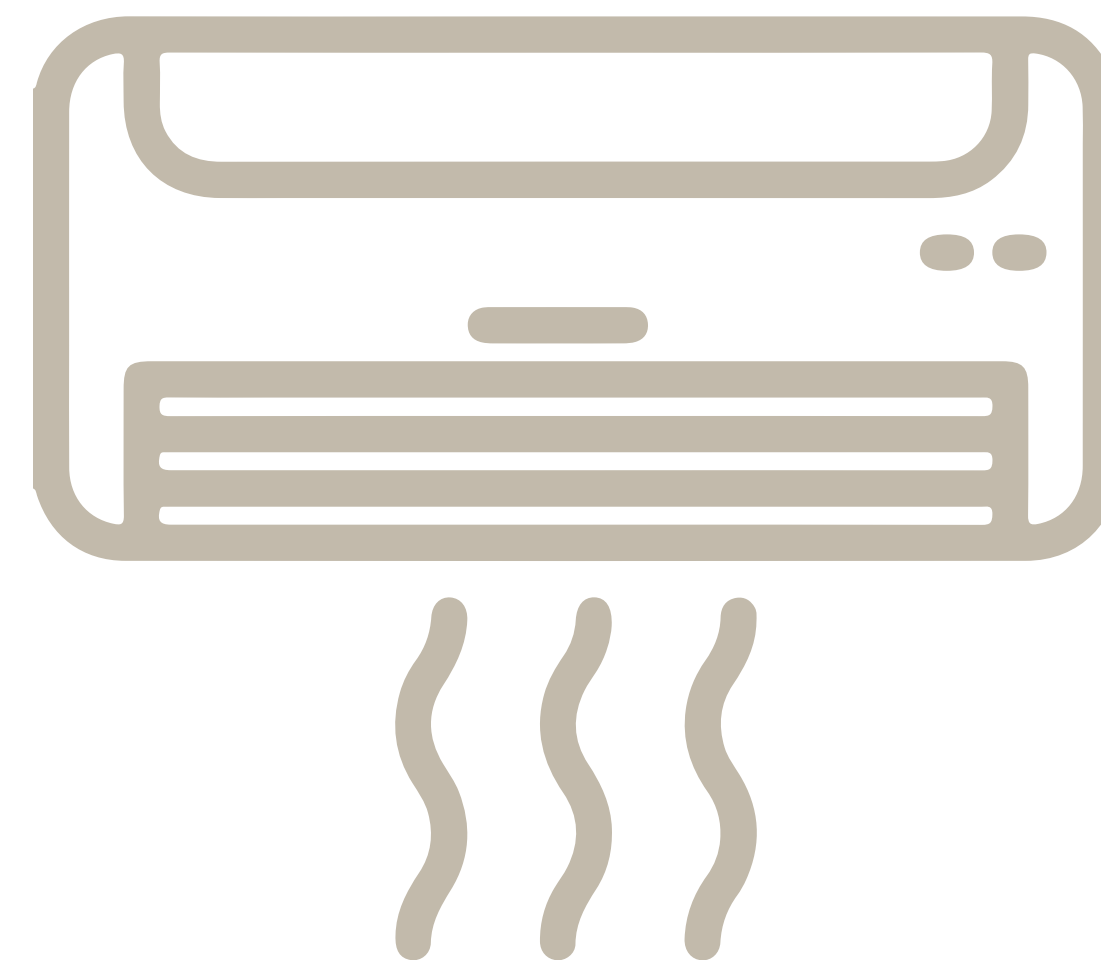
No artigo 6º, explicita-se: “os proprietários, locatários e prepostos responsáveis por sistemas de climatização com capacidade acima de 5 Tonelada de Refrigeração (TR) (15.000 kcal/h = 60.000 BTU/h), deverão manter um responsável técnico habilitado, com as seguintes atribuições:

- **Implantar e manter disponível no imóvel um PMOC – Plano de Manutenção, Operação e Controle adotado para o sistema de climatização.**

Este plano deve conter a identificação do estabelecimento que possui ambientes climatizados, a descrição das atividades a serem desenvolvidas, a periodicidade das mesmas, as recomendações a serem adotadas em situações de falha do equipamento e de emergência, para garantia da segurança do sistema de climatização e outros de interesse.

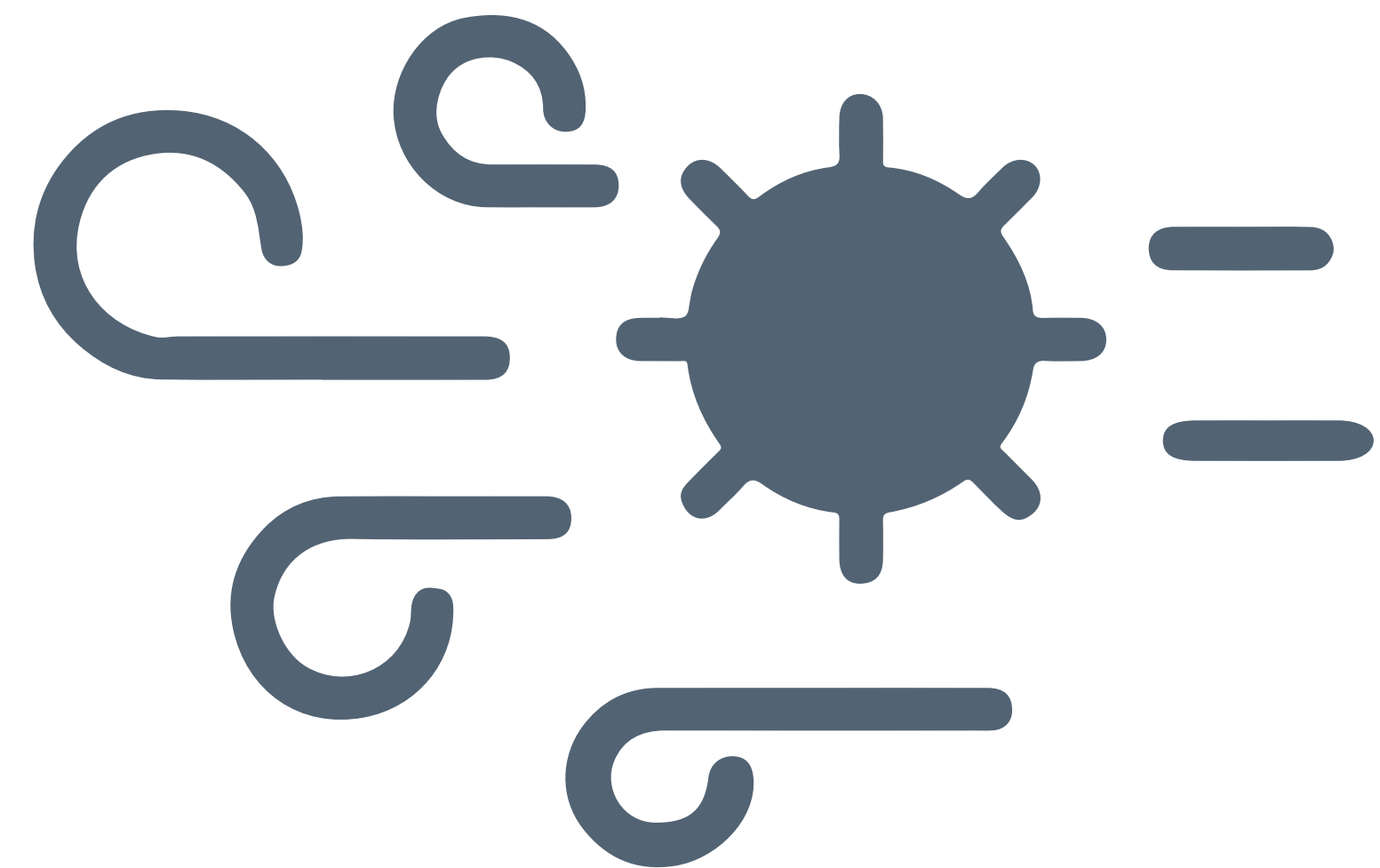
## MANUTENÇÃO E REGULAGEM DOS CONDICIONADORES DE AR

A manutenção dos aparelhos de ar-condicionado de todas as instalações, inclusive os domésticos, deve ser realizada periodicamente para **garantir a qualidade do ar** que respiramos. Trocar os filtros e realizar a limpeza mecânica dos aparelhos, além de ajustar adequadamente a temperatura, são essenciais. Em relação à temperatura, a recomendação é mantê-la em uma faixa entre **21°C e 25°C**, com uma média de **23°C**, que é a temperatura média de conforto térmico das pessoas.



## CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA SEM A RENOVAÇÃO DE AR

Os ambientes de uso coletivo, como salas de aula, auditórios, salas de reunião, salas de espera, cinemas, entre outros, são extremamente críticos devido à rápida degradação do ar ambiente. Além do rápido consumo de oxigênio ( $O_2$ ) e do aumento rápido da concentração de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), odores, gases e partículas são exalados pelos corpos das pessoas no local. Esses gases também contêm uma carga de vírus e bactérias que podem facilmente contaminar as pessoas na sala. A partir de 2020, com o advento da pandemia da Covid-19, essas situações se tornaram extremamente críticas. O vírus é altamente transmissível pelo ar e fica flutuando dentro de espaços fechados.

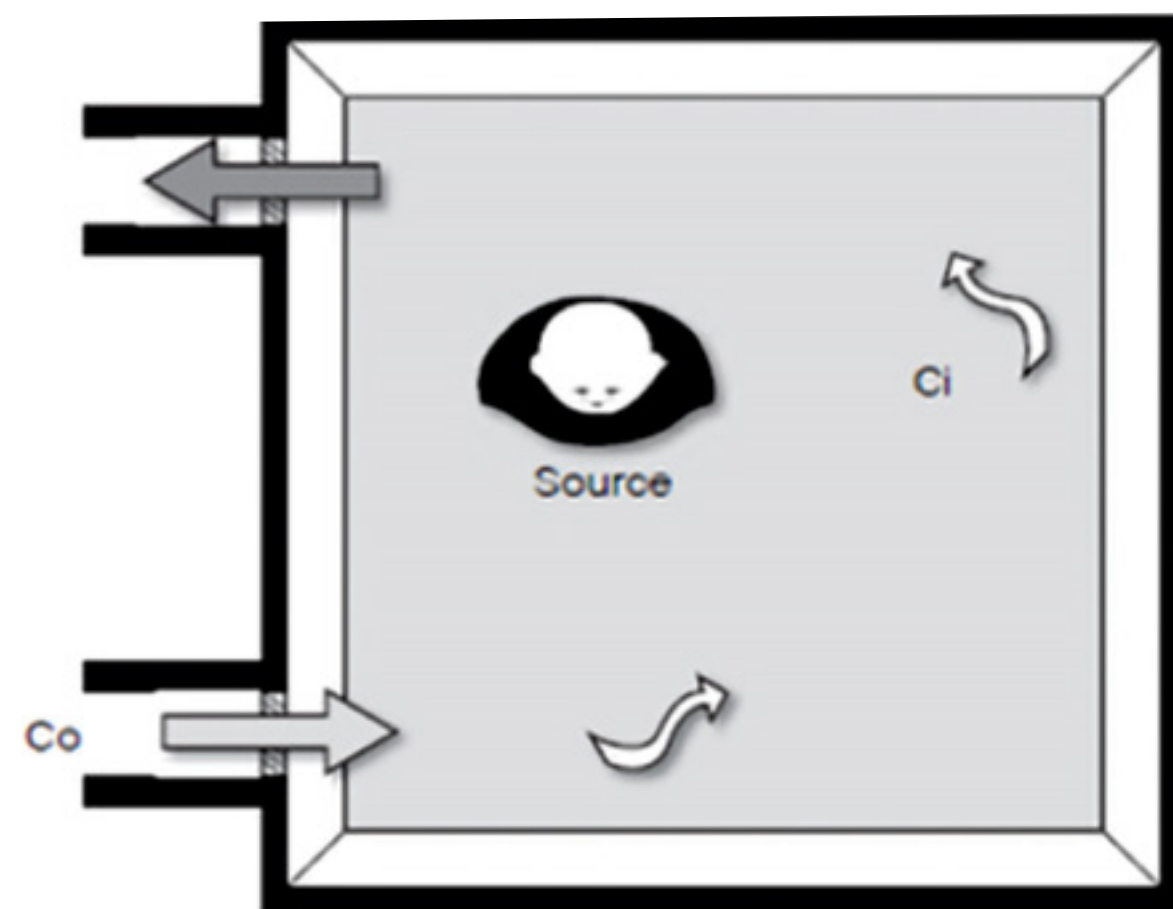


## A SOLUÇÃO: RENOVAÇÃO DO AR INTERIOR

A PORTARIA Nº 3.523, DE 28 DE AGOSTO DE 1998 do Ministro de Estado da Saúde, Art. 4º, adota as seguintes definições:

**b) ar de renovação: ar externo que é introduzido no ambiente climatizado.**

**c) ar de retorno: ar que recircula no ambiente climatizado.**



A partir desta resolução, vem a definição de que todas as salas ocupadas por pessoas devem ter uma entrada de ar externo filtrado e uma saída de ar interno já degradado para o ambiente exterior. Esse processo de recirculação de ar promove um ar interior de qualidade de forma constante dentro dos ambientes, levando bem-estar e saúde aos ocupantes.

Este processo de Renovação do Ar poderá ser:

**1) MECÂNICO**, por meio do modo técnico, com ventiladores e dutos, ou **2) VENTILAÇÃO NATURAL**, por meio de aberturas planejadas ou portas e janelas abertas. No entanto, essa solução não garante uma condição constante dos fatores de controle, sendo adotada emergencialmente.

## FATORES FÍSICOS DE CONTROLE DA QUALIDADE DO AR

A Resolução - RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003 da ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, especifica, em seus parágrafos, os fatores de controle da qualidade do ar interior, destacando-se os principais:

**2.1** -  $\leq 1000$  ppm de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar.

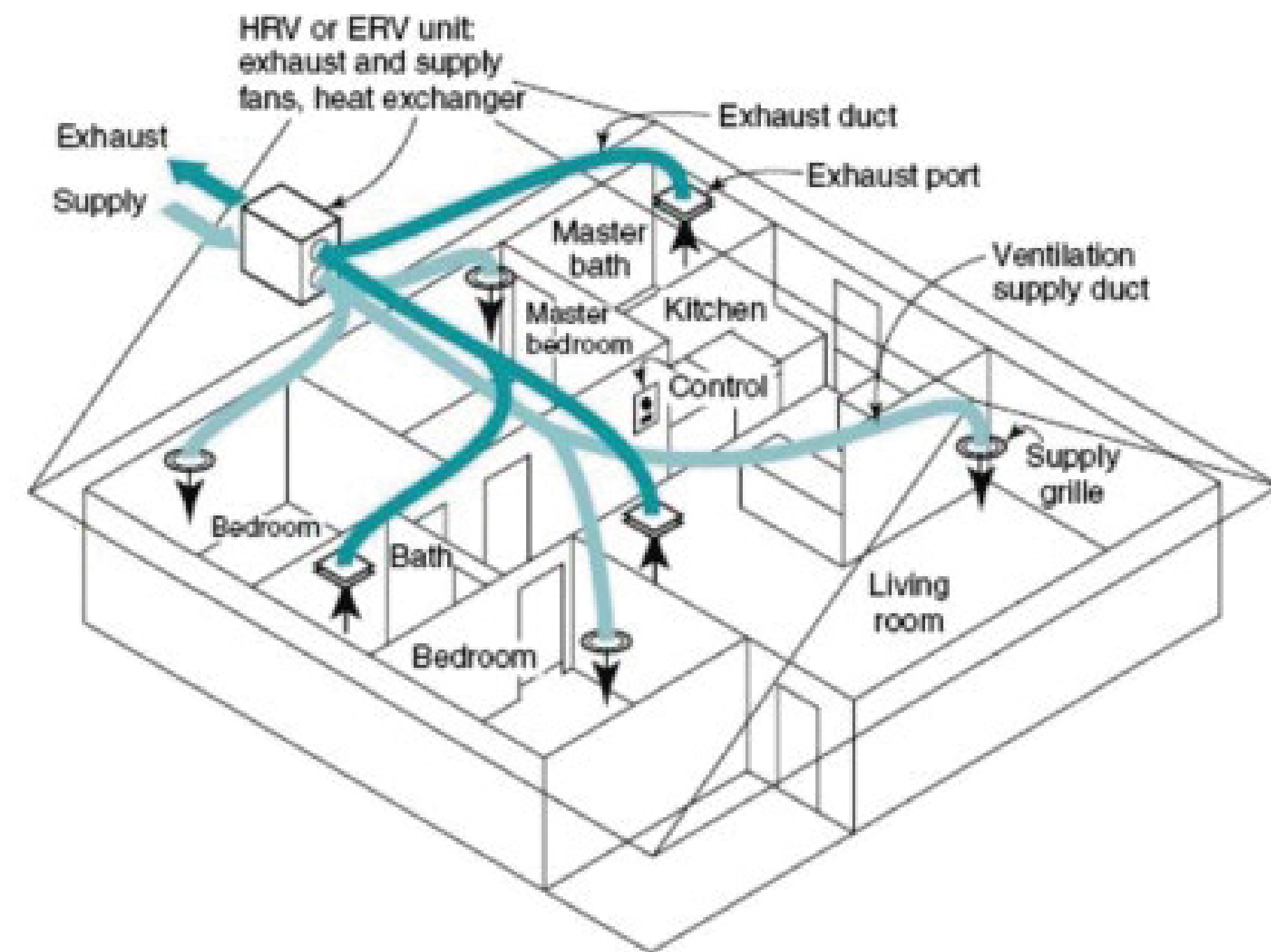
**2.2** -  $\leq 80$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de aerodispersóides totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado.

**3.4** - A taxa de renovação do ar adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de 27 m<sup>3</sup>/hora/pessoa, exceto no caso específico de ambientes com alta rotatividade de pessoas. Nestes casos, a taxa de renovação do ar mínima será de 17 m<sup>3</sup>/hora/pessoa.

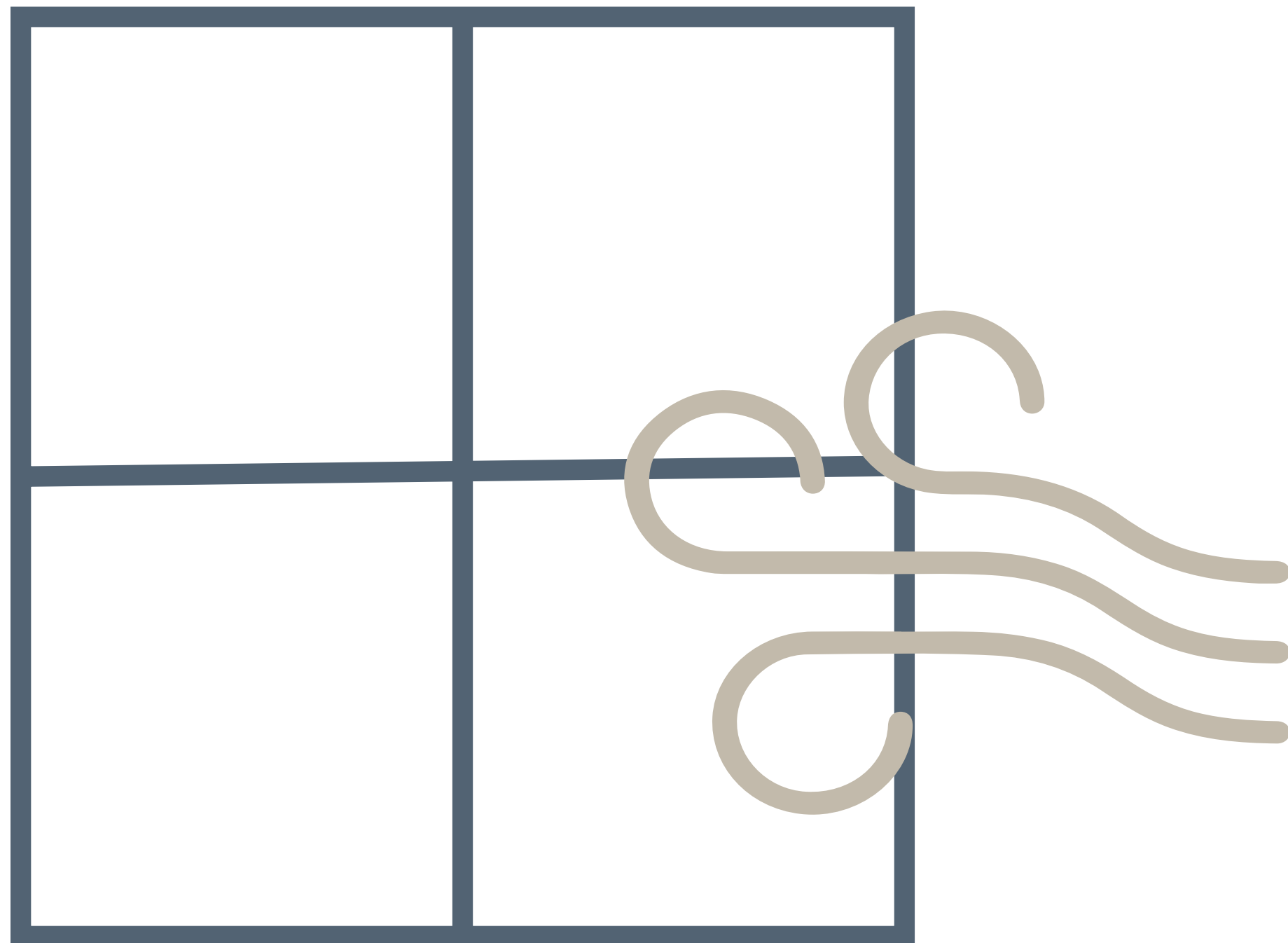
**3.5** - A utilização de filtros de classe G1 é obrigatória na captação de ar exterior. O grau de pureza do ar nos ambientes climatizados será obtido utilizando-se, no mínimo, filtros de classe G3 nos condicionadores de sistemas centrais, minimizando o acúmulo de sujidades nos dutos, assim como reduzindo os níveis de material particulado no ar insuflado.

## SISTEMA DE RENOVAÇÃO DE AR POR VENTILAÇÃO MECÂNICA

Trata-se de um sistema técnico e controlado para manter os fatores de qualidade do ar interior conforme a legislação. Através de ventiladores (insufladores) e dutos corretamente dimensionados, o ar externo é filtrado e introduzido no ambiente, enquanto por outros ventiladores (exaustores) e dutos, o ar degradado é retirado da sala.



## SISTEMA DE VENTILAÇÃO NATURAL



Este sistema é representado por condições de troca de ar interior sem o auxílio de ventiladores. São aplicados recursos construtivos nas edificações de modo a manter uma circulação de ar por meio da entrada de ar novo externo e saída do ar degradado da sala. Neste caso, dificilmente se aplicam filtros nas entradas do ar externo. Também não há controle da quantidade de renovações por hora por pessoa necessárias para cada tipo de ambiente e tipo de trabalho executado. É uma aplicação válida, de forma emergencial, e especialmente para ambientes fechados de pequeno porte.

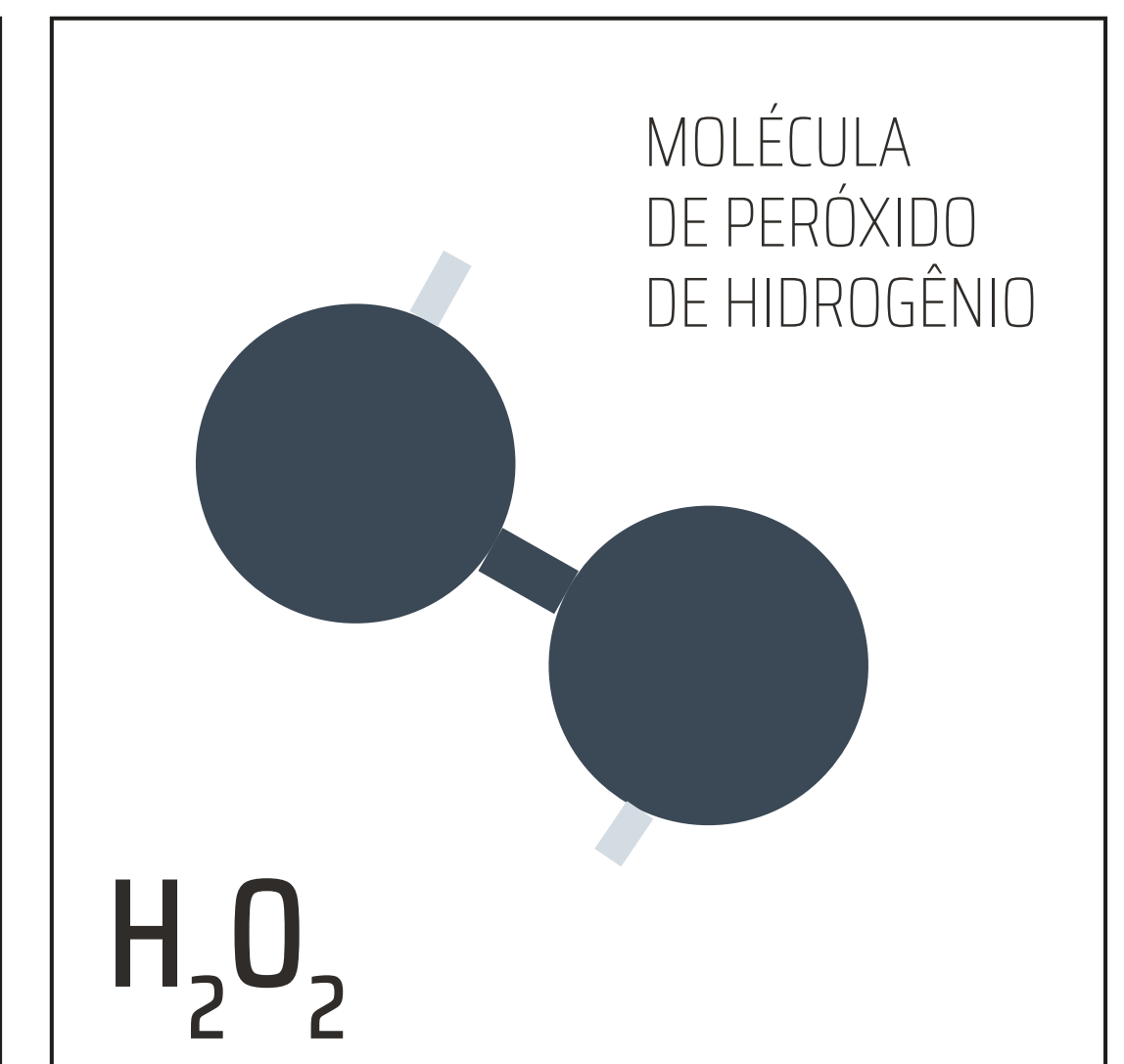
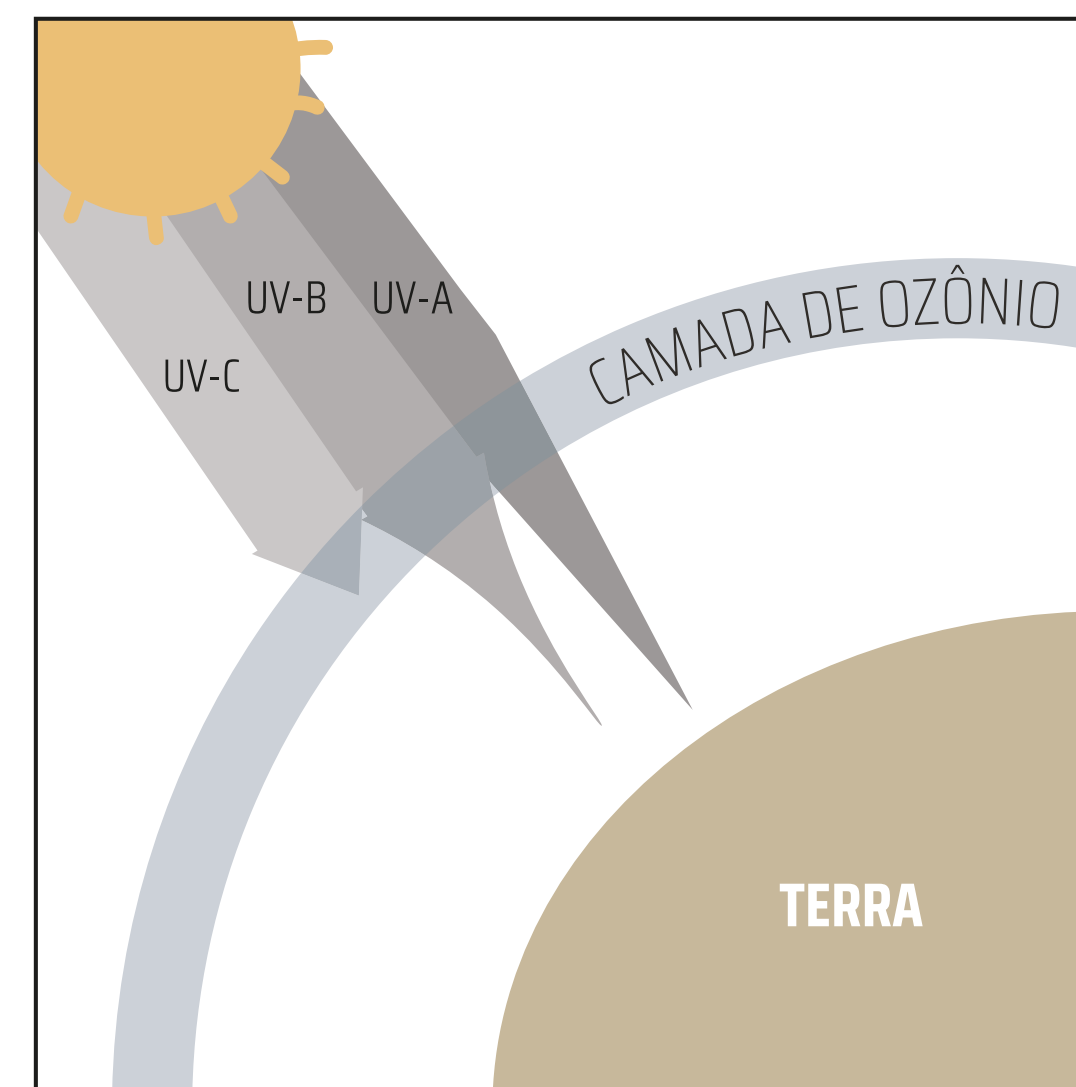
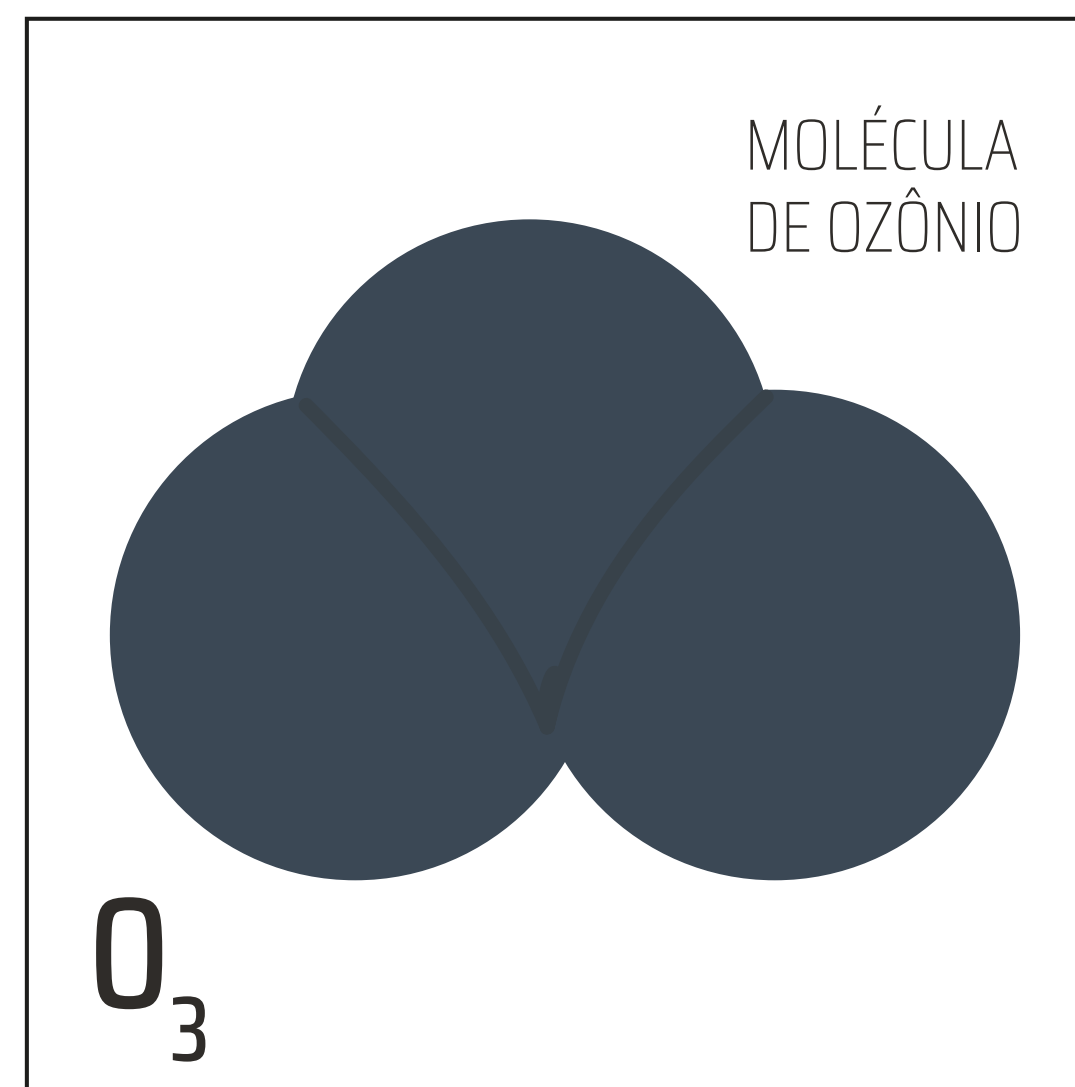
## O AR EXTERIOR

Vírus e bactérias são facilmente eliminados no ar exterior. No ar exterior, a ventilação natural e a diluição reduzem significativamente a concentração de contaminantes biológicos, diminuindo o risco de contaminação quando comparado a ambientes fechados. A composição do ar exterior possui:

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** - PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

**OZÔNIO** - OZÔNIO

**LUZ UV** - ULTRAVIOLETA



Uma condição favorável à biossegurança do ar externo é a diluição do ar e ventilação abundante e ilimitada da condição externa.



## BIOSSEGURANÇA

A biossegurança é uma área de conhecimento definida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) como “condição de segurança alcançada por um conjunto de ações destinadas a prevenir, controlar, reduzir ou eliminar riscos inerentes às atividades que possam comprometer a saúde humana, animal e o meio ambiente”.

No tema “Qualidade do Ar Interior”, define-se a aplicação da biossegurança à purificação do ar ambiente das salas fechadas por um sistema de atomização de peróxido de hidrogênio -  $H_2O_2$  no ar, com a finalidade de eliminar elementos em suspensão como vírus, bactérias, mofo, compostos voláteis, alergênicos e odores.

Essa tecnologia é recente na história da ciência, desenvolvida e patenteada nos Estados Unidos e, há pouco tempo, introduzida no Brasil e ainda timidamente distribuída. Vem complementar o processo de renovação do ar antes já discorrido.

## TECNOLOGIA INOVADORA DE FOTO-OXIDAÇÃO CATALÍTICA

Peróxido de Hidrogênio ( $H_2O_2$ ), íons hidroxila ( $OH^-$ ) e íons superóxido ( $O_2^-$ ), elementos com alto potencial oxidante.

A formação do  $H_2O_2$  é obtida a partir de um equipamento com uma célula eletrônica por onde passa o ar do ambiente interior. Nesta célula, o  $H_2O$  (água) mais o  $O_2$  (oxigênio) do ar são transformados em  $H_2O_2$  que, na expressão popular, chama-se água oxigenada, em um processo totalmente natural e sem adição de qualquer aditivo. Quando esta molécula de  $H_2O_2$  oxida algum elemento do ar, por um processo de catalase, volta a ser água e oxigênio no ar, em um processo reversível e totalmente natural.





## COMO ACONTECE NA PRÁTICA

Citando um exemplo: uma pessoa expirando em um espaço fechado emite até 20.000 partículas por centímetro cúbico de seu interior para o ar ambiente. Esta carga viral é dividida em “micro” e “macro” partículas. As macropartículas logo caem ao chão ou sobre objetos, mas as micro ficam flutuando no ar por 20-30 minutos, e serão inspiradas pela respiração de outros ocupantes do mesmo espaço, e esta é a forma comum de transmissão de doenças e os já conhecidos efeitos da pandemia da Covid-19. A proposta com esta nova tecnologia do peróxido de hidrogênio atomizado no ar é fazer com que todo o volume da sala seja por este ocupado e, assim, envolvendo os patógenos e os oxidando imediatamente ao contato.



## COMO SÃO OS EQUIPAMENTOS DE OXIDAÇÃO AVANÇADA

Os equipamentos possuem uma célula eletrônica interna com uma lâmpada UV (ultravioleta) embutida para, já na passagem do ar interior, eliminar todos os patógenos e proceder a transformação do peróxido. As aplicações são variadas e, para cada uma, há uma solução com capacidades e potências de geração que se aplicam conforme projeto.

### Há equipamentos que se aplicam em:

- Dutos de sistemas de ar-condicionado central
- Em aparelhos CA Split
- Portáteis

## PONTOS ESSENCIAIS

**QUALIDADE DO AR INTERIOR:** tema altamente importante para a qualidade de vida, bem-estar e saúde das pessoas em salas fechadas, mas que poucos conhecem e por isso não dão a importância devida. A proposta desta cartilha é difundir conhecimentos a respeito, tanto para a população em geral como, especialmente, para a comunidade profissional da engenharia, arquitetura e tecnólogos que têm o dever de se preocupar com o tema e elaborar os projetos e implementações necessárias no âmbito de seus clientes.

**RENOVAÇÃO DO AR:** assegura a qualidade do ar interior por meio dos dispositivos mecânicos e naturais para o atendimento dos itens de controle estabelecidos pelas leis, resoluções e normas técnicas brasileiras.

**FISCALIZAÇÃO:** a ANVISA tem a responsabilidade, por lei, de fiscalizar o PMOC no que tange ao efetivo resultado da qualidade do ar nos estabelecimentos de uso humano verificando os parâmetros qualitativos especificados.

**BIOSSEGURANÇA:** tecnologia inovadora de purificação do ar ambiente interno pela atomização de Peróxido de Hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) que elimina patógenos e demais elementos poluentes do ar que, conjuntamente, com a renovação do ar trarão qualidade de vida às pessoas.

**PMOC –** Plano de Manutenção, Operação e Controle dos equipamentos de condicionamento de ar que é o grande “guarda-chuva” desse processo de qualidade do ar. Sem o PMOC ativo nas diversas instalações não se consegue garantir o disposto na lei federal em prol da saúde das pessoas da comunidade.

**O CREA:** Conselho Regional de Engenharia e Agronomia - tem a responsabilidade de fiscalizar o PMOC quanto à existência do RT - Responsável Técnico, que deve ser um engenheiro mecânico, e a respectiva emissão da ART - Anotação de Responsabilidade Técnica - relativa ao plano.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Passamos mais de 90% do tempo diário dentro de espaços fechados, na sua maioria, salas com qualidade do ar deficiente, colocando em risco a saúde e a produtividade das pessoas.

O PMOC – Plano de Manutenção Operação e Controle é um procedimento que através da Lei Federal 13.589/2018 determina que os ambientes climatizados necessitam de manutenção técnica constante e planejada para assegurar a qualidade do ar interior. Portanto, esta cartilha apresenta a importância da engenharia em prover e assegurar a qualidade de vida e biossegurança de toda a comunidade quando presente em espaços fechados.

A proposta desta cartilha é levar o conhecimento das técnicas e processos da qualidade do ar interior, para que através deste, se mobilize a comunidade da engenharia, de outros profissionais, além da comunidade em geral para que tenham atenção e conhecimento, e possam perceber a todo momento a renovação do ar, biossegurança e manutenção para garantir a qualidade do ar interior.



## NORMAS TÉCNICAS PERTINENTES

PORTARIA Nº 3.523, DE 28 DE AGOSTO DE 1998 - Ministério de Estado da Saúde.

RESOLUÇÃO NR. 9 - ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

LEI Nº 13.589, DE 4 DE JANEIRO DE 2018 - Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes.

NBR 6401 - Instalações centrais de ar-condicionado para conforto - parâmetros básicos de projeto da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

