



Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC
Especialização em Refrigeração e Ar Condicionado

ANDRÉ LUIZ LIMA NEGREIROS

**CLIMATIZAÇÃO COM USO DE EQUIPAMENTOS DO TIPO MINI-SPLIT E
VRF/VRV E AS NORMAS BRASILEIRAS DE QUALIDADE DO AR**

Salvador-BA

2015

ANDRÉ LUIZ LIMA NEGREIROS

**CLIMATIZAÇÃO COM USO DE EQUIPAMENTOS DO TIPO MINI-SPLIT E
VRF/VRV E AS NORMAS BRASILEIRAS DE QUALIDADE DO AR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Especialização em Refrigeração e Ar Condicionado da Faculdade SENAI CIMATEC como requisito final para a obtenção do título de Especialista em Refrigeração e Ar Condicionado.

Orientadora: Prof.^a Me. Carla Carvalho Simões

Salvador-BA

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

N385c Negreiros, André Luiz Lima

Climatização com uso de equipamentos do tipo Mini-Split e VRF/VRV e as normas brasileiras de qualidade do ar / André Luiz Lima Negreiros. – Salvador, 2015.

48 f. : il. color.

Orientadora: Prof.^a MSc. Carla Carvalho Simões.

Monografia (Especialização em Refrigeração e Ar Condicionado) – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2015.

Inclui referências.

1. Qualidade do ar interno - Avaliação. 2. Mini-Split. 3. Sistema VRF/VRV. I. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. II. Simões, Carla Carvalho. III. Título.

CDD 621.56

Dedico esse trabalho às minhas filhas Maria Clara e Camila.

A minha esposa Nívea.

Aos meus pais.

Agradecimentos

Ao SENAI CIMATEC,

A minha orientadora professora Carla Carvalho Simões, pela disponibilidade e paciência.

Aos docentes que ministraram o curso.

E a todos que de alguma forma contribuíram para esse trabalho.

Listas de Abreviaturas e Siglas

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	- American National Standards Institute
ANVISA	- Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASHRAE	- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
BTU	- British Thermal Unit
CO	- Monóxido de Carbono
CO2	- Dióxido de Carbono
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
DEHS	- Division of Environmental Health Services
DIN	- Deutsches Institut für Normung
EN 779	- Particulate air filters for general ventilation – Determination of the filtration performance
GM	- Gabinete do Ministro
HVAC	- Heating, Ventilating and Air Conditioning
MS	- Ministério da Saúde
Mini Split	- Equipamento Condicionador de Ar (Capacidade \leq 60.000 BTU/h)
MTPS	- Ministério do Trabalho e da Previdência Social
NBR	- Norma Brasileira
NR	- Norma Regulamentadora
NT	- Norma Técnica
OMS	- Organização Mundial da Saúde
PMOC	- Plano de Manutenção, Operação e Controle
ppm	- Partes por Milhão
RE	- Resolução
SO2	- Dióxido de Enxofre
QAI	- Qualidade do Ar Interno

- VMR - Valor Máximo Recomendável
- VRF - Variable Refrigerant Flow
- VRV - Volume de Refrigerante Variável

Resumo

A climatização de prédios comerciais com a utilização de equipamentos do tipo mini-split ou sistema VRF/VRV avança a cada dia sobre os sistemas centrais com rede de dutos. A facilidade na aquisição, a relativa simplicidade na instalação desses equipamentos e o preço cada vez mais atrativo têm feito com que proprietários de edifícios comerciais optem por essa solução, tanto em novos empreendimentos ou em reformas. Contribuem também para o uso dessa solução a diminuição no espaço vertical, a eliminação de casa de máquinas para abrigar central de ar, liberando assim mais área na edificação, bem como o ganho no número de andares. Por parte do usuário, a simplicidade no controle individual de temperatura numa determinada zona de ocupação e a possibilidade de funcionamento parcial do sistema, fazem com que estes também prefiram cada vez mais esse tipo de sistema. Além disso, o grande número de fabricantes e/ou importadores, ante quatro grandes fabricantes de equipamentos centrais, fez surgir um “lobby” atuante pelo uso desses equipamentos, trabalhando principalmente o cliente final, como arquitetos e incorporadores. Com o objetivo de avaliar a qualidade do ar, sob os parâmetros estabelecidos nas normas brasileiras vigentes relacionadas ao tema, em prédios comerciais de uso público e climatizados artificialmente com o uso de equipamentos do tipo mini-split. Foram analisadas coletas de dados realizadas entre os anos de 2011 e 2012 em ambientes de lojas de uma empresa de serviços públicos. As coletas foram feitas por empresa especializada, com equipamentos aferidos e certificados. Os resultados obtidos apontaram problemas relevantes relacionados à qualidade do ar interior. Em especial à concentração do nível de CO₂ dos ambientes pesquisados. Diante desse fato percebeu-se a necessidade de intervenções nestas instalações para que os parâmetros de qualidade do ar sejam estabelecidos.

Palavras-chave: Qualidade do Ar Interno. Mini-splt. Sistema VRF/VRV

Abstract

The air conditioning of commercial buildings with the use of split system type equipment and VRV / VRF advances every day on the central systems with ducts. The ease of acquisition, relative simplicity in installing such equipment, and the increasingly attractive price, have caused commercial building owners preferred this solution. Both in new projects or reforms. They also contribute to the use of this solution to decrease the vertical space, eliminating engine room to house central air, thereby freeing up more area of the building to gain more in number of floors. By the user, simplicity in individual temperature control in a given zone of occupation and the possibility of partial operation of the system makes these also increasingly prefer this type of system. In addition, the large number of manufacturers and/or importers, mainly between the four of major manufacturers of plant equipment, bred a "lobby" active to make use of such equipments. Mainly working end customers such as architects and developers. In order to assess air quality under the parameters established by the current Brazilian rules related to the theme in commercial buildings for public use and climate-controlled with the use of mini-split type equipment. Data collected were analyzed carried out between the years 2011 and 2012 in a utility company retail environments. Sampling was done by a specialized company with calibrated and certified equipment. The results showed significant problems related to indoor air quality. In particular the concentration of CO₂ level of respondents environments. Given this fact he realized the need for interventions in these facilities so that air quality standards are established..

Keywords: Indoor air quality. Split System. VRF System

Sumário

Listas de Abreviaturas e Siglas	7
Resumo	9
Abstract	10
1. Introdução	12
2. Objetivo Geral	13
Objetivos específicos	13
3. Referencial Teórico	13
4. Tipos de Equipamentos	14
5. Parâmetros de qualidade do ar	22
Ventilação	24
Qualidade do ar exterior	25
Vazão de ar exterior	25
Filtragem	30
Classificação dos filtros	30
Níveis de filtragem	31
Pré-filtragem do ar exterior	32
Requisitos de manutenção relativos à qualidade do ar	33
6. Estudo de caso	33
7. Considerações finais	43
8. Referências	46

1. Introdução

Segundo BASTO (2007), A qualidade do ar é muito importante, principalmente para os órgãos vitais do homem como, por exemplo, o cérebro, uma vez que este necessita de oxigenação constante para que possa cumprir todas as suas funções. Quando o cérebro percebe a necessidade de uma quantidade maior de oxigênio, envia estímulos aos músculos do peito e diafragma, fazendo-os funcionar com maior aceleração e vigor.

Sabe-se que uma série de poluentes é produzida dentro do edifício por materiais de construção baseados em solventes orgânicos, equipamentos eletrônicos (computadores, copiadoras, impressoras, etc...) por materiais de limpeza, mofo, bolor, metabolismo humano e também pelas próprias atividades dos ocupantes. Tais poluentes comprometem a saúde e o rendimento do trabalho dos usuários.

A Qualidade do Ar Interior pode ser mensurada levando em conta um conjunto de propriedades físicas (temperatura, umidade e velocidade do ar), químicas e biológicas presentes no ar de um determinado ambiente. Como a eliminação de poluentes e microrganismos é impraticável, entende-se, portanto, que a manutenção das concentrações dessas propriedades em níveis que não represente agravos à saúde dos ocupantes do ambiente define uma Boa Qualidade do Ar Interior.

Existem vários sistemas de climatização que podem atender a uma edificação. A escolha deve ser baseada em critérios claros de projeto e instalação (carga térmica, controle, qualidade do ar, custos iniciais, custos operacionais, custos de manutenção, confiabilidade, flexibilidade, eficiência energética e ciclo de vida, dentre outros).

A popularização dos equipamentos do tipo mini-split e, mais recentemente, o advento do sistema VRF/VRV, fez com que, cada vez mais, empreendimentos utilizem esse tipo de sistema de climatização. Entretanto há de se observar os aspectos normativos desse tipo de aplicação, principalmente no que se refere à qualidade do ar.

Alfredo (2011) mostra que em agosto de 2011 a venda de mini-splits e VRF/VRV representavam 84,0% do total de equipamentos condicionadores de ar vendidos no país.

Muitos sistemas tradicionais (água gelada, self contained com rede de dutos) estão sendo substituídos por equipamentos do tipo mini-split ou por sistema VRF/VRV. Portanto a justificativa para a realização desse estudo se baseia no crescente uso de equipamentos condicionadores de ar do tipo mini-split, na climatização de prédios comerciais, e a necessidade dos ocupantes respirarem um ar de boa qualidade.

2. Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho é identificar os parâmetros (físicos, químicos e biológicos) de qualidade do ar interno das normas brasileiras vigentes, para ambientes climatizados artificialmente, visando estabelecer uma situação encontrada (estudo de caso) comparando-a com os parâmetros estabelecidos nestas normas.

2.1. Objetivos específicos

Como objetivos específicos, para o trabalho, têm-se como proposta:

- Observar a aplicação das normas de qualidade de ar interno em sistemas de climatização que utilizam equipamentos do tipo Mini-Split e/ou VRF/VRV.
- Descrever os tipos de equipamentos (mini-split e VRV/VRF).
- Comparar os resultados obtidos com os índices de referência e propor intervenções para melhoria. Se for o caso.

3. Referencial Teórico

A análise das normas brasileiras, referentes à qualidade do ar interior, permitiu identificar os parâmetros (físicos, químicos e biológicos) e as particularidades de cada uma delas, de modo a verificar suas aplicações nos sistemas de climatização que utilizam equipamentos do tipo mini-split ou VRF/VRV.

3.1. NR 17 – Ergonomia (Portaria MTPS n.º 3.751, de 23 de novembro de 1990).

Esta Norma Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

3.2. Portaria GM/MS nº 3.523, de 28 de agosto de 1998.

Regulamento Técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização, para garantir a Qualidade do Ar de Interiores e prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados. Dentre outras coisas, esta portaria determinou a renovação do ar de interior dos ambientes climatizados (mínimo de 27,00 m³/h/pessoa) e a implantação do Plano de Manutenção, Operação e Controle – PMOC.

3.3. Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003,

da ANVISA, estabelece padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

3.4. Norma brasileira ABNT NBR 16.401 - Parte 3: Qualidade do Ar Interior (2008):

Especifica os parâmetros básicos para se obter uma qualidade do ar interior em um ambiente climatizado. Esta norma ajusta os parâmetros definidos pela Portaria GM/MS nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, e pela resolução RE Nº 9 de 16/01/2003 da ANVISA, que são muito simplificados.

4. Tipos de equipamentos

4.1. Mini-Split

Segundo definição de Alfredo (2011), A palavra “split”, de origem inglesa, significa “quebrar em várias partes”, “abrir ao meio”, “dividir”. É justamente isto que foi feito com o ciclo de refrigeração para a fabricação dos aparelhos denominados Minisplits, pois, do lado interno, no ambiente a ser condicionado, instala-se uma parte composta pelo evaporador e dispositivo de expansão (válvula de expansão

termostática, tubo capilar, orifício de expansão e outros), denominada unidade evaporadora; e, do lado externo, onde há disponibilidade de ar para efetuar a condensação, instala-se a outra parte, composta do compressor e condensador, denominada unidade condensadora. Em alguns casos, o dispositivo de expansão também fica do lado externo.

Por definição de mercado, são denominados mini-split, equipamentos com capacidade de até 60.000 BTU/h.

Estes equipamentos podem ser utilizados tanto para esfriar ou aquecer o ambiente.

As figuras 1 e 2 ilustram o ciclo de refrigeração de um equipamento do tipo mini-split e o esquema de interligação entre as duas unidades, respectivamente.

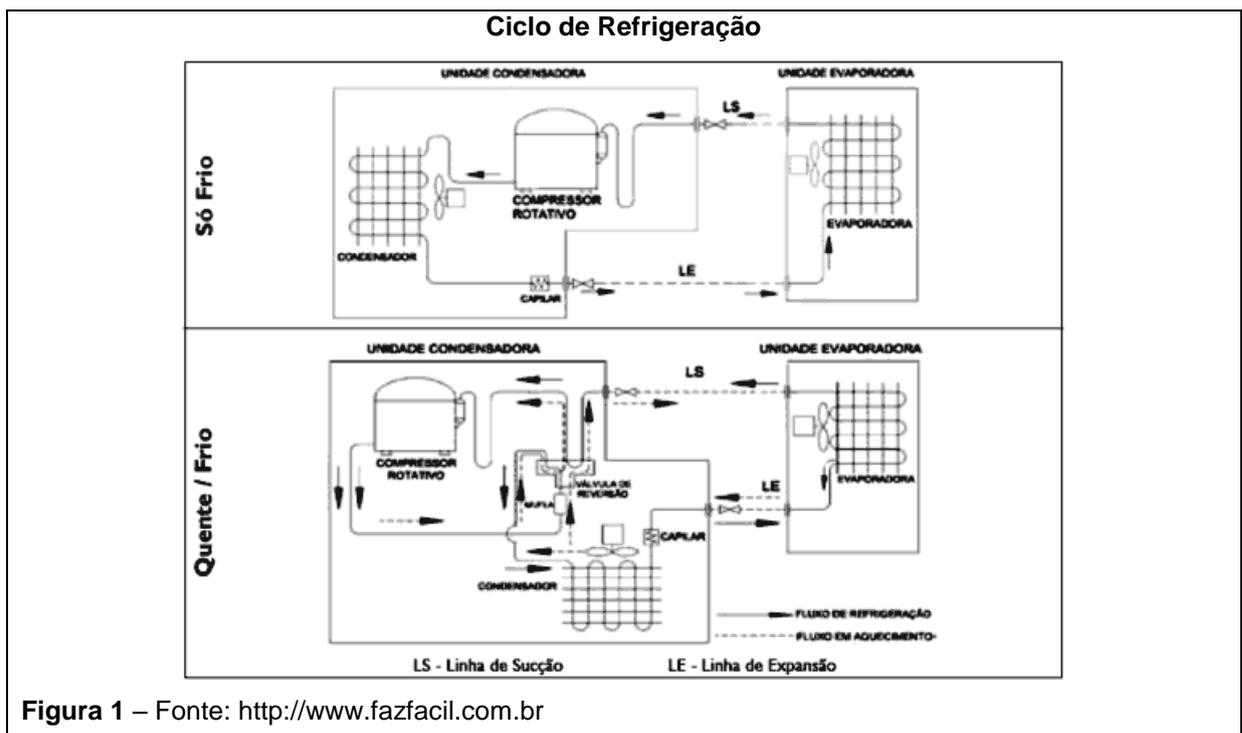


Figura 1 – Fonte: <http://www.fazfacil.com.br>

Esquema de interligação entre as duas unidades

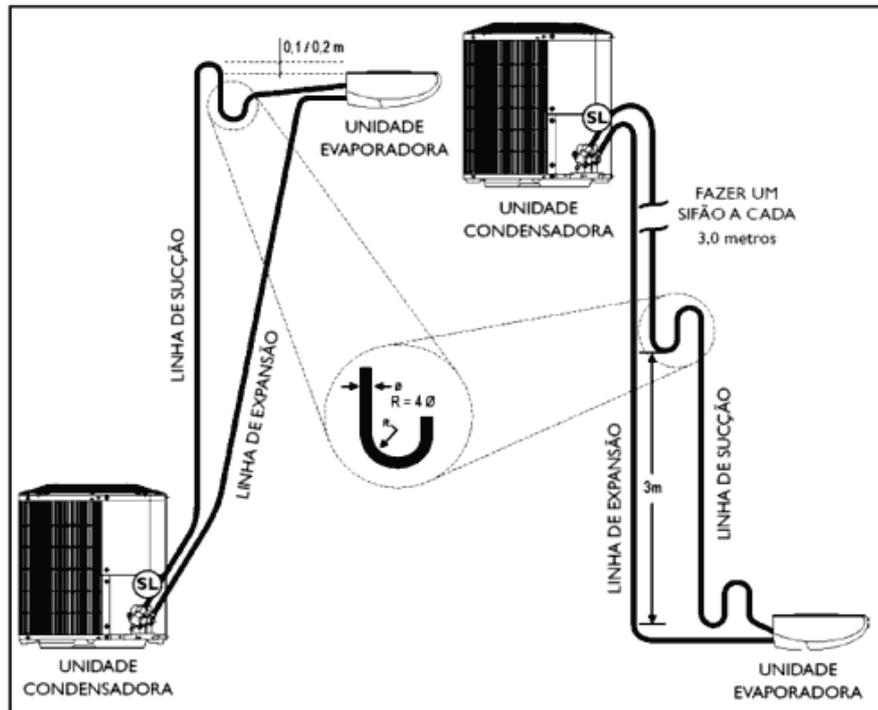


Figura 2 - Fonte: <http://www.fazfacil.com.br>

4.1.1. Unidade Evaporadora

As unidades evaporadoras possuem vários modelos, os mais utilizados são os modelos Hi-wall, Piso-Teto e Cassete.

- Unidade evaporadora do tipo Hi-Wall ou de Parede.

Modelo Hi-Wall ou de Parede



Figura 3 - Fonte: <http://ishop.s8.com.br>

Exemplo de Instalação



Figura 4 - Fonte: <http://i1.zst.com.br>

- Unidade evaporadora do tipo Piso-Teto. Podem ser instaladas no teto, na posição horizontal, ou no piso, na posição vertical.

Modelo Piso-Teto



Figura 5

Fonte: <http://climaeciaarcondicionado.com.br>

Exemplo de Instalação



Figura 6

Fonte: <http://www.frikenarcondicionado.com>.



Figura 7

Fonte: <http://static.centralar.com.br>



Figura 8

Fonte: <http://www.arsplitcompany.com.br>

- Unidade evaporadora do tipo Cassete.

Evaporadora Modelo Cassete (4 vias)



Figura 9

Fonte: <http://www.lojaarshow.com.br>

Exemplo de Instalação



Figura 10

Fonte: <http://climanova.com.br>

- Existem ainda outros tipos de evaporadoras, de menor uso, a saber:

Cassete de uma via



Figura 11 - Fonte: <http://www.arverde.pt>

Cassete de duas vias



Figura 12 - Fonte: <http://maisenergia.pt>

- Outros tipos de unidades evaporadoras

Teto de 4 vias



Figura 13 - Fonte: <http://i00.i.aliimg.com>

Corner (de canto)



Figura 14 - Fonte: <http://suaobra.com.br>

Split para dutos (embutido)



Figura 15
Fonte: <https://airfriotemporario.websiteseuro.com>

Split tipo torre



Figura 16
Fonte: <http://img.edilportale.com>

Visão geral dos modelos de evaporadoras



Figura 17 - <http://www.dx-por.pt>

4.1.2. Unidade Condensadora

As Unidades Condensadoras (Unidades Externas) de maior utilização estão divididas basicamente em dois tipos;

Unidade Condensadora com descarga de ar vertical



Figura 18 - Fonte: <http://i00.i.aliimg.com>

Unidade Condensadora com descarga de ar horizontal



Figura 19 - Fonte: <http://blog.poloar.com.br>

Existem ainda outros tipos de Unidades Condensadoras

Compacto. Utiliza o espaço destinado ao antigo aparelho de janela (ACJ)



Figura 20 - Fonte: <http://www.acimaq.com.br>

4.2. Sistema VRF

O sistema VRF (ou VRV – Volume de Refrigerante Variável) opera com apenas uma unidade condensadora (ou associação dessas, de acordo com o porte da instalação) com múltiplas unidades evaporadoras, que podem ser de diversos modelos (iguais aos modelos de unidades evaporadoras de mini-split mostrado anteriormente).

O sistema VRF/VRV varia o fluxo de gás refrigerante (através de compressores com rotação variável) de acordo com a capacidade requerida por cada ambiente, permitindo o controle da temperatura individualmente, de acordo com as condições de conforto e horário de utilização desejada. O acionamento é proporcional ao uso, ou seja, a climatização só é acionada quando houver a necessidade, sem prejuízo aos outros ambientes do mesmo sistema, eliminando o desperdício de energia.

O que permite essa combinação de múltiplas unidades internas em um só ciclo de refrigeração é o uso intenso de tecnologia eletrônica associada a sistemas de controles micro-processados.

Sistema VRF/VRV de Pequeno Porte

Esse tipo de sistema é utilizado geralmente em residências e pequenos escritórios. É constituído de uma unidade condensadora (unidade externa) e mais de uma unidade evaporadora (unidade interna). Tem como vantagem a diminuição do número de unidades externas, quem em geral causam poluição visual na fachada da edificação, poluição sonora devido ao maior número de equipamentos, maior gasto com manutenção, pois no sistema VRF/VRV os serviços a serem realizados nas unidades externas, se restringem a apenas um equipamento.

A figura 21 mostra o diagrama de funcionamento desse sistema enquanto que a figura 22 mostra exemplo de aplicação.

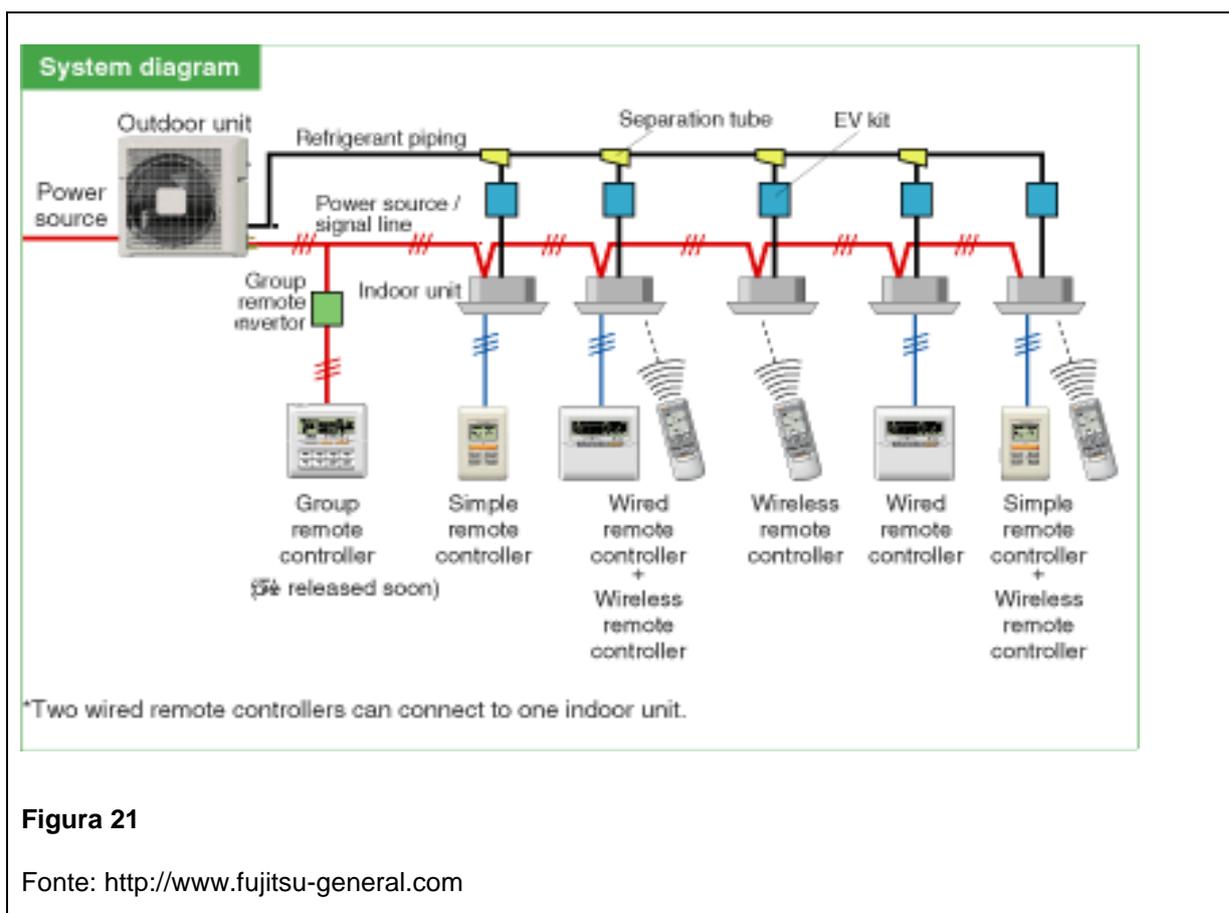


Figura 21

Fonte: <http://www.fujitsu-general.com>

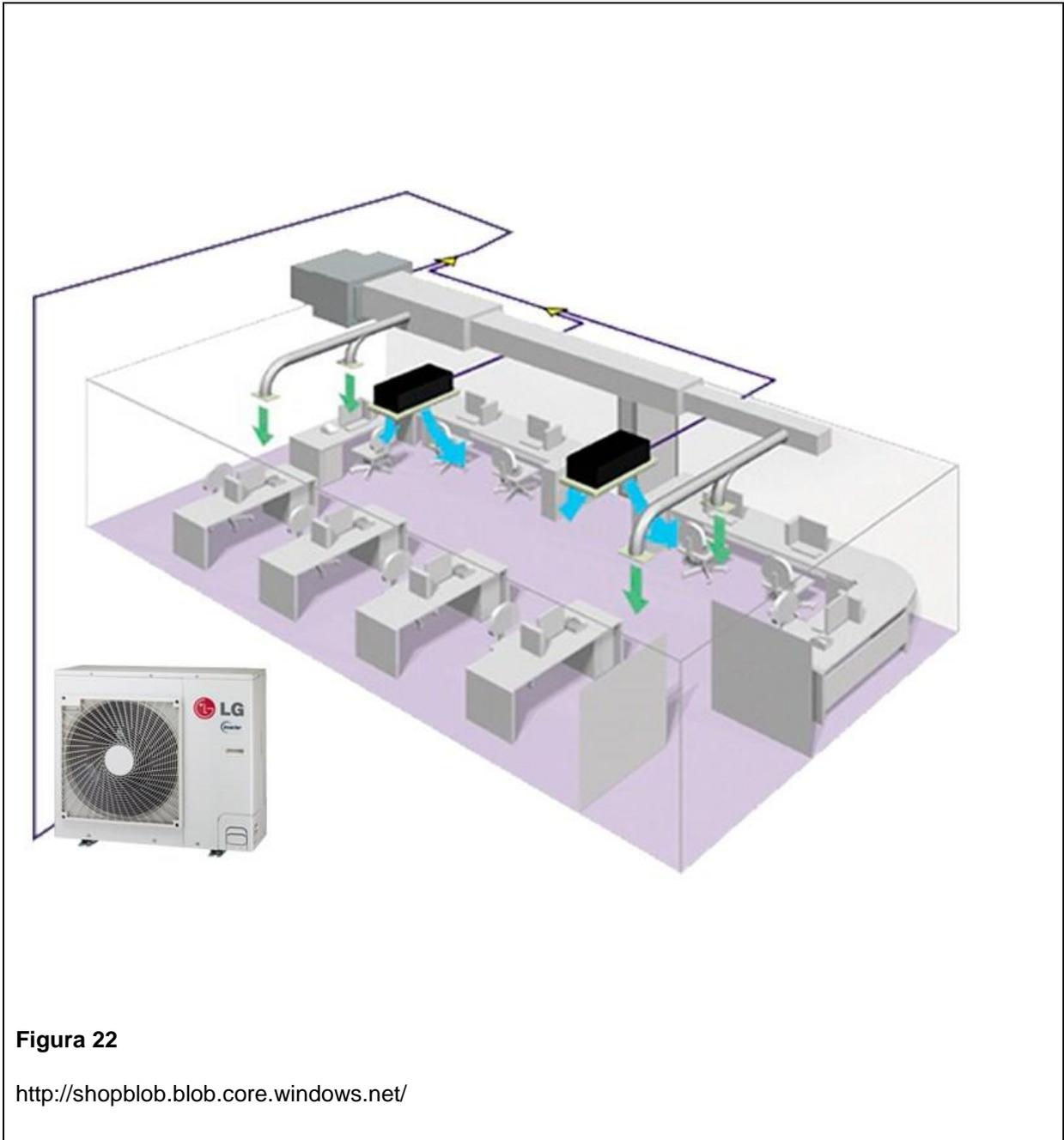


Figura 22

<http://shopblob.blob.core.windows.net/>

Sistema VRF/VRV de Grande Porte

Esse tipo de sistema é utilizado em grandes instalações, como hotéis, clínicas, hospitais, lojas e prédios comerciais de escritórios entre outros. Vêm tomando espaço das instalações tradicionais, como água gelada e sistemas com dutos.

A grande vantagem desse sistema é a relativa simplicidade na instalação, operação, e manutenção desses equipamentos, associada à também relativa ocupação de espaço, aumentando a área útil de uma edificação.

Esses equipamentos possuem tecnologias que permitem uma maior comodidade e racionalização no seu uso.

A figura 23 mostra um edifício comercial que utiliza um sistema VRF/VRV. A figura 24 mostra uma associação de unidades condensadoras de um sistema VRF/VRV.

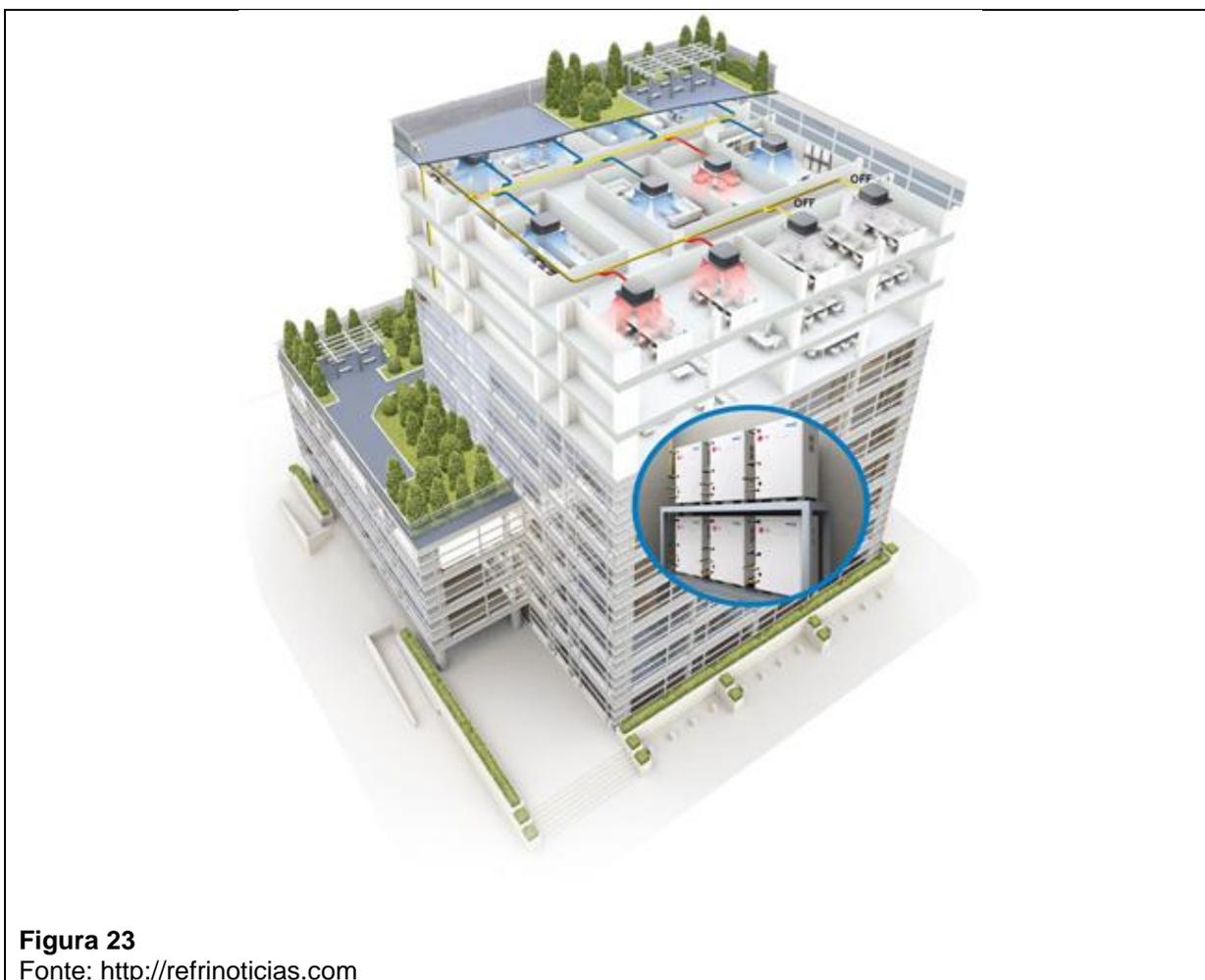


Figura 23

Fonte: <http://refrinoicias.com>

Sistema VRF/VRV – Unidades externas



Figura 24

Fonte: <http://static.webarcondicionado.com.br>

5. Parâmetros de qualidade do ar

As normas descritas abaixo versam sobre vários aspectos (ergonômicos, conforto térmico, higiene, etc...), entretanto serão extraídos somente os tópicos referentes à qualidade do ar interior, e os parâmetros nelas estabelecidas.

5.1. NR 17 – Ergonomia - Portaria MTPS n.º 3.751, de 23 de novembro de 1990

Item 17.5.2. Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como salas de controle,

laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto:

- a) níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO;
- b) índice de temperatura efetiva entre 20,0°C (vinte) e 23,0°C (vinte e três graus centígrados);
- c) velocidade do ar não superior a 0,75m/s;
- d) umidade relativa do ar não inferior a 40 (quarenta) por cento.

5.2. Portaria GM/MS nº 3.523, de 28 de agosto de 1998.

A Portaria GM/MS nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, determina que a renovação do ar, no interior dos ambientes climatizados, seja no mínimo de 27,00 m³/h/pessoa.

5.3. Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA

Parâmetros de Contaminação Biológica:

O **Valor Máximo Recomendável - VMR**, para **contaminação microbiológica** deve ser 750 ufc/m³ de fungos, para a relação I/E 1,5, onde I é a quantidade de fungos no ambiente interior e E é a quantidade de fungos no ambiente exterior

NOTA: A relação I/E é exigida como forma de avaliação frente ao conceito de normalidade, representado pelo meio ambiente exterior e a tendência epidemiológica de amplificação dos poluentes nos ambientes fechados.

- i. Quando o **VMR** for ultrapassado ou a relação I/E for > 1,5, é necessário fazer um diagnóstico de fontes poluentes para uma intervenção corretiva.
- ii. É inaceitável a presença de fungos patogênicos e toxigênicos.

Parâmetros de Contaminação Química:

- a) **1000 ppm** de dióxido de carbono - (CO₂) , como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar.
- b) **80 µg/m³** de aerodispersóides totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado.

NOTA: Pela falta de dados epidemiológicos brasileiros, é mantida a recomendação como indicador de renovação do ar o valor = 1000 ppm de Dióxido de carbono - CO₂

Parâmetros físicos de qualidade do ar:

Os valores recomendáveis para os **parâmetros físicos** de temperatura, umidade, velocidade e taxa de renovação do ar e de grau de pureza do ar, deverão estar de acordo com a NBR 16.401 – Parte 3.

- a) A faixa recomendável de operação das Temperaturas de Bulbo Seco, nas condições internas para verão, deverá variar de **23,0°C** a **26,0°C**, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre **21,0°C** e **23,0°C**.

A faixa máxima de operação deverá variar de **26,5°C** a **27,0°C**, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até **28,0°C**. A seleção da faixa depende da finalidade e do local da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de **20,0°C** a **22,0°C**.

- b) A faixa recomendável de operação da **Umidade Relativa**, nas condições internas para verão, deverá variar de **40,0%** a **65,0%**, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre **40,0%** e **55,0%** durante todo o ano. O valor máximo de operação deverá ser de 65%, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até **70,0%**. A seleção da faixa depende da finalidade e do local da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de **35,0%** a **65,0%**.

- c) O Valor Máximo Recomendável - VMR de operação da **Velocidade do Ar**, no nível de 1,5m do piso, na região de influência da distribuição do ar é de menos **0,25 m/s**.

- d) A **Taxa de Renovação do Ar** adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de **27,0 m³/hora/pessoa**, exceto no caso específico de ambientes com alta rotatividade de pessoas. Nestes casos a Taxa de Renovação do Ar mínima será de 17,0 m³/hora/pessoa, não sendo admitido em qualquer situação que os ambientes possuam uma concentração de CO₂, maior ou igual à estabelecida nesta Orientação Técnica (1000 ppm de dióxido de carbono).

- e) 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.

5.4. Norma brasileira ABNT NBR 16.401 - Parte 3: Qualidade do Ar Interior (2008):

5.4.1. Ventilação

Estipula a vazão mínima de ar exterior, de qualidade aceitável, a ser suprida pelo sistema para promover a renovação do ar interior e manter a concentração dos poluentes no ar em nível aceitável. As vazões estipuladas são dimensionadas considerando os poluentes biológicos, físicos e químicos esperados nas condições normais de utilização e de ocupação dos locais.

5.4.1.1. Qualidade do ar exterior

A captação do ar exterior deve ser o mais afastado possível de potenciais fontes de poluição. Deverá ser observado o sentido dos ventos predominantes do local e a propagação inerente de cada poluente, para evitar o arraste no sentido da tomada

de ar externo, respeitando as distâncias mínimas das fontes poluidoras estipuladas na Tabela 1.

Entrada de garagens estacionamentos ou "drive-in"	5 m
Docas de carga e descarga estacionamento de ônibus	7,5 m
Estradas, ruas com pouco movimento	1,5 m
Estradas, ruas com tráfego pesado	7,5 m
Telhados, lajes, jardins ou outra superfície horizontal	1,5 m
Depósitos de lixo e área de colocação de caçambas	5 m
Locais reservados a fumantes (fumódromos)	4 m
Torres de resfriamento	10 m

Tabela 1 – Distância Mínima de Possíveis fontes de poluição
Fonte: ABNT NBR 16401-3 (Tab. 6)

5.4.1.2. Vazão de ar exterior

A ABNT NBR 16401-3: 2008 adota a metodologia da ANSI/ASHRAE, e determina que a **vazão eficaz** de ar exterior (V_{ef}) é constituída pela soma de duas partes avaliadas separadamente. A vazão de ar relacionada às pessoas e a vazão relacionada à área ocupada.

É calculada pela equação: $V_{ef} = P_z \times F_p + A_z \times F_a$, onde:

V_{ef} é a vazão eficaz de ar exterior, expressa em litros por segundo (L/s);

P_z é a vazão por pessoa, expressa em litros por segundo (L/s x pessoa);

F_p é a vazão por área útil ocupada (L/s x m²);

P_z é o número máximo de pessoas na zona de ventilação;

A_z é a área útil ocupada pelas pessoas, expressa em metros quadrados (m²).

Os valores a adotar para F_p e F_a estão estipulados na Tabela 2

As taxas de renovação de ar, recomendadas pela ABNT NBR 16.401 (vazão efetiva), são baseadas na quantidade de ar necessária para manter a concentração

de poluentes tais como CO₂, SO₂, Ozônio, entre outros, abaixo de certos níveis pré determinados e para cada caso é calculado de acordo com a natureza e utilização do ambiente (tabela 2). Entretanto, a RE 09 da ANVISA fixa essa taxa em 27 m³/h/pessoa.

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m ² a
		F _p L/s*pess.	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pess	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pess	F _a L/s*m ²	
Comércio varejista								
Supermercado de alto padrão	8	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Supermercado de padrão médio	10	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Supermercado popular	12	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Mall de centros comerciais	40	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Lojas (exceto abaixo)	15	3,8	0,6	4,8	0,8	5,7	0,9	--
Salão de beleza e/ou barbearia ^b	25	10	0,6	12,5	0,8	15,0	0,9	--
Animais de estimação ^b	10	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	4,5
Lavanderia "self-service"	20	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Edifícios de escritórios								
Hall do edifício, recepção	10	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritórios de diretoria	6	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com baixa densidade	11	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com média densidade	14	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com alta densidade	20	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Sala de reunião	50	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
CPD (exceto impressoras)	4	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Sala impressoras, copiadoras	--	--	--	--	--	--	--	2,5
Sala digitação	60	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
"Call center"	60	3,8	0,6	4,8	0,8	5,7	0,9	--
Bancos								
Bancos (área do público)	41	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Caixa forte	5	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--

Tabela 2 – Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação
Fonte: ABNT NBR 16401-3 (tab. 1)

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m ² a
		F _p L/s*pess.	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pess.	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pess.	F _a L/s*m ²	
Edifícios públicos								
Aeroporto – saguão ^c	15	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Aeroporto – sala de embarque ^c	100	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Biblioteca	10	2,5	0,6	3,5	0,8	3,8	0,9	--
Museu, galeria de arte ^d	40	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Local de culto	120	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Legislativo – plenário	50	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório – lobby	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório e platéia	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório – palco	70	5	0,3	6,3	0,4	7,5	0,5	--
Tribunal – sala de audiências	70	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Esportes								
Boliche – área do público	40	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Ginásio coberto (área do público)	150	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Ginásio coberto (quadra)	--	--	0,3	--	0,4	--	0,5	--
Piscina coberta ^e	--	--	2,4	--	3,0	--	3,6	2,5
"Fitness center" – aeróbica	40	10	0,3	12,5	0,4	15,0	0,5	--
"Fitness center" – aparelhos	10	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Estabelecimentos de ensino								
Sala de aula	35	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Laboratório de informática	25	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Laboratório de ciências	25	5	0,9	6,3	1,1	7,5	1,4	5,0
Hotéis								
Apartamento de hóspedes	.	5,5	--	6,9	--	10,3	--	--
Banheiro privativo	--	--	--	--	--	--	--	2,5/unid.
Lobby, sala de estar	30	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Sala de convenções	120	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Dormitório coletivo	20	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Restaurantes, bares, diversão								
Restaurante – salão de refeições	70	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Bar, salão de coquetel	100	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Cafeteria, lanchonete, refeitório	100	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Salão de jogos	120	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Discoteca, danceteria	100	10,0	0,3	12,5	0,4	15,0	0,5	--
Jogos eletrônicos	20	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--

Tabela 2 (continuação)
Fonte: ABNT NBR 16401-3

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m ² a
		F _p L/s* pess.	F _a L/s*m ²	F _p L/s* pess.	F _a L/s*m ²	F _p L/s* pess.	F _a L/s*m ²	
Locais diversos								
Câmara escura	--	--	--	--	--	--	--	5,0
Copa	--	--	--	--	--	--	--	1,5
Sala exclusiva para fumar ^f	--	--	--	--	--	--	--	9,0
Sanitários públicos	--	--	--	--	--	--	--	35 / bacia
Vestiários coletivos	--	--	--	--	--	--	--	2,5
Legenda Nível 1 - Nível mínimo vazão de ar exterior para ventilação. Nível 2 - Nível intermediário da vazão de ar exterior para ventilação. Nível 3 - Vazões ar exterior para ventilação que segundo estudos existem evidências de redução de reclamações e manifestações alérgicas. F_p - Fração do ar exterior relacionada às pessoas (L/s* pessoa) F_a - Fração do ar exterior relacionada ao recinto (L/s*m ²) D - Densidade de ocupação esperada, referida à área útil ocupada (pessoas/100 m ²)								
NOTA 1 A aplicação desta Tabela está condicionada à obediência a todos os demais requisitos desta parte da ABNT NBR 16401. NOTA 2 O nível (1,2 ou 3) de ar externo a ser utilizado no projeto deve ser definido entre o projetista e o cliente. NOTA 3 As vazões de ar exterior estipuladas são baseadas na proibição de fumar nos recintos (exceto local reservado). NOTA 4 Ar exterior com densidade do ar 1,2 kg/ m ³ (a vazão deve ser corrigida para a densidade efetiva).								
^a O ar de reposição para a exaustão pode ser proveniente de recintos vizinhos. ^b Não recircular para outros recintos. ^c Tratamento especial do ar exterior pode ser necessário para remover odores ou vapores nocivos. ^d Tratamento especial do ar exterior pode ser necessário para remover elementos prejudiciais às obras de arte. ^e A vazão estipulada não contempla controle de umidade. Pode ser necessário aumentar a vazão ou instalar um sistema de desumidificação. ^f Não há valores estabelecidos da vazão de ar exterior necessária para diluir a fumaça de tabaco a níveis aceitáveis. A vazão de exaustão estipulada visa apenas evitar uma concentração excessiva de fumaça no recinto e a sua propagação para recintos vizinhos.								

Tabela 2 (continuação)
 Fonte: ABNT NBR 16401-3

Portanto, para atender a legislação vigente, o projetista deverá adotar sempre o maior valor obtido, por exemplo:

- Qual a vazão de ar externo recomendada para um auditório com capacidade para 100 pessoas sentadas, com área de 60,0 m²?

Cálculo de Ar Externo para o Auditório (tabela 2):

- Número de ocupantes: 100 pessoas P_z = 100;
- Área Climatizada: 60 m² A_z = 60 (m²);
- Vazão por pessoa (tabela 2 / nível 2) F_p = 3,5 (l/s);
- Vazão por área útil ocupada (tabela 1 / nível 2) F_a = 0,4 (l/s);

$$V_{ef} = P_z \times F_p + A_z \times F_a$$

$$V_{ef} = [(100 \times 3,5) + (60 \times 0,4)] = 374 \text{ l/s} = 1.346,40 \text{ m}^3/\text{h}$$

(13,46 m³/h / pessoa);

Menor que o estabelecido na Portaria N^o 3.523 : 27,0 m³/h/pessoa.

Portanto, devemos adotar a vazão de **2.700 m³/h** para o auditório.

- Qual a vazão de ar externo recomendada para uma sala de escritório, sendo 1 pessoa fixa, e mais duas pessoas eventuais. A sala tem 12 m²;

Cálculo de Ar Externo para as Salas de escritórios (tabela 2):

- | | |
|--|--|
| – Número de ocupantes: 1 pessoa | P _z = 1; |
| – Área Climatizada: 12 m ² | A _z = 12 (m ²); |
| – Vazão por pessoa (tabela 2 / nível 2) | F _p = 3,1 (l/s); |
| – Vazão por área útil ocupada (tabela 1 / nível 2) | F _a = 0,4 (l/s); |

$$V_{ef} = P_z \times F_p + A_z \times F_a$$

$$V_{ef} = [(1 \times 3,1) + (12 \times 0,4)] = 7,9 \text{ l/s} = 28,44 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (28,44 m}^3/\text{h / pessoa);}$$

Maior que o estabelecido na Portaria N^o 3.523 : 27,0 m³/h/pessoa.

Portanto, devemos adotar a vazão de **28,44 m³/h** para a sala de escritório.

5.4.2. Filtragem

O sistema de ar condicionado deve filtrar continuamente o material particulado trazido pelo ar exterior e os gerados internamente e transportados pelo ar recirculado, a fim de:

- a) reduzir a acumulação de poluentes nos equipamentos e dutos do sistema;
- b) contribuir para reduzir sua concentração de poluentes no recinto a níveis aceitáveis.

5.4.2.1. Classificação dos filtros

A ABNT NBR 16.401 adota a classificação de filtros da EN 779, que determina a eficiência dos filtros grossos por ensaio gravimétrico com poeira padronizada e a eficiência dos filtros finos em relação à retenção de partículas de 0,4µm produzidas por dispersão de aerossol líquido (DEHS).

A classe de filtros e a respectiva eficiência média estão estipuladas na tabela 3.

Tipo de filtros	Classe	Eficiência gravimétrica média <i>Eg</i> %	Eficiência média para partículas de 0,4 µm <i>Ef</i> %
Grossos	G 1	$50 \leq Eg < 65$	---
	G 2	$65 \leq Eg < 80$	---
	G 3	$80 \leq Eg < 90$	---
	G 4	$90 \leq Eg$	---
Finos	F 5	---	$40 \leq Ef < 60$
	F 6	---	$60 \leq Ef < 80$
	F 7	---	$80 \leq Ef < 90$
	F 8	---	$90 \leq Ef < 95$
	F 9	---	$95 \leq Ef$

Tabela 3 – Classificação de filtros de partículas de acordo com a EN 779:2002

Fonte: ABNT NBR 16401-3 (tab. 4)

Observação:

De acordo com a norma em vigor (ABNT NBR 16.101, de 29/09/2012) os filtros F5 e F6 passam a ter a denominação M5 e M6, respectivamente, mantendo a mesma eficiência.

5.4.2.2. Níveis de filtragem

A tabela 4 estipula níveis de filtragem mínima para diversas aplicações comuns. Para aplicações não listadas, adotar a classe de filtragem estipulada para aplicações similares. Aplicações especiais devem obedecer ao estipulado em normas específicas.

A tabela 4 é válida para qualquer tipo de sistema, **exceto** pequenos sistemas unitários isolados, para conforto, em que a soma das capacidades nominais das unidades que compõem o sistema seja inferior a 10 kW (2,84 TR ou 34.080 BTU/h), ou seja, um sistema fora do escopo dessa Norma, e com a **seguinte exceção**:

- Para sistemas de conforto constituídos de unidades de tratamento de ar de pequeno porte (fancoletes, unidades splits e multi-split), além de unidades de janela (ACJ), que não comportem os filtros estipulados na tabela 4, o uso de filtros classe G3 é admissível, desde que o ar externo exterior seja suprido por

sistema complementar, provido de filtragem da classe estipulada na tabela 4. Neste caso, o ar deve ser conduzido por dutos à proximidade imediata da entrada de retorno da unidade, não sendo admitida a captação do ar exterior diretamente da unidade. Além disso, é recomendável que o ar exterior, além de filtrado, seja resfriado e desumidificado a fim de reduzir a carga térmica na unidade.

Aplicação típica	Classe
Supermercado, <i>mall</i> de centros comerciais, agências bancárias e de correios, lojas comerciais e de serviços	G4
Escritórios, sala de reunião, CPD, sala de digitação, <i>call center</i> , consultórios	F5
Aeroporto – saguão, salas de embarque	F5
Aeroporto - torre de controle	G3 + F6
Biblioteca, museu – áreas do público	F5
Biblioteca, museu – exposição e depósito de obras sensíveis	G3 + F8
Hotéis 3 estrelas ou mais - apartamentos, <i>lobby</i> , salas de estar, salões de convenções	F5
Hotéis - outros, motéis - apartamentos	G4
Teatro, cinema, auditório, locais de culto, sala de aula	F5
Lanchonete, cafeteria	G4
Restaurante, bar, salão de coquetel, discoteca, danceteria, salão de festas, salão de jogos	F5
Ginásio (áreas do público), <i>fitness center</i> , boliche, jogos eletrônicos	G4
Centrais telefônicas – sala de comutação	G3 + F6
Residências	G3
Sala de controle – ambiente eletrônico sensível	G3 + F6
Impressão – litografia, <i>offset</i>	G3 + F7
Impressão - processamento de filmes	G3 + F8

Tabela 4 – Classe mínima de filtragem / Fonte: ABNT NBR 16401-3 (tab. 5)

Os filtros estipulados devem ser instalados nas unidades de tratamento de ar a montante (antes) das serpentinas de troca de calor. Havendo dois estágios de filtragem, os filtros do segundo estágio devem ser instalados após a descarga das unidades de tratamento de ar.

5.4.2.3. Pré-filtragem do ar exterior

Deve ser instalado um pré-filtro adicional para o ar exterior, no mínimo G4, quando:

- O ar exterior é admitido na sala que serve de *plenum* de mistura para o condicionador (casa de máquinas);

- O ar exterior é suprido por dutos a diversos condicionadores a partir de um ventilador central.

Nestes casos, o pré-filtro deve ser instalado junto à veneziana de captação de ar.

5.4.2.4. Requisitos de manutenção relativos à qualidade do ar

A manutenção do sistema de ar-condicionado deve ser cuidadosamente planejada e executada. A manutenção não tem apenas a finalidade de manter os equipamentos e a instalação em condições de funcionamento mecânico e elétrico. De igual importância, sua finalidade é também garantir a qualidade do ar de interior. Uma manutenção inadequada pode ser a causa principal de uma má qualidade do ar.

As atividades de manutenção devem ser executadas de acordo com o estipulado nas ABNT NBR 13971 e ABNT NBR 14679 e obedecendo a portaria GM/MS nº 3523, assim como devem assegurar o cumprimento do Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) exigido na portaria.

6. Estudo de caso

O referido estudo tem como objetivo avaliar os parâmetros (físicos, químicos e biológicos) de qualidade do ar, em especial a **Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003**, da ANVISA, que estabelece padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, em prédios de uso comercial, com população fixa (funcionários) e população flutuante (clientes).

Foram analisadas quatro lojas, da mesma rede, com características semelhantes de horários e atividade laboral. Três dessas lojas possuem sistema de climatização que utilizam equipamentos condicionadores de ar, do tipo mini split, sem um sistema complementar de ar, com filtros de ar padrão de fábrica.

Para efeito de comparação foi analisada uma loja, também da mesma rede com características semelhantes de horários e atividade laboral, que possui sistema de

climatização do tipo central com a utilização de equipamentos do tipo splitão, com distribuição de ar através de rede de dutos, difusores e grelhas. Os equipamentos centrais estão localizados em casa de máquinas dotada de tomada de ar externo e filtragem de ar conforme normas vigentes.

Os equipamentos de leitura foram aferidos e certificados.

Esse estudo de caso procura esclarecer quais os problemas que um sistema de climatização que está fora dos preceitos normativos pode ter. Em especial à qualidade do ar interior.

Avaliação Biológica, Química e Física das Condições do Ar Interior dos Ambientes Climatizados

Observe na tabela abaixo, que o nível de concentração de CO₂ coletados nos ambientes internos da loja 1, estão acima do limite recomendado pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA (1.000 ppm). Essas instalações são climatizadas por equipamentos do tipo mini-split, sem sistema complementar de ar, o que resultou numa maior concentração de CO₂.

Os demais parâmetros, com exceção da temperatura no ambiente1, estão em conformidade.

Tabela 5 - Identificação dos Pontos Coletados e Valores Obtidos

Loja 1

Identificação dos Pontos	Quantitativo Microbiológico		CO ₂ (ppm)	Aerodispersóide (µg/m ³)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade (m/s)
	Bioaerosol ufc/m ³	Relação I/E	Resultado Obtido	Resultado Obtido	Resultado Obtido	Resultado Obtido	Resultado Obtido
Área Externa	90,00	-	477,00	-	30,20	60,10	0,16
Ambiente 1	75,00	0,83	1.571,00	32,00	28,40	49,50	0,03
Ambiente 2	29,00	0,32	1.611,00	31,00	25,00	58,60	0,02
Ambiente 3	47,00	0,52	1.620,00	25,00	24,70	59,50	0,02
Ambiente 4	41,00	0,46	1.680,00	28,00	25,00	59,60	0,02
Ambiente 5	48,00	0,53	1.591,00	18,00	24,10	50,30	0,02
Referência Inverno	≤ 750,00	≤ 1,50	≤ 1.000,00	≤ 80,00	20,0 - 22,0	35,0 - 65,0	≤ 0,25
Referência Verão					23,0 - 26,0	40,0 - 65,0	

Data da Realização da Coleta: **10/6/11**

Na tabela abaixo, o nível de concentração de CO2 coletados nos ambientes internos da loja 2, com exceção do ambiente 1, estão acima do limite recomendado pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA (1.000 ppm). Essas instalações também são climatizadas por equipamentos do tipo mini-split, sem sistema complementar de ar, o que resultou numa maior concentração de CO2.

Os demais parâmetros estão em conformidade.

Tabela 6 - Identificação dos Pontos Coletados e Valores Obtidos

Loja 2

Identificação dos Pontos	Quantitativo Microbiológico		CO2 (ppm)	Aerodispersóide (µg/m³)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade (m/s)
	Bioaerosol ufc/m³	Relação I/E	Resultado Obtido	Resultado Obtido	Resultado Obtido	Resultado Obtido	Resultado Obtido
Área Externa	90,00	-	416,00	-	30,80	63,80	0,15
Ambiente 1	56,00	0,62	780,00	56,00	25,00	60,50	0,06
Ambiente 2	44,00	0,49	1.420,00	44,00	25,20	61,00	0,04
Ambiente 3	38,00	0,42	1.120,00	35,00	24,90	63,90	0,02
Ambiente 4	59,00	0,66	1.200,00	38,00	24,80	60,50	0,06
Ambiente 5	62,00	0,69	1.317,00	41,00	25,20	59,50	0,08
Ambiente 6	67,00	0,74	1.190,00	27,00	25,60	59,30	0,10
Ambiente 7	54,00	0,60	1.221,00	36,00	24,80	58,90	0,07
Ambiente 8	50,00	0,56	1.106,00	30,00	24,60	56,70	0,03
Ambiente 9	33,00	0,37	1.117,00	44,00	25,80	58,80	0,01
Ambiente 10	37,00	0,41	1.249,00	52,00	25,60	56,90	0,09
Ambiente 11	40,00	0,44	1.255,00	57,00	25,30	59,10	0,12
Referência Inverno	≤ 750,00	≤ 1,50	≤ 1.000,00	≤ 80,00	20,0 - 22,0	35,0 - 65,0	≤ 0,25
Referência Verão					23,0 - 26,0		

Data da Realização da Coleta: **14/4/11**

Na tabela abaixo, o nível de concentração de CO2 coletados nos ambientes internos da loja 3, estão acima do limite recomendado pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA (1.000 ppm). Essas instalações também são climatizadas por equipamentos do tipo mini-split, sem sistema complementar de ar, o que resultou numa maior concentração de CO2.

Na maioria dos ambientes a temperatura está acima do limite recomendado. Os demais parâmetros estão em conformidade.

Tabela 7 - Identificação dos Pontos Coletados e Valores Obtidos

Loja 3

Identificação dos Pontos	Quantitativo Microbiológico		CO2 (ppm)	Aerodispersóide (µg/m³)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade (m/s)
	Bioaerosol ufc/m³	Relação I/E	Resultado Obtido	Resultado Obtido	Resultado Obtido	Resultado Obtido	Resultado Obtido
Área Externa	103,00	-	439,00	-	34,20	63,90	0,12
Ambiente 1	127,00	1,23	1.284,00	68,00	26,80	59,80	0,02
Ambiente 2	136,00	1,32	1.213,00	65,00	26,70	61,30	0,08
Ambiente 3	114,00	1,11	1.416,00	42,00	26,90	58,50	0,11
Ambiente 4	120,00	1,17	1.450,00	38,00	26,40	59,80	0,02
Ambiente 5	114,00	1,11	1.618,00	41,00	25,90	58,30	0,01
Referência Inverno	≤ 750,00	≤ 1,50	≤ 1.000,00	≤ 80,00	20,0 - 22,0	35,0 - 65,0	≤ 0,25
Referência Verão					23,0 - 26,0	40,0 - 65,0	

Data da Realização da Coleta: **13/4/11**

Na tabela abaixo, o nível de concentração de CO2 coletados nos ambientes internos da loja 4, estão dentro do limite recomendado pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA (1.000 ppm). Essa loja é climatizada por sistema do tipo central, e o ar é distribuído através de rede de dutos, difusores e grelhas. Os equipamentos centrais estão localizados em casa de máquinas que funciona também como caixa de mistura do ar de retorno e o ar externo. Tanto os equipamentos quanto a tomada de ar externo (TAE) possuem os filtros de ar recomendados.

Em todos os ambientes a temperatura está acima do limite recomendado. Os demais parâmetros estão em conformidade.

Tabela 8 - Identificação dos Pontos Coletados e Valores Obtidos

Loja 4 - central

Identificação dos Pontos	Quantitativo Microbiológico		CO2 (ppm)	Aerodispersóide (µg/m³)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade (m/s)
	Bioaerosol ufc/m³	Relação I/E	Resultado Obtido	Resultado Obtido	Resultado Obtido	Resultado Obtido	Resultado Obtido
Área Externa	193,00	-	390,00	-	30,20	61,00	0,30
Ambiente 1	250,00	1,30	763,00	45,00	28,50	60,50	0,20
Ambiente 2	200,00	1,04	737,00	40,00	28,20	58,70	0,10
Ambiente 3	171,00	0,89	741,00	32,00	27,60	50,70	0,20
Ambiente 4	214,00	1,11	719,00	39,00	26,80	51,50	0,24
Ambiente 5	79,00	0,41	785,00	28,00	26,10	48,60	0,25
Ambiente 6	139,00	0,70	648,00	37,00	26,90	56,00	0,15
Referência Inverno	≤ 750,00	≤ 1,50	≤ 1.000,00	≤ 80,00	20,0 - 22,0	35,0 - 65,0	≤ 0,25
Referência Verão					23,0 - 26,0	40,0 - 65,0	

Data da Realização da Coleta: 20/3/12

Análise dos dados coletados.

Pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA, na análise da qualidade do ar interior, são observados os seguintes parâmetros:

- Análise microbiológica do ar

Avaliação da concentração de bioaerossol (ufc/m³) no ambiente.

PANTOJA (2007), define os bioaerossóis como partículas de origem biológica suspensas no ar, tendo como importantes constituintes os fungos anemófilos. O conhecimento da microbiota (conjunto dos microorganismos que habitam num ecossistema) aérea de um dado local é determinante para o diagnóstico ecológico, monitoramento da contaminação do ar e tratamento de alergias. Na Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA, estabelece como limite máximo de concentração: (**≤ 750,00**).

Avaliação da relação I/E

Onde **I** é a quantidade de fungos no ambiente interior e **E** é a quantidade de fungos no ambiente exterior. A resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA, estabelece como limite máximo: **≤ 1,50**.

Quando o VMR for ultrapassado ou a relação I/E for > 1,5, é necessário fazer um diagnóstico de fontes poluentes para uma intervenção corretiva.

Nas coletas realizadas os índices, em todas as lojas, estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA.

- Concentração de CO₂.

A concentração de dióxido de carbono - (CO₂), indica o nível de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar. A Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA estabelece como limite: **1.000 ppm**.

Hoffmann esclarece no artigo de PINHEIRO (2012), que a norma brasileira NBR 16401-2008 na parte 3 estabelece para cada aplicação a vazão de ar externo necessária por ocupante, mais a vazão do ar externo por metro quadrado do

ambiente (são três níveis dependendo da qualidade desejada). A primeira parte (vazão por ocupante) existe para diluir a parcela gerada pelas pessoas, enquanto a segunda parte (por metro quadrado) é a parcela para diluir os contaminantes gerados pelos demais geradores.

Os dados obtidos mostram, nas lojas 1, 2 e 3, que os níveis de concentração de CO₂ estão acima do limite recomendado pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA (1.000 ppm). Não há, nestas instalações, um sistema complementar que “inje” ar novo no ambiente, como recomenda a Norma ABNT NBR 16401-3: 2008.

O maior valor obtido para a concentração de CO₂ no ar externo foi de 477 ppm. Estudos mostram que a concentração de CO₂, ao ar livre, varia entre 400 a 600 ppm. Além dos riscos descritos anteriormente, a alta concentração de CO₂ em ambientes climatizados artificialmente causam sonolência e indisposição de seus ocupantes, diminuindo a sua produtividade, causando, portanto prejuízo aos empregadores.

Sem uma renovação de ar adequada o ambiente climatizado pode se tornar insalubre. Além do aumento da concentração de CO₂, a concentração dos gases gerados pelos móveis, carpetes, equipamentos, e outros, bem como a concentração de aerodispersóides (poeiras) tendem a subir também. Com esse cenário cresce a possibilidade de transmissão de doenças respiratórias e o agravamento quadros alérgicos de seus ocupantes.

– **Concentração de Aerodispersóides.**

“Aerodispersóides são partículas ou gotículas extremamente pequenas em suspensão na atmosfera ou ambiente de trabalho que são transportados pela corrente de ar. Estas partículas são geradas pela ruptura mecânica de sólidos como minerais ou vegetais pulverizados a que chamamos de poeira ou como também os materiais líquidos que originam os vapores decorrentes da evaporação de água, combustíveis e outras substâncias voláteis.

Estas partículas são consideradas poluentes do ar ou ambiente de trabalho, com exceção do vapor da água pura, que formam as nuvens. Os demais aerodispersóides são caracterizados como poluentes devido as suas características físicas e químicas, que os fazem nocivos a saúde e bem estar dos seres vivos e ecossistemas.

A poeira, por exemplo, é um poluente nocivo a saúde, porque pode provocar doenças respiratórias e alérgicas, tanto nos homens quanto nos animais.

Quanto aos gases e vapores, podem causar doenças, alergia e intoxicação, nos homens, animais e até plantas, às vezes induzindo a morte precoce.

Estes aerodispersóides podem ser detectados e quantificados quando presentes na atmosfera, através do cheiro, odor, perfume ou através de aparelhos que coletam amostras em suspensão.” (<http://ddsonline.com.br/dds-temas/temas-classicos/115-riscos-dos-aerodispersoides.html>)

Os condicionadores de ar do tipo mini-split que são utilizados nas lojas 1, 2 e 3 não utilizam filtros de ar classe G3. Nos catálogos pesquisados, os fabricantes não fornecem a classificação dos filtros de ar instalados em seus equipamentos. Pela experiência do autor observa-se que os filtros se assemelham aos de classe G0, mais grossos. Entretanto a concentração de Aerodispersóides (poeira), das lojas 1, 2 e 3, se mostra abaixo da concentração ($\leq 80,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$) recomendada pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA, apesar desses equipamentos (do tipo mini-split) não serem dotados de filtros G3. Isso se deve ao fato dos ambientes avaliados não produzirem “poeiras”.

Moraes (2006), em sua dissertação, concluiu que as concentrações médias em massa e em número de aerodispersóides, durante as atividades domésticas (cozimento, reforma, limpeza, entre outras), foram várias vezes maiores do que as concentrações obtidas em ambientes com atividades profissionais ou com menor ocupação durante o dia.

– **Temperatura.**

A Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA recomenda que a faixa recomendável, de operação das Temperaturas de Bulbo Seco, para conforto, nas condições internas para verão, deverá variar de 23,0°C a 26,0°C. A faixa máxima de operação deverá variar de 26,5°C a 27,0°C, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 28,0°C. A seleção da faixa depende da finalidade e do local da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 20,0°C a 22,0°C.

As leituras efetuadas mostram que as temperaturas de alguns ambientes estão fora dos limites recomendado pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA. Tal fato se deu pela deficiência dos equipamentos (baixo rendimento ou indisponibilidade) e, em alguns casos, falha no controle da temperatura (termostato).

– **Umidade Relativa.**

A umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (ponto de saturação). É representada em percentagem (%).

Na Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA, a faixa recomendável de operação da Umidade Relativa, nas condições internas para verão, para conforto, deverá variar de 40,0% a 65,0%, O valor máximo de operação deverá ser de 65,0%, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 70,0%. A seleção da faixa depende da finalidade e do local da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 35% a 65,0%.

As leituras efetuadas mostram que a umidade relativa nos ambientes analisados está dentro dos limites recomendado pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA.

- **Velocidade do Ar.**

O Valor Máximo Recomendável – VMR, Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA, de operação da Velocidade do Ar, no nível de 1,5m do piso, na região de influência da distribuição do ar é de menos 0,25 m/s.

As leituras efetuadas mostram que as velocidades do ar nos ambientes analisados estão abaixo dos valores recomendado pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA.

7. Considerações finais

Procurou-se nesse trabalho descrever as normas referentes à qualidade do ar interno vigentes do país, e avaliar, por meio de coleta de dados objetiva, os aspectos de qualidade do ar interior em ambientes comerciais de uso público, climatizados artificialmente com uso de equipamentos do tipo mini-split.

A referida coleta foi feita por empresa especializada, com a utilização de equipamentos apropriados, calibrados e aferidos. Essas coletas foram realizadas de acordo com o recomendado na Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA, observando seus parâmetros.

As lojas avaliadas possuem aspectos semelhantes, como tipo de atividade, horário de funcionamento, com população fixa (funcionários) e população flutuante (clientes). Essas lojas utilizam equipamentos condicionadores de ar do tipo mini-split de diversas capacidades e modelos, distribuídos na unidade.

O que foi observado é que os ambientes das lojas 1, 2 e 3 estavam com a concentração de CO₂ acima do limite recomendado pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA (**1.000 ppm**). Estas lojas não possuíam sistema complementar de renovação de ar.

A norma ABTN NBR 16.401 – parte 3 (2008) admite o uso de equipamentos condicionadores de ar do tipo mini-split ou VRF/VRV, desde que estes possuam filtros de ar com classificação mínima de classe G3 e que seja instalado um sistema

complementar de ar externo, devidamente filtrado de acordo com a classificação recomendada e se possível resfriado e desumidificado, a fim de reduzir a carga térmica de condensados da unidade (calor latente).

Nas lojas climatizadas com condicionadores de ar do tipo mini-split, os filtros de ar desses equipamentos não possuíam o nível de filtragem mínima exigida (classe G3). Entretanto os dados coletados mostraram que a concentração de aerodispersóides, das lojas 1, 2 e 3, estavam abaixo da concentração máxima recomendada pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA ($\leq 80,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Isso se deve ao fato dos ambientes avaliados não produzirem “poeiras”, o que não significa que a utilização dos referidos filtros não seja necessária.

Não foi localizada, em catálogos, folders, etc..., de diversos fabricantes, informações sobre a classe de filtragem de ar dos equipamentos fornecidos por estes. Percebe-se que a instalação de filtros de ar mais finos nestes equipamentos (mini-split e VRF/VRV) ocasionaria uma perda na sua eficiência, pois a maioria deles não possui pressão estática disponível em seu ventilador, e que para atender a essa exigência seria necessário um novo ventilador, mais potente.

Os demais parâmetros, com exceção da temperatura em alguns ambientes, estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA.

Constata-se que a ausência de um sistema complementar de ar externo nas instalações estudadas, fez com que houvesse uma elevação da concentração de CO₂, que acaba comprometendo a saúde dos ocupantes, bem com o seu rendimento.

Para efeito de comparação também foi analisada um prédio atendido por sistema de climatização, com a utilização de equipamento central, com rede de dutos e casa de máquinas. Neste caso os parâmetros indicativos de qualidade do ar interior estavam em conformidade com as normas vigentes, com exceção das temperaturas obtidas em alguns ambientes.

A importância da qualidade do ar interior torna-se mais evidente se considerarmos que a maioria das atividades laborais acontece em ambientes fechados, climatizados artificialmente. Uma climatização inadequada facilita a propagação de

doenças mais comuns (gripes, rinite, etc...) quanto doenças mais graves como a tuberculose por exemplo.

As normas referentes a sistemas de climatização existem para dar subsídios aos proprietários, arquitetos e construtores executarem projetos e/ou instalações que possam oferecer além de conforto térmico, uma boa qualidade do ar interno.

Para sistemas de climatização, cada projeto é único, pois sua execução depende de várias variáveis (localização, orientação, envoltória, tipo de ocupação, etc...). Existem no mercado inúmeras opções de equipamentos que podem ser utilizados em um sistema de climatização. Não é objetivo desse trabalho eleger qual o melhor sistema a ser adotado em uma edificação e sim demonstrar quais os problemas que podem ocorrer, em especial atenção à qualidade do ar interno, caso não sejam adotados critérios normativos de projeto.

A qualidade do ar interior em ambientes públicos ou laboral é uma questão de saúde ocupacional e também de saúde pública, e passível de punição pelas autoridades competentes. Alguns órgãos como o Ministério Público, Vigilância Sanitária, Delegacia do Trabalho entre outros têm atuado firmemente nessa questão, entretanto a falta de uma fiscalização efetiva e sistemática, aliada a pouca estrutura, colabora com o agravamento desse problema.

Nos casos apresentados será necessária a instalação de sistema complementar de ar externo dotada de filtragem adequada e ajuste na temperatura dos equipamentos. Um novo cálculo de carga térmica deverá ser executado, levando em conta a carga adicional de ar externo.

8. Referências

ABNT NBR 13971 – **Sistemas de refrigeração, condicionamento de ar e ventilação – Manutenção Programada**, 1999.

ABNT NBR 14679 – **Sistemas de condicionamento de ar e ventilação – Execução de serviços de higienização**, 2001.

ABNT NBR 16401-1: Instalações de Ar Condicionado - Sistemas Centrais e Unitários – Parte 1: **Projeto das Instalações**, 2008.

ABNT NBR 16401-2: Instalações de Ar Condicionado - Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2: **Parâmetros de Conforto Térmico**, 2008.

ABNT NBR 16401-3: Instalações de Ar Condicionado - Sistemas Centrais e Unitários – Parte 3: **Qualidade do Ar Interior**, 2008.

ALFREDO, José Carlos. **Análise Crítica da Norma Brasileira ABNT NBR 16401-1 (Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários Parte 1 - Projeto das Instalações), 16401-2 (Parâmetros de Conforto Térmico) e 16401-3 (Qualidade do Ar Interior)**. Tese de mestrado (UFMG), 2011

Anvisa. **Resolução Nº 9, 16 De Janeiro De 2003**. Brasília: D.O.U., 2003.

BASTO, José Edson. **Qualidade do Ar Interno**. Artigo técnico, 2007.

CARMO, Adriano Trotta; Qualidade do ar interno / A.T. Carmo, R.T.A. Prado. -- São Paulo : EPUSP, 1999. 35 p. - (Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/23)

INMETRO, **Qualidade do Ar em Estabelecimentos de Uso Público e Coletivo**, Relatório. <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/qualidadedoAr.asp>

MINISTÉRIO DA SAÚDE, **Portaria GM/MS nº 3.523, de 28 de agosto de 1998**.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA SOCIAL, **Portaria MTPS n.º 3.751, de 23 de novembro de 1990**.

MORAES, Alexandre Perri de. **Qualidade do Ar Interno com Ênfase na Concentração de Aerodispersóides nos Edifícios**. Dissertação Apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção de Título de Mestre em Engenharia, 2006.

NBR 10152 - **Níveis de ruído para conforto acústico**, 1987.

PANTOJA, Lydia D. M. - **Diversidade de Bioaerossóis presentes em ambientes urbanizados e preservados de um campus universitário**. (2007)

PINHEIRO, Ana Paula Basile. **Qualidade do ambiente interno – Renovação do ar é condição para qualidade e conforto**: Artigo da Revista Climatização e Refrigeração <http://www.engenhariaearquitetura.com.br/noticias/561/Qualidade-do-ambiente-interno.aspx>. 2012

SCHIRMER, Waldir Nagel; SZYMANSKI, Mariani Silvia; GAUER, Ester, Mayara Ananda. **Qualidade do Ar interno em Ambientes Climatizados – Verificação dos Parâmetros Físicos e Concentração de Dióxido de Carbono em Agência Bancária**. Artigo. 2009.