

UNIVERSIDADE DE RIBERÃO PRETO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS
DOUTORADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

FRANCIANE ANDREZA VELOSO DOS SANTOS GONÇALVES

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA QUALIDADE
DO AR PARA UMA BIBLIOTECA DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO
NA CIDADE DE BELÉM/PA

RIBEIRÃO PRETO

2020

Franciane Andreza Veloso dos Santos Gonçalves

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA QUALIDADE
DO AR PARA UMA BIBLIOTECA DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO
NA CIDADE DE BELÉM/PA

Tese apresentada à Universidade de Ribeirão Preto como requisito parcial para obtenção do título de Doutora pelo programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias. Área de concentração: Controle de Poluição e Contaminação do Ar.

Orientador: Prof. Dr. Murilo Daniel de Mello Innocentini.

Ribeirão Preto

2020

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento Técnico
da Biblioteca Central da UNAERP
- Universidade de Ribeirão Preto -

G635a Gonçalves, Franciane Andreza Veloso dos Santos, 1981-
Avaliação de parâmetros físicos e químicos da qualidade do ar
para uma Biblioteca de uma Instituição de ensino na cidade de
Belém/PA / Franciane Andreza Veloso dos Santos Gonçalves. - -
Ribeirão Preto, 2020.

163 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Murilo Daniel de Mello Innocentini.

Tese (doutorado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP,
Tecnologia ambiental. Ribeirão Preto, 2020.

1. Poluição do ar interno. 2. Síndrome dos Edifícios Doentes.
3. Saúde ocupacional. 4. Ventilação mecânica. I. Título.

CDD 628

FRACIANE ANDREZA VELOSO DOS SANTOS GONÇALVES

“AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA QUALIDADE
DO AR PARA UMA BIBLIOTECA DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO NA
CIDADE DE BELÉM/PA”

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora pelo programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientador: Prof. Dr. Murilo Daniel de Mello Innocentini

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Data de defesa: 27 de outubro de 2020

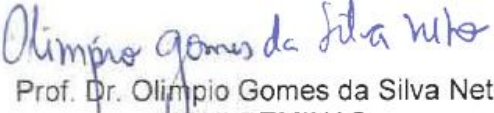
Resultado: APROVADA

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Murilo Daniel de Mello Innocentini
Presidente/UNAERP


Prof. Dr. Cláudio Antônio Andrade Lima
UNIFAL


Prof. Dr. Valdir Schälch
UNAERP


Prof. Dr. Olímpio Gomes da Silva Neto
IFESULDEMINAS


Prof. Dr. Wellington Cyro de Almeida Leite
UNAERP

RIBEIRÃO PRETO
2020

**Dedico este trabalho à minha amada
família, em especial aos meus pais,
Fernando e Marie Fran.**

AGRADECIMENTOS

A *Deus* por sua infinita misericórdia e amor em minha vida, sendo sempre meu alicerce e fonte de paz.

Aos meus pais *Fernando Tavares dos Santos* e *Marie Fran Veloso dos Santos*, por todo amor incondicional e apoio, por sempre acreditarem em mim e por serem a minha fonte de inspiração.

Ao meu esposo *João Flávio Ribeiro Gonçalves*, por todo amor e parceria, por sempre estar me ajudando, apoiando e incentivando o meu crescimento profissional.

Aos meus irmãos *Franklin Veloso dos Santos* e *Fernando Tavares dos Santos Junior*, às cunhadas *Izabelle Arouche Sampaio dos Santos* e *Alessandra Azevedo Ferreira dos Santos*, e aos sobrinhos *Maria Teresa Sampaio dos Santos*, *Alana de Jesus Azevedo dos Santos*, *Felipe Paulo Azevedo dos Santos* e *Antônio Fernando Sampaio dos Santos*, por sempre torcerem e me apoiarem.

Às minhas amadas amigas Dr^a. *Ivanize Cláudia dos Santos Silva* e Dr^a. *Heliana Maria Ceballos Aguilar* por serem minha fonte de inspiração, por todo incentivo e apoio e por sempre segurarem a minha mão.

Ao meu orientador Prof. Dr. *Murilo Daniel de Mello Innocentini*, por todo o ensinamento, orientação, paciência, dedicação e profissionalismo durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos avaliadores da minha banca examinadora por todas as contribuições sugeridas.

À *Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP)*, em especial à Prof^a. Dr^a. *Luciana Rezende Alves de Oliveira*, coordenadora do programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, pelo apoio, zelo e presteza desde o meu ingresso no programa.

À *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)* pelo apoio para a realização deste trabalho - Código de Financiamento 001.

Ao *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA)* pelo apoio à minha pesquisa e pela licença concedida para cursar o doutorado.

Aos amigos Prof. MSc *Wildemberg Raiol de Assunção* e Prof. MSc *Eduardo Santos Pereira*, por sempre nos incentivarmos e caminharmos juntos neste desafio que foi fazer o doutorado na UNAERP.

A todos os *familiares* e *amigos* que sempre torceram por mim e que de alguma forma contribuíram com este trabalho.

A todos minha eterna *GRATIDÃO!*



***“Confia em Deus, mas não te esqueças
de que Deus confia em ti”.***

(Emmanuel – Chico Xavier)

RESUMO

A qualidade do ar em ambientes internos é importante, devido estar associada à saúde e ao bem-estar da humanidade. A pandemia da COVID-19, vivenciada no Brasil a partir do ano de 2020, despertou a preocupação mundial a respeito da qualidade do ar em ambientes fechados. A eficiência da filtragem e da renovação do ar no ambiente interno podem reduzir a concentração de vírus, bactérias e microrganismos no ar, contribuindo com a diminuição do risco de contágio de doenças. Este trabalho foi realizado na Biblioteca de uma instituição de ensino na cidade de Belém (PA), tendo o objetivo de avaliar a qualidade do ar interno e propondo melhorias que visaram o aumento do conforto ambiental e a diminuição de danos à saúde dos frequentadores. O sistema de ventilação é realizado por 13 Splits divididos entre o pavimento térreo, o acervo e o 1º pavimento. Na análise qualitativa foram detectadas colônias de fungos/mofos no térreo, acervo e 1º pavimento, falta de manutenção e limpeza nos Splits, e falta de ventilação natural. Na avaliação quantitativa, os parâmetros selecionados para amostragem foram: Material Particulado (PM10, PM2,5 e PM1,0), Formaldeído (HCHO), Compostos Orgânicos Voláteis (COV), Umidade, Temperatura e Dióxido de Carbono (CO2). A temperatura e a umidade em alguns ambientes analisados possuíam valores acima do limite de tolerância adotado, chegando a 26 °C no térreo, e a umidade acima dos 60 % no 1º pavimento. Apesar de não exceder o limite de tolerância adotado, o valor medido de CO2 se torna elevado quando comparado com o valor medido no ambiente externo e/ou quando o ambiente possui frequentadores, chegando a 992 ppm no pavimento térreo ocupado por 28 pessoas. A taxa de renovação de ar é insuficiente nos ambientes sendo necessário um sistema de renovação de ar eficiente, e/ou instalação de ventiladores exaustores. Os outros parâmetros que foram medidos, tais como HCHO, COV, MP10, MP2,5 e MP1,0, estão dentro do limite de tolerância adotado. A Biblioteca possui um sistema de climatização no total de 644.000 BTU nos 3 ambientes, porém não possui Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC), conforme determina a Lei nº 13.589/18. Foi feito um acompanhamento informal durante a limpeza dos Splits, no qual se identificou pontos negativos como: procedimentos realizados de forma inadequada, falta de EPI, necessidade de troca de filtros dos Splits, falta de manutenção regular dos equipamentos, entre outros. Neste trabalho foi elaborada uma proposta de PMOC para ser implantada, além de um questionário para identificar os índices de qualidade do ar (IQA) na Biblioteca. A proposta deste trabalho é importante porque ajuda na realização das manutenções periódicas dos Splits, que vai aumentar a vida útil dos equipamentos, trazer economia de energia e reduzir os gastos com os equipamentos, resultando no aumento do conforto ambiental, na melhora da qualidade do ar, e na diminuição dos danos à saúde.

Palavras-Chave: Poluição do ar interno. Síndrome dos Edifícios Doentes. Material particulado. Saúde ocupacional. Ventilação mecânica.

ABSTRACT

Indoor air quality is important because it is associated with the health and well-being of humanity. The COVID-19 pandemic that there has been experienced in Brazil since 2020 has raised worldwide concern about indoor air quality. The efficiency of air filtration and air exchange in the indoor rooms can reduce the concentration of viruses, bacteria and microorganisms indoor decreasing the risk of disease contagion. This work was developed at a Library of an educational institution located in the city of Belem (PA) aiming to evaluate the indoor air quality, check the weaknesses, and to propose improvements for increasing the environmental comfort and the reduction of problems for the people's health. The ventilation system is made up of 13 split air conditioners installed on the ground floor, the books room and the 1st floor. In the qualitative analysis was detected fungi/mold colonies on the ground floor, books room and 1st floor, lack of maintenance and cleaning on split air conditioners, and no natural ventilation. The parameters selected for sampling the quantitative analysis were Particulate Matter (PM10, PM2.5 and PM1.0), Formaldehyde (HCHO), Volatile Organic Compounds (VOC), Humidity, Temperature and Carbon Dioxide (CO₂). The temperature and humidity within some rooms have values above the tolerance limit adopted measuring 26 °C on the ground floor and the humidity above 60 % on the 1st floor. The measured value of CO₂ do not exceed the tolerance limit, but it becomes high when compared to the value measured in the external environment and/or when the rooms are occupied, reaching 992 ppm on the ground floor when it is occupied by 28 people. The rate of air renewal is insufficient in the rooms that it needs an efficient air renewal system, and/or exhaust fans assembly. The other parameters measured, such as, HCHO, VOC, MP10, MP2.5 and MP1.0, are in compliance with the tolerance limit adopted. The Library has an air conditioning system with a potential of 644,000 BTU divided into the three rooms, but there is not a Maintenance, Operation and Control Plan (MOCP), as determined by Law No. 13,589/18. An informal visit made during the split air conditioners cleaning, negative points were identified, such as, procedures performed improperly, lack of PPE, filters of the split air conditioners were not changed, lack of regular maintenance of the equipment, and so on. In this work was done a MOCP proposal to be implemented as well as a questionnaire to identify the air quality indexes (AQI) at the Library. This work is important because it supports the performance of a regular maintenance of the split air conditioners, which it increases the life circle of the equipment, energy saving and the reduction of equipment expenses. As the result, it increases environmental comfort, improves indoor air quality, and decreases damages for the health.

Keywords: Indoor air pollution. Sick Buildings Syndrome. Particulate matter. Occupational health. Artificial ventilation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema representativo da penetração de MP atmosférico em diferentes partes do sistema respiratório humano.....	29
Figura 2 – Mecanismo peneira.....	50
Figura 3 – Mecanismo inercial.....	51
Figura 4 – Mecanismo interceptação.....	51
Figura 5 – Mecanismo de difusão.....	52
Figura 6 – Sala de estudo da biblioteca Mario de Andrade (SP).....	63
Figura 7 – Vista aérea da localização da Biblioteca.....	64
Figura 8 – Planta baixa do pavimento térreo da Biblioteca com os pontos selecionados para amostragem.....	69
Figura 9 – Planta baixa do 1º pavimento da Biblioteca com os pontos selecionados para amostragem.....	70
Figura 10 – Equipamento EG VOC-180 usado como detector de QAI na Biblioteca.....	71
Figura 11 – Equipamento Mini CO ₂ RAD-0301 usado como detector de CO ₂ na Biblioteca (SP).....	71
Figura 12 – Equipamentos detectores de QAI e CO ₂ em funcionamento na Biblioteca a uma altura de 1,5 m.....	72
Figura 13 – Salão de leitura do pavimento térreo em um dia típico.....	76
Figura 14 – Acervo da Biblioteca.....	77
Figura 15 – Salão de leitura do 1º pavimento.....	77
Figura 16 – Detalhe da janela no pavimento térreo presa por rebite.....	78
Figura 17 – Salão de leitura do 1º pavimento sem janelas.....	78
Figura 18 – Teto do 1º pavimento sem parte do forro: (a) 1º pavimento sem parte do forro; (b) detalhe do teto sem forro.....	79
Figura 19 – Colônias de mofo/bolor no forro: (a) no teto do acervo; (b) no teto do pavimento térreo.....	80
Figura 20 – Teto do 1º pavimento sem parte do forro: (a) 1º pavimento sem parte do forro; (b) detalhe do teto sem forro.....	80
Figura 21 – Localização do Split 1 e do Split 2 no pavimento térreo da Biblioteca.....	81
Figura 22 – Detalhe da placa universal do Split 3 localizado no pavimento térreo da Biblioteca.....	82

Figura 23 – Localização dos Splits 10, 11, 12 e 13 no 1º pavimento da Biblioteca.....	82
Figura 24 – Produção de gelo no Split 5 localizado na entrada do acervo da Biblioteca	83
Figura 25 – Localização dos Splits 6, 7 e 8 localizados na entrada do acervo da Biblioteca.....	84
Figura 26 – Dados de medição de Material Particulado (PM ₁₀) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada.....	91
Figura 27 – Dados de medição de Material Particulado (MP _{2,5}) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada.....	92
Figura 28 – Dados de medição de Material Particulado (MP _{1,0}) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada.....	93
Figura 29 – Dados de medição de Formaldeído (HCHO) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada.....	95
Figura 30 – Dados de medição de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada.....	96
Figura 31 – Dados de medição de Temperatura (T) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada.....	98
Figura 32 – Dados de medição de Umidade Relativa (UR) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada.....	98
Figura 33 – Dados de medição de Dióxido de Carbono (CO ₂) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada.....	100
Figura 34 – Umidade deteriorando a parede da Biblioteca.....	104
Figura 35 – Proposta de PMOC para a Biblioteca: (a) página 1; (b) página 2.....	109
Figura 36 – Filtros do Split: (a) remoção dos filtros do Split; (b) filtro com sujeira acumulada, (c) filtro após a lavagem.....	111
Figura 37 – Remoção dos defletores com destaque para o excesso de sujeira.....	111
Figura 38 – Turbinas do maquinário: (a) dentro do maquinário empoeiradas; (b) detalhe da turbina suja.....	112
Figura 39 – Placa eletrônica do Split: (a) procedimento para a retirada da placa; (b) placa removida.....	112
Figura 40 – Trancamento do gás refrigerante na unidade externa: (a) funcionários executando o trancamento de gás; (b) detalhe da operação de trancamento de gás.....	113
Figura 41 – Retirada do maquinário para a realização da limpeza: (a) remoção das peças laterais do Split; (b) remoção do split.....	113

Figura 42 – Bandeja aberta do maquinário: (a) antes da limpeza; (b) depois da limpeza	114
Figura 43 – Lavagem da serpentina do Split 1: (a) lavagem com jato d'água; (b) serpentina lavada.....	114
Figura 44 – Lavagem das turbinas do Split 1: (a) cabeçote da turbina; (b) limpeza com pincel para remoção de poeira; (c) encapando o cabeçote da turbina; (d) cabeçote encapado para não ser molhado durante a lavagem; (e) lavagem da turbina; (f) turbina lavada.....	115
Figura 45 – Lavagem das peças do maquinário: (a) peças antes da lavagem; (b) lavagem das peças; (c) detalhe para a solução usada na lavagem das peças.....	116
Figura 46 – Peças limpas do Split 1.....	116
Figura 47 – Recolocação do Split 1: (a) encaixe do Split; (b) montagem do split.....	117
Figura 48 – Proteção térmica na tubulação de Cobre do Split 1: (a) tubulação de cobre sem a proteção térmica; (b) tubulação de cobre com a proteção térmica.....	117
Figura 49 – Resíduos gerados na limpeza do Split 1: (a) resíduos gerados no térreo; (b) detalhe do pano reutilizado para secagem de todas as peças; (c) resíduos gerados na área externa e empoçamento de água.....	118
Figura 50 – Funcionários sem EPI's adequados para a execução da limpeza do Split 1: (a) funcionário sem luva; (b) funcionário sem luva e sem máscara.....	119
Figura 51 – Lavagem dos defletores do Split 2: (a) retirada dos defletores; (b) defletores sujos; (c) lavagem dos defletores.....	121
Figura 52 – Limpeza com pano úmido no Split 2: (a) utilização de pano úmido para a limpeza; (b) detalhe da utilização do pano úmido.....	122
Figura 53 – Lavagem dos filtros dos Splits da Biblioteca: (a) detalhe do jato d'água utilizado na lavagem dos filtros; (b) durante a lavagem dos filtros.....	122
Figura 54 – Filtro danificado dos Splits.....	123
Figura 55 – Orientação de limpeza de filtros pelo fabricante do Split.....	125
Figura 56 – Dados do PM ₁₀ no dia anterior e no dia posterior a limpeza dos Splits, em diferentes pontos na Biblioteca estudada.....	128
Figura 57 – Dados do PM _{2,5} no dia anterior e no dia posterior a limpeza dos Splits, em diferentes pontos na Biblioteca estudada.....	129
Figura 58 – Dados do PM _{1,0} no dia anterior e no dia posterior a limpeza dos Splits, em diferentes pontos na Biblioteca estudada.....	129

Figura 59 – Dados do HCHO no dia anterior e no dia posterior a limpeza dos Splits, em diferentes pontos na Biblioteca estudada.....	129
Figura 60 – Dados do COV no dia anterior e no dia posterior a limpeza dos Splits, em diferentes pontos na Biblioteca estudada.....	130
Figura 61– Dados da umidade no dia anterior e no dia posterior a limpeza dos Splits, em diferentes pontos na Biblioteca estudada.....	130
Figura 62 – Dados da temperatura no dia anterior e no dia posterior a limpeza dos Splits, em diferentes pontos na Biblioteca estudada.....	130
Figura 63 – Dados do CO ₂ no dia anterior e no dia posterior a limpeza dos Splits, em diferentes pontos na Biblioteca estudada.....	131
Figura 64 – Limpeza realizada no acervo no dia 03/08: (a) funcionário fazendo a limpeza; (b) balde com água suja da limpeza; (c) produtos utilizados na limpeza.....	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais Leis e Normas adotados neste trabalho.....	26
Quadro 2 – Periodicidades dos procedimentos de limpeza e de manutenção.....	45
Quadro 3 – Recomendações publicadas pela ABRAVA.....	46
Quadro 4 – Trabalhos relevantes sobre QAI em bibliotecas e ambientes escolares publicados até o ano de 2019, antes da pandemia da COVID-19.....	58
Quadro 5 – Questionário para identificação de IQA em biblioteca.....	105
Quadro 6 – Qualidade do ar no ambiente.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da NBR 16401-3 de filtros de partículas.....	52
Tabela 2 – Classificação da NBR 16101 de filtros para partículas em suspensão no ar....	53
Tabela 3 – Classificação de filtros da EN 1899:2009 para filtros absolutos.....	53
Tabela 4 – Classificação da ISO 16.890 de filtros.....	54
Tabela 5 – Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação.....	66
Tabela 6 – Eficiência da distribuição de ar nas zonas de ventilação.....	67
Tabela 7 – Definição da estratégia de amostragem.....	69
Tabela 8 – Fonte dos limites de tolerância para cada parâmetro medido.....	73
Tabela 9 – Maquinários instalados no pavimento térreo, acervo e 1º pavimento.....	81
Tabela 10 – Vazão eficaz mínima de ar exterior – nível 1.....	85
Tabela 11 – Vazão eficaz mínima de ar exterior – nível 2.....	85
Tabela 12 – Vazão eficaz mínima de ar exterior – nível 3.....	86
Tabela 13 – Resumo da vazão eficaz de cada nível.....	86
Tabela 14 – Vazão a ser suprida na zona de ventilação – nível 1.....	87
Tabela 15 – Vazão a ser suprida na zona de ventilação – nível 2.....	87
Tabela 16 – Vazão a ser suprida na zona de ventilação – nível 3.....	87
Tabela 17 – Resumo da vazão suprida na zona de ventilação para cada nível.....	87
Tabela 18 – Resumo da vazão de ar exterior a ser suprida pelo sistema para cada nível....	88
Tabela 19 – Capacidade de recirculação de ar para cada ambiente.....	88
Tabela 20 – Características climáticas dos dias de medições na cidade de Belém (PA)....	90
Tabela 21 – Comparação dos Limites de Tolerância com os Parâmetros medidos.....	102
Tabela 22 – Planilha do PMOC proposto preenchida.....	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAVA	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i> – Associação Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado
ASTME741	<i>Standard Test Method for Determining Air Change in a Single Zone by Means of a Tracer Gas Dilution</i> – Método de teste padrão para determinar a mudança de ar em uma única zona por meio de diluição de gás
BTEX	Grupo de compostos formado pelos hidrocarbonetos: Benzeno, Tolueno, Etil-benzeno e os Xilenos
BTU	<i>British Thermal Unit</i> – Unidade Térmica Britânica
CLT	Consolidação de Leis Trabalhistas
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COVID-19	<i>Corona Virus Disease</i> – Doença do Coronavírus
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
cVMSs	<i>Cyclic Volatile Methylsiloxanes</i> - Metil-Siloxanos Voláteis
EN	<i>European Standard</i> – Norma Europeia
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> – Agência de Proteção Ambiental
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
HCOH	Formaldeído
HSE	Healthy and Safety Executive - Executivo de Saúde e Segurança
IQA	Índices de Qualidade do Ar
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> – Organização Internacional de Normalização
kW	Kilowatts
NBR	Norma Técnica Brasileira
NR	Normas Regulamentadoras

NRC	<i>National Research Council</i> – Conselho Nacional de Pesquisa
OMS	Organização Mundial da Saúde
PM	<i>Particulate Matter</i> – Material Particulado
PMOC	Plano de Manutenção, Operação e Controle
PNMA	Plano Nacional de Meio Ambiente
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
QAI	Qualidade do Ar Interno
RENABRAVA	Recomendações da ABRAVA O que é RENABRAVA
SBS	<i>Sick Building Syndrome</i> – Síndrome do Edifício Doente
SED	Síndrome do Edifício Doente
Ufc/m ³	Unidade Formadora de Colônias
USA	<i>United States of America</i> – Estados Unidos da América
USEPA	<i>Environmental Protection Agency</i> – Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	20
2	OBJETIVOS.....	22
2.1	OBJETIVO GERAL.....	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
3.1	HISTÓRIA DA QUALIDADE DO AR INTERNO.....	23
3.2	PRINCIPAIS POLUENTES RELACIONADOS À QUALIDADE DO AR INTERNO.....	26
3.2.1	Poluentes Não Biológicos ou Físico-químicos do Ar Interno e Suas Consequências à Saúde dos Indivíduos.....	28
3.2.1.1	Material particulado (MP).....	28
3.2.1.2	Compostos orgânicos voláteis (COVs).....	30
3.2.1.3	Formaldeídos (HCHO).....	30
3.2.1.4	Dióxido de carbono (CO ₂).....	31
3.2.1.5	Monóxido de carbono (CO).....	31
3.2.1.6	Dióxido de enxofre (SO ₂).....	32
3.2.1.7	Óxido de nitrogênio (NO _x).....	32
3.2.1.8	Radônio (Rn).....	32
3.2.1.9	Ozônio (O ₃)	33
3.2.1.10	Fumaça de cigarro (ETS - Environmental Tobacco Smoke).....	33
3.2.2	Poluentes de Origem Biológicas do Ar Interno e Suas Consequências à Saúde.....	33
3.2.2.1	Vírus	34
3.2.2.2	Bactérias.....	34
3.2.2.3	Fungos.....	35
3.2.3	Hipersensibilidade e Alergênicos Biológicos.....	35
3.2.4	Odores.....	35
3.3	SINDROME DO EDIFÍCIO DOENTE (SED).....	36
3.3.1	Sintomas e Fatores de Riscos da Síndrome dos Edifícios Doentes.....	37
3.3.2	Diagnóstico	38
3.3.3	Fatores de Risco.....	38
3.3.3.1	Fatores físicos.....	38

3.3.3.2	Fatores químicos	39
3.3.3.3	Fatores biológicos (bioaerossóis).....	40
3.3.3.4	Idade do edifício.....	40
3.3.3.5	Gênero.....	40
3.3.4	Prevenção.....	41
3.3.4.1	Ambiente interno e construção.....	41
3.3.4.1.1	<i>Qualidade do ar interior</i>	41
3.3.4.1.2	<i>Temperatura</i>	41
3.3.4.1.3	<i>Umidade</i>	42
3.3.4.1.4	<i>Iluminação</i>	42
3.3.4.1.5	<i>Ruídos</i>	42
3.3.5	Manutenção.....	42
3.4	LEGISLAÇÕES APLICADAS A QUALIDADE DO AR DE INTERNO.	43
3.5	SISTEMA DE FILTRAÇÃO.....	49
3.5.1	Fontes de Contaminação.....	49
3.5.2	Mecanismos de Filtração.....	50
3.5.3	Tipos de Filtro	52
3.6	INSALUBRIDADE	54
3.7	QUALIDADE DO AR EM BIBLIOTECAS.....	57
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	64
4.1	QUALIFICAÇÃO DOS AGENTES CAUSADORES DE DESCONFORTO E DANOS À SAÚDE.....	65
4.2	QUANTIFICAÇÃO DOS AGENTES POLUENTES CAUSADORES DE DESCONFORTO E AGRAVOS À SAÚDE.....	65
4.2.1	Cálculo da Taxa de Renovação de Ar Exterior.....	66
4.2.1.1	Vazão eficaz.....	66
4.2.1.2	Vazão a ser suprida na zona de ventilação.....	67
4.2.1.3	Vazão de ar exterior a ser suprida pelo sistema.....	67
4.2.2	Cálculo da Taxa de Recirculação de Ar Interno.....	68
4.2.3	Parâmetros Adotados Para Medição.....	68
4.3	ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR.....	72
4.4	PROPOSTA DO PMOC.....	73
4.5	APLICAÇÃO DO PMOC PROPOSTO.....	75

4.6	PROPOSTA DE MELHORIAS DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR DA BIBLIOTECA.....	75
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	76
5.1	QUALIFICAÇÃO DOS AGENTES CAUSADORES DE DESCONFORTO E DANOS À SAÚDE.....	76
5.2	QUANTIFICAÇÃO DOS AGENTES POLUENTES CAUSADORES DE DESCONFORTO E AGRAVOS À SAÚDE.....	84
5.2.1	Cálculo da Taxa de Renovação de Ar Exterior.....	84
5.2.1.1	Vazão eficaz.....	85
5.2.1.2	Vazão a ser suprida na zona de ventilação.....	86
5.2.1.3	Vazão de ar exterior a ser suprida pelo sistema.....	87
5.2.2	Cálculo da Taxa de Recirculação de Ar Interno.....	88
5.2.3	Resultados dos Parâmetros Adotados Para Medição.....	90
5.2.3.1	Material particulado (PM).....	91
5.2.3.2	Formaldeído (HCHO).....	94
5.2.3.3	Compostos orgânicos voláteis (COV).....	96
5.2.3.4	Temperatura (T) e umidade relativa (UR).....	97
5.2.3.5	Dióxido de Carbono (CO ₂).....	100
5.3	ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR.....	101
5.4	PRODUÇÃO DO PMOC.....	107
5.5	APLICAÇÃO DO PMOC PROPOSTO.....	110
5.5.1	Limpeza Corretiva (Split 1).....	110
5.5.2	Limpeza Preventiva (Splits de 2 a 13).....	120
5.5.3	Análise dos Índices de Qualidade Pós Limpeza.....	128
5.6	PROPOSTAS DE MELHORIAS DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR DA BIBLIOTECA.....	133
6	CONCLUSÃO.....	134
7	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	137
	REFERÊNCIAS.....	138
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA PESQUISA DE IDENTIFICAÇÃO DE IQA EM BIBLIOTECAS	146
	APÊNDICE B – PLANILHA DO PMOC PROPOSTO.....	148

ANEXO A – RESOLUÇÃO – RE Nº09, DE 16 DE JANEIRO DE 2003.....	150
ANEXO B – LEI FEDERAL Nº 13.589, DE 4 DE JANEIRO DE 2018	163

1 INTRODUÇÃO

A qualidade do ar é de fundamental importância, pois está diretamente relacionada à saúde e ao bem-estar da humanidade. Atualmente, o homem passa a maior parte do dia/tempo em ambientes fechados, seja em casa, local de trabalho, carro, entre outros, e está sempre à procura de um ambiente com proteção e conforto, ainda que artificialmente.

As características do ambiente externo, aspectos construtivos da edificação, as atividades realizadas por frequentadores em um ambiente fechado, a temperatura, a umidade, a ventilação, os microrganismos, entre outros, são fatores que interferem nas condições do ambiente interno, sendo identificados por pesquisas sobre a qualidade do ar interno (QAI) que objetivam o máximo de conforto ambiental e o mínimo de danos à saúde.

Um dos ambientes internos que têm despertado o interesse de pesquisadores são os ambientes das bibliotecas e dos museus. Na verdade, QAI em museus e edifícios históricos é considerada como a principal preocupação para a preservação do patrimônio cultural.

A QAI tem um impacto significativo não somente referente à saúde e bem-estar, mas também ao desempenho humano. Desse modo, os frequentadores de um ambiente com QAI inadequada podem sofrer com o absenteísmo, a perda de concentração, a sonolência e o cansaço, além de sintomas adversos à saúde, como problemas respiratórios ou dor de cabeça.

As bibliotecas apresentam características peculiares devido à presença de livros e revistas, assim, este tipo de conteúdo é o responsável por emissões de material particulado, dentre outros compostos químicos. Outro fator importante é a quantidade de pessoas que frequentam esse tipo de ambiente e o tempo de permanência nestes locais, sobretudo quando são evidenciadas condições inadequadas da QAI.

Os ocupantes são os principais prejudicados e contribuintes (de forma inconsciente) com a poluição do ambiente, tanto pela respiração e transpiração, quanto pelo transporte de microrganismos potencialmente causadores de doenças. A adoção de medidas mitigadoras para os impactos causados por esse tipo de degradação, geralmente são geradas após a queixa e/ou mal-estar dos seus ocupantes.

No final do ano de 2019, vivenciou-se um novo contexto devido ao início da pandemia do vírus *Sars Cov 2* (COVID-19). Tal fato despertou a preocupação mundial a respeito da qualidade do ar em ambientes fechados, já que está diretamente relacionada com a transmissão da COVID-19. A eficiência da filtragem e da renovação do ar no ambiente interno podem

reduzir a concentração de vírus, bactérias e microrganismos no ar, contribuindo com a diminuição do risco de contágio de doenças.

Os ambientes de bibliotecas necessitam de atenção e concentração, assim, a QAI deficiente afeta a todos os seus frequentadores. A qualidade inadequada do ar pode ser associada ao agravamento de asma e de outras doenças respiratórias e alérgicas, além de a diminuição da atenção e produtividade devido ao desconforto do ambiente, causando, portanto, baixo rendimento aos frequentadores.

Dado o exposto, o presente trabalho fez uma avaliação da QAI de uma biblioteca localizada em uma instituição de ensino na cidade de Belém-PA. O estudo realizado foi para identificar a qualidade, verificar as deficiências e propor melhorias para a qualidade do ar, trazendo saúde e economia para a biblioteca.

A avaliação da qualidade do ar foi realizada no salão de leitura do pavimento térreo, no salão de leitura do 1º pavimento e no acervo de livros. Esses ambientes foram escolhidos devido serem os locais com maior fluxo/permanência de pessoas e de produção de material particulado gerados pelas obras literárias.

O diagnóstico da QAI da biblioteca ocorreu através das medições de parâmetros físicos e químicos, pelo cálculo de taxa de recirculação de ar, além da caracterização dos problemas relacionados com a qualidade do ar no ambiente. Foi proposto a implantação de um modelo de Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) e a utilização de um questionário, que identifica o Índice de Qualidade do Ar (IQA), para a melhoria do ar em bibliotecas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade do ar interno, em uma biblioteca de uma instituição de ensino na cidade de Belém (PA), identificando a qualidade do ar atual, verificando as deficiências, e propondo melhorias que visam o aumento do conforto ambiental e a diminuição de danos à saúde dos frequentadores da Biblioteca.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar agentes causadores de desconforto e danos à saúde do público frequentador da biblioteca, identificando cenário atual do objeto de estudo;
- Quantificar agentes causadores de desconforto e danos à saúde do público frequentador da biblioteca, realizando as análises das medições dos seguintes parâmetros: Material Particulado (PM_{10} , $PM_{2,5}$ e $PM_{1,0}$), Formaldeído (HCHO), Compostos Orgânicos Voláteis (COV), Umidade, Temperatura e Dióxido de Carbono (CO_2);
- Calcular a taxa de renovação de ar externo e a taxa de recirculação de ar interno;
- Elaborar Índices de Qualidade do Ar para identificar e caracterizar problemas relacionados com a qualidade do ar na biblioteca;
- Elaborar o Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) dos aparelhos de ar condicionado existentes em Biblioteca, elaborando medidas corretivas e preventivas para manutenção da qualidade do ar interno;
- Realizar a aplicação do PMOC proposto;
- Propor melhorias dos Índices de Qualidade do Ar na biblioteca.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 HISTÓRIA DA QUALIDADE DO AR INTERNO

Historicamente, os estudos realizados a respeito da qualidade do ar de interiores, estão relacionados ao crescimento de pesquisas sobre a propriedade do ar externo. Em consequência da semelhança entre essas duas vertentes, é possível perceber que o conhecimento obtido sobre uma direciona para outra. Embora, tenha-se conhecimento da grande importância da qualidade do ar e da sua relação com a saúde humana, há séculos, alguns acontecimentos que ocorreram no século XIX foram marcantes, e acabaram despertando a atenção da sociedade para essa temática (NASCIMENTO, 2011).

De acordo com Carvalho (2016), a era contemporânea dos estudos a respeito da poluição do ar é iniciada com o episódio do “*London Fog*”¹. No qual surgiram as primeiras pesquisas científicas e epidemiológicas, criando uma junção entre a qualidade do ar externo e a saúde. Iniciando a preocupação com a separação do ar de ambientes interno, das fontes de poluição existente no ar de ambientes externos.

Na década de 70 foi observado uma queda no uso de sistema de ar-condicionado. Isso ascendeu os projetos de edifícios onde a ligação com o ar externo é mínima, acarretando uma concentração de poluentes produzidos no ambiente interno. Observou-se, então, as primeiras objeções das pessoas que trabalhavam em ambientes internos, e foi revelado através de estudos que as concentrações de poluentes, nestes tipos de locais, poderiam ser de 2 a 5 vezes maiores do que as do ar externo (MORAES, 2010).

Para Carvalho (2016), os estudos sobre a qualidade do ar interno (QAI) começaram a ter relevância a partir da década de 70, consequência do movimento mundial direcionado à economia e conservação de energia. Logo, foram introduzidas análises a respeito de projetos que privilegiassem vedações térmicas hábeis nas edificações, gerando maior economia. Devido ao Brasil ser um país de clima tropical, esse modelo foi amplamente propagado. Porém, nem todos os resultados foram aceitáveis.

Moraes (2010) detectou que, dispondo de um único método de vedação térmica, a aglomeração de poluentes em ambiente interno seria capaz de alcançar altos níveis, caso fossem

¹ Nevoeiro causado pela queima de combustíveis fósseis que encobriu a cidade de Londres entre os dias 5 e 9 de dezembro de 1952.

equiparados aos padrões do ambiente externo, o que provocará talvez desconforto e prejuízo à saúde de quem faz uso.

Moraes (2010) ainda expõe que a Organização Mundial de Saúde (OMS) ratifica que a poluição do ar interior é um dos principais males à saúde pública em extensão mundial. E calcula-se que em torno da metade da população mundial sofrerão com a péssima qualidade do ar interior, tanto pessoas que vivem em países desenvolvidos quanto em subdesenvolvidos.

Em escala global, tornou-se de extrema importância a criação da relação de causa e efeito entre poluente atmosféricos e maléficis à saúde, induzindo a criação de órgãos ambientais como é o caso da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency – EPA), em 1970. No Brasil, em 1981, foi publicada a Lei nº 6938 estabelecendo a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), constituindo privilégios ao setor ambiental para que estabelecesse papéis voltados à gestão da poluição atmosférica em dois ramos: o controle de emissão e o monitoramento da qualidade do ar, regulamentados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nas resoluções CONAMA nº 18 de 06/05/1986, nº 005 de 15/06/1989, nº 003 de 28/06/1990 (CONAMA, 2015), entre outras.

A instituição CONAMA exprimiu uma ascensão, pois reuniu campos significativos dos poderes políticos e seus distintos graus. Dessa forma, mostrou-se incomum dentro da repartição pública, o qual é caracterizada como centrada e praticamente fechada à participação da sociedade.

Viana (2004) ressalta que a Constituição de 1988 ganhou um capítulo inteiro para sua abordagem, o capítulo VI – Do meio ambiente, inserido no título VIII – Da ordem social sobre meio ambiente, descreve no artigo 225:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Neste mesmo contexto, em 1989, o governo federal, intermediado pela resolução CONAMA nº 005 de 15/06/1989, implementou o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), objetivando:

Permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas à melhora da qualidade do ar, ao atendimento dos padrões

estabelecidos e o não comprometimento da qualidade do ar nas áreas consideradas não degradadas (PORTAL DO MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019).

Esse programa veio com objetivo de conduzir, a administração da poluição atmosférica do país, e padronizar, com regulamentação de padrões nacionais de qualidade do ar, partindo de uma política de não deterioração da qualidade do ar, mas sim de prevenção.

A partir da criação do PRONAR, definiu-se estratégias que deverão ser desenvolvidas com ênfase à conservação ambiental e ao cumprimento dos padrões de qualidade do ar que foram estabelecidos nas resoluções do CONAMA, que são: Estabelecimento de limites máximos de emissão; adoção de padrões nacionais de qualidade do ar; monitoramento da qualidade do ar; prevenção de deterioração significativa da qualidade do ar; gerenciamento do licenciamento de fontes de poluição do ar; inventário nacional de fontes e poluentes do ar; desenvolvimento de gestões políticas; promoção do desenvolvimento nacional na área de poluição do ar e estabelecimento de ações de curto, médio e longo prazo.

Em 1998, o ministro da comunicação, Sérgio Motta, faleceu por ter contraído uma doença chamada “mal dos legionários”, causada pela bactéria *Legionella*², que estava alojada nos dutos do ar-condicionado de seu gabinete. O ministério da saúde, publicou no mesmo ano a Portaria de nº 3523, que institui a obrigatoriedade do Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) abrangendo sem exceção todos os aparelhos de climatização em uso e infrações sanitárias para questões que dizem respeito à qualidade do ar (NASCIMENTO, 2011).

Transitando ainda pelo ocorrido com o ministro, a ANVISA, objetivando reavaliar os parâmetros que foram adotados no país, em 24 de outubro de 2000 publicou a Resolução nº 176. Sendo que, em uma avaliação de QAI são monitoradas por várias variáveis, exigem uma visão multidisciplinar, no entanto abrangem áreas diversificadas de estudos. Nessa perspectiva, a ANVISA fez uso de uma equipe multidisciplinar para futuramente renovar e reestruturar a antiga resolução com a publicação de uma nova, que é a Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003, a qual define os limites máximos permitidos para os parâmetros físicos, contaminações biológicas e químicas do ar interior, bem como ações de reparação em ambientes interiores.

Com isso, a relevância de estudos sobre a QAI iniciou após o descobrimento, de que a diminuição das taxas de troca de ar nestes ambientes era responsável por aumentar a concentração de poluentes biológicos e não biológicos no ar interno. A justificativa para essa

² A doença do legionário, provocada pela bactéria *Legionella Pneumophila*, foi identificada pela primeira vez em 1976. A bactéria não se transmite de pessoa para pessoa, mas por intermédio de inalação de gotículas de água (Pelczar et al., 1996).

preocupação é que grande parte das pessoas passam muito tempo dentro destes edifícios, e são, conseqüentemente, expostas aos poluentes desse tipo de ambientes.

Desde então, as legislações e pesquisas realizadas que acometiam essa temática, inicialmente, foram concentradas somente na qualidade do ar em ambientes externos. As quais descobriram que as baixas trocas de ar entre os ambientes externos e internos, causam um incremento na concentração dos poluentes biológicos e químicos, tais mudanças no padrão fizeram as pesquisas relacionadas a qualidade do ar de interiores (QAI) fossem mais desenvolvidas. Dando ênfase, ao controle de fatores que interferem nas condições ambientais, procurando o máximo de conforto no ambiente e a minimização de prejuízos à saúde.

O Quadro 1 mostra o histórico das principais Leis e Normas no Brasil adotadas neste trabalho.

Quadro 1 – Principais Leis e Normas adotadas neste trabalho.

Ano	Lei/Norma	
2003	Resolução nº 09 (ANVISA)	Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo
2019 (atualizada)	Norma Regulamentadora 09 (MTE)	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
2019 (atualizada)	Norma Regulamentadora 15 (MTE)	Atividades e Operações insalubres
2008	ABNT NBR – 16.401-3	Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários Parte 3: Qualidade do ar interior
2018	Lei Federal nº 13.589	Plano de Manutenção, Operação e Controle – PMOC
2018	CONAMA nº 491	Esta Resolução estabelece padrões de qualidade do ar.

Fonte: Autora, 2020

3.2 PRINCIPAIS POLUENTES RELACIONADOS À QUALIDADE DO AR INTERNO

Os indivíduos nos centros urbanos passam a maior parte do tempo em ambientes internos, a qualidade do ar que respirada no ambiente reflete diretamente na qualidade da saúde. Os componentes e as características do ar estão relacionadas a qualidade do ar em ambiente interno, podendo afetar a saúde e o conforto dos usuários ou ocupantes de uma edificação (FERNANDES, 2014).

Para Schirmer et al. (2011) há vários contaminantes do ar, que podem ser distinguíveis quanto à sua natureza, e são classificados como: químicos, físicos ou biológicos ou de origem biológica e não-biológica. Os principais poluentes do ar são:

a) Não biológicos ou físico-químicos:

- Compostos orgânicos voláteis (COVs): adesivos, tintas, solventes, materiais de construção, combustão e fumaça de tabaco.
- Dióxido de carbono (CO₂): atividade metabólica, combustão e motores veiculares em garagens.
- Monóxido de carbono (CO): queima de combustíveis, aquecedores de água, fornos, fogões, aquecedores a gás ou a querosene e fumaça de tabaco.
- Dióxido de Enxofre (SO₂): ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
- Óxido de Nitrogênio (NO_x): ar externo, queima de combustíveis e motores veiculares (garagens).
- Dióxido de nitrogênio (NO₂): ar externo, queima de combustíveis e motores veiculares (garagens).
- Formaldeído (H₂CO): materiais de isolamento, móveis e madeira compensada.
- Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA): queima de combustíveis e fumaça de cigarro.
- Ozônio (O₃): reações fotoquímicas e campos eletrostáticos (equipamentos eletrônicos).
- Radônio (Rn): solo e materiais de construções (pedra e concreto).
- Material Particulado: re-suspensão, fumaça de tabaco e combustão.
- Fibra de asbesto ou amianto: isolamento e materiais antichama.
- Calor: metabolismo humano, sistema de ar-condicionado e cozinhas.

b) Biológicos:

- Alergênicos: poeira, animais domésticos e insetos.
- Pólen: plantas de exterior e de interior.
- Microrganismos (fungos, bactérias e vírus): pessoas, animais, plantas e vasos e sistemas de ar-condicionado.
- Esporos de Fungos: solo, plantas, alimentos e superfícies internas.

O ar externo é uma das principais fontes de poluentes para o ar do ambiente interno. E no ambiente interno, as fontes destes contaminantes tornam-se mais diversificadas, devido à falta de ventilação, atividade desenvolvida pelos ocupantes, materiais que foram utilizados na fabricação dos mobiliários, entre outros (CERQUEIRA; FILHO, 2017).

3.2.1 Poluentes Não Biológicos ou Físico-Químicos do Ar Interno e Suas Consequências à Saúde dos Indivíduos

Neste tópico são mostrados os principais contaminantes não biológicos ou físico-químicos do ar interno e suas consequências à saúde, tais como: Material Particulado (MP); os Compostos Orgânicos Voláteis (COVs); formaldeídos (HCHO); dióxido de carbono (CO₂); monóxido de carbono (CO); dióxido de enxofre (SO₂); óxidos de nitrogênio (NO_x); radônio (Rn); ozônio (O₃) e a Fumaça de Cigarro.

3.2.1.1 Material particulado (MP)

O Material Particulado (PM, do inglês, *Particulate Matter*) é uma mistura de partículas sólidas e/ou líquidas presentes na atmosfera, com tamanho e densidade suficientemente pequenos para que permaneça por determinado tempo em suspensão. Também é conhecido como aerossóis, consiste em uma classificação física de partículas encontradas no ar, como poeira, fuligem, fumaça e gotículas líquidas. Sendo assim, não são uma substância, mas uma mistura de vários componentes (GURGATZ, 2018).

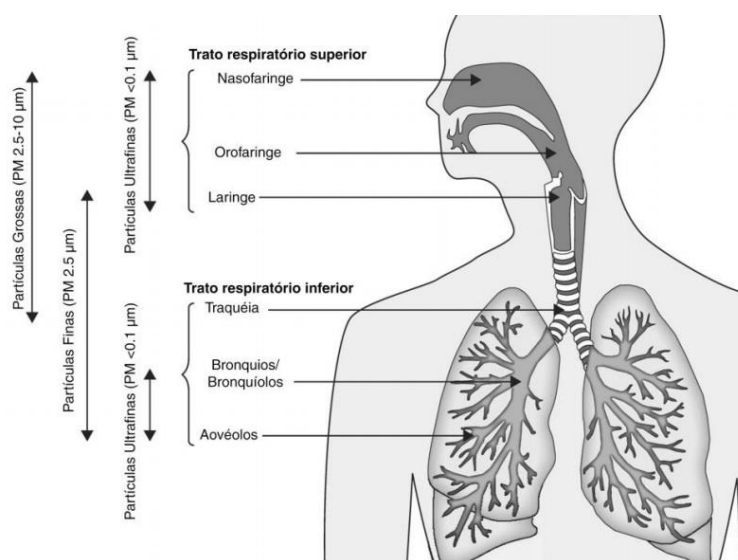
Material particulado, também conhecido por "aerodispersóide", são originados de uma mistura física e química de diversos compostos presentes em suspensão no ar, tanto partículas sólidas quanto partículas líquidas (gotículas, aerossol, névoa, fumaça etc.). Atividades como varrer, tirar pó e cozinhar contribuem para a suspensão das partículas, e as principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros (SCHIRMER et al., 2011).

Os materiais particulados são classificados em três categorias, pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (SCHIRMER et al., 2011): Partículas Totais em Suspensão (PTS), Fumaça (FMC) e Partículas Inaláveis (MP₁₀). As Partículas Totais em Suspensão (PTS) são aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor do que 50 µm. Parte dessas partículas é inalável e podem causar problemas à saúde. Outra parte pode acabar afetando a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as

atividades rotineiras da comunidade; Fumaça (FMC) é proveniente de processos de combustão, também conhecido como fuligem; e Partículas Inaláveis (MP_{10}) tem diâmetro aerodinâmico menor do que $10\ \mu\text{m}$. Ainda pode ser subdividida em duas: partículas inaláveis finas ou $MP_{2,5}$, que são aquelas com diâmetro aerodinâmico inferior a $2,5\ \mu\text{m}$ e as partículas inaláveis grossas que são aquelas cujo diâmetro está entre $2,5$ e $10\ \mu\text{m}$. As partículas finas podem atingir os alvéolos pulmonares, já as grossas ficam retidas na parte superior do sistema respiratório.

De acordo com Brito et al. (2018) é notório que a capacidade de penetração de MP no corpo humano, ocorre a partir das vias aéreas, o que deverá ser maior quanto menor for o diâmetro aerodinâmico. A Figura 1 mostra um esquema representativo da penetração de MP atmosférico em diferentes partes do sistema respiratório humano.

Figura 1 – Esquema representativo da penetração de MP atmosférico em diferentes partes do sistema respiratório humano



Fonte: Gurgatz, 2018

Exalta-se que o tamanho da partícula está relacionado à probabilidade de efeitos na saúde, sendo que quanto menor seu tamanho, maior possibilidade de deposição em áreas mais profundas do sistema respiratório (GURGATZ, 2018).

As fontes de MP em um ambiente interno podem ser externas ou internas. As principais fontes em residenciais são o fumo e o cozimento de alimentos e, embora, nos escritórios o fumo ainda seja uma fonte substancial de MP em determinados países, os equipamentos de escritório também são considerados fontes importantes (QUADROS et al., 2009).

3.2.1.2 Compostos orgânicos voláteis (COVs)

Os compostos orgânicos voláteis são conceituados pela Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (USEPA) como:

Qualquer composto que participa de reações fotoquímicas ou que possui reatividade fotoquímica, excluindo-se os seguintes compostos: CO, CO₂, ácido carbônico, carbonetos e carbonatos metálicos, carbonato de amônia, metano, etano, acetona, metil-acetato ... [e inúmeros hidrocarbonetos halogenados e perfluorcarbonos] (TUCKER, 2004).

Os pesquisadores em QAI, normalmente, consideram como COV os compostos orgânicos que estão em estado gasoso ou em vapor podendo ser medidos através de métodos analíticos aplicados a esta classe (TUCKER, 2004).

Alguns dos COVs encontrados no ambiente interno são vindos do externo, sendo que a queima de combustíveis fósseis por automóveis é expressivamente a fonte desses compostos. Apesar de ser bastante significativa a entrada de COV a partir do ar externo, as fontes internas são mais relevantes, especialmente, em edifícios novos, uma vez que os materiais de construção mostram taxas altas de emissão que são reduzidas com o tempo (YANG, 2017).

As principais fontes de COVs em ambientes internos são os materiais de construção, como acabamento, decoração, mobiliário, combustão, processos metabólicos, fotocopiadoras, móveis, pisos, colas e tintas, desinfetantes, desengordurantes e inseticidas. Máquina fotocopiadora ou impressora de papel também são fonte de COV (PAULA, 2003).

Para Schirmer (2004), a maioria dos COVs são narcóticos e depressores do sistema nervoso central, também causam irritações nos olhos, nas vias respiratórias e na pele. A Exposição a certos COVs com concentrações extremamente elevados podem acabar alterando as funções neuro comportamentais, e também podem desenvolver câncer.

3.2.1.3 Formaldeídos (HCHO)

O Formaldeído é um composto químico pertencente ao conjunto de substâncias chamadas de aldeídos. É um dos compostos orgânicos voláteis importantíssimo, bem como um dos poluentes da qualidade interna do ar de fácil medida, o qual é utilizado em materiais de construção, é o principal componente de algumas espumas de isolamento, partes de chapas, incluindo madeira compensada, adesivos, colas, conservantes em algumas tintas e cosméticos,

alguns produtos de papel, fertilizantes, vidro, material de empacotamento e materiais de limpeza (SCHIRMER et al., 2011).

Os formaldeídos são introduzidos no edifício durante a construção inicial ou até mesmo em reformas, presença e a atividade das pessoas no interior de prédios também causa o aparecimento de aldeídos. A combustão incompleta de combustíveis que contenham hidrocarbonetos também causa o aparecimento deste composto. São fontes de emissão: fumaça de cigarro, combustíveis para aquecimento ou para cozinhar, tais como gás natural e querosene (SCHIRMER et al., 2011).

Os formaldeídos causam as mesmas doenças que os COVs.

3.2.1.4 Dióxido de carbono (CO₂)

O dióxido de carbono é expelido naturalmente através da respiração humana, e, também, é formado nos processos de combustão. É um gás incolor e inodoro, em que sua concentração varia em ambientes internos de 700 a 2.000 ppm (SCHIRMER et al., 2011).

O CO₂ apesar de ser asfixiante não apresenta grandes problemas tóxicos aos seres humanos. É necessário ser exposto a concentrações muito altas (acima de 30.000 ppm) para que possa ocorrer danos à saúde. Assim, à medida que aumentam os níveis de concentração no ambiente, “a pessoa sente como se não houvesse ar suficiente”. Acima de 30.000 ppm, os efeitos da sua presença são dores de cabeça, tontura e náuseas (JONES, 1999).

3.2.1.5 Monóxido de carbono (CO)

Assim como o dióxido de carbono, o monóxido também é um gás incolor, inodoro e toxicidade bastante considerável. Gerado pela queima incompleta de materiais que possuem carbono em lugares com níveis de oxigênio baixos. O CO tende a estar mais concentrado em locais de acesso para veículos, como garagens. Outra fonte de CO é a fumaça de tabaco que também é fonte de CO (SCHIRMER et al., 2011).

A combinação do CO pela hemoglobina leva a formação de carboxihemoglobina, substituindo o oxigênio e ocasionando assim uma diminuição de seus níveis no sangue, com isso os efeitos mais tóxicos podem ser verificados em órgãos, a exemplo coração e cérebro, que requisitam de mais oxigênio. E em baixas concentrações produz sintomas que podem ser confundidos com os da gripe (SCHIRMER et al., 2011).

3.2.1.6 Dióxido de enxofre (SO₂)

A queima de combustíveis fósseis que englobem impurezas ou compostos e que seja o enxofre formam o dióxido de enxofre. O SO₂ é facilmente solúvel em água, formando, assim, o ácido sulfúrico e o sulfuroso. Sua ação irritante, agride a mucosa dos olhos, nariz, garganta e o trato respiratório (SCHIRMER et al., 2011).

3.2.1.7 Óxido de nitrogênio (NO_x)

Para Jones (1999), os óxidos de nitrogênio (NO e NO₂), é um poluente primário e um dos culpados pela acidez das chuvas, redução da camada de ozônio e formação de oxidantes fotoquímicos. O NO é formado provavelmente pela queima de combustíveis em motores veiculares, e a produção de NO₂ está associada ao uso de equipamentos que queimam gás, querosene, madeira, bem como a fumaça de tabaco.

O óxido de nitrogênio pode interferir no transporte de oxigênio para os tecidos, produzindo efeitos parecidos como os do CO, também pode provocar edema, causar inflamações respiratórias e até mesmo enfisema pulmonar (BRITO et al., 2018).

3.2.1.8 Radônio (Rn)

É um gás extremamente radioativo com meia-vida de aproximadamente 3,5 dias. Acredita-se que exposições ao radônio causem câncer de pulmão em seres humanos e, também, leucemia linfoblástica aguda (JONES, 1999).

O Rn é encontrado em quase todos os solos e rochas, principalmente nos que possuem urânio, em lugares ricos em granito ou xisto, entrando em edifícios através de rachaduras no concreto das paredes e pisos, de tubulações posicionadas no chão, fendas e aberturas em suas fundações (MORAES, 2010).

Externamente, o Rn não oferece riscos à saúde humana, entretanto, em ambientes internos com ventilação inadequada, pode tornar-se um problema. O principal efeito da exposição ao radônio é o câncer associado à radiação (BRITO et al., 2018).

3.2.1.9 Ozônio (O₃)

O ozônio é altamente reativo, gerado quando o ar passa por um campo eletrostático. O ar externo é fonte mais importante de ozônio, no entanto alguns aparelhos eletrônicos também o produzem, como fotocopiadoras e impressoras. Em ambientes internos, o O₃ reage com hidrocarbonetos insaturados e NO_x, o que acaba causando diminuição na sua concentração. A formação de ozônio depende de alguns fatores como: velocidade da troca de ar, concentração de reagentes, temperatura, umidade relativa e luz, e pode causar forte irritação nos pulmões, garganta e olhos (JONES, 1999).

3.2.1.10 Fumaça de cigarro (ETS - Environmental Tobacco Smoke)

A fumaça do cigarro é formada por material particulado, compostos orgânicos e inorgânicos, ainda é considerada o principal poluente de ambientes internos (BRITO et al., 2018).

A ETS é formada pela mistura de diversas substâncias, vapores e gases, sendo responsável pela emissão de MP, nicotina, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, COV, CO, acroleína, NO₂, entre outras. Apesar da proibição do fumo em ambientes internos, a ETS ainda é considerada o principal poluente de ambientes internos, devido a quantidade de pessoas expostas, pois além dos fumantes ativos, têm-se os passivos (SCHIRMER et al., 2011).

As exposições à fumaça do cigarro em indivíduos adultos causam: rinite, faringite, tosse, dor de cabeça, irritação dos olhos e constrição dos brônquios, em crianças podem desenvolver asma, infecções respiratórias, bronquite e até mesmo asma. Têm-se evidências que essa fumaça contém potencial carcinogênico, e a nicotina é a responsável por essa elevação (CARVALHO, 2016).

3.2.2 Poluentes de Origem Biológicas do Ar Interno e Suas Consequências à Saúde

Os principais poluentes biológicos são: bactérias, fungos, grãos de pólen, entre outros. Seu estudo no ar interno é dado por serem responsáveis por inúmeras doenças infecciosas e alérgicas provocadas por toxinas geradas pelos microrganismos que ficam nos sistemas de ventilação. A forma de combater os problemas causados por estes microrganismos é evitando ou controlando o crescimento destes em nível baixo, sendo possível através de medidas como: remoção de fontes de água que permitam o crescimento dos fungos, manutenção da umidade

relativa do ar menor, remoção de materiais orgânicos porosos claramente infectados, uso de filtros eficientes no sistema de tomada de ar externo e manutenção (BRITO et al., 2018).

Para Kenny et al. (1999), o contato com microrganismos aéreos ou outros bioaerossóis (fungos, bactérias, algas, vírus etc.). Podem resultar em uma sensibilização respiratória (asma ou aoveolite) e problemas toxicológicos no pulmão, como a febre de inalação ou síndrome da poeira orgânica tóxica. Debilitando progressivamente a saúde.

A inadequada qualidade do ar em ambientes internos ou externos reflete no sistema respiratório humano, por isso as doenças no sistema respiratório são aquelas de extrema relevância no estudo relacionados à qualidade do ar interno. Nos subitens abaixo serão descritos os principais microrganismos que são importantes para a saúde dentro contexto da qualidade do ar interno e seus efeitos nos seres humanos (SCHIRMER et al., 2011).

3.2.2.1 Vírus

Infecções virais respiratórias são as doenças comuns que afetam os indivíduos com incidência elevada, redução da qualidade de vida e de produtividade. As mais comuns são: gripe, resfriado, faringite, sinusite, bronquite e otite (CARVALHO, 2016).

O ser humano é a principal fonte de vírus no ambiente interno. A propagação do vírus se dá pelas correntes de ar, ressuspensão de material particulado ou em gotículas de aerossóis dispersadas pela saliva (LIMA DE PAULA, 2003).

3.2.2.2 Bactérias

É inumerável a quantidade de bactérias relacionadas aos sistemas centrais de condicionamento de ar e de pessoas no ambiente interno. Elas são principalmente classificadas em bactérias gram-negativas e bactérias gram-positivas (CARVALHO, 2016).

Segundo o levantamento realizado por Osimani et al. (2016), apontam que a contaminação do ar interior por bactérias é predominantemente representada por membros atribuídos aos gêneros *Aeromonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Kocuria*, *Nocardia*, *Pseudomonas* e *Staphylococcus*, enquanto que fungos mais comumente identificados pertencem aos gêneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Penicillium* e *Stachybotris*.

3.2.2.3 Fungos

Escolhidos pela resolução RE nº 09 da ANVISA (OSIMANI et al., 2016), são os indicadores biológicos da qualidade do ar. Especificando o valor máximo recomendado em 750 ufc/m³ (unidades formadoras de colônia por metro cúbico de ar) de fungos. A mesma resolução define uma relação I/E < 1,5, em que “I” é a quantidade de fungos no ambiente interior e “E” a quantidade de fungos do exterior. Não especificando se deve ser realizada contagem de todos ou somente dos fungos filamentosos. A maioria destes são aeróbicos, porém a maioria das leveduras é anaeróbica facultativa.

Para Burge (2004): “os fungos estão entre os poluentes mais importantes do ar interno e menos compreendidos”, sendo praticamente pertencentes aos ambientes urbanos.

As infecções causadas por fungos são chamadas de micose e normalmente são de longa duração, podendo ser: superficial, cutânea, subcutânea ou sistêmica. São consideradas micoses oportunistas aquelas que o causador é inofensivo em seu hábitat normal, tornando-se nocivo no hospedeiro que se encontra debilitado ou traumatizado (TORTORA et al., 2005).

3.2.3 Hipersensibilidade e Alergênicos Biológicos

Uma resposta demasiada do sistema imunológico a um elemento estranho ao organismo, uma hipersensibilidade imunológica impulsionado externamente e específico pode ser definida como alergia. O termo hipersensibilidade refere-se a uma resposta antigênica com intensidade àquela considerada normal, sendo sinônimo de alergia (BROOKS et al., 2004).

Existem três tipos de hipersensibilidade, a do tipo anafilático, considerado o principal no que se refere a qualidade do ar, incluindo condições alérgicas comuns e a asma. Ácaros, pólen, pelos e poeira são os mais importantes alergênicos presentes em ambientes internos, ressalta-se que os animais domésticos e as baratas constituem as principais fontes (JONES, 1999).

3.2.4 Odores

O odor que se sente perceptivelmente é causado pela presença de composto ou mistura de compostos odorantes no ar. Irritação psicológica e distração pode ser consequência de odores ambientais no local de trabalho e, em concentrações muito altas podem até causar náuseas,

dores de cabeça e alergias, é causa constante de incômodo nos ambientes internos (NASCIMENTO, 2011).

Odores são gerados basicamente através da existência de compostos orgânicos e inorgânicos voláteis no ar absorvidos pela mucosa olfativa do indivíduo e reconhecidos sensorialmente pelo cérebro humano (BELLI FILHO; LISBOA, 1998).

Em ambientes internos, os odores dificilmente são elevados ao ponto de fazer uso de olfatométrica de diluição dinâmica para medir a concentração (DUFFEE; O'BRIEN, 2004). Essas técnicas olfatométricas têm a capacidade de determinar a magnitude do impacto odorante, no que diz respeito a intensidade, o tipo e o quanto pode ser agressivo aos seres humanos e deveriam ser utilizadas para avaliar odores nos ambientes internos.

3.3 SÍNDROME DO EDIFÍCIO DOENTE (SED)

Nas últimas décadas, ocorreu um aumento das inquietações públicas no que tange os efeitos opostos do ar interior. Iniciando na década de 70, com reclamações advindas de ocupantes de edifícios residenciais, comerciais ou institucionais, que relatavam problemas de saúde, e associavam com a permanência nos edifícios que faziam uso (SCHIRMER et al., 2011).

A partir de então surgiu o termo Síndrome do Edifício Doente (SED) do inglês Sick Building Syndrome (SBS). Esta síndrome é tida como um problema de saúde pública pela Organização Mundial de Saúde (OMS), sendo caracterizada por situações de mal-estar laboral e/ou de problemas agudos de saúde, indicando ser causados pela permanência do indivíduo em alguns edifícios (SCHIRMER et al., 2011).

Schirmer et al. (2011) ainda diz que, a SED é uma circunstância que apresenta um conjunto inespecífico de sintomas, relacionados à qualidade do ar em edificações não-industriais. Afetando um percentual de indivíduos que ocupam os edifícios, durante o tempo que é necessário aos mesmos, e tendem a ter uma diminuição ou até desaparecimento desses sintomas quando deixam de ocupar o local.

A SED, no entanto, não é um diagnóstico, pois as causas das reclamações desses indivíduos ocupantes são advindas de múltiplos fatores e não acompanhadas de lesão orgânica, de tal modo a SED é diagnosticada por exclusão. Não é diagnosticada somente para um único indivíduo, mas sim para todos os ocupantes do edifício. Perdrix et al. (2005) mencionam alguns sintomas como os mais ligados à SED que são: rinite, congestionamento nasal, garganta seca,

lacrimejamento, irritação ou ressecamento ocular, irritação na pele, eritema, sonolência e cefaleia. O autor ainda cita, que mulheres apresentam uma susceptibilidade a esta síndrome.

Para Lima de Paula (2003), a SED pode ser causada e explicada por uma série de fatores: insuficiência na renovação do ar interior com o ar exterior, má distribuição do ar, controle deficiente de temperatura, projeto inadequado do sistema de ar condicionado, modificações inadequadas após construção e manutenção inadequada do sistema de climatização.

A OMS identificou dois tipos distintos de edifícios doentes:

- Edifícios temporariamente doentes: abrangem edifícios novos ou de remodelação recente, onde os sintomas desaparecem em torno de 6 meses.
- Edifícios permanentemente doentes: os sintomas persistem mesmo tomando medidas para sanar os problemas.

3.3.1 Sintomas e Fatores de Riscos da Síndrome dos Edifícios Doentes

Os sintomas da Síndrome do Edifício Doente ocorrem combinados ou de forma isolada, em algumas situações são difíceis de identificar e relacionar se faz parte dos sintomas da SED, parecendo com uma simples constipação, agravando, desaparecendo quando abandona o edifício. Para Burroughs (2008) há cinco grupos de sintomas que podem aparecer em pessoas que ocupam um edifício doente:

- Manifestação nasal: o mais frequente é a congestão nasal, aparece quando a pessoa entra no edifício e some quando sai do mesmo; a rinorreia é um outro sintoma.
- Manifestação ocular: irritação, sensação de ardor e olhos secos, não havendo sinais de inflamação.
- Manifestação orofaríngea: distúrbios na garganta e sistema respiratório, sensação de secura e irritação da garganta.
- Manifestação cutânea: pele seca e irritada, as mais frequentes queixas da SED, e dermatoses.
- Manifestação geral: dores de cabeça, fadiga generalizada, tonturas, dificuldade de concentração e mal-estar geral são os sintomas mais frequentes citados nos casos de edifícios doentes.

3.3.2 Diagnóstico

A SED não é o diagnóstico somente para um único indivíduo, mas para todos os ocupantes de um edifício considerado doente. É considerado um caso de SED quando 20 % ou mais indivíduos que ocupam a edificação, apresentem os mesmos sintomas e queixas, perdurando por mais de duas semanas. E o desaparecimento dos sintomas quando as pessoas que estão com a SED desocupam o edifício doente (SCHIRMER et al., 2011).

3.3.3 Fatores de Risco

Segundo Fernandes (2014), vários são os estudos que identificaram os principais fatores de risco da SED, que são:

3.3.3.1 Fatores físicos

- Ventilação: é um processo onde o ar fresco é introduzido e o ar interior contaminado com impurezas é retirado. Quando não é eficiente a ventilação há um aumento gradual de poluentes no ar, o que acarreta em problemas na qualidade do ar interior. Há vários estudos que apontam a ventilação inadequada como a causa mais importante da SED, assim é considerada a principal causa dos problemas da do ar interior (FERNANDES, 2014).
- Temperatura: O conforto térmico tem como definição a sensação subjetiva de satisfação com o ambiente térmico que o envolve. É determinada por vários fatores como: temperatura do ar, humidade relativa do ar, produção de calor pelo corpo humano, roupa, vento, nível de atividade etc. (FERNANDES, 2014).
- Umidade Relativa: para a Associação Portuguesa do Ambiente, a umidade relativa inferior a 25 % está associada ao aumento do desconforto e a sensação de mucosas e pele secas, que podem levar a formação de gretas e irritação. Quando os valores de umidade relativa estão baixos também aumentam a eletricidade estática, que causa desconforto e pode dificultar o uso de computadores e outros equipamentos, fotocopiadoras, entre outros. Níveis de umidade relativa elevados podem resultar na condensação da água e o crescimento de microrganismos patogénicos, como os fungos (FERNANDES, 2014).

- Iluminação: o excesso ou falta de iluminação, intensidade do brilho, o espectro cromático e a temperatura da cor podem provocar alterações como: afetar a qualidade da visão, proporcionando a ocorrência de acidentes, bem como desconforto visual, cansaço, depressão, perda de produtividade e desconforto geral (FERNANDES, 2014).
- Ruído: prejudicial para a saúde dos trabalhadores, o efeito mais conhecido da exposição ao ruído no trabalho é a perda de audição, além diminuir a coordenação e a concentração dos trabalhadores, prejudica o desempenho das tarefas, levando ao aumento da probabilidade de ocorrência de erros e até mesmo de acidentes (FERNANDES, 2014).

3.3.3.2 Fatores químicos

- Monóxido de Carbono: as fontes são: fogões, fornos, lareiras, aquecedores, fumo do tabaco e dos automóveis. Os efeitos causados são: fadiga, dor no peito, dores de cabeça, vertigens, náuseas, e quando em altas concentrações podem ser fatal (CARVALHO, 2016).
- Formaldeído: pode ser encontrado em produtos de madeira prensada, espuma de isolamento, fumo do tabaco, fontes de combustão, colas, tendo como efeitos irritação de olhos, nariz e garganta, náusea, dificuldade em respirar, fadiga, erupção cutânea e reações alérgicas (CARVALHO, 2016).
- Amianto: pode ser encontrado em Telhas e caixas de água de fibrocimento antigas, e também em alguns materiais acústicos e ladrilhos de piso. Pessoas expostas podem ter o risco de desenvolver doenças respiratórias e cancro do pulmão (CARVALHO, 2016).
- Dióxido de nitrogênio: tem como fontes: fogões, aquecedores, fumo do tabaco. O que pode causar irritação de olhos, nariz e garganta, infecções respiratórias e doenças pulmonares (CARVALHO, 2016).
- Pesticidas: encontrados em inseticidas e desinfetantes. Causando irritação de olhos, nariz e garganta, danos no sistema nervoso e renais (CARVALHO, 2016).
- Partículas respiráveis: são encontradas em lareiras e fornos a lenha. Tendo como efeitos nos seres humanos: irritação nos olhos, nariz e garganta, infecções respiratórias e cancro do pulmão (CARVALHO, 2016).

- Compostos orgânicos voláteis: podem ser encontrados em tintas e outros solventes, protetores de madeira, desinfetantes, sprays de aerossol, repelentes de traça. Tem os seguintes efeitos nos seres humanos: irritação nos olhos, nariz e garganta, náuseas, danos hepáticos, renais e no sistema nervoso (CARVALHO, 2016).

3.3.3.3 Fatores biológicos (bioaerossóis)

Os bioaerossóis são as partículas de origem biológica, que ficam suspensas no ar ambiente englobando vírus, bactérias, fungos e pólenes. Em relação aos fungos tem como importante constituinte os fungos Anemófilos; no que se refere às bactérias tem o Bacillus, Staphylococcus e Legionella Pneumophila, que podem causar sintomas respiratórios variados (TORTORA, 2005).

Os problemas mais corriqueiros são: irritação nos olhos, nariz e pele; reações alérgicas, como asma e rinite; infecções (pneumonias, tuberculose, doença do Legionário) e a reações tóxicas (TORTORA, 2005).

3.3.3.4 Idade do edifício

Os ocupantes de edifícios novos podem apresentar os sintomas compatíveis com a SED, por conta das altas concentrações de COVs e pequenas partículas proveniente dos materiais de construção e do mobiliário. Mas ao passar alguns meses, quando as concentrações diminuem, os sintomas desaparecem, caso não haja outros problemas relacionados a SED (FERNANDES, 2014).

Os edifícios antigos também podem originar a SED, por conta do envelhecimento dos equipamentos, à acumulação de poeira, umidade nas paredes e acumulação de contaminantes químicos e biológicos nos sistemas de refrigeração (CARVALHO, 2016).

3.3.3.5 Gênero

Vários estudos indicam que pessoas do sexo feminino são mais afetadas que as do sexo masculino (SANGUESSUGA, 2012).

3.3.4 Prevenção

O Healthy and Safety Executive (HSE), escreveu um guia sobre a SED, nele são abordadas algumas medidas com objetivo de criar um ambiente de trabalho propício, para não trazerem transtornos aos trabalhadores. Essas medidas estão divididas em três grupos: ambiente interno e construção, manutenção do edifício e fatores associados ao trabalho (SANGUESSUGA, 2012).

3.3.4.1 Ambiente interno e construção

3.3.4.1.1 *Qualidade do ar interior*

Controlar a poluição interior é de extrema importância, pois torna indispensável a utilização do máximo número de estratégias para tornar possível esse controle. Dizer a fonte poluidora seria a melhor solução, mas nem sempre é possível, contudo, faz-se necessário buscar outras soluções (SANGUESSUGA, 2012).

A ventilação é um dos fatores mais importantes no que se refere a essa questão. A OMS recomenda algumas medidas voltadas para a prevenção da SED, dando ênfase na ventilação do edifício, remoção de agentes poluentes e filtração do ar. Dessa forma, o edifício tem que possuir sistema de ventilação eficaz e com capacidade para oferecer um ar de qualidade, com quantidade suficiente para obter e manter um ambiente saudável e confortável. Com isso os edifícios precisam fornecer ar fresco; diluir e remover as impurezas e poluentes no ar (odores, fumo do tabaco e poeiras); criar e manter uma temperatura e umidade confortáveis; evitar a estagnação de correntes de ar e identificar o poluidor (SANGUESSUGA, 2012).

3.3.4.1.2 *Temperatura*

A falha no controle da temperatura nos edifícios não é uma única causa de SED. Mas sim as temperaturas excessivas e suas variações podem ajudar a aumentar a possibilidade de exposição a poluentes atmosféricos (SANGUESSUGA, 2012).

De acordo com a legislação que vigora atualmente as temperaturas dos locais de trabalho devem estar na faixa de 18 °C a 22 °C, com exceção de condições climáticas, que poderá chegar a 25 °C (FLORES, 2017).

3.3.4.1.3 *Umidade*

Assim, com a temperatura, a umidade sozinha não causa a SED. A umidade combinada com outros fatores acarreta certos problemas, tais como a alta umidade é responsável pelo incentivo do crescimento de bactérias nocivas e colônia de fungos, e a baixa umidade contribui para um ambiente empoeirado, além de ressecamento dos olhos, nariz, garganta e pele. Nos edifícios, o ideal é que a umidade permaneça entre a faixa de 40 % a 70 % (FLORES, 2017).

3.3.4.1.4 *Iluminação*

Em escritórios, é recomendado que a iluminação seja feita com luz natural, evitado o brilho, cintilação e ruído; o ambiente tem que ser projetado de forma que seja possível controlar a iluminação; os focos de iluminação devem estar sempre limpos; e quando a iluminação apresentar algum problema, tem que ser feita a substituição o mais rápido possível. O sistema de iluminação deve ser projetado de acordo com o tipo de trabalho (FLORES, 2017).

3.3.4.1.5 *Ruídos*

O ruído por si só, também não causa os sintomas de SED. A forma como o ruído acomete os trabalhadores depende de uma variedade de fatores, que incluem o volume; o tom de voz/som; e a previsibilidade. Alguns níveis de ruído podem contribuir com o aumento do nível de *stress*, principalmente quando o ocupante da edificação está cansado. Existem várias fontes de geração de ruído, tais como: movimentação da mobiliário; aberturas de saída de ar; tubos de água e os equipamentos de ar condicionado (FLORES, 2017).

3.3.5 *Manutenção*

A manutenção é a melhor solução para prevenção e redução dos sintomas da SED. É fundamental verificar se o esquema de manutenção abrange a estrutura do edifício, os serviços, os mobiliários e equipamento do ambiente (SANGUESSUGA, 2012).

É importante a definição de padrões de limpeza para áreas específicas, tais como: refrigeradores e umidificadores, sistemas de ventilação, incluindo grelhas e aberturas devem ser limpos a cada 6 (seis) meses; janelas e focos de iluminação devem ser limpos mensalmente; e superfícies internas, carpetes de escritório e mobiliário, incluindo mesas e cadeiras os quais

devem ser limpos diariamente. Quanto aos equipamentos do ambiente, precisam sempre seguir as instruções de limpeza de acordo com o fabricante. Os métodos e produtos usados na limpeza são indispensáveis e definidos nos padrões adotados para execução da limpeza (SANGUESSUGA, 2012).

No entanto, deve-se evitar produtos de limpeza que emitam odores muito forte, que danifiquem as superfícies e/ou levem poeiras, fibras e partículas biológicas no ar. Aspiradores equipados com filtros de alta eficiência são indicados para execução de uma boa limpeza sem causar danos para a qualidade do ar. Também são considerados os dias e horário para a execução da limpeza (SANGUESSUGA, 2012).

3.4 LEGISLAÇÕES APLICADAS A QUALIDADE DO AR DE INTERNO

A princípio havia apenas preocupação em relação a qualidade do ar exterior, após alguns questionamentos e reclamações, principalmente, com os altos índices de pessoas que foram e são acometidos com a SED, deu-se início as preocupações referentes à qualidade do ar interno. Em consequência a esses relatos e reclamações, surgiram leis e especificações sobre a qualidade desse ar, como resoluções, decretos, entre outros (CERQUEIRA; FILHO, 2017).

Nacionalmente e internacionalmente, as legislações não possuem critérios de regulamentações bem definidas, em muitos países não se tem padrões Nacionais mesmo havendo uma série de contaminantes abordados, alguns países ainda possuem diretrizes específicas para um único setor (NASCIMENTO, 2011).

A Organização Nacional de Saúde (OMS), em 1987, na Dinamarca, desenvolveu diretrizes, com a ajuda de vários cientistas sob orientações de proteger a saúde global do impacto de produtos químicos no ar interior. Infelizmente, essas diretrizes tratam acerca da qualidade do ar interno, a qual abrange apenas um conjunto de contaminantes químicos.

No Brasil a questão da poluição atmosférica começou a ser regulamentada com a Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989. Essa resolução criou o Programa Nacional de Controle do Ar (PRONAR), como instrumento de gestão ambiental com o fito de proteger a saúde e o bem-estar, melhorando a qualidade de vida da população, com a intenção de limitar o nível de emissão de poluente por fontes de poluição externa. A resolução CONAMA nº 3, de 1990, com o mesmo intuito estabeleceu padrões de qualidade do ar e suas concentrações para: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. Foi revogada e substituída pela resolução CONAMA nº 491/2018, que determina que o padrão de qualidade do ar é um dos instrumentos de gestão

da qualidade do ar, apontado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica.

A primeira medida em relação a QAI, no Brasil foi a Instituição da Sociedade Brasileira de Meio ambiente e Controles de Ar de Interiores – BRASINDOOR– objetivando promover com diferentes especialistas em QAI. Mas, a necessidade de combater a SED foi quando o ministro Sergio Motta faleceu em função de um fungo que se alojou no sistema de climatização (NASCIMENTO, 2011).

No mesmo ano, especificamente, no mês de agosto de 1998, a ANVISA publica a portaria 3523/GM que estabelece para todos os ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, obrigando elaborar e manter um plano de manutenção, operação e controle dos sistemas de condicionamento de ar, mas, infelizmente, faltou criar critérios de avaliação, por conta disso não foi tão eficaz.

O Ministério da Saúde publicou a Portaria 3.523/98, de 28 de agosto de 1998, estabelecendo a aprovação de Regulamento Técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual e do estado de limpeza, remoção de sujeiras por métodos físicos e manutenção da integridade e eficiência dos sistemas de climatização como um todo, para garantir a qualidade do ar de interiores e a prevenção dos riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados, o que representou um avanço nacional para minimizar as causas desse problema.

Em 2000 a ANVISA publicou a resolução nº 176, que continha parâmetros biológicos, químicos e físicos nos quais é possível avaliar a qualidade do ar interior, que foi reavaliada e renovada com a RE – nº 9 de 2003 (ANEXO A), usada atualmente, visa a fixação de limites máximos recomendáveis, incluindo os referentes à QAI.

No anexo da RE – nº 9, contém orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor, sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, que tiveram contribuições de instituições renomadas como: A Sociedade Brasileira de Meio Ambiente e de Qualidade do Ar de Interiores/BRASINDOOR, Laboratório Noel Nutels Instituto de Química da UFRJ, Ministério do Meio Ambiente, Faculdade de Medicina da USP, Organização Panamericana de Saúde/OPAS, Fundação Oswaldo Cruz/FIOCRUZ, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO/MTb, Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial/INMETRO, Associação Paulista de Estudos e Controle de Infecção

Hospitalar/APECIH , Serviço de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde/RJ, Instituto de Ciências Biomédicas - ICB/USP e Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

Seguindo esses parâmetros rigorosamente determinados pela RE – nº 09, a QAI vai ter uma grande melhora, o que trará conforto e segurança, no que diz respeito a saúde e bem-estar, pois a incidências de SED irão diminuir ou até mesmo desaparecer. A periodicidades dos procedimentos de limpeza e de manutenção são mostrados no Quadro 2.

Quadro 2 - Periodicidades dos procedimentos de limpeza e de manutenção

Componente	Periodicidade
Tomada de ar externo	Limpeza mensal ou quando descartável até sua obliteração (máximo 3 meses)
Unidades filtrantes	Limpeza mensal ou quando descartável até sua obliteração (máximo 3 meses)
Bandeja de condensado	Mensal
Serpentina de aquecimento	Desincrustarão semestral e limpeza trimestral
Serpentina de resfriamento	Desincrustarão semestral e limpeza trimestral
Umificador	Desincrustarão semestral e limpeza trimestral
Ventilador	Semestral
Plenum de mistura/casa de máquinas	Mensal

Fonte: RE – nº 9, 2003 (ANVISA), adaptado pela autora

A Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA) aborda as temáticas: a Eficiência Energética, Meio Ambiente, Sustentabilidade, Qualidade do Ar, Normalização, Capacitação, entre outros. Visando promover e incentivar de maneira confiável a criação correta de ambientes internos climatizados, sistemas e processos de refrigeração, aquecimento e ventilação através do uso responsável de tecnologias.

Em 2003, a ABRAVA publicou diretrizes de projetos, operações e manutenção para obtenção de ar interior de qualidade, que seja aceitável em locais de ventilação e condicionamento de ar para gerar conforto. Atualmente, a ABRAVA conta com 10 RENABRAVAS que são orientações sobre determinados assuntos técnicos, a última lançada no mês de abril de 2020. O Quadro 3 mostra as RENABRAVAS.

A Associação Brasileira de Norma Técnicas (ABNT) normatiza o monitoramento dos níveis de ruído em ambientes. A NBR 10151 é quem direciona a verificação de valores ambientais. A NBR 10152, fala sobre os limites para cada tipo de ambiente, e no que se refere a bibliotecas, estipula como faixa recomendável os valores de 35 a 45 dB.

A NBR 5382, informa os procedimentos de verificação de ventilação e iluminação em interiores e a NBR 5413 estipula valores, sendo o valor médio para bibliotecas de 300 LUX e para sala de leitura 500 LUX.

Quadro 3 – Recomendações publicadas pela ABRAVA

RENABRAVAS	
RENABRAVA 01	Execução de serviços de limpeza e higienização de sistemas de distribuição de ar
RENABRAVA 02	Qualidade do ar interior em sistemas de condicionamento de ar e ventilação para conforto
RENABRAVA 03	Sistemas de condicionamento de ar para conforto térmico
RENABRAVA 04	Proteção contra congelamento de coletores solares térmicos
RENABRAVA 05	Guia para uso e aplicação dos fluidos frigoríficos
RENABRAVA 06	Guia para inspeção de sistemas de ar-condicionado
RENABRAVA 07	Cartilha de orientação sobre manutenção de sistemas de climatização – PMOC
RENABRAVA 08	Uso de produtos químicos em sistemas de avac-r
RENABRAVA 09	Renovação de Ar em Sistemas de AVAC-R para reduzir o Risco de Contaminação de Pessoas com o Vírus SARS- CoV-2
RENABRAVA 10	Plano de Tratamento Químico visando longas paradas e retomadas em Sistemas AVAC-R

Fonte: ABRAVA (2020), adaptado pela autora

A NBR 16401 (3 partes), que foi vigorada em 2008 e revisada em 2018, porém ainda não publicada, não se restringiu ao uso de outras tecnologias, mas que sejam comprovadas eficientes e seguras e, que mantenham uma qualidade do ar interior.

Todos os lugares com ar-condicionado instalados, devem seguir um padrão de qualidade que é definido pela norma técnica da ABNT (NBR 16401). Tal norma é aplicada para instalação de sistemas de condicionamento de ar, centrais ou unitários. Devendo ser aplicada à instalação de sistemas novos ou reformas de sistemas existentes sem retroatividade, ou seja, os aparelhos possuem um sistema de ar condicionado antigo e que ainda está funcionando, não é necessário adequar-se à norma. Divide-se em três partes: Projeto das instalações, Parâmetros de Conforto Térmico e Qualidade do ar interior.

A NBR 16401 – 1, é o projeto das instalações, o qual define e especifica todas as etapas da instalação do ar-condicionado, desde o cálculo de potência necessária até a finalização da instalação e a NBR 16401 – 2 define todos os parâmetros para que o ambiente climatizado possua uma sensação térmica de satisfação, de pelo menos 80 % dos usuários do sistema. A Qualidade do ar interior é a norma NBR 16401-3 que contém toda a especificação de instalação do sistema, define a satisfação do uso do mesmo, e também define que o sistema deve propiciar um ar interno com qualidade, com níveis mínimos de filtragem e renovação do ar.

A *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers* (ASHRAE) possui normas contendo valores recomendados dando diretrizes para o dimensionamento, operações e manutenção dos sistemas de ventilação. Esses valores se encontram na norma ASHRAE 62, com o título *Ventilation for Acceptable Indoor Air quality*.

O Padrão ASHRAE 62 foi publicado pela primeira vez em 1973, o Padrão 62.1 especifica as taxas mínimas de ventilação e outras medidas para edifícios novos e existentes

que visam fornecer a qualidade do ar interno aceitável para os ocupantes humanos e que minimiza os efeitos adversos à saúde. As ocupações residenciais são movidas da Norma 62.1 para a Norma 62.2 incluindo aquecedores de ambiente não ventilados como uma fonte potencial de contaminantes e expandindo "moradias cobertas" para incluir todas as unidades habitacionais multifamiliares. Ela define os papéis e requisitos mínimos dos sistemas de ventilação mecânica e natural e a envolvente do edifício destinada a fornecer uma qualidade de ar interior aceitável em edifícios residenciais baixos.

No Brasil é a RN 02 da ABRAVA que usa como referência a ASHRAE 62 indicando os valores que devem ser adotados tanto para a taxa de ocupação quanto para a de ventilação.

O Plano de Manutenção Operação e Controle (PMOC) se trata de um conjunto de medidas legais estipuladas para monitorar, adequar e assegurar os padrões de qualidade do ar em ambientes climatizados de uso coletivo. Encontra-se de acordo com os parâmetros normativos e de qualidade regulamentados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A NR-15 e seus anexos XI abordam os agentes químicos, cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho, e o XII que fala das atividades e operações insalubres que é fundamentada legalmente, e traz embasamento jurídico dos artigos 189 e 192 da CLT. Aborda atividades, operações e agentes insalubres, incluindo seus limites de tolerância, definindo situações vivenciadas em ambientes de trabalho, mostra a caracterização a insalubridade e aos meios de proteção de exposições maléficas à saúde.

A NR - 9 estabelece obrigatoriamente a elaboração e a implementação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) visando preservar a saúde e a integridade dos trabalhadores considerando como riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos que possam existir nos ambientes de trabalho. E que, em função da natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, podem causar danos à saúde dos trabalhadores.

A NHO 08 trata da coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho, padroniza a coleta de material particulado sólido em filtros de membrana, objetivando obter amostras representativas das partículas suspensas nestes ambientes. Se aplica à coleta de partículas de origem mineral, metálica, vegetal e animal, de negro de fumo e de partículas insolúveis.

O National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) também se preocupa com a segurança e a saúde do trabalhador, faz pesquisas sobre controle e prevenção de riscos à saúde e à segurança no local de trabalho, bem como para prevenir as doenças respiratórias

relacionadas ao trabalho, as quais são causadas por agentes ocupacionais perigosos e também para melhorar a saúde respiratória dos trabalhadores.

No estado do Pará o governador Almir Gabriel, em 9 de maio de 1995, e republicada conforme a Lei Complementar nº 033, de 4 de novembro de 1997, com as alterações introduzidas pelas Leis nº 6.671, de 27 de julho de 2004, e nº 6.745, de 6 de maio de 2005. A Lei Estadual nº 5.887 que dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências, não aborda a QAI apenas fala sobre poluições exteriores (ARAÚJO, 2012).

Ainda sobre o Estado do Pará a Plano de Controle da Poluição por Veículos em Uso – PCPV, determinada pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº418 que dispõe sobre critérios para a elaboração desse tipo de Plano e, quando necessário à implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente.

Em 2011, a Portaria Nº 969/2011, criou um Grupo de Trabalho com representantes da SEMAS-PA e DETRAN- PA, que são responsáveis pela elaboração de um novo Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV), em consonância às exigências constantes na Resolução CONAMA Nº418/2009, visando a substituição do PCPV publicado em 2010. No ano de 2016, em 22 de março, foi publicada a Portaria Nº 527 que constituiu o Grupo de Trabalho para análise e revisão do Plano de Inspeção Veicular - PCPV do Estado do Pará finalizado em 2011, considerando a necessidade de readequação e de atualização.

Quando o PCPV indica o Programa I/M, esclarece de forma clara e objetiva as características conceituais e operacionais do Programa como, a sua forma de integração com programas de inspeção de segurança veicular e outros similares. Os veículos automotores são fontes reconhecidas de poluição do ar e de ruído, gerando impacto significativo na deterioração ambiental e na qualidade de vida da população, principalmente, nos centros urbanos mais desenvolvidos do Estado do Pará.

No Estado do Pará, as legislações locais são apenas voltadas para o meio ambiente externo, além de as citadas tem a lei nº 6.986 de 2007 que fala sobre indenizações a danos ao meio ambiente. Lei nº 8.157 de 2015 que declara e reconhece o Instituto Nacional de Defesa Ecologia e Vigilância Ambiental, localizada no município de Marabá. No município de Belém, há inúmeras leis e emendas que abordam o meio ambiente, como: lei nº 004, resolução nº 001/2007, IN 001/2008, resolução 007/2012 e muitas outras, todavia estas não abordam a QAI (ARAÚJO, 2012).

3.5 SISTEMA DE FILTRAÇÃO

Os filtros são responsáveis pela remoção de poluentes tais como: poeira, fumaça, entre outros. O filtro de ar-condicionado é um dos itens de extrema importância do aparelho e também um dos itens que mais precisa de atenção especial (TROX-TECHNIK, 2019).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), possui exigências que devem ser respeitadas pelos fabricantes no que se refere à filtragem do ar.

Sobre o sistema de ar-condicionado segundo a norma NBR 16401 – 3 diz que:

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

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

Os sistemas para filtragem do ar funcionam tanto filtrando quanto removendo as partículas de ar e retirando os poluentes nocivos, como, por exemplo, as poeiras que são responsáveis por dar reação alérgica às pessoas. Todo sistema de filtração deve barrar as impurezas, microrganismos e outros agentes que podem causar doenças, objetivando de evitar ou minimizar a proliferação e/ou contaminação de ambientes internos (TROX-TECHNIK, 2019).

3.5.1 Fontes de Contaminação

Nos dutos de ar-condicionado existe uma grande probabilidade de encontrar colônias de organismos aéreos, que podem causar danos à saúde do indivíduo frequentador do local que está sendo climatizado com este aparelho de refrigeração contaminado (SANGUESSUGA, 2012).

As fontes de contaminação podem vir do meio externo e/ou do próprio meio interno. Os agentes poluidores externos podem ser: fumaça, poeiras, substâncias de combustão de motores etc. A fonte interna comumente são provenientes das mobílias, materiais de construção, ferramenta e até mesmo do próprio indivíduo. Para reter a contaminação aérea, interna e externa, são utilizados os sistemas de filtragem de ar (FERNANDES, 2014).

3.5.2 Mecanismos de Filtração

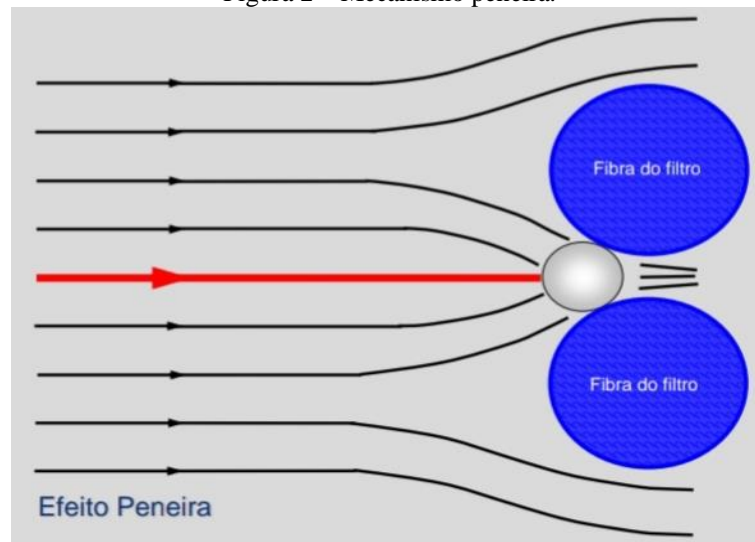
Os sistemas de filtragem, para ambientes internos de uma edificação, são conjuntos de equipamentos que vão desde a entrada do ar até a saída do mesmo, que passam por ventiladores, caixas, dutos, diversos tipos de filtros, e sistemas de refrigeração ou aquecimento, gerando uma maior qualidade do ar no seu destino final (SANGUESSUGA, 2012).

Existem vários mecanismos de filtração, com diversos métodos para retenção de partículas. Cada método de retenção leva em consideração o tamanho das partículas, tais como: peneira, inercial, interceptação e difusão (TROX-TECHNIK, 2019).

Conforme dados fornecidos pelos catálogos da fabricante Trox, tem-se:

- **Mecanismo Peneira:** são caracterizados por fibras e malhas de tela metal possuindo aberturas menores, onde captura e impede a passagem de partículas, conforme se observa na Figura 2.

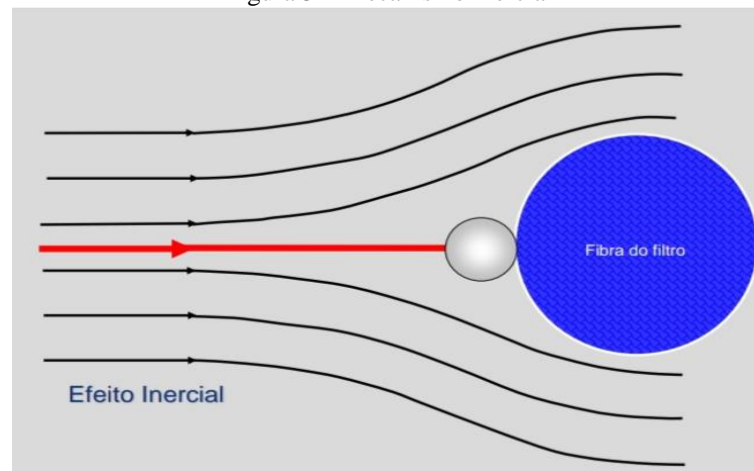
Figura 2 – Mecanismo peneira.



Fonte: Abrava, 2019

- **Mecanismo Inercial:** são caracterizados por filtrar partículas maiores e com maior massa, rotacionando com menos frequência por conta de sua inércia, movimentam-se em fluxo contínuo linear independente do fluxo de ar ser variável, aderindo às fibras dos filtros, conforme apontado na Figura 3.

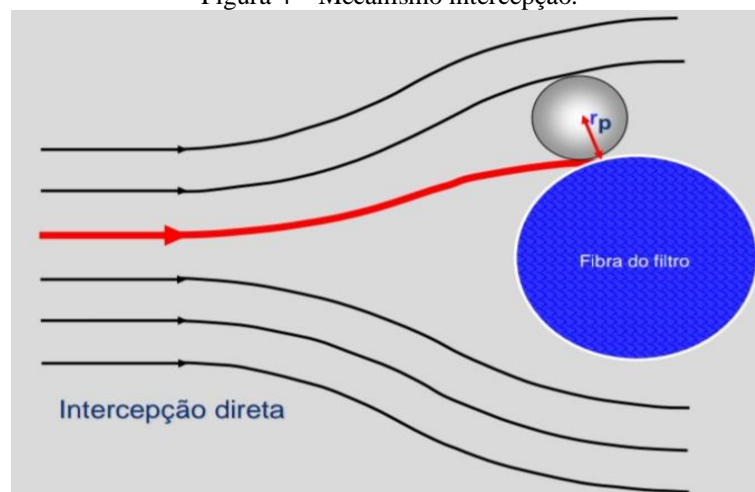
Figura 3 – Mecanismo inercial



Fonte: Abrava, 2019

- Mecanismo de Intercepção: caracterizado pela semelhança com o mecanismo inercial, pois a partícula interceptada tem dimensões menores e não apresenta uma inércia que a conduza no ar de forma linear contínua. Sendo assim, as partículas acompanham o fluxo de ar e entram em contato com as fibras dos filtros onde ficam retidas. O que diferencia do mecanismo inercial é que a partícula deve estar distante de uma fibra o equivalente ao seu próprio raio para aderência, conforme a Figura 4.

Figura 4 – Mecanismo intercepção.

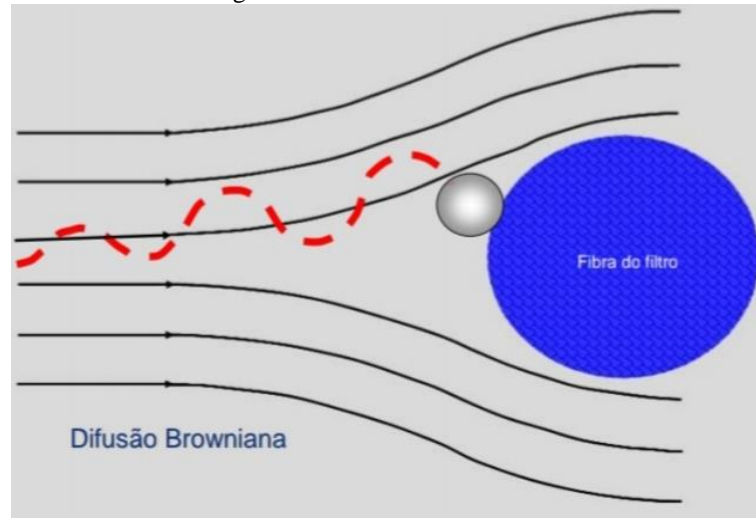


Fonte: Abrava, 2019

- Mecanismo de Difusão: caracteriza-se por se apropriar da colisão entre as partículas e as moléculas de ar, causando, assim, o deslocamento de forma difusa ou em movimento Browniano. Esta movimentação aleatória acaba criando

maiores possibilidades de as partículas entrarem em contato com as fibras dos filtros, como se nota na Figura 5.

Figura 5 – Mecanismo de difusão



Fonte: Abrava, 2019

3.5.3 Tipos de Filtros

A NBR 16401-3, define uma classificação para os filtros de ar-condicionado, baseando-se na capacidade de absorção do filtro, separando entre os mais grossos e os mais finos. Sendo a classificação definida pela porcentagem de Eficiência Gravimétrica (E_g) e pela porcentagem de Eficiência de Partículas (E_f), conforme apontado na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação da NBR 16401-3 de filtros de partículas

Tipo de Filtros	Classe	Eficiência gravimétrica média E_g %	Eficiência média para partículas de 0,4 μm E_f %
Grossos	G1	$50 \leq E_g < 65$	---
	G2	$65 \leq E_g < 80$	---
	G3	$80 \leq E_g < 90$	---
	G4	$90 \leq E_g$	---
Finos	F5	---	$40 \leq E_f < 60$
	F6	---	$60 \leq E_f < 80$
	F7	---	$80 \leq E_f < 90$
	F8	---	$90 \leq E_f < 95$
	F9	---	$95 \leq E_f$

Fonte: Adaptado da NBR 16401-3, 2020

A NBR 16101, trata dos filtros para partículas em suspensão no ar - Determinação da eficiência para filtros grossos, médios e finos, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação da NBR 16101 de filtros para partículas em suspensão no ar

Filtros Grossos e Finos			
Grupo de Filtros	Classe de Filtragem	ASHRAE 52.1	
		Eficiência gravimétrica média <i>Eg</i> %	Eficiência média para partículas de 0,4 µm <i>Ef</i> %
Grossos	G1	$50 \leq E_g < 65$	---
	G2	$65 \leq E_g < 80$	---
	G3	$80 \leq E_g < 90$	---
	G4	$90 \leq E_g$	---
Médio	M5	---	$40 \leq E_f < 60$
	M6	---	$60 \leq E_f < 80$
Finos	F7	---	$80 \leq E_f < 90$
	F8	---	$90 \leq E_f < 95$
	F9	---	$95 \leq E_f$

Fonte: Adaptado da NBR 16101, 2020

De acordo com a ASHRAE e a EN 1899:2009, os principais e mais comuns tipos de filtros de ar-condicionado, também são classificados pelo seu nível de filtragem:

- Grossos – G0, G1, G2, G3 e G4;
- Médios – M5 e M6;
- Finos – F7, F8 e F9;
- EPA – E10, E11 e E12;
- HEPA – H13 e H14;
- ULPA – U15, U16 e U17.

Conforme a norma europeia EN 1899:2009, são chamados de filtros absolutos os filtros com maiores eficiências, como pode-se observar na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação de filtros da EN 1899:2009 para filtros absolutos

FILTROS ABSOLUTOS					
Grupo de Filtros	Classe de Filtragem	Eficiência para partículas 0,3 µm			
		Valor Integral		Valor Local	
		Eficiência %	Penetração %	Eficiência %	Penetração %
HEPA	E10	85 %	15	-	-
	E11	95 %	5	-	-
	E12	99,5 %	0,5	-	-
	H13	99,95 %	0,05	99,75	0,25
	H14	99,995 %	0,005	99,975	0,025
Eficiência para partículas 0,12 µm					
ULPA	U15	99,9995 %	0,0005	99,9975	0,0025
	U16	99,99995 %	0,00005	99,99975	0,00025
	U17	99,999995 %	0,000005	99,9999	0,0001

Fonte: Adaptado da EN 1899:2009, 2020

A Norma EN 779 está em processo de substituição pela ISO 16.890, que trata do procedimento de testes de eficiência em filtros. De acordo com a ISO 16.890, a classificação dos filtros mostrada na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação da ISO 16.890 de filtros

Filtros Grossos e Finos			
Nomenclatura	Descrição	Eficiência %	Exemplo de partículas
ISO Coarse	Filtro grosso com eficiência inferior a 50 % para material particulado PM ₁₀	ePM ₁₀ < 50	Areia, cabelo
ISO e PM ₁₀	Fração do material particulado na faixa entre 0,3 até 10 micrometros	50 ≤ ePM ₁₀	Pólen, Poeira
ISO e PM _{2,5}	Fração do material particulado na faixa entre 0,3 até 2.5 micrometros	50 ≤ ePM _{2,5 min}	Bactérias, esporos de fungos
ISO e PM _{1,0}	Fração do material particulado na faixa entre 0,3 até 1.0 micrometro	50 ≤ ePM _{1,0 min}	Vírus, nanopartículas, gases de exaustão

Fonte: Adaptado da ISO 16.890, 2020

As nomenclaturas adotadas pela ISO 16890 são similares as da Organização Mundial da Saúde que denomina de material particulado (PM).

As características mais importantes que diferenciam os filtros de ar-condicionado classificados pela ASHRAE e a EN 1899:2009, são:

- De G0 a G4 – Perda de pressão final de até 250 Pa, sua arretância varia entre 50 % e 90 % e geralmente é feito com caixilho duro de papel cartonado, filtro de poliéster e tela de metal fixa.
- M5 e M6 – Perda de pressão final de até 450 Pa, sua eficiência média para partículas de 0,4 µm varia entre 60 % e 80 % e geralmente é feito com caixilho duro de papel cartonado e filtro de manta ou poliéster plissado.
- De F7 a F9 – Perda de pressão final de até 450 Pa, sua eficiência média para partículas de 0,4 µm varia entre 80 % e 95 % e geralmente é feito com caixilho duro de metal, geralmente em aço galvanizado, inox ou alumínio, com filtro de microfibras de vidro plissado.
- Já os filtros ULPA, EPA e HEPA possuem como principal atributo seu alto nível de eficiência, que pode chegar a quase 100 %. São conhecidos como os filtros absolutos por não oferecerem quase nenhuma penetração para partículas.

Os tipos mais comuns de filtro no Brasil são:

- Malha de nylon - é o mais comum e utilizado na maioria dos aparelhos de ar-condicionado tipo *split* e do modelo de ar-condicionado tipo janela (mais modernos). Esse tipo de filtro é básico e mesmo quando o aparelho utiliza outros sistemas de filtragem, ele está presente para complementar a proteção.
- Malha de metal (aço ou alumínio) - utilizado nos modelos de ar-condicionado tipo janela (mais antigos). As impurezas ficam retidas nas “lâminas” de metal.
- Hepa e Carvão Ativo – utilizados nos aparelhos de ar-condicionado tipo *split hi-wall*, variando conforme o modelo e marca. Os filtros Hepa são considerados os mais eficientes. A eficiência mínima bate na casa dos 99,97 %, para partículas de 0,3 micron. Os filtros de Carvão Ativado podem absorver odores contaminantes, como o de cigarro, gordura ou até mesmo os cheiros do corpo contidos em um ambiente.

3.6 INSALUBRIDADE

A insalubridade está presente em atividades que expõem o trabalhador a riscos ambientais, os quais podem prejudicar o seu bem-estar e a sua integridade física. Para a garantia da segurança do empregado foi criado o artigo 189 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), que oferece suporte para manter e proteger a integridade do trabalhador.

O artigo 189 da CLT relata que são consideradas atividades ou operações insalubres aquelas, que por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos.

É considerada atividade insalubre as atividades que expõem os trabalhadores ao nível de tolerância acima do permitido pela norma que o regulamenta. A NR-15 é quem trata de toda e qualquer atividade que ultrapasse os limites de tolerância e passe a ser prejudicial à saúde do empregado.

As condições em que a insalubridade está presente é mostrada pela NR -15, como: em locais onde o ruído é constante, exposição ao calor e radiação ionizantes. Assim, as condições insalubres são caracterizadas pela atuação dos agentes químicos, físicos e biológicos, existentes no próprio ambiente de trabalho.

De acordo com a NR-15, o grau de insalubridade possui três graus: máximo, médio e mínimo, é a partir da constatação do grau de insalubridade da atividade que é possível o cálculo para o pagamento do adicional.

Notando o artigo 192 da CLT tem-se:

O exercício de trabalho em condições insalubres, acima dos limites de tolerância estabelecidos pelo Ministério do Trabalho, assegura a percepção de adicional respectivamente de 40 % (quarenta por cento), 20 % (vinte por cento) e 10 % (dez por cento) do salário mínimo da região, segundo se classifiquem nos graus máximo, médio e mínimo.

Tomando como foco as bibliotecas, no ano de 2015 criaram um projeto de Lei nº 1.511/15 do deputado Uldurico Junior, acrescentando o inciso IX ao art. 200 do Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, com o propósito de atribuir medida especial de proteção ao trabalho realizado em arquivos, bibliotecas, museus e centros de documentação e memória, que ainda tramita pela Câmara Federal.

Atualmente, o Governo Federal não concede o adicional de insalubridade para os servidores que desenvolvem suas atividades em Bibliotecas, pois, baseia-se na Orientação Normativa nº 06 do MPOG, de 18 de março de 2013, em que no Art. 12º Item I, apresenta:

Art. 12º. Em se tratando de concessão de adicional de insalubridade em decorrência de exposição permanente ou habitual a agentes biológicos, serão observadas as atividades e as condições estabelecidas no Anexo desta ON.

Parágrafo único. Além do disposto no art. 11, não caracterizam situação para pagamento do adicional de que trata o caput:

I - O contato com fungos, ácaros, bactérias e outros microrganismos presentes em documentos, livros, processos e similares, carpetes, cortinas e similares, sistemas de condicionamento de ar ou em instalações sanitárias.

Embora tenha sido observado empiricamente que os trabalhadores que realizam suas atividades em bibliotecas são frequentemente acometidos por problemas de saúde relacionados ao ambiente de trabalho, ainda não existem estudos que comprovem o que a prática evidencia. Estudar o tema e divulgar os resultados dará visibilidade às questões de saúde desses trabalhadores e ambientes (NASCIMENTO et al., 2016).

3.7 QUALIDADE DO AR EM BIBLIOTECAS

Em 1849 foi descoberta por Layard, a biblioteca cuneiforme, em Ninive, pertencente ao rei Assírio Assurbanipal, em que os livros eram placas de argila. Antes da biblioteca de

Alexandria a mais importante foi a de Aristóteles, elaborada pelo imperador Alexandre. O objetivo de Alexandre em criar bibliotecas era para compreender melhor os povos conquistados, pois era necessário reunir e traduzir seus livros. No Brasil, a primeira biblioteca pública foi fundada por Dom João VI, é a atual Biblioteca Nacional (YANG, 2017).

A partir de então, a incumbência das bibliotecas era de armazenar, preservar acervos e coleções literárias. Para Nascimento (2016) a preservação é definida como um conjunto de medidas e estratégias administrativas, políticas e operacionais que contribuem para a proteção do patrimônio.

Quando um papel se degrada, conta com a decomposição do papel como: tipo de fibra, tipo de encolagem, resíduos químicos não eliminados, partículas metálicas, todos os componentes que fazem parte do papel, além de agentes biológicos e físicos, como radiação ultravioleta, temperatura e umidade relativa, poluição, microrganismos, insetos, roedores, pessoas etc (CARVALHO, 2016).

Para quem gerencia as bibliotecas, a grande preocupação é o controle da temperatura e da umidade, pois são os fatores primários que controlam as deteriorações das coletâneas. Para uma boa conservação do papel, a temperatura deve ser mantida em 18 °C e 22 °C e a umidade relativa entre 45 % e 55 %. O ar-condicionado deve estar ligado sem interrupção, para evitar oscilações. Os níveis de temperatura não devem ser modificados, nem à noite, nem fins de semanas e nem em qualquer outra situação em que as bibliotecas estejam fechadas. E, se a umidade relativa ultrapassar os padrões adequados, deverão ser usados aparelhos desumidificadores de ar (NASCIMENTO, 2016).

O gerenciamento de bibliotecas, geralmente, tem objetivo apenas de conservação das coletâneas, sendo um ambiente propício para a preservação dos acervos bibliográficos, mas pode não ser adequado para a permanência de pessoas, pois precisa ser verificado o conforto ambiental e a qualidade do ar interno (YANG, 2017).

As bibliotecas têm predisposição a apresentar problemas com a qualidade do ar quando não há um controle sobre a refrigeração e a umidade, além de, às vezes, faltar manutenção preventiva dos aparelhos de ar-condicionado, o que os torna disseminadores de microrganismos e outros poluentes (NASCIMENTO, 2016). O Quadro 4 mostra o resumo de alguns trabalhos relevantes sobre a QAI em bibliotecas e ambientes escolares no mundo, publicados até o ano de 2019, período antes da pandemia COVID-19.

Quadro 4 – Resumo de trabalhos relevantes sobre QAI em bibliotecas e ambientes escolares publicados até o ano de 2019, antes da pandemia da COVID-19.

Ano	Publicação	País
2004	Indoor Air Quality Handbook. (Spengler et al.)	Estados Unidos
2007	Indoor Air Quality of Libraries in São Paulo, Brazil. (Ito & Aguiar)	Brasil
2011	Airborne and dust borne microorganisms in selected Polish libraries and archives. (Karbowska-Berent et al.)	Polônia
2011	Avaliação da Qualidade do Ar em Ambientes Internos: Biblioteca Pública. (Guilherme C. do Nascimento)	Brasil
2012	Síndrome dos Edifícios Doentes Estudo da qualidade do ar interior e despiste da eventual existência de SED entre a população do edifício “E” de um estabelecimento de ensino superior. (Marta S. G. Sanguessunga)	Portugal
2013	Indoor Aldehydes Concentration and Emission Rate of Formaldehyde in Libraries and Private Reading Rooms. (Kim et al.)	China
2014	Avaliação Microbiológica da Qualidade do Ar no Interior da Biblioteca Central do Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora. (Henrique P. Fernandes)	Brasil
2014	Airborne Particulate Matter in School Classrooms of Northern Italy. (Rovelli et al.)	Itália
2015	Measurement and Evaluation to the Library Reading Room Pollutants. (Li et al.)	China
2016	Measurement of volatile organic compounds (VOCs) in libraries and archives in Florence (Italy). (Cincinelli et al.)	Itália
2016	Avaliação da Qualidade de Ar Interior em Ambientes Acadêmicos: um estudo de caso. (Márcio H. A. de Carvalho)	Brasil
2016	Indoor Environmental Quality in a Public Library in São Carlos, SP, Brazil. (Nascimento et al.)	Brasil
2017	Outdoor Fine Particulate Matter Impact on Air Quality in the University Libraries Reading Room in Winter of North China. (Li et al.)	China
2017	Indoor Air Pollution and Preventions in College Libraries. (Zengzhang Yang)	China
2018	Online Questionnaire as a Tool to Assess Symptoms and Perceived Indoor Air Quality in a School Environment. (Järvi et al.)	Finlândia
2018	Indoor Air Quality Investigation of a University Library Based on Field Measurement and Questionnaire Survey. (Yanpeng et al.)	China
2019	Indoor Air Quality Assessment at the Library of the National Observatory of Athens, Greece. (Drougka et al)	Grécia

Fonte: Autora, 2020

Para Karbowska-Berent et al. (2011), dizem que livros e outros materiais de arquivo são ricos reservatórios de nutrientes, principalmente celulose que é o principal componente do papel e proteínas que estão presentes nas colas e adesivos usados na manufatura do produto. Esses tipos de nutrientes provocam um aumento de grupos de microrganismos, dentre eles os fungos que possuem propriedades celulolítica, proteolítica e lipolítica. As bibliotecas se encontram em destaque, no que diz respeito ao ambiente favorável para o desenvolvimento da Síndrome do Edifício Doente (SED), visto que em seu interior possuem prováveis fontes originárias de poluição e seus poluentes, que são:

- Material de limpeza (amônia, cloro, solvente);
- Limpeza (partículas);
- Mobiliário (formaldeído, COVs, solventes, mofos, ácaros);
- Ressuspensão (partículas);

- Impressoras (ozônio, COVs);
- Jornais, revistas, livros, tintas (partículas, fungos, ácaros e bactérias);
- Roupas (formaldeídos, COVs e ácaros);
- Carpete, tapetes e cortinas (partículas e fungos);
- Fotocopiadoras (ozônio, amônia, COVs, partículas e formaldeído);
- Umidade (microrganismo);
- Escamações da pele (ácaros e partículas);
- Metabolismo humano (CO₂);
- Sistema de ar-condicionado (partículas, ácaros e mofos);
- Vasos de plantas (fungos e bactérias);
- Poluentes de origem externa (subprodutos de veículos, indústrias, vegetação etc).

Esses poluentes acarretam uma série de problemas até mesmo a SED, podendo afetar com mais intensidade funcionários que são obrigados a ficar mais tempo no ambiente.

Em 2017, Yang realizou uma pesquisa na Biblioteca da Universidade Feminina de *Shandong* (China) na qual objetivou a construção de uma biblioteca verde e de baixo índice de carbono, e detectou que os fatores de influência na poluição do ar interno de bibliotecas universitárias são: a grande intensidade de alunos e funcionários, materiais de decoração do edifício e mobiliário interior, COVs e poeiras de livros, bactérias advindas dos livros empilhados e poluição por radiação eletromagnética.

Ainda segundo Yang (2017), a biblioteca é o lugar onde os estudantes universitários ficam por longos períodos, e a qualidade do ar da biblioteca afetará diretamente a saúde de professores e alunos. Sugere-se que após as instalações do mobiliário da biblioteca não se tenha pressa para utilização e que seja feita por uns dias a troca de ventilação no local para liberar totalmente o gás poluente contido nos materiais. Após a liberação para uso, deve-se manter a ventilação com mais janelas abertas.

Há várias pesquisas relacionadas a qualidade do ar em bibliotecas, tais como, Yanpeng et al. (2017) que fizeram um estudo de campo e levantamento de questionários sobre a qualidade do ar interno (QAI) em 9 salas da biblioteca da Universidade de Ciência e Tecnologia de Pequim, em abril de 2016, as salas da biblioteca não possuem sistemas de ar-condicionado centralizado, e a ventilação depende de infiltração de ar nos meses mais frios e de ventilação natural no verão. Para descobrir a situação real da QAI na biblioteca da universidade foi

utilizada uma equação, que calcula a taxa de infiltração de ar nos ambientes, que justificou a escolha das medições serem feitas no mês de abril. Este seria o período em que as salas estariam sem aquecimento, sem infiltração de ar e fechadas. O padrão chinês para especificações técnicas para monitoramento QAI (JGJ.T 167-2004) foi usado para decisão dos pontos de amostragens e todos equipamentos foram devidamente calibrados para maior precisão dos resultados. A melhoria do plano com o tema "ventilação rápida e purificação" foi determinada com base em uma equação de balanço de massa. As análises de correlação entre os dados obtidos da qualidade do ar interna e das concentrações de poluentes foram feitas pelo *software* denominado "*Teoria do Sistema Cinza*". Considerando que para obtenção de ar fresco e a funcionalidade dos usos do espaço deve ser adotado o projeto do sistema de ventilação ou de ar-condicionado central.

O pesquisador Carvalho (2016) fez um estudo sobre QAI, com ênfase no CO₂, na biblioteca da Faculdade de Engenharia Civil em Bratislava, onde consideraram a frequência de pessoas no local como a principal fonte de poluição. A ventilação na sala é feita por infiltração natural e/ou manualmente, abrindo as janelas. As medições foram realizadas no período de 2 a 18 de dezembro de 2014 (inverno). A biblioteca foi densamente ocupada devido ao final do semestre letivo, e mesmo com as janelas abertas a concentração de CO₂ durante o dia atingiu o pico em mais de 2000 ppm. Foram colocados 5 medidores na biblioteca e 1 medidor na área externa. O cálculo da taxa de variação do ar, baseou-se na metodologia descrita na norma ASTM E741. Considera-se que a solução para esse problema seja abrir as janelas, quando estiver em baixa ocupação, e a instalação de ventilação mecânica para conseguir uma qualidade de ar interior suficiente na alta ocupação.

No Brasil, Nascimento et al. (2016) fizeram um estudo na Biblioteca Municipal de São Carlos - SP, foram medidos parâmetros (temperatura, umidade relativa, ruído, dióxido de carbono e material particulado (PM₁₀), entre maio e setembro de 2013. O prédio de 3 pavimentos é naturalmente ventilado através de janelas e portas inclinadas e não possui ventiladores de teto ou métodos similares de circulação de ar. Os parâmetros de amostragem ocorreram em todos os pavimentos e na área externa, as medições foram feitas aleatoriamente em três dias úteis normais (das 8 h às 17 h) e os instrumentos de amostragem interna foram colocados em suportes a 1,5 m acima do solo, no centro de cada sala e as medições sucederam a cada 15 minutos. A ISO 7730 possui um método que foi utilizado para prever o grau de desconforto em indivíduos expostos a ambientes térmicos moderados e especificar as condições ambientais que proporcionam conforto. As diretrizes de Qualidade do ar da OMS foram utilizadas para os dados de PM₁₀. Para o CO₂ foi usado como parâmetro de concentração a

Norma ASHRAE 62.1-2010. Os parâmetros analisados foram aceitáveis com exceção do ruído, este se apresentou abaixo dos valores padrão. Foi colocado como sugestão de mudança da Biblioteca, para uma edificação projetada para ser especificamente uma biblioteca.

Para Kim et al. (2013) o objetivo do seu estudo foi determinar as concentrações de aldeídos em bibliotecas e salas de leitura e identificar fontes de emissão de formaldeído em salas de leitura privadas, na área metropolitana de Seul (Coreia do Sul). Os níveis internos de formaldeído foram associados à umidade relativa. A amostragem foi conduzida durante 30 min com um caudal de 500 ml/min para 1 amostra interna. Dois locais de amostragem foram selecionados e dois cartuchos diferentes foram usados em cada ambiente interno. Portanto, quatro cartuchos de amostra no total foram obtidos em cada ambiente interno. A média dos quatro cartuchos de amostra foi usada como a concentração de aldeído interno. A amostragem ao ar livre foi conduzida durante 60 min a um caudal de 500 ml/min com 1 cartucho. Todos os medidores foram colocados a 1 m de distância da parede do edifício e 1,5 m acima do chão. Mesas e paredes foram as principais fontes de emissão de formaldeído em 14 instalações. A idade dos materiais interiores foi um fator significativo para o fluxo interno de emissão de formaldeído. Recomenda-se o controle das taxas de emissão de mesas e paredes para melhorar as concentrações de formaldeído em salas de leitura privadas.

De acordo com Cincinelli et al. (2016) as amostras de ar interno de bibliotecas e arquivos em Florença, Itália, foram coletadas e analisadas para uma variedade de compostos orgânicos. O objetivo foi realizar uma caracterização da qualidade do ar em ambientes fechados e tentar detectar COVs. Todos os compostos de interesse foram regularmente detectados. As amostras de ar foram coletadas em diferentes locais de oito bibliotecas e dois arquivos, entre os meses de maio e junho de 2015. Amostragem e análise de COVs foram realizadas de acordo com o método EPA TO-17 USEPA 1997. Foram coletadas 3 amostras de ar para cada local, a uma altura de 1,5 m do chão no centro da sala de amostragem. A respeito da qualidade do ar interior em geral analisada, os BTEX foram a classe mais abundante de produtos químicos encontrados no ar, seguido por cVMSs e aldeídos. Os resultados obtidos mostram que bibliotecas e arquivos, localizados em áreas urbanas não são influenciadas somente pelos compostos emissores internos, mas também de fontes externas. Até a presente data, não há diretrizes que especifiquem a respeito de como deve ser a qualidade do ar, para não ter um impacto sobre a propriedade cultural preservada. Este trabalho mostra a importância que as campanhas de monitoramento da qualidade do ar interior podem ter para dar advertência aos gestores das instituições de património cultural, sobre o impacto que a qualidade do ar interior pode ter na exposição e/ou objetos preservados.

Como se observa existem várias pesquisas que mostram preocupação com a qualidade do ar interno em bibliotecas. Com isso, constatou-se que a ventilação é o principal fator a ser observado em um ambiente, já que depende dela para uma boa QAI.

Quando a ventilação é deficiente, o ambiente fica propício a uma má qualidade do ar interno, uma vez que é através da renovação do ar que conseguimos evitar os principais problemas tais como: formação de colônia de fungos, inspiração de matérias particuladas, formaldeídos e COVs.

Desse modo, para uma boa QAI em bibliotecas é necessário que se construa um espaço com iluminação e ventilação adequadas e que se cumpra os padrões das legislações vigentes e/ou existentes, para que os indivíduos frequentadores da biblioteca, tenham segurança, bem-estar e conforto, e, assim, possam executar suas tarefas sem transtornos.

Muitas bibliotecas estão adotando o uso de janelas basculantes, que garantem uma maior abertura e aproveitamento de quase toda a área de abertura na parede. Além de que favorecem na iluminação e ventilação natural. Também estão sendo usados Claraboias³ e Bandeiras⁴ com o mesmo objetivo das janelas. Além disso, as prateleiras devem ser perpendiculares com as janelas para ajudar no controle do movimento do ar. A exemplo da utilização de janelas basculantes em biblioteca temos a Biblioteca Pública Mário de Andrade, localizada no centro histórico da cidade de São Paulo (Brasil), o edifício foi construído em 1943 com projeto do arquiteto francês Jacques Pilon, passou por uma reforma em 2007/2010 com restauro e implantação de adaptações na edificação, para oferecer conforto térmico e uma melhor qualidade do ar sem alterar a sua arquitetura original. A Figura 6 apresenta uma sala de estudo da Biblioteca Mário de Andrade com módulos basculantes na altura no mezanino, permitindo a entrada de luz e a ventilação natural.

Em casos da impossibilidade de ventilação natural, seja pela edificação, seja pelo clima da localidade, instala-se a ventilação mecânica, que pode ser sistema de condicionamento de ar, ventiladores e exaustores (ou tubos), de uma forma adequada e correta, de acordo com as normas técnicas, com manutenções dos equipamentos e limpezas rotineiras, atendendo à necessidade da ventilação do ambiente.

³ Claraboia é uma abertura, geralmente coberta por caixilho ou cúpula envidraçada, situada no teto das edificações ou no alto de uma parede, para permitir a entrada de luz ou a passagem de ventilação.

⁴ Uma bandeira é uma janela posicionada sobre portas ou outras janelas de uma edificação. Podem ser vazadas, deixando circular o ar, ou envidraçadas.

Figura 6 – Sala de estudo da biblioteca Mário de Andrade (SP)



Fonte: Arcoweb, 2019

Outro preocupante com a QAI é a transmissão de vírus e bactérias entre leitores e funcionários, para diminuição dessa transmissão é necessário a realização de desinfecção dos livros devolvidos. Yang (2017) aponta alguns métodos de desinfecção para bibliotecas:

- Utilização de lâmpadas fluorescentes ultravioleta, para eliminar propágulos das bactérias, fungos, tuberculose mycobacterium etc., este é um método de desinfecção simples e conveniente, além de ser econômico e prático.
- Utilização da solução de permanganato de potássio como desinfetante, pulverizando onde deve ser desinfetado. Para a limpeza da área de trabalho e do piso, usar desinfetante de cloro com concentração de 500 mg/L, o que ajudará na eliminação de ácaros, porém, deve-se ter cuidado para não aspergir diretamente no livro, já que os desinfetantes de cloro causam danos no papel.

Contudo, deve-se ter uma consciência sanitária e ambiental dos frequentadores de bibliotecas, realizando medidas simples, tais como: lavar as mãos, não fumar; não comer no ambiente, não jogar lixo no chão ou sobre os mobiliários, abrir janelas para ventilação, entre outras. A adoção de tais medidas não só melhora a saúde física pessoal, mas também a qualidade do ar interior em bibliotecas. Ademais, os funcionários que trabalham em biblioteca precisam realizar a limpeza de poeiras com frequência, mantendo o ambiente higiênico, além de executarem a limpeza geral regular na edificação e equipamentos. Logo, a limpeza da biblioteca é muito importante para a manutenção da boa qualidade do ar interior.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na biblioteca de uma instituição pública de ensino técnico e superior, situada na cidade de Belém, capital do estado do Pará, localizado no Norte do Brasil. A Figura 7 exibe a vista aérea de uma parte da instituição de ensino, destacando-se a localização da Biblioteca, que fica recuada a 27 metros da entrada principal da instituição.

Figura 7 – Vista aérea da localização da Biblioteca



Fonte: Google Earth, 2020

A Biblioteca, objeto deste estudo, tem a entrada principal de pedestres voltada para uma das principais avenidas da cidade de Belém, que possui um grande tráfego de veículos. O prédio foi inaugurado no ano de 2018 e funciona de segunda a sexta das 8 h às 22 h e aos sábados letivos das 8 h às 14 h. Possui 14 funcionários com regime de trabalho de 40 h semanais e seu público é de aproximadamente 400 pessoas por dia, porém, esse número se reduz aos sábados.

A Biblioteca tem em torno de 542,98 m² de área refrigerada instalada em cada um de seus três pavimentos, os quais estão divididos da seguinte forma: no térreo estão situados o acervo e o salão de leitura em grupo; já no 1º pavimento está centrado o salão de leitura individual e em grupo, quanto que o 2º pavimento possui um auditório, que se encontra desativado. A pesquisa foi realizada no pavimento térreo e no 1º pavimento, devido os locais apresentarem o maior número de circulação e de permanência de pessoas.

Os usuários da Biblioteca são caracterizados por discentes de cursos técnicos integrados e subsequente, acadêmicos de curso superior e de pós-graduação e também por funcionários administrativos e de manutenção da instituição. Atualmente, o acervo bibliográfico dessa

biblioteca possui um total de 27.863 exemplares, é válido ressaltar que somente no ano de 2019 foram 101.451 consultas.

Contudo, para o melhor entendimento do desenvolvimento deste trabalho, os tópicos a seguir apresentam a descrição de todas as etapas executadas, associadas ao cumprimento dos objetivos específicos.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES CAUSADORES DE DESCONFORTO E DANOS À SAÚDE

Para a realização do reconhecimento de riscos, fez-se visitas *in loco* na Biblioteca, para identificação do cenário atual do objeto de estudo, esse momento foi documentado por registro fotográfico e anotações das principais características do local.

Assim, por meio dos dados obtidos, qualificar os agentes causadores de desconforto e agravo à saúde tanto dos funcionários quanto dos usuários da Biblioteca, como ruídos nos equipamentos de refrigeração e do ambiente, odor nos ambientes estudados, mobiliários desconfortáveis, entre outros.

Nessa etapa da pesquisa, incluiu-se o levantamento do funcionamento de todos os maquinários refrigeradores de ar existentes na Biblioteca, bem como informações a respeito das manutenções periódicas realizadas nestes equipamentos de condicionamento de ar.

4.2 QUANTIFICAÇÃO DOS AGENTES POLUENTES CAUSADORES DE DESCONFORTO E AGRAVO À SAÚDE

Belém é uma cidade de clima predominantemente quente e úmido, tem duas estações que são denominadas de verão amazônico e de inverno amazônico, os quais se distinguem apenas pelo aumento do índice pluviométrico. O verão amazônico é muito quente chegando a temperatura em 37 °C, esta estação ocasiona uma queda no índice pluviométrico que geralmente ocorre de maio a outubro. Já o inverno amazônico é muito chuvoso, mas não menos quente que o verão, geralmente, isso acontece durante os meses de novembro a abril.

A quantificação dos agentes poluentes sucedeu no final de fevereiro de 2020, parando nos meses de março, abril e maio, retornando no final de junho de 2020. Ressalta-se que a coleta de dados foi interrompida em virtude da pandemia de COVID-19. A coleta de dados conseguiu contemplar as duas temporadas climáticas da cidade, porém, durante o período do verão amazônico essas medições ocorreram com ambiente vazio.

4.2.1 Cálculo da Taxa de Renovação de Ar Exterior

Para a realização do cálculo da taxa de renovação de ar exterior, utilizou-se a metodologia existente na NBR 16.401 - 3, que adotou o método da ANSI/ASHRAE 62.1, que determina a vazão mínima de ar exterior de qualidade aceitável, pois promove uma renovação de ar pelo sistema de condicionamento de ar.

4.2.1.1 Vazão eficaz

O cálculo da vazão eficaz foi desenvolvido pela Equação 1, que consta na NBR 16.401-3.

$$V_{ef} = (P_z \cdot F_p) + (A_z \cdot F_a) \quad \text{equação 1}$$

Onde:

V_{ef} – Vazão eficaz (m^3/h)

P_z – Número máximo de pessoas na zona de ventilação (pessoa)

F_p – Vazão por pessoa ($L/s \cdot \text{pessoa}$)

A_z – Área útil ocupada pelas pessoas (m^2)

F_a – Vazão por área útil ocupada ($L/s \cdot m^2$)

Os valores adotados para F_p e F_a , foram obtidos na tabela 1 da NBR 16401-3, baseando-se nas características do objeto de estudo, conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão Mecânica L/s* m ²
		F _p L/s*pe ^{ss}	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pe ^{ss}	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pe ^{ss}	F _a L/s*m ²	
Edifícios Públicos								
Biblioteca	10	2,5	0,6	3,5	0,8	3,8	0,9	-

Fonte: Adaptado da NBR 16401-3, 2020

Onde:

Nível 1 – Nível mínimo vazão de ar para ventilação.

Nível 2 – Nível intermediário da vazão de ar exterior para ventilação.

Nível 3 – Vazão de ar exterior para ventilação, de acordo com estudos existem evidências de redução de reclamações e manifestações alérgicas.

4.2.1.2 Vazão a ser suprida na zona de ventilação

O cálculo da vazão suprida na zona de ventilação, é a vazão eficaz corrigida pela eficiência da distribuição de ar na zona, esta consta na NBR 16.401-3. Observa-se na equação 2.

$$V_z = \frac{V_{ef}}{E_z} \quad \text{equação 2}$$

Onde:

V_z – Vazão de ar exterior a ser suprida na zona de ventilação (m³/h)

V_{ef} – Vazão eficaz (m³/h)

E_z – Eficiência da distribuição de ar na zona (-)

O valor adotado para E_z foi obtido na Tabela 2 da NBR 16401-3, baseando-se nas características do objeto de estudo, conforme é indicado na Tabela 6.

Tabela 6 – Eficiência da distribuição de ar nas zonas de ventilação

ConFiguração da distribuição de ar	E_z
Insuflação de ar frio pelo forro	1,0

Fonte: Adaptado da NBR 16401-3, 2020

4.2.1.3 Vazão de ar exterior a ser suprida pelo sistema

O cálculo da vazão de ar exterior a ser suprida pelo sistema, que é a vazão de ar exterior, na tomada de ar, a ser suprida pelo sistema de ventilação única, a qual também consta na NBR 16401-3, é apontada na equação 3.

$$V_s = V_z \quad \text{equação 3}$$

Onde:

V_s – Vazão de ar exterior a ser suprida pelo sistema (m³/h)

V_z – Vazão de ar exterior a ser suprida na zona de ventilação (m³/h)

4.2.2 Cálculo da Taxa de Recirculação de Ar Interno

O cálculo da taxa de recirculação de ar interno, que é a quantidade de vezes que o ar circula no ambiente por 1 h, baseia-se no volume do ambiente pela vazão dos equipamentos operantes, é determinada na Equação 4.

$$Tr = \frac{V}{Q} \quad \text{equação 4}$$

Onde:

T_r – Taxa de recirculação de ar (h^{-1})

V – Volume do ambiente refrigerado (m^3)

Q – Vazão dos equipamentos operantes (m^3/h)

4.2.3 Parâmetros Adotados Para Medição

Primeiramente, adquiriu-se a planta baixa da Biblioteca para selecionar o lugar de maior fluxo de usuários e escolher os pontos de amostragem para medição dos dados da análise quantitativa.

A metodologia adotada para a escolha dos pontos de amostragem foi a Resolução nº 9 da ANVISA (Qualidade do Ar Ambiental Interior), mais especificamente a NORMA TÉCNICA 002 - Método de Amostragem e Análise da Concentração de Dióxido de Carbono em Ambientes Interiores e a NORMA TÉCNICA 004 -. Método de Amostragem e Análise de Concentração de Aerodispersóides em Ambientes Interiores. Utilizou-se a estratégia de amostragem para definir o número de amostras de ar interior, que adota por base a área construída climatizada dentro de uma mesma edificação e razão social, como indicado na Tabela 8.

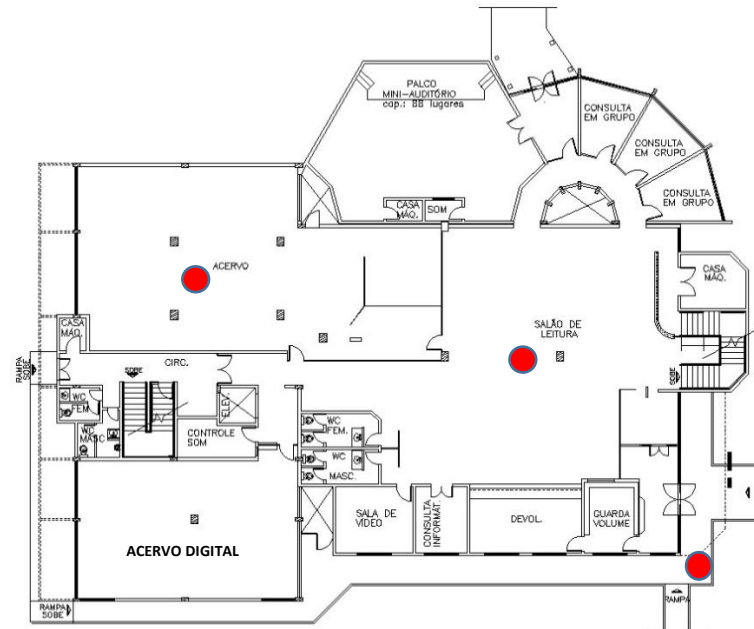
Empregando a Tabela 7 como referência, a Figura 8 exhibe os pontos que foram selecionados para amostragem na planta baixa do pavimento térreo, onde estão localizados o salão de leitura e o acervo da biblioteca.

Tabela 7 – Definição da estratégia de amostragem

Área construída (m ²)	Número mínimo de amostras
Até 1.000	1
1.000 a 2.000	3
2.000 a 3.000	5
3.000 a 5.000	8
5.000 a 10.000	12
10.000 a 15.000	15
15.000 a 20.000	18
20.000 a 30.000	21
Acima de 30.000	25

Fonte: Resolução nº9 ANVISA, 2003

Figura 8 – Planta baixa do pavimento térreo da Biblioteca com os pontos selecionados para amostragem



Fonte: Setor de engenharia da instituição de ensino, 2018

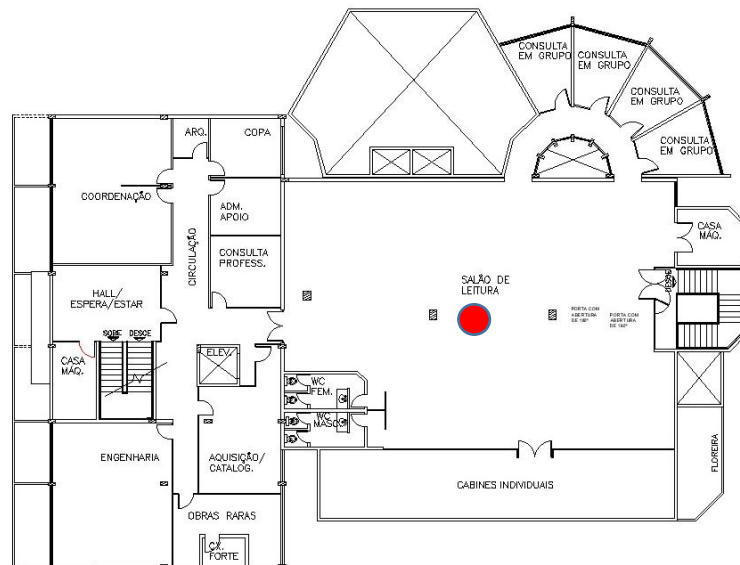
Onde:

● - Ponto de Amostragem.

O acervo possui 184,46 m² e o salão de leitura 226,43 m² de área construída refrigerada. De acordo com a Tabela 7 até 1.000 m², é necessário pelo menos 1 ponto de coleta de amostragem, porém, para que esta pesquisa obtivesse um melhor resultado foram escolhidos 2 pontos de medição no pavimento térreo, um no acervo e um no salão de leitura. A área externa da edificação também possui 1 ponto de medição à 2 m da entrada principal do prédio da Biblioteca, um ponto onde tem bastante circulação de pessoas de ambos os lados, pois a esquerda é a entrada para a Biblioteca, a direita fica o corredor principal que direciona para os

outros blocos da instituição de ensino, e a frente à entrada principal da instituição. Os resultados adquiridos na área externa são de suma importância, já que serão analisados em conjuntos com os dados coletados no ambiente interno, a fim de verificar se há alguma influência na qualidade do ar do interior da edificação. A Figura 9 expõe o ponto de amostragem na planta baixa do 1º pavimento da Biblioteca.

Figura 9 – Planta baixa do 1º pavimento da Biblioteca com os pontos selecionados para amostragem



Fonte: Setor de engenharia da instituição de ensino, 2018

Onde:

● - Ponto de Medição.

O salão de leitura do 1º pavimento da Biblioteca possui 283,85 m² de área construída refrigerada. A seleção do ponto de amostragem também foi baseada na Tabela 7, foi selecionado 1 ponto de amostragem no centro do salão de leitura, devido ser a área neste andar com o maior número de circulação de pessoas, pois as cabines individuais de estudo possuem uso intermitente, e necessitam de solicitação de algum professor para o uso.

Os parâmetros escolhidos que foram analisados são: Material Particulado (PM₁₀, PM_{2,5} e PM_{1,0}), Formaldeído (HCHO), Compostos Orgânicos Voláteis (COV), Umidade, Temperatura e Dióxido de Carbono (CO₂). Estes parâmetros são considerados indicadores de qualidade do ar para ambientes internos.

O equipamento “detector de qualidade do ar” Modelo EG VOC-180 foi o responsável pelas medições de PM₁₀, PM_{2,5} e PM_{1,0}, HCHO, COV, umidade e temperatura (Figura 10). Esse

equipamento foi adotado para as medições por possuir uma boa precisão, ainda que não conste no perfil da ficha técnica do amostrador, descrito na Resolução nº 9 de 2003 da Anvisa – Norma Técnica 04, esta foi a metodologia tomada para medições desses parâmetros.

Figura 10 – Equipamento EGVOC-180 usado como detector de QAI na Biblioteca



Fonte: Amazon, 2019

O equipamento Mini CO₂ RAD-0301, foi utilizado para a medição de CO₂ (Figura 11). Conforme OSHA, utiliza-se tubos detectores de baixo nível (0-2000 ppm) ou espectrômetros infravermelhos portáteis para verificar os níveis internos de dióxido de carbono. A medição do CO₂ é uma técnica útil de rastreamento, determina a frequência e a quantidade adequada de ar fresco que é introduzida e distribuída na edificação. A metodologia seguida para essa amostragem foi baseada na Resolução nº 9 de 2003 da ANVISA, nela consta que o equipamento de amostragem tem que ser de leitura direta por meio de sensor infravermelho não dispersivo ou célula eletroquímica.

Figura 11 – Equipamento Mini CO₂ RAD-0301 usado como detector de CO₂ na Biblioteca



Fonte: Amazon, 2019

As coletas ocorreram em dias e horários variados, dependeu da liberação do acesso ao local, uma vez que, devido a pandemia do COVID-19, a Biblioteca estava fechada ao público desde o dia 19 de março de 2020, sem previsão para reabertura. A escolha da metodologia para a quantidade do número de amostras foi baseada no estudo desenvolvidos por Kim et al. (2013), já que tal metodologia adotada para isso não determina a quantidade máxima do número de amostras.

Os equipamentos foram fixados em um tripé com altura de 1,5 m do chão, conforme a orientação da Resolução nº 9 de 2003 da ANVISA (Figura 12). Salienta-se que antes de cada medição foram calibrados, e somente após 5 minutos em funcionamento, era que se iniciavam as medições, por 10 min em cada ponto, conforme orientado pelo fabricante dos equipamentos. Esse procedimento era repetido em cada medição.

Figura 12 – Equipamentos detectores de QAI e CO₂ em funcionamento na Biblioteca a uma altura de 1,5 m



Fonte: Autora, 2020

4.3 ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR (IQA)

O diagnóstico da real situação da qualidade do ar no interior da biblioteca, ocorreu através da compilação de todos os dados/resultados obtidos na identificação de riscos e na análise quantitativa. Os dados obtidos nas amostragens foram comparados aos Limites de Tolerância dos parâmetros estabelecidos nas legislações existentes e vigentes. A Tabela 8 mostra as legislações adotadas para comparação dos Limites de Tolerância que identificam uma

boa qualidade do ar, com o resultado adquirido de cada parâmetro medido na análise quantitativa.

Tabela 8 – Fonte dos limites de tolerância para cada parâmetro medido

Parâmetro	Fonte dos Limites de Tolerância	Limites de Tolerância para os parâmetros (ambiente interno)
CO ₂	ANVISA n°9 NIOSH	até 1000 ppm
PM ₁₀	CONAMA n° 491/2018 NBR 16401 - Parte 3	40 µg/m ³ 50 µg/m ³
PM _{2,5}	CONAMA n° 491/2018	20 µg/m ³
PM _{1,0}	- (*)	- (*)
COV	NR-15	140 mg/m ³
HCHO	NR-15	2,3 mg/m ³
Umidade	ANVISA n°9	40 % e 55 %
Temperatura	ANVISA n°9	21 °C e 23 °C (verão) 20 °C a 22 °C (inverno)
Taxa de Renovação de Ar	ANVISA n°9	Mínimo de 17 m ³ /hora/pessoa

Fonte: Autora, 2019

(*) Até o momento não há norma com limites de tolerância estipulados para PM_{1,0}.

Com o objetivo de identificar e caracterizar os problemas relacionados com a qualidade do ar, criou-se um questionário para a avaliação do IQA baseado no anexo A da NBR 16401-3. O IQA será avaliado por meio das percepções dos frequentadores, tais como odores, fontes causadoras de alergias, barulho, sensações térmicas, sensações de desconforto no ambiente, conforto na utilização no mobiliário, iluminação, acesso, entre outros.

Criou-se, também, uma Tabela para colaborar na caracterização do índice da qualidade do ar de acordo com os resultados alcançados pelo questionário IAQ, o resultado está diretamente ligado ao percentual das respostas dos usuários, de acordo com a satisfação referente a utilização do ambiente.

4.4 PROPOSTA DE PMOC

Foi elaborada uma proposta de Plano de Manutenção Operação e Controle (PMOC) para o cenário atual da Biblioteca, conforme exigido pela Lei Federal n° 13.589/2018, na qual é estipulado verificações e correções técnicas que devem ser executadas em todo sistema de refrigeração instalado na Biblioteca.

O PMOC indicado foi executado em formato de planilha para cada equipamento instalado na área de estudo, nele constam os pontos principais do ambiente e as informações necessárias para a execução do trabalho de manutenção, com as seguintes descrições:

- Identificação do Contratante e Contratado: foi solicitada a identificação dos dados do cliente, tais como nome, endereço, CNPJ e contatos com o responsável pelo setor e/ou manutenção do local, além da identificação do responsável técnico pela supervisão da execução da atividade, como nome, empresa, CNPJ da empresa e número do registro do profissional no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Pará (CREA/PA).
- Identificação do Ambiente: neste item foi solicitado a informação sobre os equipamentos instalados no local (quantidade de aparelhos em cada ambiente) e o tamanho do ambiente em metros quadrado (m²).
- Descrição de Equipamento: nessa etapa foi solicitada a descrição da situação atual de cada equipamento (individual), bem como, anotações individualizadas de modelo, marca, número de série, potência do equipamento (BTU), regime de operação e a situação atual. Criando um histórico de eventos para cada equipamento, assim auxiliando em sua periodicidade e manutenção.
- Identificação dos Equipamentos: propôs-se a implantação de etiquetas em cada equipamento, e inserir a data da última manutenção/limpeza realizada, a fim de facilitar a identificação. Foi proposto uma rotina de manutenção e limpeza para cada equipamento.
- Manutenção dos Equipamentos: foram solicitadas as informações que ocorreram durante a manutenção, tais como limpeza, troca de peças, troca de filtros, para garantir a durabilidade e confiabilidade dos equipamentos, além de identificar como os procedimentos estão sendo feitos pelos profissionais e a utilização correta de EPI e produtos para limpeza.
- Comprovação: para comprovação da execução das atividades planejadas, foi solicitada a data da execução da tarefa, juntamente com os nomes e as assinaturas, do técnico responsável pelo serviço e do supervisor.
- Intercorrências: foi sugerido um espaço para o responsável técnico fazer anotações das intercorrências, visto que estes podem ocorrer durante a

manutenção/limpeza de cada equipamento ou de um chamado de manutenção corretiva fora do planejado ou a pendência em alguma tarefa.

4.5 APLICAÇÃO DO PMOC PROPOSTO

Após a elaboração da proposta do PMOC, para a sua aplicação, foi efetuado o acompanhamento informal de manutenção e limpeza dos equipamentos instalado na área de estudo. Levou-se, neste momento, a planilha do PMOC proposto para conferência das atividades propostas com as atividades executadas, além do preenchimento das informações que se tinha acesso.

Além disso, ocorreu o registro fotográfico das atividades e equipamentos, para documentar a validação da proposta de PMOC.

4.6 PROPOSTAS DE MELHORIAS DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR DA BIBLIOTECA

Após análise de todas as informações e dados coletados foram elaboradas e propostas alternativas mitigadoras para contribuir com a melhoria da qualidade do ar na Biblioteca.

Essas propostas tiveram como parâmetro normas, leis e legislações vigentes, as literaturas existentes sobre a temática, e também as pesquisas desenvolvidas e publicadas a nível mundial.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES CAUSADORES DE DESCONFORTO E DANOS À SAÚDE

A edificação, onde está centrada a Biblioteca, possui 3 pavimentos, os quais contêm cobertura em laje, paredes em alvenaria, divisórias de Eucatex⁵, pisos tipo vinículo, ventilação artificial, iluminação artificial predominante, ausência de forro em parte dos ambientes e fiações elétricas expostas. O cheiro que emana tanto no acervo, quanto nos salões de leitura/estudo do pavimento térreo e do 1º pavimento é característico de mofo, além de em alguns momentos também apresentar mau cheiro corporal, quando estão preenchidos com mais de 50 % de sua capacidade.

Durante as visitas à Biblioteca foram feitos registros fotográficos para documentar e identificar as características do ambiente, assim como qualificar os agentes causadores de desconforto e danos à saúde. A Figura 13 mostra o salão de leitura do pavimento térreo em um dia típico letivo.

Figura 13 – Salão de leitura do pavimento térreo em um dia típico



Fonte: Autora, 2018

O pavimento térreo, possui uma grande circulação de pessoas, pois ele é o acesso principal do público à Biblioteca e também à consulta do acervo de livros e periódicos. Esse

⁵ Chapa de aglomerado de polpa de madeira de Eucalipto.

espaço tem capacidade para 36 pessoas sentadas, os quais são distribuídas em 14 mesas.

O acervo de livros está localizado ao fundo do pavimento térreo, com uma antessala onde os funcionários ficam, neste espaço os livros ficam organizados em estantes metálicas. Geralmente, ficam três pessoas (funcionários) responsáveis pelo atendimento ao público e por circular pelo acervo, conforme a necessidade das pessoas atendidas. Na Figura 14, observa-se o acervo da Biblioteca.

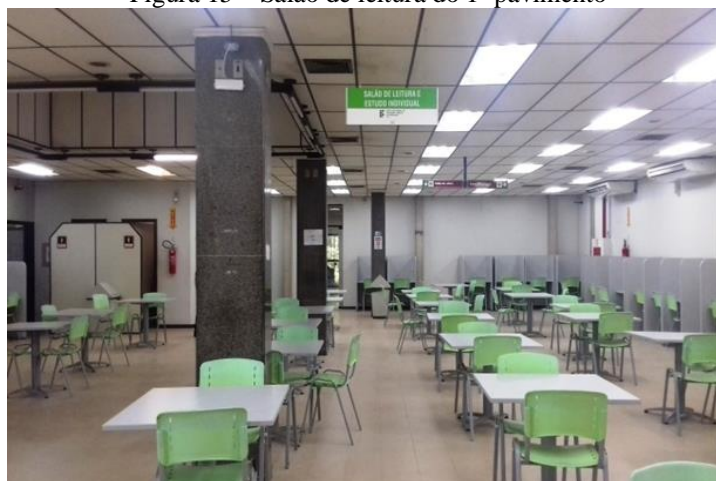
Figura 14 – Acervo da Biblioteca



Fonte: Autora, 2018

A Figura 15 exibe o salão de leitura do 1º pavimento, o qual acomoda no máximo 52 pessoas sentadas, que são distribuídas em 28 mesas e 32 cabines de estudo individual. Apesar desse ambiente ter maior capacidade de pessoas sentadas que no salão de leitura do pavimento térreo, a circulação de pessoas ainda é maior no pavimento térreo.

Figura 15 – Salão de leitura do 1º pavimento



Fonte: Autora, 2018

O prédio da Biblioteca tem a fachada de alvenaria e vidro, nas áreas de amostragem selecionadas, tanto o pavimento térreo e acervo quanto o 1º pavimento, não possuem janelas abertas. Esses ambientes quando foram projetados e construídos, no ano de 1997, visavam apenas a necessidade de um baixo nível de ruídos no local, não se preocuparam com a qualidade do ar no local.

A entrada principal do prédio, que é a entrada do pavimento térreo, possui porta de correr e todas as janelas são basculantes, ambas de vidro temperado fumê. Porém, as janelas são fixas, presas por rebite (Figura 16). Já a Figura 17 exibe o salão de leitura do 1º pavimento.

Figura 16 – Detalhe da janela no pavimento térreo presa por rebite



Fonte: Autora, 2019

Figura 17 – Salão de leitura do 1º pavimento sem janelas

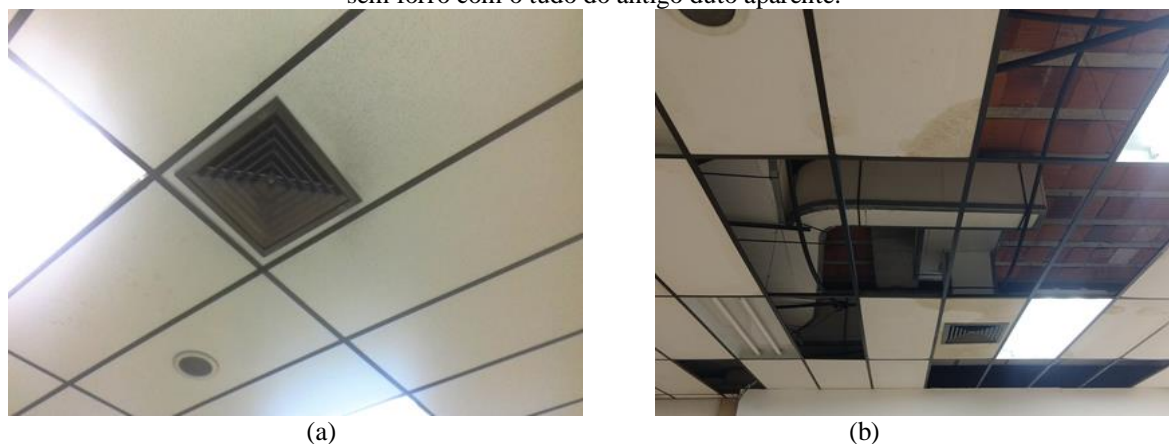


Fonte: Autora, 2019

Observa-se que o espaço não possui janelas nas laterais, o que inibi a circulação de vento natural no ambiente, não permitindo a troca de ar externo com o interno, isso aumenta o risco de contaminação de diversas doenças respiratórias. A biblioteca por ser um local público e bastante frequentado, o ambiente se torna propício para ter o aumento de gás carbônico e a diminuição de oxigênio no local, devido a presença de muitas pessoas respirando o mesmo ar.

Quando a Biblioteca foi inaugurada, a ventilação mecânica era feita por sistema de dutos de ar-condicionado. Esse sistema foi desativado há alguns anos, porém não o removeram. Atualmente, estão com acúmulos de poeiras e oxidados, devido à falta de limpeza e à manutenção periódica. As Figuras 18a e 18b mostram esses dutos do antigo sistema de ar-condicionado da Biblioteca.

Figura 18 – Dutos desativados do antigo sistema de condicionamento de ar: (a) duto de ar desativado; (b) teto sem forro com o tudo do antigo duto aparente.



Fonte: Autora, 2020

O forro dos ambientes incide de um sistema em uma superfície de gesso anexada à cobertura por meio do uso de arames, permitindo ao usuário a visualização de um plano liso, o que favorece e muito o aspecto estético da obra, entretanto, em algumas placas foram detectadas manchas de cor amarela, cinza e pontos pretos. As Figuras 19a e 19b apresentam colônias de mofo/bolor no forro do acervo e no pavimento térreo respectivamente.

A umidade local e a falta de circulação de ar aliados ao clima da região (quente e úmido) caracterizam a presença e ajudam a intensificar a proliferação de mofo/fungos no ambiente. Além da presença de infiltração e formação de colônia de mofos, parte do forro cedeu e tiveram que remover placas e destroços, deixando fiações elétricas expostas, sistema de iluminação comprometido, tubulações aparentes do antigo sistema de condicionamento de ar e o preenchimento de laje exposta. As Figuras 20a e 20b mostram o teto do 1º pavimento sem parte do forro.

Figura 19 – Colônias de mofo/bolor no forro: (a) no teto do acervo; (b) no teto do pavimento térreo

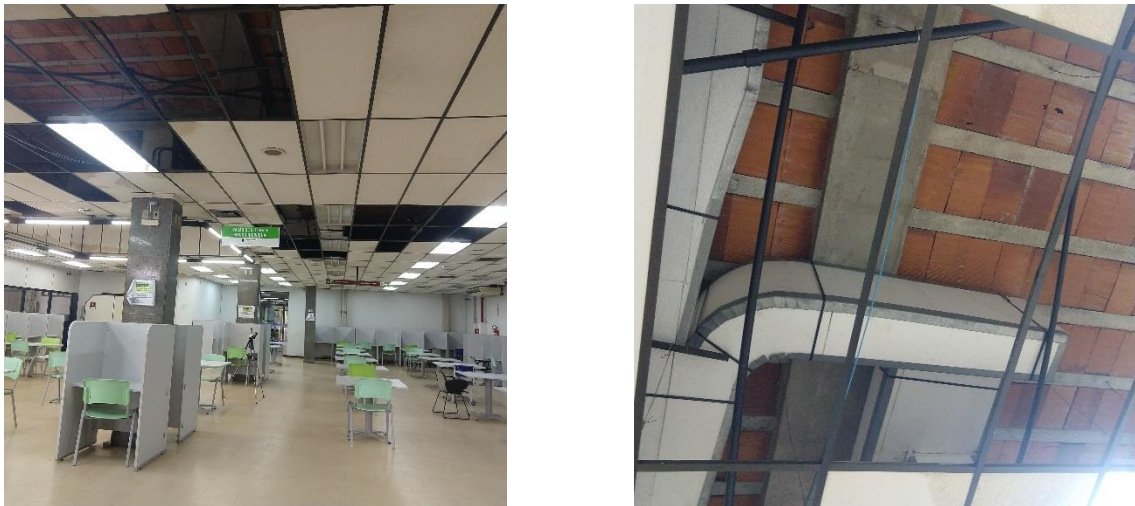


(a)

(b)

Fonte: Autora, 2019

Figura 20 – Teto do 1º pavimento sem parte do forro: (a) 1º pavimento sem parte do forro; (b) detalhe do teto sem forro



(a)

(b)

Fonte: Autora, 2020

Conforme a Figura 20, observa-se que o teto necessita de reparo urgente, já que nessa situação danifica o sistema de condicionamento de ar dificultando a refrigeração do ambiente, apresenta, também, risco de incêndio ao prédio com a fiação elétrica exposta e danificada, além de evitar futuros acidentes com aos frequentadores do local, como a queda de placa de gesso.

Ultimamente, a Biblioteca permanece com sistema de ventilação mecânica que ocorre por condicionadores de ar tipo Split. A Tabela 9 apresenta todos os maquinários instalados nos ambientes estudados. A manutenção e limpeza dos equipamentos não possui programação preventiva de limpeza, conforme informado pelo setor responsável. Estes, geralmente, são corretivas, sucedendo somente quando solicitado ou quando algum aparelho apresenta dano ou má funcionalidade, não seguindo a orientação da NBR 16401 (2008) e nem a Lei nº 13.589/18, as quais dispõe que deve ser feito a realização de uma manutenção periódica, objetivando a

redução e o acúmulo de poluentes nos equipamentos de condicionamento de ar, o que melhorará a qualidade do ar no local.

Tabela 9 – Maquinários instalados no pavimento térreo, acervo e 1º pavimento da Biblioteca

Nome	Local	Modelo	Capacidade de refrigeração (BTU/h)	kW
Equipamento 1 (Split 1)	Pavimento Térreo	FON60	58.000	5,75
Equipamento 2 (Split 2)	Pavimento Térreo	42XQM48C5	48.000	14,07
Equipamento 3 (Split 3)	Pavimento Térreo	42XQM48C5	48.000	14,07
Equipamento 4 (Split 4)	Acervo	42XQM48C5	48.000	14,07
Equipamento 5 (Split 5)	Acervo	FON60	58.000	5,75
Equipamento 6 (Split 6)	Acervo	42XQM48C5	48.000	14,07
Equipamento 7 (Split 7)	Acervo	42XQM48C5	48.000	14,07
Equipamento 8 (Split 8)	Acervo	42XQM48C5	48.000	14,07
Equipamento 9 (Split 9)	1º Pavimento	42XQM48C5	48.000	14,07
Equipamento 10 (Split 10)	1º Pavimento	42XQM48C5	48.000	14,07
Equipamento 11 (Split 11)	1º Pavimento	42XQM48C5	48.000	14,07
Equipamento 12 (Split 12)	1º Pavimento	42XQM48C5	48.000	14,07
Equipamento 13 (Split 13)	1º Pavimento	42XQM48C5	48.000	14,07

Fonte: Autora, 2019

Ressalta-se que os equipamentos possuem mais de 8 anos de uso, porém não se sabe ao certo acerca desse tempo, devido os responsáveis não localizarem o registro da compra/instalação. Na Figura 21, pode-se notar a localização dos equipamentos 1 e 2 no pavimento térreo.

Figura 21 – Localização do Split 1 e Split 2 no pavimento térreo da Biblioteca



Fonte: Autora, 2019

O equipamento três teve um problema com a placa do sistema e para continuar funcionando foi instalado uma placa universal, que fica situada fora do gabinete do Split,

conforme apresenta a Figura 22, esse aparelho de Split encontra-se próximo a entrada, acima das janelas (Figura 16).

Figura 22 – Detalhe da placa universal do Split 3 localizado no pavimento térreo da Biblioteca



Fonte: Autora, 2020

Os 5 equipamentos do 1º pavimento são do mesmo modelo e possuem a mesma capacidade de refrigeração. Observa-se na Figura 23 a localização do Split 10, Split 11, Split 12 e Split 13.

Figura 23 – Localização do Split 10, Split 11, Split 12 e Split 13 no 1º pavimento da Biblioteca



Fonte: Autora, 2020

O Split 10 exhibe a falta da lateral direita do gabinete, além de a lateral esquerda está solta, com risco de cair, o que pode atingir algum transeunte e/ou simplesmente ocasionar a quebra da peça. O Split 11 apresenta ruído durante o seu funcionamento, os quais podem dificultar a concentração dos frequentadores, uma vez que o salão de leitura é um local para ser

silencioso e harmônico. O Split 13 não está funcionando, técnicos estiveram no local e disseram que era problema elétrico, porém até o final dessa pesquisa o problema não foi sanado.

O equipamento 5, que se encontra no acervo, caso permaneça muito tempo ligado, mais de 5 horas ininterruptas, produz gelo como foi constatado na pesquisa, conforme mostra a Figura 24.

Figura 24 – Produção de gelo no Split 5 localizado na entrada do acervo da Biblioteca



Fonte: Autora, 2020

Isso pode ter acontecido devido a sujeira acumulada nos filtros ou na serpentina, o que dificulta a circulação de ar no ambiente, concentrando o ar gelado dentro do equipamento, gerando o congelamento. Isso, também, pode ocorrer devido a configuração no termostato, essa configuração negativa pode impedir do Split resfriar de forma adequada, o que fará o ar frio e a pressão congelarem a condensação normal.

Referente ao acervo, este possui vidros incolor nas divisórias que separam o ambiente do salão de leitura do pavimento térreo, e ao fundo da sala tem uma parede com vidro temperado fumê que fazem parte da fachada do prédio da biblioteca, todavia não possuem janelas. Constatando-se que a sua arquitetura não favorece à iluminação natural e nem a ventilação natural do ambiente.

Assim, a iluminação natural é insuficiente para iluminar todos os ambientes do prédio, objeto de estudo desta pesquisa, o que faz necessário utilizar durante todo o horário de funcionamento iluminação artificial. Nos salões de leitura são usadas luminárias com lâmpadas fluorescentes tubulares de 40 W, com média de 350 a 380 LUX, sem contabilizar com as

luminárias que não estão funcionando. A iluminação de tal acervo também utiliza luminárias com lâmpadas fluorescentes tubulares de 40 W e lâmpadas fluorescente compactas de 23 W, totalizando uma média de 200 a 250 LUX.

A NBR-5413 (1992) e ISO 8995 (2013) estabelece os valores recomendados de iluminação para cada tipo de ambiente e sua atividade predominante em cada local. Para uma sala de leitura de uma biblioteca, a iluminância recomendada deve ser de 500 LUX, enquanto que para o acervo de livros, necessita ser de 300 LUX.

A Figura 25 mostra a localização dos equipamentos 6, 7 e 8 no acervo.

Figura 25 – Localização do Split 6, Split 7 e Split 8 no acervo da Biblioteca



Fonte: Autora, 2020

Os funcionários que exercem suas funções na Biblioteca Central, relatam incômodo no local, principalmente, com o odor e a falta de ventilação natural. Esses funcionários sentem com frequência sonolência, irritabilidade e crises alérgicas respiratórias.

5.2 QUANTIFICAÇÃO DOS AGENTES POLUENTES CAUSADORES DE DESCONFORTO E AGRAVO À SAÚDE

5.2.1 Cálculo da Taxa de Renovação de Ar Exterior

A renovação do ar é uma importante prática para a saúde e bem-estar coletivo, e pode ser natural ou artificial. Quanto a renovação natural, nela ocorre a troca do ar interno com o ar externo através de abertura de portas, janelas, balancins etc. Logo, a renovação artificial é projetada para manter a circulação de ar no ambiente através de um sistema de exaustão,

ressalta-se que esse sistema deve ter assiduidade na sua manutenção, para o alcance do sucesso na renovação de ar do ambiente.

O cálculo de vazão de ar exterior tem o objetivo de promover a renovação de ar interior mantendo a concentração de CO₂ no nível adequado ao ambiente e seus frequentadores. De acordo com a ABNT NBR 16401-3 todas as instalações de ar-condicionado devem adotar a renovação de ar exterior, com exceção das instalações nos ambientes residenciais.

O ar externo influencia diretamente na qualidade do ar interno, pois a concentração de CO₂ do local depende da troca com o ar externo para auxiliar na renovação. Outro fator importante que influencia é se a fonte de ar exterior estiver contaminada, por alto nível de poluentes, prejudicará na renovação de ar interior.

5.2.1.1 Vazão eficaz

O cálculo da vazão eficaz foi feito pela Equação 1. Os resultados dos cálculos são mostrados nas Tabelas 10, 11 e 12, apresenta-se uma tabela para cada nível de situação de vazão de ar exterior, conforme orientado na NBR 16401-3. Destaca-se que, foi calculado a vazão de ar exterior para cada ambiente estudado na biblioteca.

A Tabela 13 mostra um resumo dos dados obtidos, para uma melhor visualização e comparação dos resultados. A vazão eficaz foi calculada em m³/h.

Tabela 10 – Vazão eficaz mínima de ar exterior – Nível 1

VAZÃO DE AR EXTERIOR - Nível 1						
Local	Fp (L/s*peessoa)	Fa (L/s*m²)	Pz (peessoa)	Az (m²)	Vazão Eficaz (L/s)	Vazão Eficaz (m³/h)
Térreo	2,50	0,60	36,00	226,43	225,86	813,09
Acervo	2,50	0,60	5,00	184,46	123,18	443,43
1 Pavimento	2,50	0,60	10,00	283,85	300,31	1.081,12

Fonte: Autora, 2020

Tabela 11 – Vazão eficaz mínima de ar exterior – Nível 2

VAZÃO DE AR EXTERIOR - Nível 2						
Local	Fp (L/s*peessoa)	Fa (L/s*m²)	Pz (peessoa)	Az (m²)	Vazão Eficaz (L/s)	Vazão Eficaz (m³/h)
Térreo	3,50	0,80	36,00	226,43	307,14	1.105,72
Acervo	3,50	0,80	5,00	184,46	165,07	594,24
1 Pavimento	3,50	0,80	10,00	283,85	262,08	1.472,69

Fonte: Autora, 2020

Tabela 12 – Vazão eficaz mínima de ar exterior – Nível 3

VAZÃO DE AR EXTERIOR - Nível 3						
Local	Fp (L/s*peessoa)	Fa (L/s*m²)	Pz (peessoa)	Az (m²)	Vazão Eficaz (L/s)	Vazão Eficaz (m³/h)
Térreo	3,80	0,90	36,00	226,43	340,59	1.226,11
Acervo	3,80	0,90	5,00	184,46	185,01	666,05
1 Pavimento	3,80	0,90	10,00	283,85	293,47	1.631,03

Fonte: Autora, 2020

Tabela 13 – Resumo da vazão eficaz para cada nível

Local	Vazão Eficaz (m³/h)		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Térreo	813,09	1.105,72	1.226,11
Acervo	443,43	594,24	666,05
1 Pavimento	1.081,12	1.472,69	1.631,03

Fonte: Autora, 2020.

Quando se fala em nível de vazão de ar na NBR 16401-3, refere-se ao tipo de ambiente que necessita dessa renovação de ar. Por exemplo, se o ambiente tiver muita reclamação de abafamento, alergias, sonolência, entre outras, é indicado que se utilize como parâmetro a vazão mínima eficaz calculada no nível 3. No entanto, se o ambiente não apresentar muitas reclamações, dependendo do estudo que for feito, de acordo com o número de pessoas e atividades desenvolvidas no ambiente, utiliza-se como parâmetro a vazão eficaz mínima nível 1 (mínimo) ou nível 2 (intermediário), levando em consideração o ambiente. As vazões de ar exterior estipuladas são baseadas na proibição de fumar nos recintos (exceto local reservado).

No caso da biblioteca, pode-se começar com o cálculo no nível 1, caso os frequentadores do ambiente relatarem algum desconforto.

5.2.1.2 Vazão a ser suprida na zona de ventilação

O cálculo da vazão suprida na zona de ventilação, é a correção da vazão eficaz pela distribuição do ar no ambiente, foi feito pela Equação 2. Os resultados dos cálculos são mostrados nas Tabelas 14, 15 e 16, continuando os cálculos de vazão eficaz para cada nível e ambiente, conforme orientado na NBR 16401-3.

Na Tabela 17, apresenta-se um resumo dos dados obtidos, para melhor visualização e comparação dos resultados. A vazão suprida na zona de ventilação foi calculada em m³/h.

Tabela 14 – Vazão suprida na zona de ventilação – Nível 1

VAZÃO A SER SUPRIDA NA ZONA DE VENTILAÇÃO - Nível 1				
Local	V_{ef} (L/s)	E_z	V_z (L/s)	V_z (m³/h)
Térreo	225,86	1,00	225,86	813,09
Acervo	123,18	1,00	123,18	443,43
1 Pavimento	300,31	1,00	300,31	1.081,12

Fonte: Autora, 2020

Tabela 15 – Vazão suprida na zona de ventilação – Nível 2

VAZÃO A SER SUPRIDA NA ZONA DE VENTILAÇÃO - Nível 2				
Local	V_{ef} (L/s)	E_z	V_z (L/s)	V_z (m³/h)
Térreo	307,14	1,00	307,14	1.105,72
Acervo	165,07	1,00	165,07	594,24
1 Pavimento	409,08	1,00	409,08	1.472,69

Fonte: Autora, 2020

Tabela 16 – Vazão suprida na zona de ventilação – Nível 3

VAZÃO A SER SUPRIDA NA ZONA DE VENTILAÇÃO - Nível 3				
Local	V_{ef} (L/s)	E_z	V_z (L/s)	V_z (m³/h)
Térreo	340,59	1,00	340,59	1.226,11
Acervo	185,01	1,00	185,01	666,05
1 Pavimento	452,07	1,00	452,07	1.631,03

Fonte: Autora, 2020

Tabela 17 – Resumo da vazão suprida na zona de ventilação para cada nível

Local	Vazão suprida (m³/h)		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Térreo	813,09	1.105,72	1.226,11
Acervo	443,43	594,24	666,05
1 Pavimento	1.081,12	1.472,69	1.631,03

Fonte: Autora, 2020

Como se observa a vazão a ser suprida é igual a vazão eficaz para cada nível e ambiente.

5.2.1.3 Vazão de ar exterior a ser suprida pelo sistema

O cálculo da vazão de ar exterior a ser suprida pelo sistema, é a vazão de ar exterior, na tomada de ar, a ser suprida pelo sistema de ventilação única, foi feito pela Equação 3. Os

resultados dos cálculos são mostrados na Tabela 18, sendo determinada a vazão para cada nível e ambiente, conforme orientado na NBR 16401-3.

Tabela 18 – Resumo da vazão de ar exterior a ser suprida pelo sistema para cada nível

Local	Vazão suprida pelo sistema (m ³ /h)		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Térreo	813,09	1.105,72	1.226,11
Acervo	443,43	594,24	666,05
1 Pavimento	1.081,12	1.472,69	1.631,03

Fonte: Autora, 2020

Devido ser um sistema de ventilação única, a vazão de ar exterior suprida pelo sistema é igual a vazão de ar exterior suprida na zona de ventilação.

5.2.2 Cálculo da Taxa de Recirculação de Ar Interno

A taxa de recirculação de ar interno é referente à quantidade de vezes que o volume de ar do ambiente é trocado em um intervalo de tempo no mesmo ambiente. No caso na Biblioteca a recirculação de ar é realizada por aparelhos de ar-condicionado. O conforto térmico é valorizado após a troca de ar, devido a retirada de impurezas do ar no ambiente.

O cálculo da taxa de recirculação de ar interno foi feito pela Equação 4. A Tabela 19 exhibe o resultado da capacidade de recirculação de ar para cada ambiente.

Tabela 19 – Capacidade de recirculação de ar para cada ambiente

Local	Quantidade de equipamentos	Vazão (m ³ /h)	Volume (m ³)	Capacidade de Recirculação (h ⁻¹)
Térreo	3	5.764	824,21	7
Acervo	5	9.328	671,43	14
1º pavimento	5	8.910	1033,21	9

Fonte: Autora, 2020

A ANVISA recomenda na RN 09 a Taxa de Renovação do Ar adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de 17 m³/hora/pessoa, para ambientes com alta rotatividade de pessoas. A renovação de ar é a quantidade de ar novo externo alimentado no ambiente, enquanto o que é apresentado na Tabela 19 é a Taxa de Recirculação de Ar que é o retorno e a refrigeração do ar no ambiente.

No caso da Biblioteca, os cálculos de Renovação de Ar geraram valores recomendados, baseados nos dados obtidos através da área refrigerada e dos equipamentos instalados, porém na edificação não existe Renovação de Ar, sendo esse valor considerado zero. O sistema de condicionamento de ar instalado deixa o ar saturado, apesar de a temperatura no ambiente ficar mais agradável do que o ambiente externo. É necessário aumentar a vazão de ar do ambiente, instalando um sistema de renovação e filtragem de ar associado ao sistema de ar-condicionado existente, além da manutenção e limpeza dos maquinários.

No dia 27/02, considerado um dia típico do inverno amazônico, a temperatura média na área externa era de 27,4 °C, no ambiente interno a temperatura era de 25,6 °C no térreo, de 25 °C no acervo e de 23,4 °C no 1º pavimento. A ANVISA (RN09), determina que a temperatura em uma biblioteca deve estar entre 21 °C e 23 °C (verão) e 20 °C a 22 °C (inverno), como pode-se observar as temperaturas estão fora do que determina a norma, e provocam desconforto térmico aos frequentadores do ambiente.

No dia 09/07, considerado um dia típico do verão amazônico, a temperatura média na área externa era de 29,7 °C no ambiente interno a temperatura era de 22,6 °C no térreo, de 17,5 °C no acervo e de 21,6 °C no 1º pavimento. Apesar da temperatura estar dentro do parâmetro recomendado pela RN09, ratifica a necessidade de Renovação de Ar no ambiente, pois só se obteve essa temperatura devido o ambiente estar vazio, pois a circulação de pessoas no ambiente influencia na temperatura e produção de CO₂.

A ventilação natural seria uma alternativa para a renovação do ar interno, porém, por ser uma biblioteca o ambiente necessita de silêncio, além da necessidade de conservação do acervo. Outro fator seria a temperatura do ambiente, já que Belém é uma cidade de clima quente e úmido, precisando na maior parte do dia de ambientes climatizados para o conforto térmico dos usuários. Além de a arquitetura da edificação dificultar a abertura de portas e janelas para a circulação de ar.

Dessa forma, quando se tem um ambiente sem renovação de ar adequada, não é recomendado a permanência de pessoas no local, pois compromete a saúde, o bem-estar e a produtividade dos frequentadores do local, devido a quantidade de poluentes e substâncias que estão no ar do ambiente.

Para uma boa taxa de renovação de ar é importante implantar estratégias de melhoria da qualidade do ar do ambiente, sempre buscando a melhor alternativa, adequando a particularidade de cada local. Não esquecendo a importância da periodicidade de manutenção dos maquinários instalados no ambiente, o que proporcionará conforto térmico e ar de qualidade para os frequentadores.

5.2.3 Resultados dos Parâmetros Adotados Para Medição

Os parâmetros que foram medidos e analisados são: Material Particulado (PM_{10} , $PM_{2,5}$ e $PM_{1,0}$), Formaldeído (HCHO), Compostos Orgânicos Voláteis (COV), Umidade, Temperatura e Dióxido de Carbono (CO_2).

Os dados dos parâmetros coletados no dia 27 de fevereiro de 2020 e no dia 09 de julho de 2020 foram comparados e analisados. A escolha dessas datas ocorreu em virtude de apresentarem características meteorológicas parecidas, mesmo sendo de estações climáticas diferentes. Uma considerada é “inverno amazônico” e a outra o “verão amazônico” respectivamente. A Tabela 20 mostra as características climáticas dos dias de medições na cidade de Belém (PA).

Tabela 20 – Características climáticas dos dias de medições na cidade de Belém (PA)

Hora	Temperatura Máxima (°C)		Temperatura Mínima (°C)		Umidade Máxima (%)		Umidade Mínima (%)	
	27/02	09/07	27/02	09/07	27/02	09/07	27/02	09/07
08:00	23,7	24,6	23,6	24,3	93	93	93	92
09:00	23,9	24,7	23,7	24,4	93	93	93	93
10:00	23,7	24,6	23,4	24,5	93	93	93	93
11:00	24	25,6	23,7	24,5	93	93	93	90
12:00	24,5	27,7	23,9	25,5	93	91	93	81
13:00	26,1	29,6	24,3	27,7	93	83	91	74
14:00	28,8	30,4	25,9	28,9	91	77	81	66
15:00	29,5	31,0	28,3	29,9	83	70	71	60
16:00	29,1	31,6	28	29,9	75	66	71	55
17:00	30,3	32,2	28,5	31,2	73	59	63	53
18:00	30,6	32,7	29,1	31,8	71	58	63	51

Fonte: Adaptado do INMET, 2020

Durante a medição no dia 27/02 estavam presentes 28 pessoas no pavimento térreo, 7 pessoas no acervo e 39 pessoas no 1º pavimento, a área externa estava bastante movimentada devido ser um dia típico de funcionamento da instituição de ensino. A medição do dia 09/07, possui característica oposta ao dia 27/02, pois, devido a pandemia o número de pessoas para entrar na instituição estava restrito, tendo apenas 3 pessoas circulando esporadicamente pela área externa durante a medição, já na área interna da biblioteca estava presente somente a pessoa responsável pela medição nos ambientes (pavimento térreo, acervo e 1º pavimento).

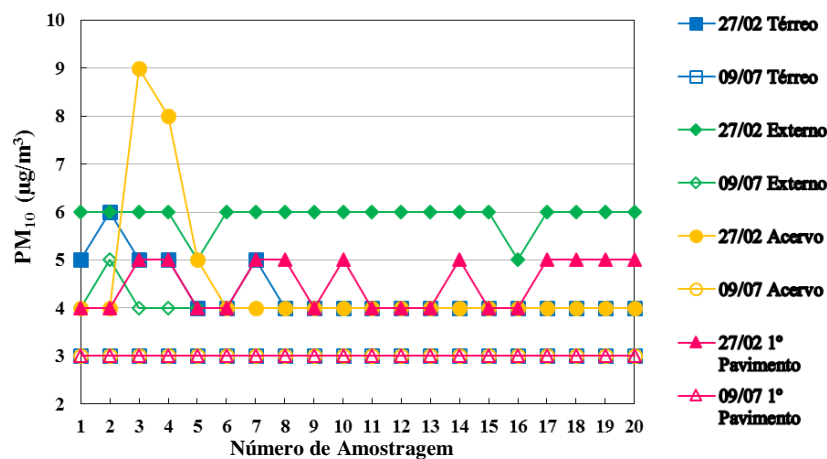
5.2.3.1 Material particulado (PM)

A poluição por partículas, mas conhecida por Material Particulado ou pela sigla PM (que é a abreviação do nome em inglês “*particulate matter*”) é referente à mistura encontrada no ar, de partículas sólidas e gotículas líquidas. Nesta pesquisa, o material particulado medido foi PM_{10} , $PM_{2,5}$ e $PM_{1,0}$.

PM_{10} são partículas inaláveis com diâmetro menor ou igual a 10 micrômetros, como poeira, pólen, mofos, fungos etc. O $PM_{2,5}$ são partículas finas inaláveis com diâmetro menor ou igual a 2,5 micrômetros, como compostos orgânicos, metais e outros. E o $PM_{1,0}$ são também partículas finas inaláveis com diâmetro menor ou igual a 1 micrômetro, tais como fumaça, fuligem, vírus e bactérias.

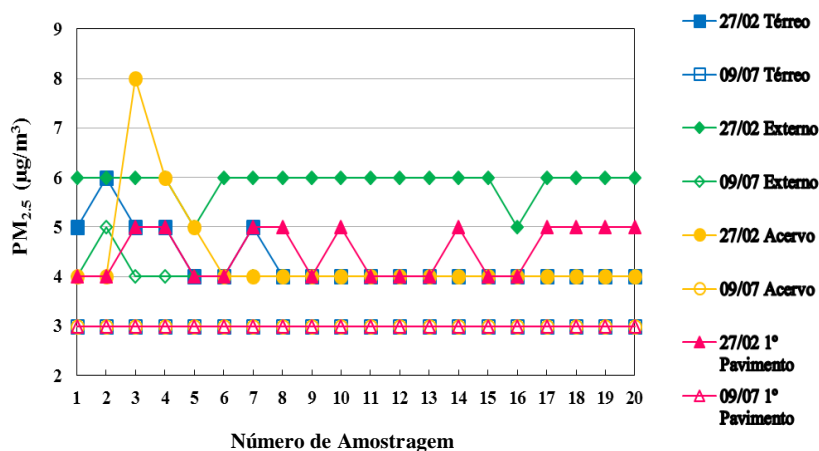
Os gráficos dos dados coletados de Material Particulado (PM_{10}) e ($PM_{2,5}$) são mostrados na Figura 26 e na Figura 27 respectivamente. Os dados são referentes ao ambiente da biblioteca e da área externa.

Figura 26 – Dados de medição de Material Particulado (PM_{10}) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada



Fonte: Autora, 2020

Figura 27 – Dados de medição de Material Particulado ($PM_{2,5}$) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada



Fonte: Autora, 2020

Os dados dos gráficos, elucidam que os ambientes analisados não possuem um valor expressivo de concentração de PM_{10} e $PM_{2,5}$, permanecendo todos abaixo da concentração máxima permitida pelo CONAMA nº 491/2018 que é de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} e de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $PM_{2,5}$, estes são valores referentes a média aritmética anual. Os valores de concentração de PM_{10} e $PM_{2,5}$ são iguais ou próximos de acordo com cada ambiente e data de medição, apresentando a mesma concentração apesar de serem partículas de tamanhos diferentes.

A concentração de PM_{10} e $PM_{2,5}$ são menores nos ambientes interno do que na área externa, tendo somente em 1 ponto no dia 27/02, a concentração do PM_{10} e do $PM_{2,5}$ ultrapassou o valor de PM na área externa, tal fato se torna relevante para alterar a qualidade do ar interno, o que indica a retirada do PM do ambiente pelos filtros dos maquinários (Split) instalados.

Outra observação importante acerca da análise dos gráficos é o fato do PM ser maior no acervo do que nos outros ambientes, bem como se observar o aumento em todos os dados no dia em que se tinha pessoas circulando pelos ambientes (27/02). Quando há fluxo de pessoas no espaço, a frequência do ar interno tem bastante variação, favorecendo o aumento de concentração de PM no ambiente.

O acervo é um local muito propício para o armazenamento desse poluente, devido a quantidade de livros, estantes, bancos, entre outros. O mobiliário e os livros têm facilidade para que pequenas partículas fiquem alojadas em suas superfícies, porém, quando há movimentação de ar, essas partículas flutuam no ambiente por um longo tempo, depois com ajuda da gravidade se concentram no piso de tal modo que pode mascarar a sua presença no ambiente por saírem da zona respirável. A movimentação de ar pode ocorrer pela ventilação mecânica, ventilação natural, pessoas transitando e pelo folhear de livros, cadernos etc.

Li et al. (2015) fizeram um estudo em bibliotecas na China, no qual utilizou como parâmetros para os seus dados coletados, o padrão nacional que é de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $\text{PM}_{2,5}$ e de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} .

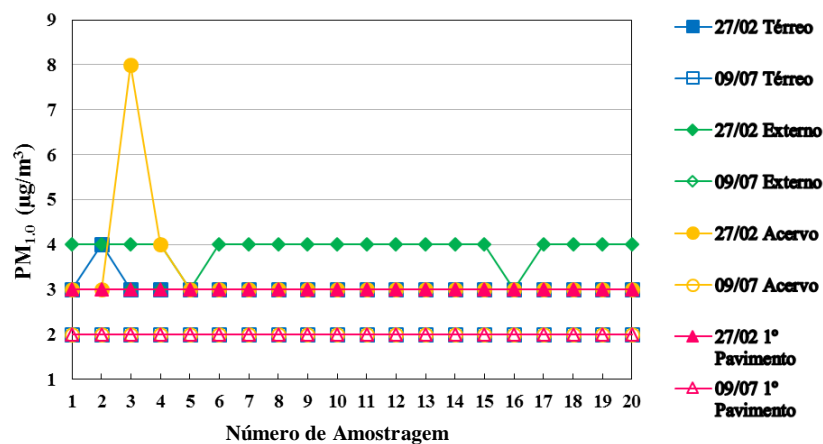
Já em 2017, Li et al., questionaram sobre os valores permitidos pelo padrão nacional para a concentração do $\text{PM}_{2,5}$, por não considerarem como requisito claro os valores adotados pelos "padrões de qualidade do ar ambiente". Em todas as detecções feitas de $\text{PM}_{2,5}$ o valor foi geralmente de 70 % do obtido da concentração de PM_{10} . E, ainda, indica que em dias de neblina, a concentração de partículas finas nos ambientes é muito alto e precisa da adoção de medidas eficazes.

A norma nacional da China, GB 3095-2012, fornece concentração de controle de ar de um ambiente padrão para $\text{PM}_{2,5}$ em que a concentração média diária é de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e o padrão secundário para a concentração média diária é de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para PM_{10} a concentração média diária é de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quanto que o padrão secundário para a concentração média diária é de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De acordo com Rovelli et al. (2014), a OMS desenvolveu diretrizes específicas para poluentes internos que se referiam à Diretrizes de Qualidade do Ar (AQGs) existentes no ambiente, no caso de $\text{PM}_{2,5}$ e PM_{10} . As concentrações máximas nos ambientes internos de níveis de $\text{PM}_{2,5}$ e PM_{10} , conforme as diretrizes da OMS de 24 horas são de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

O gráfico dos dados coletados de Material Particulado ($\text{PM}_{1,0}$) é exposto na Figura 28. Esses dados também são referentes aos ambientes da biblioteca e a área externa.

Figura 28 – Dados de medição de Material Particulado ($\text{PM}_{1,0}$) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada



Fonte: Autora, 2020

Conforme os dados do gráfico, da Figura 28, os ambientes analisados também não possuem um valor expressivo de concentração de $PM_{1,0}$, apesar de não se ter encontrado norma com valor de referência para a concentração máxima permitida deste poluente, nota-se que seu valor de concentração no ambiente foi menor que os de concentração de PM_{10} e de $PM_{2,5}$. Com exceção a 1 ponto da medição do dia 27/02 no acervo, em que o valor do $PM_{1,0}$ foi mais alto que o valor do ambiente externo neste mesmo dia, o qual também chegou a ser o mesmo valor do $PM_{2,5}$.

Esse aumento de concentração de $PM_{1,0}$, $PM_{2,5}$ e de PM_{10} no mesmo ponto, dia de coleta e ambiente, pode ter sido provocado por uma movimentação de ar.

Chen et al. (2017) também se referem à publicação do governo chinês a respeito dos padrões nacionais de qualidade do ar no ambiente (NAAQS) em 2012, mas, nenhum padrão foi definido para $PM_{1,0}$. Na verdade, o $PM_{1,0}$ não é regulamentado em muitos outros locais, como nos EUA, Brasil e União Europeia, tal fato ocorre devido à falta de evidências sobre este poluente.

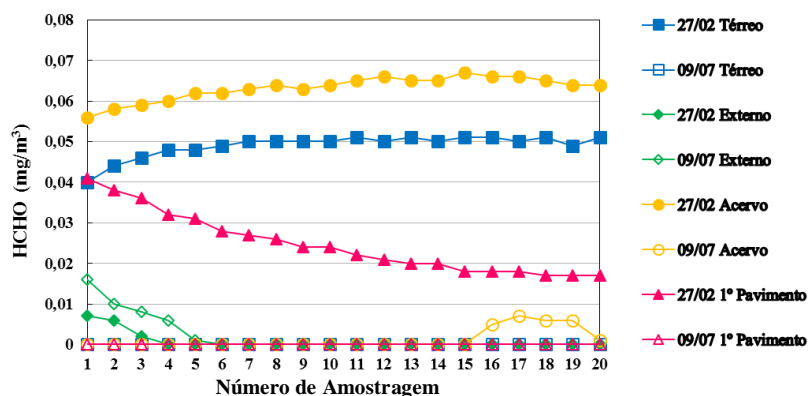
Atualmente, espera-se a publicação de norma com valores para concentração máxima de $PM_{1,0}$, com a pandemia a preocupação do mundo se voltou para buscar alternativas de contenção de partícula neste tamanho (1 μm), este pode representar o tamanho de vírus e de bactéria. A importância de se obter informações relacionados à quantidade dessa partícula no ambiente, poderá ajudar em pesquisas de teste de filtros, bem como na implantação de medidas mitigadoras para prevenir danos à saúde provenientes deste poluente, além de contribuir para o bem-estar da população.

5.2.3.2 Formaldeído (HCHO)

O formaldeído é um gás incolor que exala odor forte, principalmente, quando sua concentração está elevada, este pode ser encontrado em diversos objetos, como carpetes, roupas, móveis e até mesmo em tintas usadas, livros, jornais e revistas. Desse modo, tal poluente pode trazer danos tanto ao sistema imunológico, quanto ao respiratório.

O gráfico dos dados coletados de Formaldeído (HCHO) é revelado na Figura 29. Os dados também são referentes aos ambientes da biblioteca e da área externa.

Figura 29 – Dados de medição de Formaldeído (HCHO) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada



Fonte: Autora, 2020

Como apontado nos dados do gráfico (Figura 29), todos os ambientes analisados possuem um valor abaixo do determinado pela NR-15 que é de $2,3 \text{ mg/m}^3$ em até 48h/semana. Porém, constatou-se que a concentração nos ambientes internos é maior do que na área externa, no dia que se tem movimentação na biblioteca. Quando ela está vazia tanto no pavimento térreo quanto no acervo, não detectam a presença desse poluente, isso incide somente no final da medição do acervo, mas, também, com uma taxa baixa.

Das concentrações detectadas no dia 27/02, o local que apresentou uma maior quantidade desse poluente é o acervo seguido pelo pavimento térreo. Esses dois ambientes são os que mais recebem visitantes, tornando-se os locais mais propícios para a formação desse poluente, seja pela quantidade de livros, revistas e/ou seja pelo mobiliário de ambos os ambientes. As divisórias dos ambientes também podem ser fontes desse poluente.

A OSHA estabelece que o limite máximo permitido para o formaldeído seja de $1,1 \text{ mg/m}^3$ (0,75 ppm) por 8 h de jornada de trabalho, e a tolerância para um período de 15 min seja de 3 mg/m^3 (2 ppm). Usando como parâmetro de limite de tolerância a OSHA, o formaldeído está com concentração abaixo do que a norma sugere, este fato não é indicativo para reprovação da qualidade do ar nos ambientes.

O Conselho Nacional de Pesquisa (NRC) dos EUA, informa que a concentração de $0,15$ a 3 mg/m^3 (0,1 a 2,0 ppm) de formaldeído provoca irritação na mucosa ocular, na mucosa e cavidade nasal, na faringe e na laringe. Já em concentração entre $7,5$ e 45 mg/m^3 (5 e 30 ppm) pode trazer problemas graves para a traqueia, brônquios e pulmões.

Na Alemanha, o limite máximo de concentração é de $1,5 \text{ mg/m}^3$ (1 ppm) por 8 h/dia. Na Dinamarca o limite máximo de concentração é de $0,45 \text{ mg/m}^3$ (0,3 ppm) para 8 h/dia. Na

Coreia a concentração máxima estabelecida pela Lei Coreana de Qualidade do Ar Interior é de 0,1 mg/m³ para 8 h/dia.

De acordo com Kim, J. et al. (2013), a emissão de formaldeído em ambientes interno está associada a idade da edificação e materiais usados dentro dos ambientes e mobiliário.

5.2.3.3 Compostos orgânicos voláteis (COV)

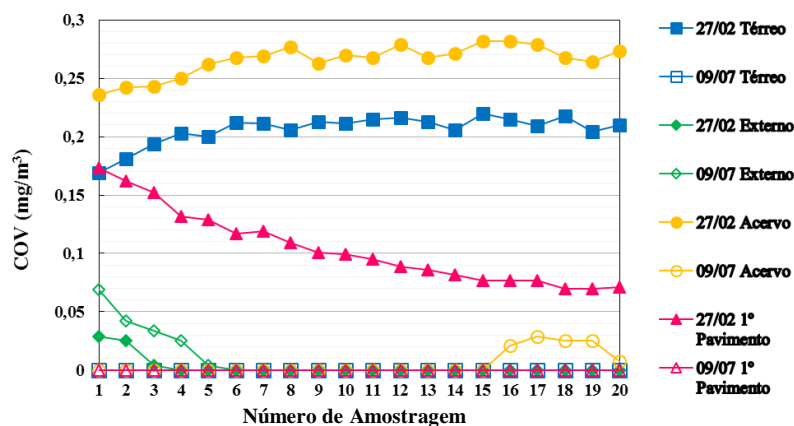
Os COVs são compostos químicos orgânicos, que se tornam voláteis dependendo da temperatura e da pressão no ambiente. São comuns no ar interior, uma vez que estão presentes em materiais como: livros, produtos de limpeza, solventes, repelentes, tintas, móveis, carpetes, cola, marcadores permanentes, entre outros.

A inalação de COV é nociva à saúde, o que pode trazer problemas, como por exemplo, dor de cabeça, alergia, irritação dos olhos, nariz e garganta, falta de ar, tontura, perdas de coordenação motora, náuseas, danos no fígado, danos no rim e no sistema nervoso central.

Dessa forma, a ventilação no ambiente é muito importante para o não acúmulo desses poluentes. Ressalta-se que ao utilizar no ambiente produtos que emitem COV é importante aumentar a ventilação do local, para ajudar na redução da exposição a esse poluente, contribuindo com a melhoria da qualidade do ar interno e diminuindo, então, a possibilidade de ocorrência de danos à saúde.

O gráfico dos dados coletados de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) é mostrado na Figura 30. Os dados também são referentes aos ambientes da biblioteca e área externa.

Figura 30 – Dados de medição de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada



Fonte: Autora, 2020

De acordo com a Figura 30, os dados medidos em todos os ambientes internos e externo possuem um valor abaixo do determinado pela NR-15 que é de 140 mg/m^3 em até 48 h/semana. No dia 09/07, não foi detectada a presença desse poluente no pavimento térreo e no 1º pavimento, porém foi detectado uma pequena quantidade no acervo, mas voltou a zerar no final da medição. Na área externa, detectou-se somente no começo da medição, zerando em seguida, tal fato pode ter ocorrido em virtude da movimentação do vento.

Nos dados do dia 27/02, o acervo é o local que apresentou maior concentração desse poluente, seguido do pavimento térreo e do 1º pavimento. Averiguou-se que a concentração de COV é maior nos ambientes internos do que na área externa, o que zerou a concentração de COV na maior parte da medição. A concentração de COV na biblioteca acontece devido a permanência de pessoas no local, a ventilação ineficiente, a utilização de livros, o material de limpeza, entre outros.

De acordo com Cincinelli et al. (2016), na concentração de COV em ambientes internos não industriais são geralmente relatados valores abaixo 1 mg/m^3 e poucos excedem 25 mg/m^3 . Acima desse intervalo, aumenta a probabilidade dos efeitos sensoriais, incluem-se secura e fraca irritação nos olhos, nariz, vias aéreas e pele.

5.2.3.4 Temperatura (T) e umidade relativa (UR)

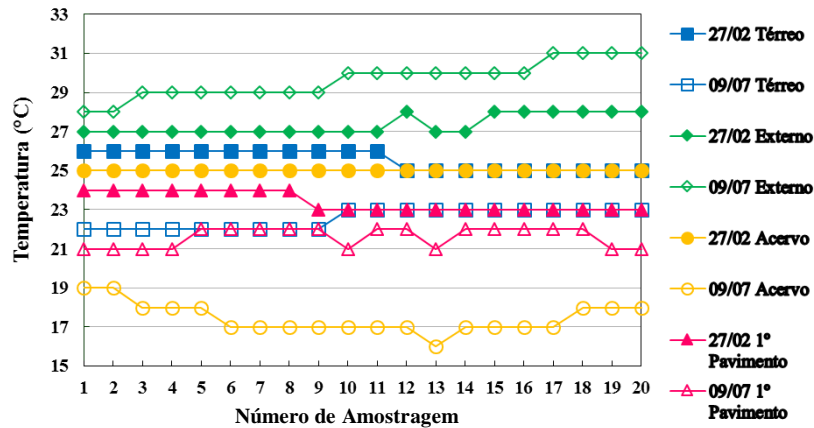
Em bibliotecas, a variação de temperatura e de umidade relativa são fatores que influenciam diretamente na deterioração de materiais bibliográficos, os quais favorecem a proliferação de agentes biológicos, e causam desconforto para os frequentadores do local.

Os gráficos dos dados coletados acerca da Temperatura (T) e Umidade Relativa (UR) são mostrados na Figura 31 e na Figura 32 respectivamente. Os dados são referentes aos ambientes da biblioteca e a área externa.

Temperaturas elevadas tendem a causar alteração nas cores das obras e livros. Já as temperaturas baixas favorecem a formação de gotículas devido ao ar suportar menor quantidade de água, tornando o clima propício para danificar as obras e livros. A variação de temperatura também é responsável pelo desconforto no ambiente.

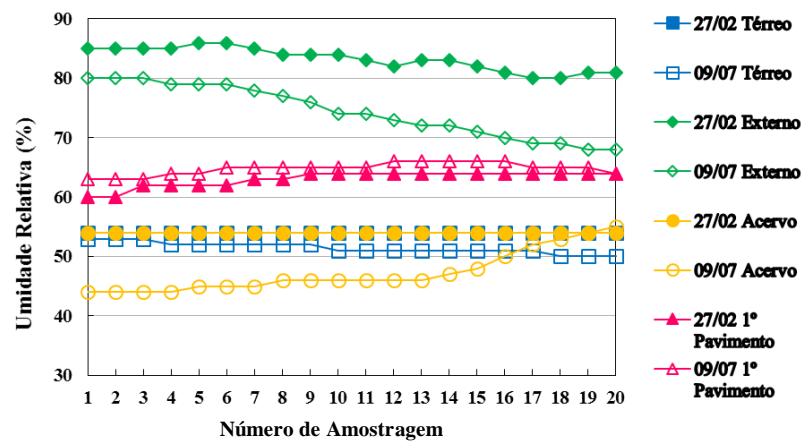
A umidade elevada no ambiente é grande aliada na proliferação de fungos, mofo e bolor, estas contribuem com a deterioração dos acervos, além de serem prejudiciais à saúde dos frequentadores do local, podem agravar problemas respiratórios e alérgicos.

Figura 31 – Dados de medição de Temperatura (T) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada



Fonte: Autora, 2020

Figura 32 – Dados de medição de Umidade Relativa (UR) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada



Fonte: Autora, 2020

Segundo os dados dos gráficos das Figuras 31 e 32, em alguns ambientes analisados possuem valores de temperatura e umidade acima do limite de tolerância da Resolução 09 da ANVISA (RN09), determina que a temperatura deve estar entre 21 °C e 23 °C (verão) e 20 °C a 22 °C (inverno) e a umidade 40 % e 55 %. Vale destacar que Belém é uma cidade com o clima predominante quente, então o parâmetro a respeito à temperatura mais indicado para ser adotado é o do verão para as duas datas.

A temperatura foi maior na área externa do que na interna neste dia 27/02. O pavimento térreo e o acervo possuem a temperatura bem parecidas acima dos 23 °C, valor máximo determinado pela RN09, quanto que no 1º pavimento a temperatura fica no limite do que recomenda a NR09. No dia 09/07, com o ambiente vazio, a temperatura do acervo ficou baixo do mínimo exigido pela RN09 que foi de 21 °C, todavia as temperaturas do pavimento térreo e do 1º pavimento estão dentro do limite estabelecido pelo RN09.

Nas duas medições, os equipamentos de Split foram ligados e programados para funcionarem na temperatura mínima dos equipamentos que é de 17 °C. No dia 27/02, os aparelhos de Split instalados não conseguiram proporcionar o conforto térmico adequado e dentro da faixa de temperatura indicada na RN09, a temperatura do pavimento térreo ficou bem próxima a temperatura do ambiente externo. A movimentação dos frequentadores (entrada/saída) é uma das causas da não estabilidade da temperatura, mesmo os ambientes não estando com a sua capacidade máxima preenchida na hora das medições.

Quando o ambiente está vazio, nota-se que os maquinários de Split instalados operam com mais eficiência, necessitando de regulação da temperatura para ficar de acordo com o que recomenda a RN09.

Belém é uma cidade úmida, como comprova o gráfico da Figura 32 de acordo com as medições do ambiente externo. O 1º pavimento, nas duas medições, fica acima do limite máximo recomendado pela RN09 que é de 55 %. Sendo indispensável utilizar a função de desumidificador dos aparelhos ou verificar a eficiência dos Split para conforto do ambiente. O pavimento térreo, em ambas as medições, fica no limite máximo recomendado pela resolução da Anvisa. No dia 27/02, a umidade no acervo ficou no limite do valor recomendado, e no dia 09/07 ficou dentro da faixa recomendada. A presença de umidade elevada nos ambientes são indicadores da existência de colônias de fungos presente no forro de todo os ambientes que fazem parte desta pesquisa.

As normas apresentam o intervalo de níveis para uma melhor qualidade e preservação dos ambientes e materiais expostos. Para o armazenamento de materiais, arquivo e biblioteca, o nível de umidade mais baixo aceitável ainda possui várias referências, sendo necessário escolher a que se adapta mais ao clima do ambiente, tipo de material, estado de preservação do material, idade da edificação, entre outros.

Drougka et al. (2020) mostram que de acordo com UNI 10586:1997, é feito o intervalo de 2–20 °C para temperatura e de 30–60 % para UR, os valores dentro destes intervalos suprem as limitações para papel e couro.

Drougka et al. (2020) também articulam que os valores limites de 21 ± 1 °C e 50 ± 3 % UR, que foram introduzidos em 1979 (La Fontaine, 1979), ainda são frequentemente considerados como limites de referência para evitar deterioração do livro. E citam que os valores clássicos de referência para as condições de conservação, segundo Thomson (1994), são uma temperatura definida para 20 °C e uma umidade relativa de 50 %. Tendo uma ligeira mudança para 18 °C e 45 % UR (recomendado por Davis, 2006) para poder aumentar significativamente a vida útil de certos tipos de materiais.

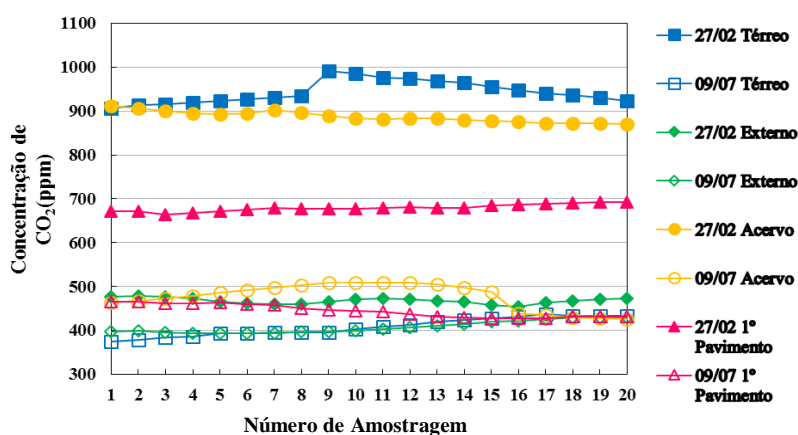
Segundo Li et al. (2015), para as bibliotecas a temperatura interna deve variar entre 21-23 °C, e a umidade relativa deve atender ao conforto interno estando entre 40 % - 60 %.

De acordo com a ASHRAE (2015), para materiais sensíveis é indicado adotar uma faixa de temperatura de 15-25 °C e o valor-limite de 50 % de UR. Para coleções em geral a faixa de temperatura adotada é de 20–30 °C e o valor-limite de 60 % de UR.

5.2.3.5 Dióxido de carbono (CO₂)

O gráfico dos dados coletados de Dióxido de Carbono (CO₂), também conhecido como gás carbônico é exposto na Figura 38. Ressalta-se que, os dados também são referentes aos ambientes da biblioteca e a área externa.

Figura 38 – Dados de medição de Dióxido de Carbono (CO₂) em diferentes pontos e datas na Biblioteca estudada



Fonte: Autora, 2020

A Resolução 09 da ANVISA (RN09) e a NIOSH determinam que o valor máximo de concentração de CO₂ no ambiente é de até 1000 ppm. Conforme os dados do gráfico da Figura 38, em ambos os dias de medição o nível de CO₂ externo é menor do que o interno.

No dia 27/02, o pavimento térreo teve o nível de CO₂ bem próximo ao valor máximo recomendado. O acervo que fica no mesmo pavimento do térreo também teve o nível de CO₂ elevado quando comparado com o nível de CO₂ do ambiente externo. Apesar de estarem dentro do valor de referência, os valores medidos entram num parâmetro de alerta, haja vista que os ambientes não estavam lotados, logo, por esses dados, identifica-se que a troca de ar está deficiente. Os dados do 1º pavimento coletados, neste mesmo dia, apresentam nível de CO₂

aceitável de acordo com o limite de tolerância recomendado pela RN09, entretanto, seu valor é maior que o nível do ambiente externo.

Os dados coletados no dia 09/07 dos ambientes internos da biblioteca, também estão dentro do limite de tolerância recomendado pela RN09. As medições foram feitas com os ambientes vazios e o nível de CO₂ interno foi maior que o nível de CO₂ externo, ratificando a deficiência da troca de ar na edificação.

Um ambiente com alto nível de CO₂ pode trazer danos à saúde, uma vez que o excesso de CO₂ no organismo pode causar hipercápnia, este é o nome dado quando o nível de CO₂ está elevado no sangue, e pode causar sintomas como dores de cabeça, letargia, sonolência, convulsão e, se não tratado, pode levar ao coma e conseqüentemente à morte.

De acordo com Li et al. (2015), os níveis de concentrações de dióxido de carbono e o número de pessoas são inseparáveis, pois estão diretamente ligados, e indicam que o valor do padrão nacional na China é em torno de 1000ppm.

Para Järvi et al. (2018), os dados de medição de CO₂ são classificados em concordância com a Classificação Finlandesa de Ambiente Interno e Emissão de Materiais, os separam em 3 categorias os ambientes: S1, S2 e S3. Determinando que os valores máximos de CO₂ são de 700 ppm para S1, 900 ppm para S2 e de 1200 ppm para S3.

Rovelli et al. (2014) despontam que os níveis de CO₂ são indicados pelo padrão americano, e recomendado pela Sociedade de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado (ASHRAE), o valor máximo de 1.000 ppm.

5.3 ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR

Índice de Qualidade do Ar (IQA) é um indicador do nível de poluição do ar em um ambiente que tem o objetivo de apresentar informações sobre a qualidade do ar. A Biblioteca é um lugar fechado propício para pessoas passarem um bom do tempo durante o dia. A baixa qualidade do ar neste ambiente é associada ao desenvolvimento de patologias respiratórias. No presente estudo, o sintoma com maior prevalência foi crises de espirros, seguido por falta de concentração. Atualmente, a OSHA não possui padrões de qualidade do ar interno (QAI), mas fornece diretrizes sobre as queixas mais comuns sobre o local de trabalho da QAI.

Para avaliar a qualidade do ar interior de um ambiente, as considerações incluem o nível de abafamento, a quantidade de poluentes gasosos, odores, e a quantidade de partículas em suspensão. O abafamento do ar é geralmente determinado pela medição do nível de CO₂,

enquanto os compostos orgânicos voláteis (COVs) são mensurados para avaliar o nível de poluentes.

Por exemplo, a concentração normal de CO₂ no ar externo é entre 250-350 ppm, já em um espaço interno padrão, com uma boa taxa de renovação de ar, varia de 350-1.000 ppm. Acima de 1.000 ppm, os usuários podem começar a reclamar de fadiga e falta de ar. Quando os níveis atingem 2.000-5.000 ppm, o ar fica perceptivelmente rançoso, parado e abafado, podendo causar dores de cabeça, sonolência, má concentração, perda de atenção e até aumento da frequência cardíaca e ligeiras náuseas. O limite de exposição no local de trabalho, na maioria das legislações, é de 5.000 ppm para um período de 8 h. Além disso, os níveis de COV são normalmente 2-5 vezes maiores em ambientes internos do que externos, devido aos numerosos produtos domésticos que liberam esses químicos.

A Tabela 21, mostra dos Limites de Tolerância adotados para comparação com a média dos parâmetros medidos na análise quantitativa.

Tabela 21 – Comparação dos Limites de Tolerância com os Parâmetros medidos

Parâmetros	Valores dos Limites de Tolerância (ambiente interno)	27/02			09/07		
		Térreo	Acervo	1º Pav	Térreo	Acervo	1º Pav
CO ₂	até 1000 ppm	944	887	679	408	477	445
PM ₁₀	40 µg/m ³ 50 µg/m ³	4,3	4,5	4,5	3	3	3
PM _{2,5}	20 µg/m ³	4,3	4,4	4,5	3	3	3
PM _{1,0}	-	3,1	3,3	3	2	2	2
COV	140 mg/m ³	0,206	0,266	0,104	0	0,005	0
HCHO	2,3 mg/m ³	0,049	0,063	0,025	0	0,001	0
Umidade	40 % e 55 %	54	54	63,1	51,5	47,3	64,8
Temperatura	21 °C e 23 °C (verão) 20 °C a 22 °C (inverno)	25,3	25	23,4	22,6	17,5	21,6
Taxa de Renovação de Ar	Mínimo de 17 m ³ /hora/pessoa	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2020

Como mostrado na Tabela 21, em geral, as concentrações dos parâmetros monitorados estavam abaixo da concentração máxima da referência adotada, exceto a Umidade Relativa, a Temperatura, e a Taxa de Renovação de Ar. No entanto, o CO₂ apresentou valores significativos, que necessitam de atenção e cuidados.

É necessário ter sistema de renovação do ar interno eficiente, pois estará assegurando a qualidade do ar, o conforto térmico e diminuindo o impacto na saúde e produtividade dos frequentadores do ambiente.

O ambiente não possui aberturas para ventilação natural, e constatou-se que se tem uma baixa renovação de ar, não só pela taxa de renovação de ar interno ser abaixo do que é recomendado como valor mínimo, mas também pelo valor obtido na medição do CO₂, devido ser maior nos ambientes interno do que no ambiente externo, mesmo com o ambiente vazio.

A produção de CO₂ no ambiente está relacionada diretamente ao metabolismo dos ocupantes e as taxas de ventilação, este índice tende a diminuir quando o ambiente está desocupado.

Na Biblioteca, no dia que o ambiente estava ocupado por frequentadores, o nível de CO₂ chegou próximo ao valor máximo recomendado, isso significa que o tamanho do ambiente, número de ocupantes, ventilação insuficiente, e equipamentos ineficientes são as causas da impossibilidade da renovação de ar adequada para a Biblioteca. Caso o nível de CO₂ exceda a 1.000 ppm, não caracteriza diretamente como ambiente perigoso à saúde e tem que ser proibido o acesso ao mesmo, mas usar o parâmetro de 1.000 ppm como uma diretriz para ajudar a controlar a qualidade do ar gerando conforto para todos os frequentadores.

A Umidade e a Temperatura também foram parâmetros que ultrapassaram os limites de tolerância recomendados. Apesar de os ambientes gerarem uma temperatura maior que a área externa, quando ocupados, a temperatura gerada não é suficiente para um conforto nos ambientes de uso comum (salões de leitura) e influenciam diretamente na temperatura do acervo, devido a única abertura (porta) para circulação de ar existente estar ligada diretamente ao salão de leitura do pavimento térreo. A umidade é um parâmetro presente em todos os ambientes de Belém, com exceção dos ambientes que fazem algum tratamento para a sua redução, a alta umidade na Biblioteca é comprovada visualmente seja pela presença de colônias de fungos ou pela deterioração das paredes. A Figura 34 mostra uma parede do pavimento térreo da biblioteca sendo deteriorada pela umidade no ambiente.

Outro parâmetro que chama atenção é o PM_{1,0} por não possuir normas que determinam o valor máximo permitido nos ambientes. Ele está classificado na categoria de partículas finas inaláveis junto ao PM_{2,5}, o tamanho da partícula é importante para determinar os efeitos causados à saúde. Pois, partículas como o PM_{1,0} e as partículas ultrafinas, podem alcançar mais rápido e fácil o sistema respiratório e, conseqüentemente, a corrente sanguínea.

O PM_{1,0} tem uma predisposição para possuir toxinas de emissões antropogênicas, incluindo metais, podendo causar lesões mais graves ao pulmão, provocar alterações genéticas e ao desenvolvimento de um câncer. Outro fator de extrema importância e de alerta para essa partícula, é que os vírus e as bactérias podem ser aerotransportadas quando associadas ao PM_{1,0}, o que poderá causar doenças infecciosas, como asma, gripe, COVID, entre outras.

Figura 34 – Umidade deteriorando parede da Biblioteca



Fonte: Autora, 2020

No ambiente interno, um dos índices determinante da qualidade do ar, que é facilmente perceptível, é o odor do local. Avaliar os odores, no entanto, é um pouco mais subjetivo do que as outras medições, pois envolve a análise não apenas de sua concentração e intensidade, mas também uma avaliação hedônica (se os odores são considerados agradáveis ou desagradáveis).

Logo, com o objetivo de identificar e caracterizar problemas relacionados com a qualidade do ar, criou-se um questionário para identificar o IQA baseado no anexo A da NBR 16401-3, por meio das percepções dos frequentadores, tais como odores, fontes causadoras de alergias, barulho, sensações térmicas, sensações de desconforto no ambiente, conforto na utilização no mobiliário, iluminação, acesso, entre outros.

Também foi criado um Quadro para contribuir na caracterização do índice da qualidade do ar, de acordo com os resultados obtidos pelo questionário IAQ, na qual está diretamente ligada ao percentual de usuários satisfeitos com a utilização do ambiente.

O Quadro 5 mostra o Questionário para Identificação de Índices de Qualidade do Ar em Bibliotecas, e o Quadro 6 mostra os graus de qualidade do ar no ambiente, de acordo com os resultados obtidos pelo questionário IAQ.

Quadro 5 – Questionário para Identificação de Índices de Qualidade do Ar em Bibliotecas

IDENTIFICAÇÃO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR EM BIBLIOTECAS

Biblioteca:
Gênero: () Masculino () Feminino () Outro
Idade: () 0 a 12 anos () 13 a 19 anos () 20 a 29 anos () 30 a 39 anos () 40 a 49 anos () 50 a 60 anos () acima de 60 anos
Quantos dias na semana frequenta esse ambiente?
() 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias () 6 dias
Quantas horas (por dia frequentado) permanece na biblioteca?
() até 1h () até 2h () até 3 h () até 4h () acima de 4h
Apresenta histórico de alergias? () SIM () NÃO
Se a resposta for SIM para a pergunta anterior, qual o tipo de alergia?
() respiratória () cutânea () alimentar () ocular () outras
Avaliação do Ambiente Interno
*As respostas estão numeradas de 1 a 5, onde: 1 = Muito ruim / Muita frequência 2 = Ruim / Frequentemente 3 = Regular / Algumas vezes 4 = Bom / Raramente 5 = Excelente / Nunca
Qual a satisfação com o ambiente frequentado?
() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
Quando frequenta o ambiente ou após frequentar, apresenta/sente:
- Dor de cabeça? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Tontura? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Espirros? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Nariz entupido? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Secreção nas vias aéreas respiratórias? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Tosse? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Dor/ardor na garganta? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Fadiga? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Sono? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

- Mal-estar? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Irritabilidade? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Sensação de poeira? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Odores humanos? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Cheiro de mofo? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Cheiro de produtos de limpeza? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Coceira ocular? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Lacrimejamento? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Coceira e/ou erupções na pele? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Se apresenta algum dos sintomas acima após a permanência no ambiente, associa com a visitação ao ambiente?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Qual a satisfação com a Temperatura do ambiente?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Qual a satisfação com a ventilação do ambiente?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Qual o seu nível de concentração no ambiente?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Qual a satisfação com a limpeza do ambiente?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Qual a satisfação com a qualidade do ar do ambiente?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Fonte: Autora, 2020

Resultado após a pesquisa baseado nas respostas da Avaliação do Ambiente Interno:

Quadro 6 – Qualidade do ar no ambiente

EXCELENTE	90 % ≤ das respostas forem o nº 5
BOM	90 % > das respostas forem o nº 4 > 50 %
ACEITÁVEL	90 % > das respostas forem o nº 3 > 50 %
RUIM	90 % > das respostas forem o nº 2 > 50 %
PÉSSIMO	90 % ≤ das respostas forem o nº 1

Fonte: Autora, 2020

A primeira parte do questionário teve o objetivo de coletar informação para caracterizar o público que frequenta a Biblioteca. A partir do item “Avaliação do Ambiente Interno” que começa a contabilizar as respostas para se obter o grau de qualidade do ar.

Para cada pergunta se tem como resposta a numeração de 1 a 5, onde o número 1 é o pior cenário e descontentamento, subindo os degraus de acordo com a percepção de cada um, chegando ao número 5 que é o melhor cenário e satisfação com o ambiente.

As respostas serão contabilizadas de acordo com o número marcado, e resultado será indicado no Quadro 6. Se 90 % das respostas for maior ou igual as respostas assinaladas no nº 5, indica-se que a qualidade do ar é “Excelente”, ou seja, o ambiente fornece saúde e bem-estar aos seus frequentadores. Porém, se 90 % das respostas forem maior ou igual as respostas assinaladas no nº 1, indica-se que a qualidade do ar é “Péssima”, ou seja, o ambiente é prejudicial à saúde e necessita de medidas mitigadoras com urgência.

Este questionário pode ser aplicado em qualquer biblioteca, independentemente se for em escolas, universidades, publicas, entre outras. O modelo pronto para utilização é disponibilizado no APÊNDICE A.

5.4 PRODUÇÃO DE PMOC

PMOC é o Plano de Manutenção, Operação e Controle de sistema de climatização de um ambiente, que possui um conjunto de documentos com informações referentes ao sistema de climatização, tais como: informações dos equipamentos instalados, descrição da rotina e periodicidade de manutenção, laudo microbiológico, entre outros. A sua principal finalidade é contribuir com medidas necessárias para garantir a boa qualidade do ar no ambiente interno.

O PMOC foi regulamentado após a publicação da Lei Federal nº 13.589 de 4 de janeiro de 2018 (ANEXO B), o que reforçou a sua importância e o tornou obrigatório para

empreendimentos que possuam sistemas de climatização a partir de 60.000 BTU. Ressalta-se que esse valor deve ser a somatória de todos os equipamentos de ar-condicionado instalados na edificação.

Todos os empreendimentos que se enquadram no que é determinado pela Lei nº13.589/18, tem o prazo de até 180 dias para elaborarem e implantarem o PMOC. O não cumprimento da lei pode gerar multas para o estabelecimento de até R\$ 1.500.000,00, dependendo do risco, recorrência e tamanho do estabelecimento. O órgão responsável pela fiscalização do cumprimento e adequação à lei é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

É indispensável para o PMOC o número máximo de ocupantes em cada ambiente refrigerado, a carga térmica dos equipamentos instalados e o tipo de atividade desenvolvida neste espaço. Para a execução é preciso ter duas ART's, uma de análise química e a outra de análise mecânica. Quanto à análise química, fez-se uma análise microbiológica, a fim de pesquisar e analisar fungos, bactérias e vírus, existentes no ambiente. Para os outros parâmetros que devem ser investigados, aplicou-se os dados obtidos nas medições dos índices de qualidade propostos neste trabalho, que são parâmetros para uma boa qualidade do ar.

Na análise mecânica do PMOC foi elaborado uma proposta de PMOC, como mostrado nas Figuras 40a e 40b, e feito o acompanhamento de uma manutenção nos maquinários executando o plano proposto. A implantação deste modelo de PMOC estará garantindo que o sistema de ventilação seja sempre eficiente e que a qualidade do ar da biblioteca seja adequada.

O acompanhamento na hora da execução de qualquer manutenção e/ou limpeza nos maquinários é de suma importância para a eficácia do PMOC, visto que é necessária a avaliação e anotações sobre cada procedimento realizado nos equipamentos.

Assim, o responsável pelo acompanhamento se torna responsável por todas as intervenções que ocorrerem nos equipamentos, bem como apto para avaliar a eficácia do plano proposto, além de colaborar com sugestões caso haja necessidade de uma reavaliação do PMOC implantado.

Para que a execução do PMOC ocorra adequadamente, recomenda-se que se faça um contrato com a empresa responsável pela execução dos serviços de manutenção e de reparação nos maquinários, com o prazo de pelo menos 1 ano, assim será possível acompanhar todas as atividades trimestrais e semestrais, caso seja indicado.

Na planilha do PMOC, a periodicidade mais longa de uma atividade de manutenção deve acontecer a cada três meses. As outras atividades, em sua maioria, são mensais. Dessa forma, a proposta de redução do tempo de algumas atividades, como por exemplo a limpeza de

filtros, semanalmente, efetua-se em virtude da preocupação com a pandemia e a qualidade do ar do ambiente.

Para que o preenchimento dessa planilha seja menos cansativo, trabalhoso e mais objetivo, deve-se inserir (Figura 35) apenas as informações necessárias durante a realização da manutenção e/ou reparação dos equipamentos. Vale lembrar, ainda, que cada tipo de equipamento demanda um cuidado e reparo diferente, logo, é importante deixar uma página de acompanhamento para cada equipamento, visto que, em alguns casos precisa-se até repetir informações para cada maquinário diferente. Ressalta-se, que o PMOC proposto estará disponível no APÊNDICE B, para melhor visualização.

O espaço para observações na planilha, é utilizado para registrar ocorrências, como, por exemplo, um chamado de manutenção corretiva ou pendência em alguma atividade fora do programado. É muito importante que se tenha o controle de todos os serviços executados e planejados. O PMOC deve ficar sempre sobre a guarda e controle do contratante, isso garantirá um controle maior sobre as atividades que foram executadas e o tempo para cumprimento de cada uma, além de dar respaldo para o contratante, caso haja fiscalização da ANVISA.

Figura 35 – Proposta de PMOC para a Biblioteca: (a) página 1; (b) página 2

PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE			
IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA/ÓRGÃO CONTRATANTE			
Nome/Razão Social:		CNPJ:	
Endereço:	Bairro:	CEP:	
Contatos:	Cidade:	Estado:	
Nome do responsável pela fiscalização:			
IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA CONTRATADA			
Nome/Razão Social:		CNPJ:	
Endereço:	Bairro:	CEP:	
Contatos:	Cidade:	Estado:	
Nome do responsável técnico:		Contato:	
Registro no Conselho de Classe:	Título do Profissional:	Nº da ART:	
Validade do PMOC:			
IDENTIFICAÇÃO DO AMBIENTE			
Local/Setor:		Área climatizada:	
Tipo de atividade:			
Número de ocupantes - Fixos:		Flutuantes:	Carga térmica:
Legenda para periodicidade: Semanal S Quinzenal Q Mensal M Bimestral B Trimestral T Semestral SM Anual A			
Quantidade de aparelhos atendidos:			
Item	Modelo	Marca	BTUs
CONDICIONADORES DE AR			
Avaliação para o Item:			
Descrição da atividade	Periodicidade	Data	Executado por:
Limpeza externa do gabinete	S		
Verificar a vedação das tampas frontais e laterais do gabinete, se necessário fazer a correção	S		
Verificar ruídos e vibrações anormais no gabinete	M		

(a)

Verificar e eliminar sujeiras, e focos de danos de corrosão no gabinete, na moldura da serpentina e na bandeja.	B			
Isolamento térmico interno (trocar se danificado e com bolor)	B			
Verificar o estado do isolamento termo acústico interno, realizar a troca caso esteja danificado ou com bolor	B			
Limpar o gabinete do condicionador e ventiladores (carcaça e rotor)	B			
Verificar vazamentos de óleo e refrigerante (corrigir se necessário)	M			
Verificar funcionamento de válvula de expansão	B			
Verificar a fixação e isolamento do bulbo da válvula de expansão	M			
Verificar o isolamento das tubulações	M			
Limpar a serpentina e bandeja	B			
Verificar a operação dos controles de vazão	B			
Verificar a operação de drenagem de água da bandeja	B			
Verificar a tensão das correias para evitar o escorregamento	B			
Medir a pressão de sucção e descarga	B			
Ajustar pressostatos se necessário	B			
Verificar aquecimento dos motores	B			
Medir correntes elétricas	B			
Verificar atuação e sinalização do painel de comando	B			
Verificar atual e regulagem do termostato	B			
Verificar isolamento elétrico	B			
* Os valores encontrados nas medições devem ser anotados em um relatório anexo no formulário do PMOC.				
FILTROS DE AR INTERNO				
Descrição da atividade	Periodicidade	Data	Executado por:	Aprovado por:
Verificar e eliminar sujeiras, danos e corrosão	S			
Verificar e eliminar as frestas do filtro	S			
Verificar e substituir (quando desgastado) o elemento filtrante	S			
Verificar as condições de suporte e fixação	S			
Trocar os filtros	T			
* Não será admitido, em hipótese alguma, o aproveitamento de filtros avariados, mesmo em pequenas proporções.				

(b)

Fonte: Autora, 2020

5.5 APLICAÇÃO DO PMOC PROPOSTO

No dia 04 de agosto de 2020, de forma informal, aconteceu o acompanhamento de uma limpeza programada nos equipamentos de ar-condicionado da Biblioteca, para a aplicar da planilha do PMOC proposto.

Na Tabela 10 está descrito todos os equipamentos instalados na área da pesquisa. A limpeza corretiva foi feita apenas no Split 1 e a limpeza preventiva nos demais Splits. De acordo com o responsável da empresa terceirizada, a última limpeza nos maquinários ocorreu em janeiro de 2020, mas sem detalhes sobre a data exata da ocorrência da limpeza e qual tipo de limpeza foi executado, se preventiva e/ou corretiva. Também, não foi apresentado qualquer documento com anotações sobre a última limpeza/manutenção nos equipamentos da Biblioteca.

5.5.1 Limpeza Corretiva (Split 1)

A limpeza corretiva é a limpeza completa do ar-condicionado. Na qual o aparelho é totalmente desmontado e higienizado, utiliza-se produtos específicos para sua limpeza, o que garantirá a eficiência e durabilidade do equipamento.

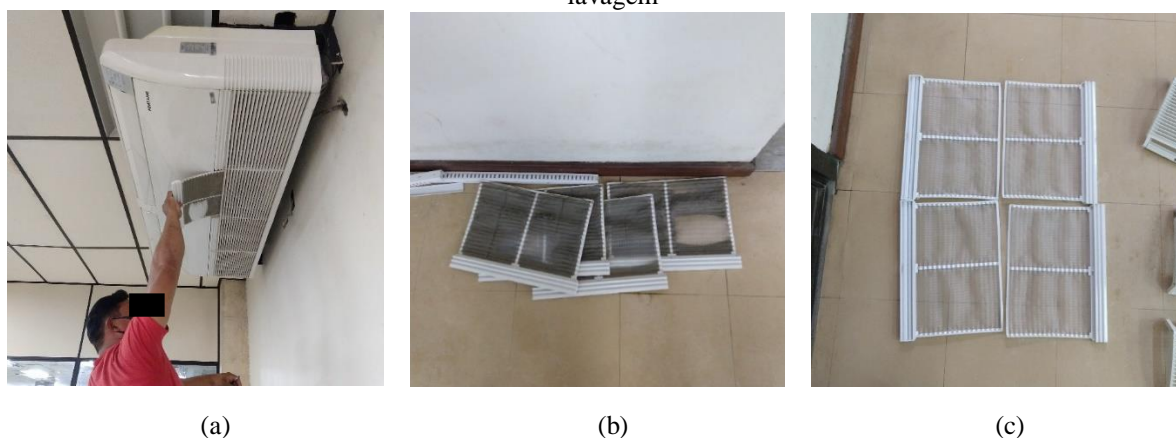
Essa limpeza, também, é fundamental, já que contribui diretamente para o bom funcionamento do aparelho, proporcionando um ambiente mais seguro e livre de contaminantes e/ou partículas nocivas e deve ser feita regularmente, a cada três meses. Conforme indicado na planilha (Figura 35) esse é o aconselhado à biblioteca, devido ser um ambiente com bastante rotatividade e presença de pessoas.

O Split 1, localizado no pavimento térreo, possui capacidade de refrigeração de 58.000 BTU. A limpeza corretiva ocorreu somente neste equipamento, por este ter passado apenas pela limpeza preventiva em janeiro de 2020.

A Figura 36a mostra a remoção e limpeza dos filtros, na Figura 36b exibe como os filtros estavam antes da lavagem e na Figura 36c como os filtros ficaram após a lavagem.

Os filtros são de fios de nylon, os quais foram retirados e lavados na área externa, com jato de água, sem a utilização de nenhum produto de limpeza, em seguida foram enxugados e repostos ao Split, após este ter sido lavado e reinstalado. Vale salientar que esses filtros nunca foram trocados, e desde a aquisição e instalação do maquinário, passaram somente por lavagens. Conforme proposto na planilha da Figura 35, o indicado é a troca desses filtros velhos por filtros novos, após a troca, a limpeza deve ser feita semanalmente, e após três meses uma nova troca de filtros.

Figura 36 – Filtros do Split: (a) remoção dos filtros do Split; (b) filtro com sujeira acumulada, (c) filtro após a lavagem



Fonte: Autora, 2020

Os filtros estão desgastados e com falhas, e foram recolocados no Split ainda úmidos, pois foram apenas enxugados com um pano. O indicado nesta proposta é que primeiramente os filtros sejam aspirados, em seguida lavados com água corrente e auxílio de qualquer sabão neutro, após a lavagem secar bem a peça à sombra.

A Figura 37 mostra a remoção dos defletores, destaque para o excesso de sujeira.

Figura 37 – Remoção dos defletores com destaque para o excesso de sujeira



Fonte: Autora, 2020

As Figuras 38a e 38b mostram as turbinas empoeiradas dentro do maquinário. O realce preto nas turbinas é o local onde o funcionário da limpeza passou um pano deixando marcado.

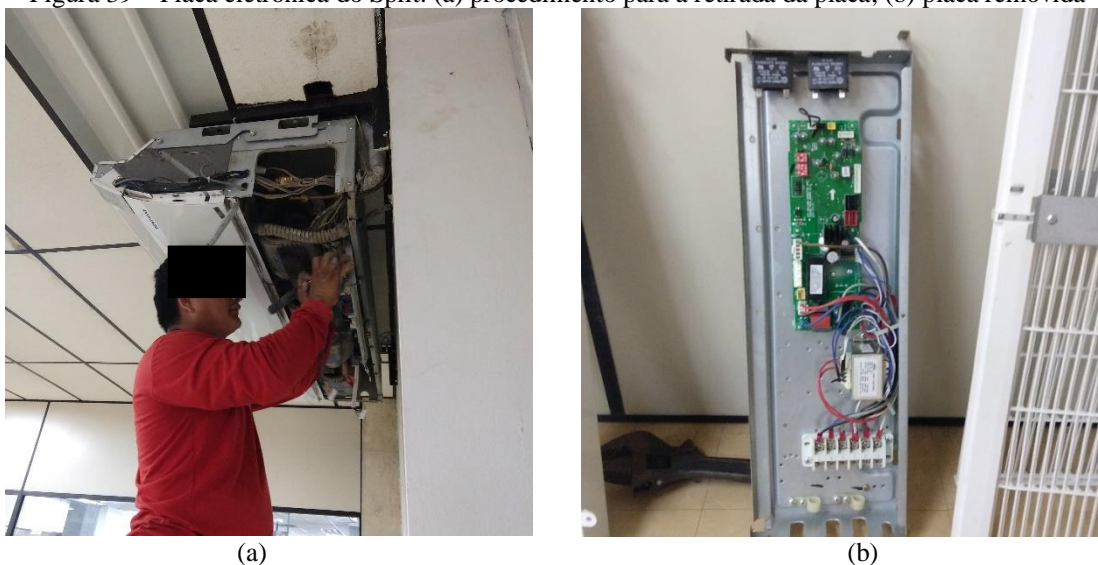
Figura 38 – Turbinas do maquinário: (a) dentro do maquinário empoeiradas; (b) detalhe da turbina suja



Fonte: Autora, 2020

As Figuras 39a e 39b apontam a retirada da placa eletrônica do equipamento.

Figura 39 – Placa eletrônica do Split: (a) procedimento para a retirada da placa; (b) placa removida



Fonte: Autora, 2020

A placa eletrônica é a parte mais sensível do equipamento, foi retirada do maquinário, mas não teve limpeza. A retirada de pó ocorreu com um pano úmido, somente na peça metálica que está fixa a placa.

A limpeza de uma placa eletrônica demanda tempo devido ser uma peça delicada. Existem vários modos de realizar a limpeza de placas eletrônicas, são necessários para a realização desse processo pincéis adequados para cada camada da placa, produto especial para limpeza dos componentes e visor com luz e lente ampliadora para a visualização dos detalhes.

Antes do maquinário ser removido, foi ligado, já sem os filtros, para realização do trancamento do gás refrigerante na unidade condensadora externa, e religado após a recolocação do aparelho. As Figuras 40a e 40b apresentam o gás refrigerante sendo trancado na unidade externa do maquinário.

Figura 40 – Trancamento do gás refrigerante na unidade externa: (a) funcionários executando o trancamento de gás; (b) detalhe da operação de trancamento de gás



(a)

(b)

Fonte: Autora, 2020

Esta proposta indica a retirada de todo o gás refrigerante para ser devolvido e medido ao final da limpeza da unidade interna e unidade externa, bem como a necessidade de verificação da pressão e das condições das tubulações.

As Figuras 41a e 41b mostram o maquinário sendo removido e levado para a área externa, local da realização da lavagem.

Figura 41 – Retirada do maquinário para a realização da limpeza: (a) remoção das peças laterais do Split; (b) remoção do split



(a)

(b)

Fonte: Autora, 2020

As Figuras 42a e 42b exibem a bandeja aberta com o antes e depois da limpeza respectivamente. Todas as peças foram lavadas com jato de água e enxugadas com o mesmo pano. A esponja da bandeja foi recolocada ainda úmida, não sendo indicado, isso contribui com a deterioração mais rápida do equipamento e com a proliferação de colônia de fungos.

Figura 42 – Bandeja aberta do maquinário: (a) antes da limpeza; (b) depois da limpeza



Fonte: Autora, 2020

Nas Figuras 43a e 43b, observa-se a lavagem da serpentina, foi limpa e colocada na bandeja respectivamente. Usou-se na lavagem da serpentina somente jato d'água, não utilizando nenhum produto específico, é capaz de dissolver partículas na superfície do alumínio, facilitando a remoção de sujeiras e contribuindo com a higienização no equipamento.

Figura 43 – Lavagem da serpentina do Split 1: (a) lavagem com jato d'água; (b) serpentina lavada



Fonte: Autora, 2020

Esta proposta indica a utilização de produtos com características bactericidas e fungicidas, para a limpeza dos equipamentos da biblioteca.

As Figuras 44a, 44b, 44c, 44d, 44e e 44f mostram o processo de lavagem das turbinas. Foi feita a limpeza do cabeçote com um pincel, para a retirada de poeira, devido ser uma peça sensível não pode ter contato com a água, por isso precisou ser encapada e protegida com o auxílio de um saco preto. As outras peças foram lavadas com o aparelho de jato d'água, sem adição de nenhum produto.

Após o término da lavagem, as turbinas ficaram escorrendo na grelha da canaleta até o final da lavagem das outras peças. A secagem natural não foi suficiente, tornando-se necessário a utilização do pano para a secagem, depois foi recolocada na bandeja do equipamento sem o saco protetor do cabeçote. Não foi feita lubrificação nas turbinas.

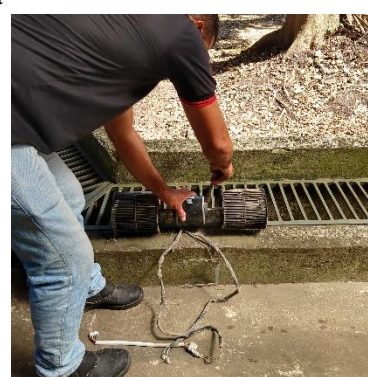
Figura 44 – Lavagem das turbinas do Split 1: (a) cabeçote da turbina; (b) limpeza com pincel para remoção de poeira; (c) encapando o cabeçote da turbina; (d) cabeçote encapado para não ser molhado durante a lavagem; (e) lavagem da turbina; (f) turbina lavada



(a)



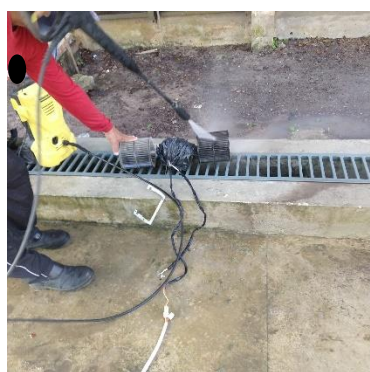
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Fonte: Autora, 2020

As Figuras 45a, 45b e 45c exibem o momento da lavagem das peças plásticas da carcaça do maquinário, com jato d'água e a utilização de um sabão diluído em água dentro de um recipiente de garrafa pet, o qual não estava rotulado e o responsável pela limpeza não soube informar qual era o produto.

Figura 45 – Lavagem das peças do maquinário: (a) peças antes da lavagem; (b) lavagem das peças; (c) detalhe para a solução usada na lavagem das peças



Fonte: Autora, 2020

Na Figura 46, pode-se observar os defletores, a placa eletrônica e as peças da lateral do equipamento, todas limpas, lavadas e secas, aguardando para a montagem do equipamento.

Figura 46 – Peças limpas do Split 1



Fonte: Autora, 2020.

As Figuras 47a e 47b mostram a reinstalação do equipamento.

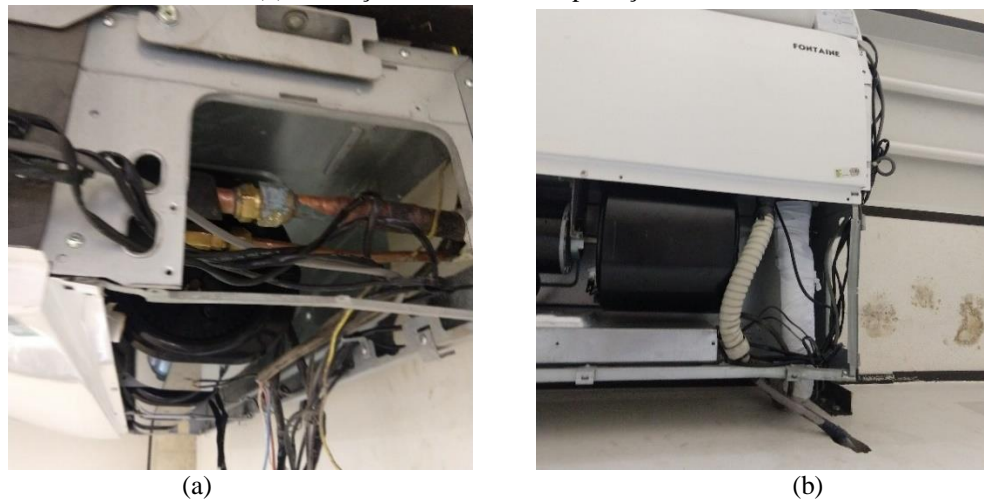
Figura 47 – Recolocação do Split 1: (a) encaixe do Split; (b) montagem do split



Fonte: Autora, 2020

As Figuras 48a e 48b mostram a tubulação de cobre e a proteção térmica respectivamente. Os canos de cobre só são eficientes quando são isolados adequadamente. O material isolante térmico usado nos canos de cobre deve garantir o controle da condensação e a conservação de energia.

Figura 48 – Proteção térmica na tubulação de Cobre do Split 1: (a) tubulação de cobre sem a proteção térmica; (b) tubulação de cobre com a proteção térmica



Fonte: Autora, 2020

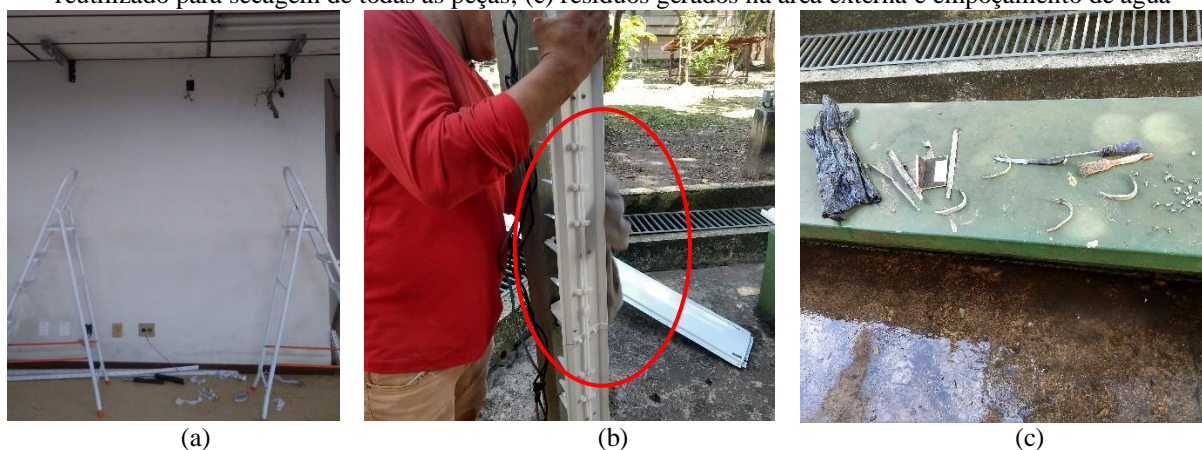
Para o isolamento térmico foi reaproveitada a esponja elastomérica e usada uma nova fita isolante tipo blackout. Não foi feito nenhum teste de estanqueidade para verificar possíveis vazamentos de gás. Nessa proposta, indica-se a troca da esponja e da fita a cada limpeza completa no Split, bem como a realização do teste de estanqueidade que é de suma importância, pois através dele, pode-se evitar a necessidade de reposição de gás refrigerante fora da programação, além de gastos desnecessários.

Caso o isolamento térmico não esteja adequado, a temperatura e a umidade pode sofrer variação de 30 % aproximadamente, além do maquinário perder a eficiência e, conseqüentemente, aumentar o consumo de energia, o que poderá aumentar a emissão de CO₂ e prejudicar a saúde dos frequentadores do ambiente.

O processo de limpeza completa de um equipamento de ar-condicionado gera resíduos contaminantes. No caso da limpeza do Split 1 gerou plásticos, papéis e resíduos contaminantes, como o pano que foi utilizado para secagem e limpeza de todas as peças do equipamento, além da contaminação da área onde ocorreu a lavagem, o que deixou o local com empoçamento de água e sujeira do maquinário, formando uma lama. A pressão do jato d'água, também, favorece a propagação de microrganismos como vírus, bactérias e fungos no ambiente.

As Figuras 49a, 49b e 49c mostram os resíduos gerados pela limpeza, detalhamento do pano reutilizado em todas as peças do equipamento e empoçamento de água.

Figura 49 – Resíduos gerados na limpeza do Split 1: (a) resíduos gerados no térreo; (b) detalhe do pano reutilizado para secagem de todas as peças; (c) resíduos gerados na área externa e empoçamento de água



Fonte: Autora, 2020

De acordo com a Lei nº 12.305/10 e a NBR-10.004/04, os resíduos gerados na lavagem do Split 1 são caracterizados como Resíduo de Classe I - Perigoso por apresentarem patógenos, são considerados riscos biológicos.

Para a redução da contaminação gerada pelos resíduos sólidos da limpeza do Split, propõem-se a utilização de toalhas de pano descartáveis para auxiliar na secagem das peças e, ainda, que todo o resíduo gerado seja recolhido e identificado através da utilização de sacos plásticos brancos, específicos para rejeitos infectantes, tendo um descarte separado dos resíduos gerados pela instituição.

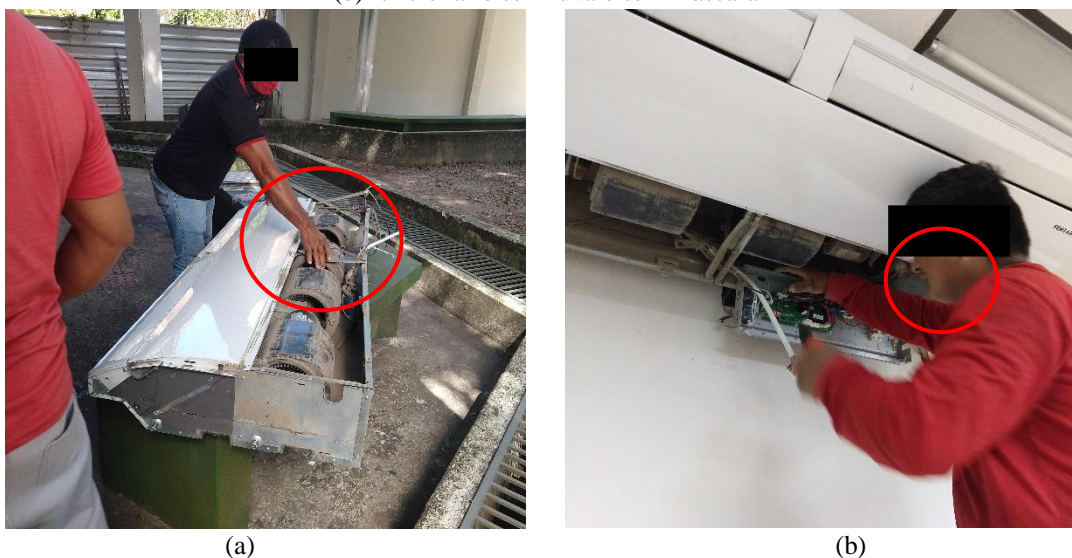
A falta do uso de equipamentos de proteção individual (EPI) é outro ponto que deve ser destacado. Já que durante o processo de limpeza do Split 1, os EPIs utilizados foram somente:

bota antiderrapante e máscara de tecido. Apesar de as botas sempre serem antiderrapantes, faz-se necessária a complementação com a biqueira de aço, para uma maior proteção.

Atualmente, o uso de máscaras é recomendado à toda população devido a pandemia do COVID-19, logo as utilizadas durante o serviço de limpeza foram as mesmas usadas no dia a dia para a proteção contra o vírus *Sars Cov 2*, o indicado por essa proposta é que as máscaras utilizadas no procedimento devem ser com respiradores descartáveis para proteção de produtos químicos, que protegem os trabalhadores contra poeiras e outras substâncias químicas consideradas contaminantes, além da proteção contra vírus, bactérias e outros microrganismos.

As Figuras 50a e 50b mostram os funcionários durante a execução da limpeza, sem a utilização dos devidos equipamentos de proteção, na qual, por diversas vezes, durante o processo pegaram nas peças do maquinário sujo sem proteção nas mãos, olhos, máscaras, entre outros. Foi relatado até assopro nas peças para a retirada de poeira, contribuindo com a contaminação do ar e aumento da chance de inalação de material contaminante.

Figura 50 – Funcionários sem EPI's adequados para a execução da limpeza do Split 1: (a) funcionário sem luva; (b) funcionário sem luva e sem máscara



Fonte: Autora, 2020

Os equipamentos de proteção individual indicados para uso durante todo o processo de limpeza de ar-condicionado, além de a bota com biqueira de aço e a máscara com respirador descartável são:

- Óculos de proteção;
- Protetor auricular;
- Capacete de segurança;

- Luvas de segurança com isolamento;
- Escada com isolamento para eletricidade;
- Cinto do tipo paraquedista com talabarte e sistema trava-quedas (para manutenção de ar-condicionado em altura);
- Luvas de limpeza de látex como forro (para lavagem de peças);
- Avental impermeável (para lavagem de peças).

O uso obrigatório destes EPIs é imprescindível devido os trabalhadores estarem expostos aos riscos, tais como quedas, descargas elétricas, aspiração de partículas nocivas, perigo de ferimentos pelo manuseio de ferramentas, pela projeção de partículas etc. Além de os EPIs indicados, propõem-se a exigência de certificação de curso da NR-35 (Trabalho em altura) para todos os funcionários que forem realizar limpeza e manutenção dos maquinários de ar-condicionado.

Esta limpeza foi “denominada” corretiva por ser uma limpeza completa e por não estar dentro da programação de limpeza e por não se ter a informação exata de quando foi feita a última limpeza. A mesma limpeza consta no PMOC proposto, porém para ser realizada de forma preventiva.

A manutenção corretiva é indicada quando o equipamento apresentar falhas ou desgastes, influenciando diretamente no seu funcionamento. Para tanto, o mais recomendado é que este tipo de manutenção só aconteça se for realmente preciso, pois diminui o ciclo de vida do equipamento e não se tem o controle de seu funcionamento, o que poderá acarretar em uma falha durante o período de mais utilização.

No entanto, com a implantação do PMOC proposto decai a probabilidade de acontecer uma manutenção corretiva, já que com as manutenções (limpezas) preventivas se tem o controle da real situação do equipamento, bem como fazer as devidas correções antes de acontecerem os problemas.

5.5.2 Limpeza Preventiva (Splits de 2 a 13)

A limpeza (manutenção) preventiva é a limpeza regular dos filtros e do painel frontal do ar-condicionado, visando a preservação do sistema de condicionamento de ar, o que, consequentemente, prolongará a sua vida útil, além de contribuir com a nulidade e/o espaçamento do tempo para execução de manutenção corretiva.

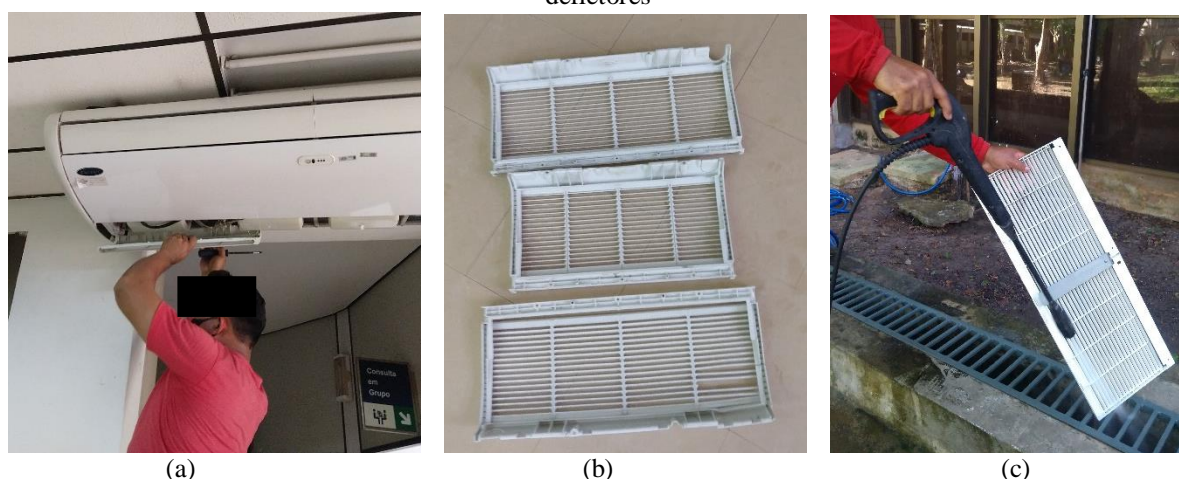
Como indicado nessa proposta de PMOC, esta higienização deve ser realizada semanalmente, pois a Biblioteca é um ambiente com um grande fluxo de pessoas e estar localizada próxima a uma via de grande fluxo da cidade de Belém.

A manutenção preventiva consegue ter sucesso com a execução do PMOC proposto, é uma maneira eficaz para baixar os custos e garantir o bom funcionamento do equipamento, evitando possíveis reparos e correções não programadas.

As limpezas ocorreram nos Splits de 2 a 13. Os Splits 2 e 3 estão situados no pavimento térreo, os Splits 4, 5, 6, 7 e 8 no acervo e os Splits 9, 10, 11, 12 e 13 estão localizados no 1º pavimento da Biblioteca. Os equipamentos de Split são todos iguais, com exceção do Split 5 que é o mesmo modelo do Split 1.

Na limpeza do Split 2 foram retirados os defletores e lavados como se pode observar nas Figuras 51a, 51b e 51c.

Figura 51 – Lavagem dos defletores do Split 2: (a) retirada dos defletores; (b) defletores sujos; (c) lavagem dos defletores

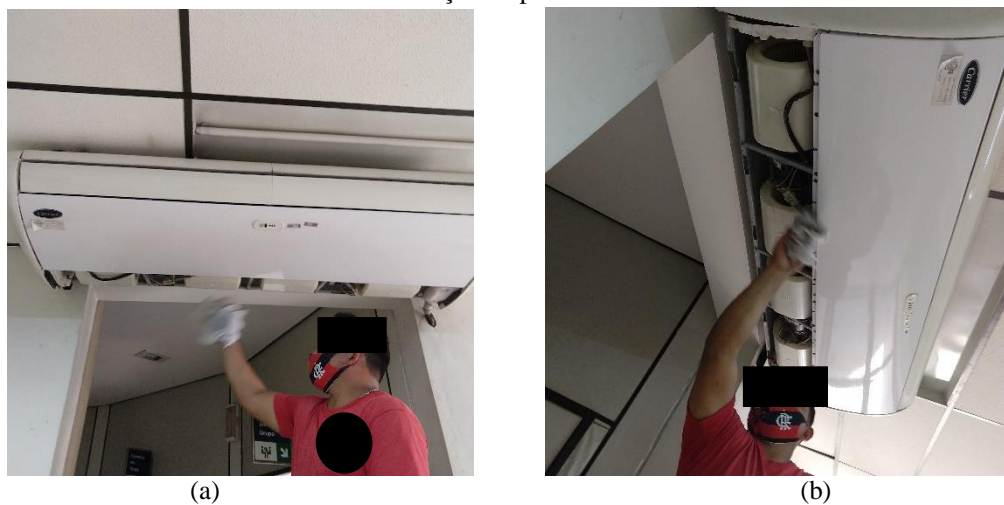


Fonte: Autora, 2020.

Na lavagem dos defletores foi usado somente o jato d'água, depois foram enxugados com um pano e recolocados nos maquinários.

A limpeza preventiva realizada foi igual em todos os 12 maquinários, com exceção o Split 2, que foi contemplado com a retirada e limpeza dos defletores. Usou-se na limpeza um pano umido com água, que foi passado por toda a extensão dos maquinários com o objetivo de retirar a poeira. Conforme se constata na Figura 52a e 52b.

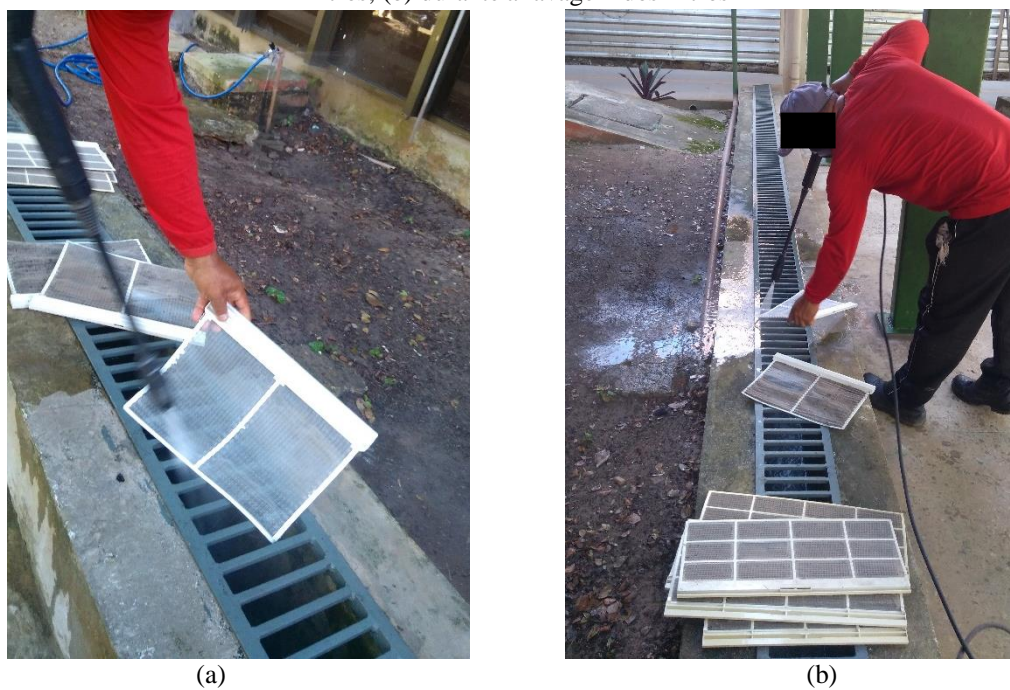
Figura 52 – Limpeza com pano úmido no Split 2: (a) utilização de pano úmido para a limpeza; (b) detalhe da utilização do pano úmido



Fonte: Autora, 2020

Os filtros foram todos retirados e lavados com o jato d'água, durante a lavagem não foi utilizado nenhum tipo de detergente ou sabão neutro para ajudar na remoção da sujeira, em seguida foram enxugados com um pano e devolvidos para os maquinários. As Figuras 53a e 53b mostram a lavagem dos filtros.

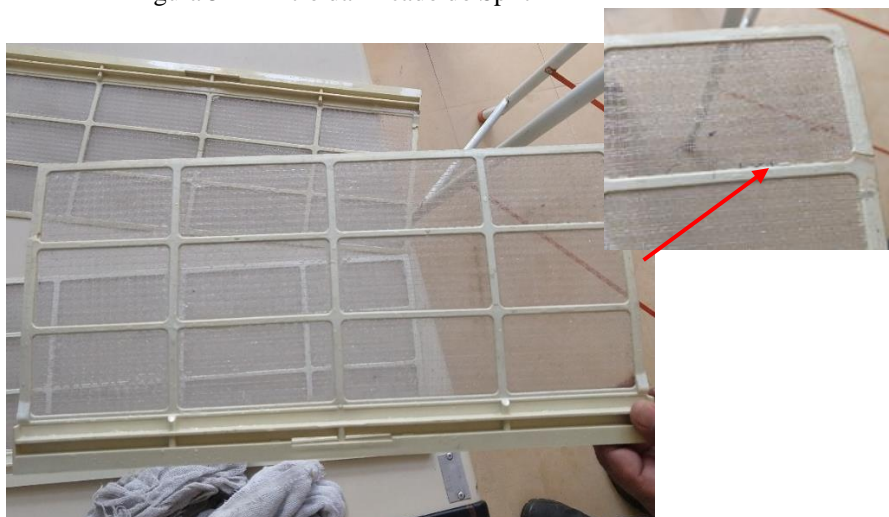
Figura 53 – Lavagem dos filtros dos Splits da Biblioteca: (a) detalhe do jato d'água utilizado na lavagem dos filtros; (b) durante a lavagem dos filtros



Fonte: Autora, 2020.

A utilização de jato d'água na lavagem de filtros, desfavorece a vida útil destes filtros, devido ao jato possuir força que danificam os fios de nylon dos filtros e estes serem antigos, visto que não foi encontrado nenhum registro sobre a última troca desses filtros. A Figura 54 mostra um filtro danificado.

Figura 54 – Filtro danificado do Split



Fonte: Autora, 2020

Segundo o Fabricante, a vida útil dos filtros varia de acordo com a quantidade de fumaça de cigarro do ambiente, o tamanho do espaço refrigerado e o tempo de operação.

Os filtros dos Splits da Biblioteca estão danificados e ressecados, devido ao tempo de utilização e à falta de cuidado nas manutenções anteriores. As sujeiras do ar são acumuladas nos filtros, esta peça é de fundamental importância para a eficiência do sistema de condicionamento de ar, já que não adianta ter um equipamento funcionando de forma correta e eficiente, porém, continuar espalhando para o ar agentes contaminantes, causadores de danos à saúde.

Antes da implantação do PMOC é indicado que todos os filtros sejam trocados por filtros novos, para começar a partir de então a contabilizar o tempo certo de manutenção e a troca dos filtros. O valor do filtro desse maquinário é em média de R\$ 25,00 (cada), esse investimento na qualidade do ar trará benefícios à saúde dos frequentadores do ambiente.

De acordo com o fabricante dos aparelhos de Split é possível acrescentar um filtro fotocatalisador junto ao filtro de fio de nylon, isso contribuirá para uma melhor eficiência do sistema de filtragem, bem como fornecerá ar fresco e limpo para os frequentadores da biblioteca.

O filtro fotocatalisador possui grande capacidade de oxidação, e pode decompor bactérias e gases nocivos presentes no ar, tais como: formaldeído e benzeno. A material base desses filtros são esponjas ou malha de metal.

Esta proposta de implantação de PMOC recomenda a adição do filtro fotocatalisador junto ao filtro de nylon nos aparelhos de Split da biblioteca. O filtro fotocatalisador de material esponjoso custa em média R\$ 70,00 (cada), por mais alto que pareça ser o investimento em novas peças e tecnologias, além de os gastos com manutenções preventivas, este é o procedimento mais barato e garantirá a melhor eficiência do sistema de condicionamento de ar. A manutenção (limpeza) preventiva tem a finalidade de fazer a correção dos defeitos antes que se manifestem e/ou causem danos maiores ao equipamento.

Um sistema de condicionamento de ar eficiente gera redução de gastos, como o de energia, bem como saúde e bem-estar aos frequentadores do ambiente, além de economia com gastos de peças e manutenção.

A proposta do PMOC indica, também, que quando se realizar a limpeza dos filtros de nylon, retirem-no do equipamento e os limpem, primeiramente, com um aspirador de pó, em seguida deve ser lavado com água corrente e sabão neutro, posteriormente, utilizar um produto bactericida, deixando-o agir por aproximadamente 15min, lavar novamente somente com água corrente para a retirada do excesso do produto. A secagem deve ser feita à sombra e o filtro só deve retornar ao Split após a completa secagem. É importante que a lavagem dos filtros ocorra semanalmente e que sejam trocados a cada 2 meses.

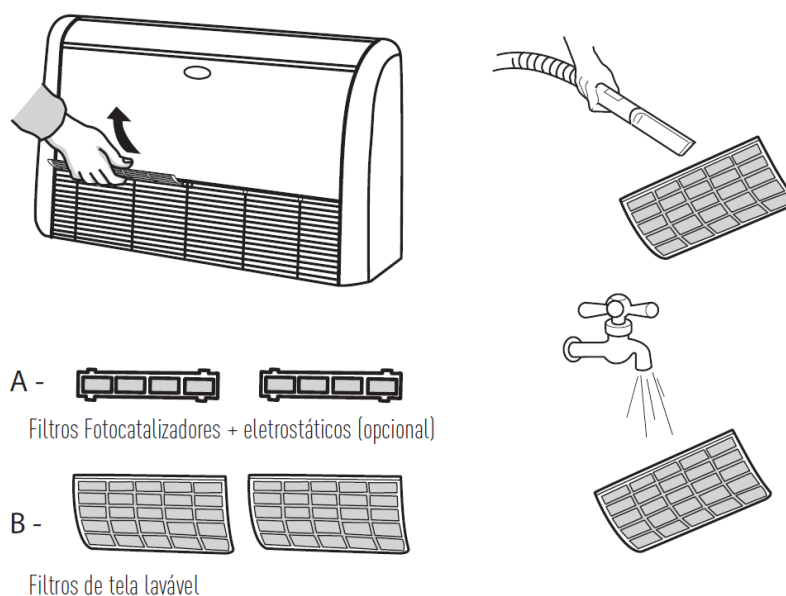
Os filtros fotocatalisadores possuem uma vida útil de aproximadamente 2 anos, indica-se para esse tipo a lavagem em água corrente e em seguida a reativação do filtro por exposição direta aos raios solares de aproximadamente 6h. Essa lavagem e reativação deve ocorrer a cada 2 meses juntamente com a troca dos filtros de nylon.

A Figura 55 exibe a orientação do fabricante dos splits para a limpeza dos filtros.

Ressalta-se que além do modo correto de como se limpar o aparelho de Split, deve-se levar em consideração o que não se pode fazer durante o processo de limpeza. Os procedimentos que NÃO devem ser feitos são:

- Não limpar o Split com a energia elétrica ativada;
- Não utilizar lixas ou polidores para limpeza da unidade interna;
- Não utilizar produtos químicos corrosivos;
- Não lavar os filtros e as peças com água acima de 40°C;
- Não ligar o ar-condicionado sem os filtros.

Figura 55 – Orientação de limpeza de filtro pelo fabricante do Split



Fonte: Manual da Carrier do Brasil, 2013

A Tabela 22 apresenta a planilha de PMOC proposta preenchida de acordo com os dados que foram disponibilizados, a fim de exemplificar a sua utilização.

Tabela 22 – Planilha do PMOC proposto preenchida

PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE		
IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA/ÓRGÃO CONTRATANTE		
Nome/Razão Social: <i>nononononono</i>		CNPJ: <i>000000</i>
Endereço: <i>nononononono</i>	Bairro: <i>nononononono</i>	CEP: <i>66.000</i>
Contatos: <i>nononononono</i>	Cidade: <i>Belém</i>	Estado: <i>Pará</i>
Nome do responsável pela fiscalização: <i>nononononono</i>		
IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA CONTRATADA		
Nome/Razão Social: <i>nononononono</i>		CNPJ: <i>000000</i>
Endereço: <i>nononononono</i>	Bairro: <i>nononononono</i>	CEP: <i>66.000</i>
Contatos: <i>nononononono</i>	Cidade: <i>Belém</i>	Estado: <i>Pará</i>
Nome do responsável técnico: <i>nononononono</i>		Contato: <i>0000</i>
Registro no Conselho de Classe: <i>CREA 00001D/PA</i>	Título do Profissional: <i>Engenheiro Mecânico</i>	Nº da ART: <i>0000000000</i>
Validade do PMOC: 1 ano		
IDENTIFICAÇÃO DO AMBIENTE		
Local/Setor: <i>Sala de leitura do pavimento térreo</i>		Área climatizada: <i>226,43 m²</i>
Tipo de atividade: <i>Biblioteca</i>		
Número de ocupantes – Fixos: <i>36</i>	Flutuantes: <i>108</i>	Carga térmica: <i>154.000 BTU</i>

Legenda para periodicidade:

Semanal	S
Quinzenal	Q

Mensal	M
Bimestral	B
Trimestral	T
Semestral	SM
Anual	A

Quantidade de aparelhos atendidos: 3				
Item	Modelo	Marca	BTU	
01	FON60	Fontaine	58.000	
02	42XQM48C5	Carrier	48.000	
03	42XQM48C5	Carrier	48.000	
CONDICIONADORES DE AR		<i>Avaliação para o Item: 01</i>		
Descrição da atividade	Periodicidade	Data	Executado por:	Aprovado por:
Limpeza externa do gabinete	S	04/08/20		
Verificar a vedação das tampas frontais e laterais do gabinete, se necessário fazer a correção	S	04/08/20		
Verificar ruídos e vibrações anormais no gabinete	M	X		
Verificar e eliminar sujeiras, e focos de danos de corrosão no gabinete, na moldura da serpentina e na bandeja	B	04/08/20		
Isolamento térmico interno (trocar se danificado e com bolor)	B	04/08/20		
Verificar o estado do isolamento termo acústico interno, realizar a troca caso esteja danificado ou com bolor	B	04/08/20		
Limpar o gabinete do condicionador e ventiladores (carcaça e rotor)	B	04/08/20		
Verificar vazamentos de óleo e refrigerante (corrigir se necessário)	M	X		
Verificar funcionamento de válvula de expansão	B	X		
Verificar a fixação e isolamento do bulbo da válvula de expansão	M	X		
Verificar o isolamento das tubulações	M	X		
Limpar a serpentina e bandeja	B	04/08/20		
Verificar a operação dos controles de vazão	B	X		
Verificar a operação de drenagem de água da bandeja	B	X		
Verificar a tensão das correias para evitar o escorregamento	B	X		
Medir a pressão de sucção e descarga	B	X		
Ajustar pressostatos se necessário	B	X		
Verificar aquecimento dos motores	B	X		
Medir correntes elétricas	B	X		
Verificar atuação e sinalização do painel de comando	B	X		

Verificar atual e regulagem do termostato	B	X		
Verificar isolamento elétrico	B	X		
* Os valores encontrados nas medições devem ser anotados em um relatório anexo ao formulário do PMOC.				
FILTROS DE AR INTERNO				
Descrição da atividade	Periodicidade	Data	Executado por:	Aprovado por:
Verificar e eliminar sujeiras, danos e corrosão	S	04/08/20		
Verificar e eliminar as frestas do filtro	S	X		
Verificar e substituir (quando desgastado) o elemento filtrante	S	X		
Verificar as condições de suporte e fixação	S	X		
Trocar os filtros	T	X		
* Não será admitido, em hipótese alguma, o aproveitamento de filtros avariados, mesmo em pequenas proporções.				

Fonte: Autora, 2020.

Como foi constatado na planilha, os procedimentos realizados foram somente de limpeza, faltando a verificação e testes no equipamento para avaliar a sua eficiência, e fazer a correção se necessária.

A limpeza periódica da unidade de ar-condicionado está diretamente ligada à manutenção preventiva, haja vista que é a prevenção que garantirá a permanência do funcionamento do aparelho, e manterá uma constância na qualidade do ar do ambiente.

A maior vantagem da manutenção preventiva é o fato dela poder ser programada, evitando assim que você não seja pego de surpresa. Os procedimentos que ela aplica podem evitar a maior parte dos defeitos dos equipamentos, reduzindo ao máximo as manutenções corretivas.

Os benefícios que a manutenção preventiva proporciona são:

- O aumento da vida útil do equipamento;
- A conservação do equipamento limpo, proporcionando um maior conforto térmico;
- A diminuição de fungos e bactérias no ambiente, evitando a proliferação de doenças;
- A redução do consumo de energia;
- A proteção do equipamento contra problemas repentinos;
- A melhoria da qualidade do ar no ambiente interno.

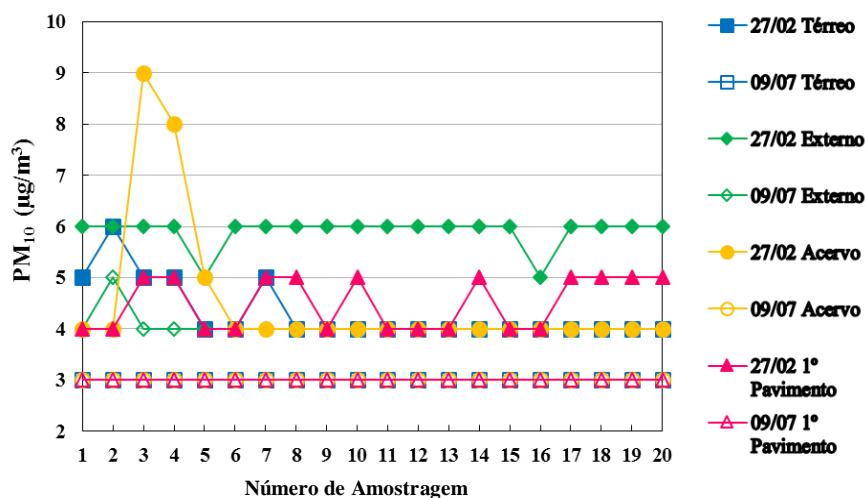
5.5.3 Análise dos Índices de Qualidade Pós Limpeza

A limpeza dos Splits da Biblioteca foi realizada no dia 04 de agosto de 2020, em virtude disso e para comprovar a eficiência da limpeza, nos dias 03 e 05 de agosto de 2020 foram feitas medições dos parâmetros adotados como indicadores de índices de qualidade, um dia antes e um dia após a limpeza.

Os parâmetros que foram medidos e analisados são: Material Particulado (PM_{10} , $PM_{2,5}$ e $PM_{1,0}$), Formaldeído (HCHO), Compostos Orgânicos Voláteis (COV), Umidade, Temperatura e Dióxido de Carbono (CO_2).

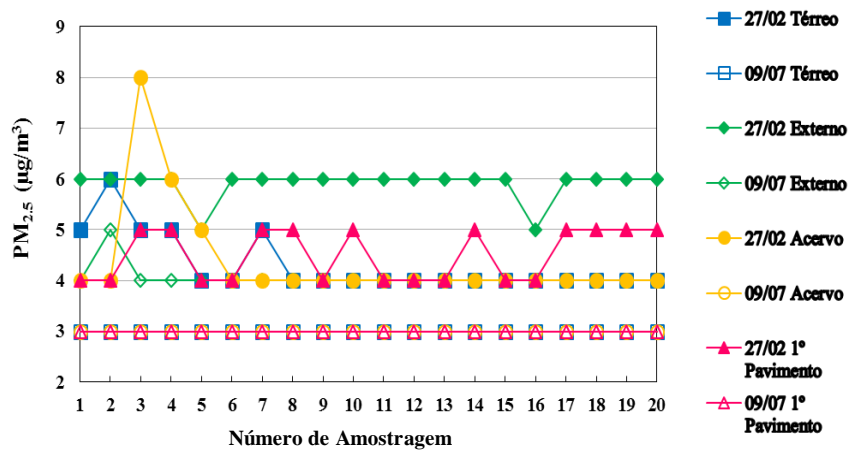
As Figuras 56 até a Figura 63 mostram o gráfico das medições realizadas um dia antes e um dia depois da limpeza nos maquinários. As medidas foram feitas no período da manhã e no período da tarde, o divisor no gráfico é o ponto de medição 21. O método adotado para as medições não sofreu alteração.

Figura 56 – Dados do PM_{10} no dia anterior e no dia posterior a limpeza dos Splits, em diferentes pontos na Biblioteca estudada



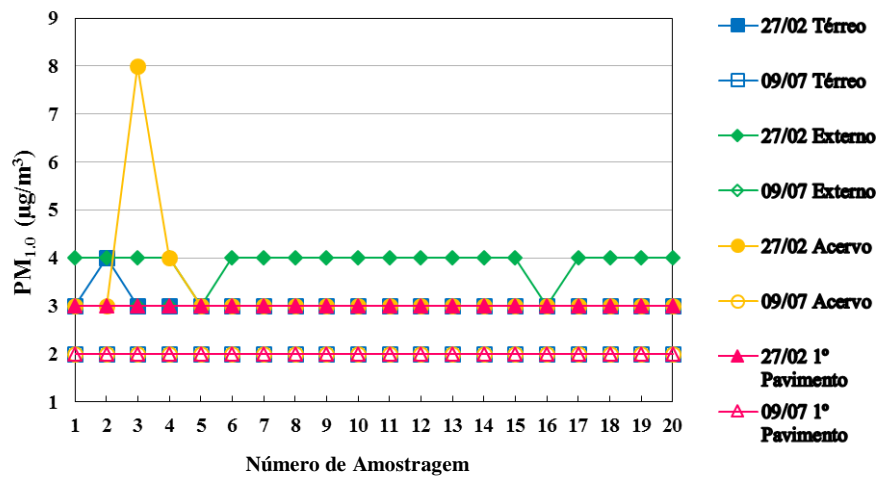
Fonte: Autora, 2020

Figura 57 – Dados do PM_{2,5} antes e pós limpeza dos Splits



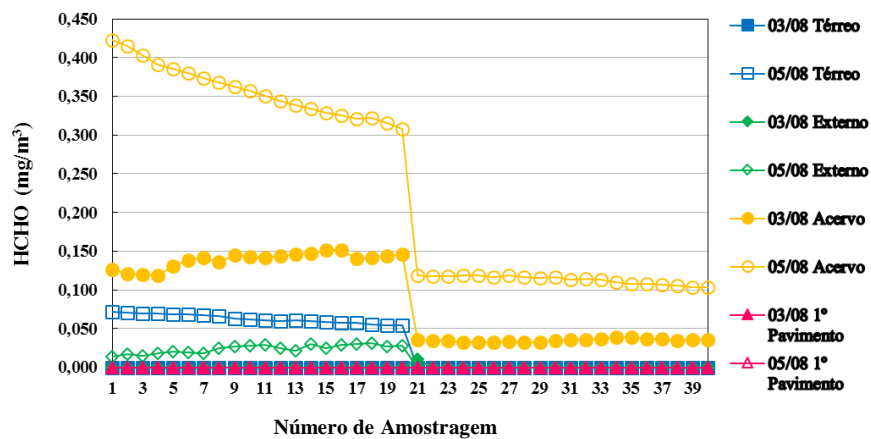
Fonte: Autora, 2020

Figura 58 – Dados do PM_{1,0} antes e pós limpeza dos Splits



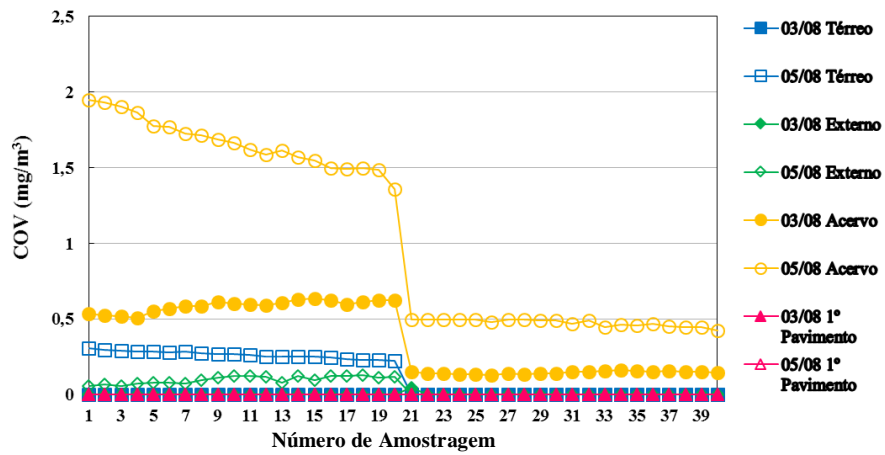
Fonte: Autora, 2020

Figura 59 – Dados do HCHO antes e pós limpeza dos Splits



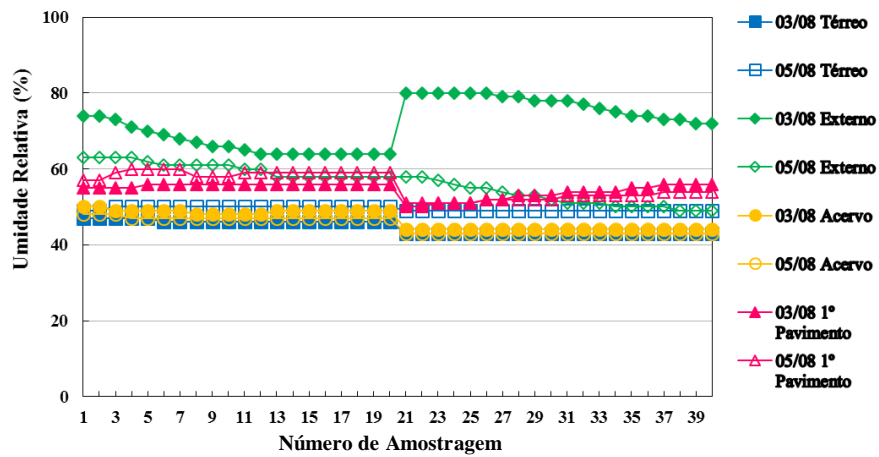
Fonte: Autora, 2020

Figura 60 – Dados do COV antes e pós limpeza dos Splits



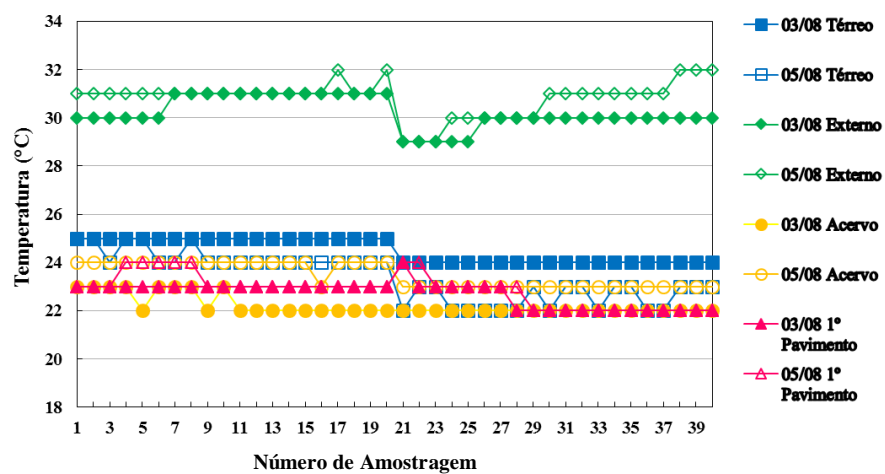
Fonte: Autora, 2020

Figura 61 – Dados da Umidade antes e pós limpeza dos Splits

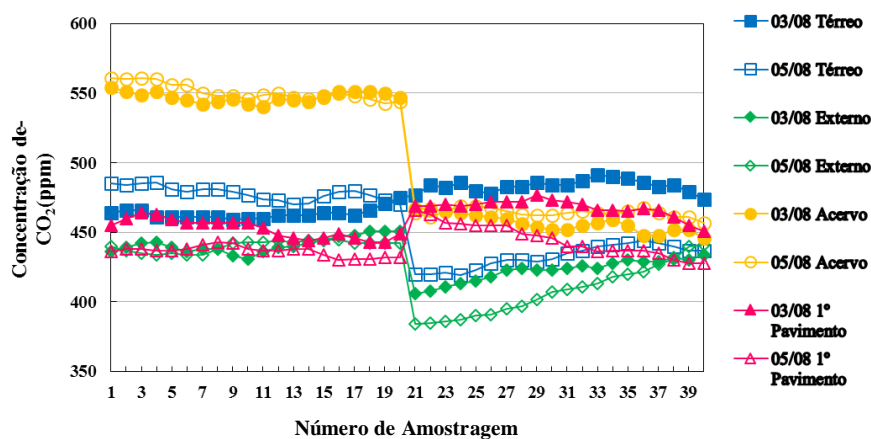


Fonte: Autora, 2020

Figura 62 – Dados da Temperatura antes e pós limpeza dos Splits



Fonte: Autora, 2020

Figura 63 – Dados do CO₂ antes e pós limpeza dos Splits

Fonte: Autora, 2020

Conforme observa-se nos gráficos das Figuras 56, 57 e 58, os Materiais Particulados (PM₁₀, PM_{2,5} e PM_{1,0}) sofreram um ligeiro aumento no dia 05/08 na área externa, em relação a limpeza dos Splits, isso aconteceu devido ao vento e ao local de medição ser próximo a uma via movimentada. Nos ambientes internos permaneceu uma estabilidade, sem alterações que pudessem comprometer a qualidade do ar do ambiente.

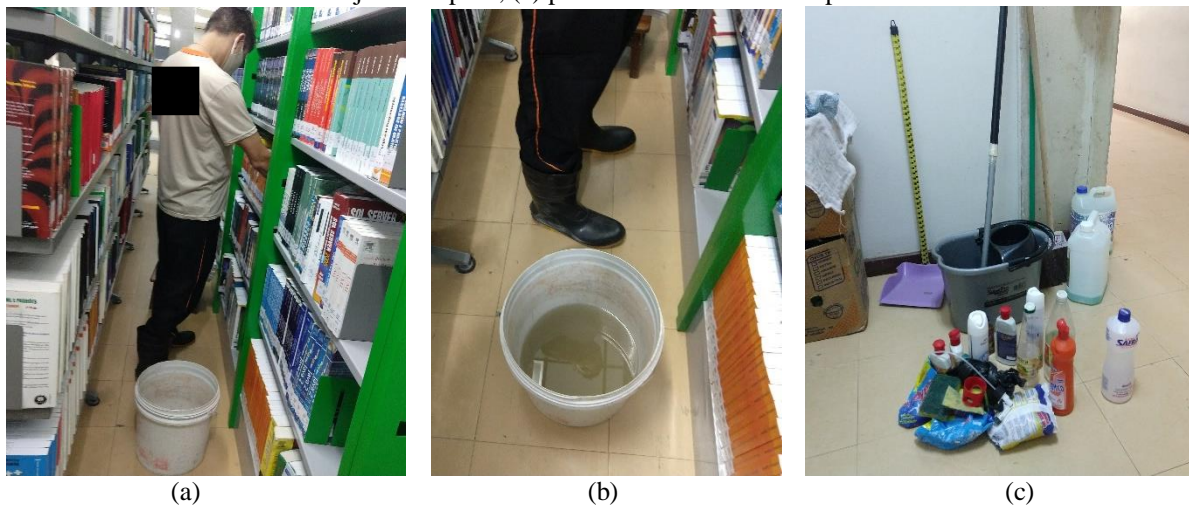
As Figuras 59 e 60 mostram os dados medidos de HCHO e COV, essas apresentam alterações significadas principalmente no acervo no dia 03/08, refletindo para o salão de leitura do pavimento térreo no dia 05/08, tendo pouca redução após a limpeza devido a ineficiência da renovação de ar do ambiente e da filtragem de substâncias pelos Splits.

No ambiente externo e no salão de leitura do 1º pavimento os parâmetros medidos permaneceram nulos ou sem alterações que comprometessem a qualidade do ar do ambiente.

A formação desses compostos ocorreu devido a limpeza que foi realizada dentro do acervo no dia 03/08. Os livros foram limpos com uma solução de álcool, água e desinfetante, o pano era umedecido nesta solução, espremido para a retirada do excesso e depois passado nos livros um a um.

As Figuras 64a, 64b e 64c mostram o funcionário realizando a limpeza, a cor da solução no recipiente e os materiais de limpeza utilizados.

Figura 64 – Limpeza realizada no acervo no dia 03/08: (a) funcionário fazendo a limpeza; (b) balde com água suja da limpeza; (c) produtos utilizados na limpeza



Fonte: Autora, 2020.

As Figuras 66 e 67 revelam os dados medidos de umidade e temperatura, constatou-se que alguns ambientes internos continuam com valores acima do limite de tolerância da RN09.

A Figura 68 é referente aos dados medidos de CO₂, mostra que o nível de CO₂ externo é menor que os níveis de CO₂ interno, além do aumento do nível no acervo, isso aconteceu devido à presença de três funcionários da limpeza no dia 03/08. Comprovando, então, a necessidade de medidas para aumentar a renovação do ar na biblioteca.

Após a análise dos gráficos, observa-se que teve aumento nos níveis de alguns índices devido a limpeza realizada no acervo da biblioteca no dia 03/08, que contou com a permanência de 3 funcionários responsáveis pela limpeza durante um período de 6h. Porém, não foi constada melhora após a limpeza dos Split, o que reforça a necessidade da implantação do PMOC e de uma manutenção/limpeza completa em todos os maquinários, para melhorar a qualidade do ar da biblioteca.

5.6 PROPOSTAS DE MELHORIAS DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR DA BIBLIOTECA

A biblioteca encontra-se fechada ao público desde março de 2020, para a sua reabertura é necessário que o sistema de ar-condicionado traga segurança para os frequentadores, proporcionando boa qualidade do ar no ambiente. Para a remoção de todas as impurezas, presentes no ambiente e nos equipamentos, é indispensável a realização de manutenção, correção e limpeza completa de todos os equipamentos.

A manutenção da limpeza e renovação de ar deve ser eficiente, já que contribui com a diluição de poluentes e previne contra doenças, inclusive as virais, sendo primordial para qualquer ambiente. A sugestão para melhorar a renovação do ar na biblioteca, seria a instalação de ventiladores exaustores, de modo que não altere a arquitetura da edificação, isso melhoraria a eficiência do sistema de refrigeração do local, e ajudaria na diminuição da concentração de CO₂ no ambiente.

Os filtros dos Splits precisam estar sempre limpos e em ótima qualidade, por isso foi indicada a limpeza semanal e a troca a cada 2 meses, além da adição de um filtro fotocatalisador. Um sistema de filtração eficiente ajuda na retenção de partículas em suspensão, além de também remover poluentes. Foi indicado a utilização de produtos higienizadores nos filtros com características bactericidas.

Para a realização de uma boa limpeza das serpentinas e bandejas, foi indicado a utilização de produtos químicos, não corrosivos, adequados para limpeza destas peças. Não sendo indicado a utilização de vassouras e nem de produtos de limpeza que inalem odor, evitando a contaminação do ambiente por compostos químicos ou a elevação de material particulado no ambiente. O piso e os mobiliários da biblioteca precisam ser limpos com pano semiúmido, em caso de sujeira acumulada, deve ser feita a lavagem dos mobiliários fora da biblioteca.

A implantação do PMOC foi indicada para a adequação à Lei 13.589/18, entretanto, o principal objetivo deve ser garantir que os equipamentos e as estruturas do sistema de climatização estejam sempre livres de agentes contaminantes, garantindo, assim, uma boa qualidade do ar interno.

6 CONCLUSÃO

A qualidade do ar interno e a taxa de renovação do ar são fatores importantes para o bem-estar dos frequentadores do ambiente e o impacto que pode ser causado na saúde. Devido à pandemia da COVID-19, a importância da qualidade do ar no interior dos ambientes ganhou destaque mundial, pois os ambientes necessitam de um cuidado especial com a limpeza para a manutenção do ar interno livre de contaminação. Este trabalho teve por objetivo fazer a avaliação da qualidade do ar interno, em uma biblioteca de uma instituição de ensino na cidade de Belém (PA), no qual foi possível avaliar os riscos que os frequentadores da biblioteca estão expostos e fornecendo diretrizes para a elaboração de medidas que visam a diminuição desses riscos. Neste contexto, as principais conclusões obtidas neste trabalho foram:

- Com base no levantamento técnico e de pesquisa *in loco* realizado para a identificação de riscos e agentes causadores à saúde, constata-se que o cenário encontrado precisa de ajustes, de acordo com o que é sugerido nas leis, normas e literaturas especializadas na área de qualidade do ar de interiores e de conforto ambiental.
- Os ambientes da biblioteca estudada não atendem a todos os parâmetros adotados nesta pesquisa. A temperatura e umidade em alguns ambientes analisados possuem valores acima do valor máximo do limite de tolerância adotado neste estudo. O CO₂ é um índice preocupante, apesar de não exceder o limite de tolerância adotado, o valor medido de CO₂ se torna elevado quando comparado com o valor medido no ambiente externo e/ou quando o ambiente está com quase toda a capacidade ocupada. Esse fato comprovou a deficiência da troca de ar na edificação da biblioteca, constatando a necessidade de renovação de ar no ambiente.
- Apesar da necessidade de troca de ar nos ambientes da Biblioteca, os outros parâmetros que foram medidos, tais como HCHO, COV, MP₁₀ e MP_{2,5}, estão dentro do limite de tolerância adotado neste trabalho. O MP_{1,0} não possui normas com especificação de limite de tolerância, por isso foi analisado de acordo com os dados obtidos no MP_{2,5}, devido ambos serem partículas finas inaláveis, entretanto, observou-se a necessidade de um limite de tolerância para esse

parâmetro, uma vez que a partícula de MP_{1,0} representa o tamanho de um vírus, bactérias, entre outros microrganismos.

- Neste trabalho foi feito o cálculo de uma Taxa de Renovação de Ar requerida para a Biblioteca, já que não existe renovação de ar nos ambientes, assim é necessária a adoção de medidas mitigadoras para sanar esta deficiência, como possuir um sistema de renovação de ar eficiente, e/ou instalar ventiladores exaustores em locais que não alterem a arquitetura da edificação. Esses procedimentos ajudam a melhorar a qualidade de ar e a evitar a proliferação de doenças no ambiente. A taxa de renovação de ar não é apenas um parâmetro adicional de conforto, mas é também um item importante para a elaboração de um projeto arquitetônico.
- Constata-se a necessidade de uma Taxa maior de Recirculação do Ar para promover maior conforto térmico e bem-estar nos ambientes da Biblioteca.
- A Biblioteca necessita de avaliação mais completa da qualidade do ar, sendo indispensável a identificação dos índices de qualidade do ar na biblioteca, conforme foram propostos neste trabalho, para identificação do grau de qualidade do ar interno.
- É necessária a implantação de PMOC na Biblioteca, para o edifício poder entrar em conformidade com a Lei Federal nº 13.589/18. Neste trabalho foi elaborada uma proposta de PMOC para ser implantada na Biblioteca, na qual indica os procedimentos que devem ser adotados para a manutenção e limpeza dos maquinários e dos ambientes, tratamento para os resíduos sólidos gerados na execução do PMOC, a troca de filtros de ar, entre outros. A implantação do PMOC no ambiente é importante porque ajudam na realização das manutenções periódicas, aumentam a vida útil dos equipamentos, traz economia de energia e redução de gastos com os equipamentos, aumenta o conforto térmico, melhora a qualidade do ar, além de outros aspectos.
- Durante o acompanhamento de limpeza dos maquinários, notou-se a necessidade de troca imediata de todos os filtros dos aparelhos de Splits instalados na Biblioteca, pois os mesmos estão ressecados, quebrados e ineficientes. Além de regularidade na adoção de medidas para limpeza e asseio para todos os componentes do sistema de condicionamento, para a manutenção de um ar de

boa qualidade no ambiente interno. O controle da QAI é auxiliado pela implantação do PMOC.

Até o final desta pesquisa a biblioteca não foi considerada um edifício doente, devido ao fato de seus frequentadores não terem apresentado problemas de saúde associados à permanência no local, apresentaram apenas desconforto. Contudo, especialmente, em tempos de pandemia, constatou-se a necessidade de manutenção constante dos equipamentos de refrigeração do ar da biblioteca.

7 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

- Aplicação do questionário de identificação de Índices de Qualidade do Ar em bibliotecas de públicos diferentes, para uma análise comparativa avaliando a sua eficácia;
- Elaboração de projeto de reforma da edificação para se obter Renovação de Ar no ambiente;
- Realização de investigação microbiológica no ar da Biblioteca;
- Análise econômica após a implantação do PMOC proposto;
- Identificação e projeto para a destinação adequada dos resíduos sólidos gerados no processo de limpeza dos aparelhos de refrigeração de ar;
- Estudo sobre a necessidade de os funcionários da Biblioteca receberem o adicional de insalubridade.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-5382 — Verificação de Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro ABNT, 2010.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-5413 — Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro ABNT, 1992.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-15401 — Meios de Hospedagem — Sistema de Gestão da Sustentabilidade — Requisitos**. Rio de Janeiro ABNT, 2006.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-16401 — Instalações de Ar Condicionado**. Rio de Janeiro ABNT, 2008.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-10151 — Acústica — Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, visando o Conforto da Comunidade — Procedimento**. 1999. Disponível em: <http://www.sema.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2017/09/NBR-10151-de-2000.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2019.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-10152 — Níveis de Ruído para Conforto Acústico**. 1987. Disponível em: http://joapessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2015/02/NBR_10152-1987-Conforto-Ac_stico.pdf.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-6401 — Instalações Centrais de Ar-Condicionado para Conforto — Parâmetros Básicos de Projeto**. 1980. Disponível em: <https://www.refrigeracao.net/Legislacao/NBR6401.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2019.
- ABRAVA, Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado e Aquecimento. **Sistemas de Condicionamento de Ar e Ventilação para Conforto, RENABRAVA II** — 1º edição, Abril, 2000.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RN2 de 05 de março de 2004. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/resolucao-n-2-de-5-de-marco-de-2004->. Acesso em: 15 jun. 2019.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RN09 de 16 de janeiro de 2003. Disponível em: normasbrasil.com.br/norma/resolucao-9-2003_99493.html. Acesso em: 10 jun. 2019.
- AMAZON. **Equipamentos de Medição de Qualidade do Ar e de CO2**. Disponível em: <http://www.amazon.com>. Acesso em: 10 jun. 2019.
- ARCOWEB. **Projeto Biblioteca Mario de Andrade da Cidade de São Paulo — SP — Brasil**. Disponível em: <https://www.arcoweb.com.br/finestra/arquitetura/piratininga-arquitetos-associados-biblioteca-mario-de-andrade-sao-paulo>. Acesso em: 16 jun. 2019.

ARAÚJO, Ivan Ribeiro dos Santos. **Simulação da Dispersão de Poluentes Atmosféricos e Avaliação da Qualidade do Ar na Área de Abrangência do Distrito Industrial de Barcarena — PA**. 2012. Disponível em: http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/6843/1/Dissertacao_SimulacaoDispersao.pdf. Acesso em: 15 jun. 2019.

BELLI FILHO, Paulo; LISBOA, Henrique de Melo. **Avaliação de Emissões Odorantes**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, ISSN 1453-4152, Out-Dez 1998.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Regulamento Técnico para Planejamento, Programação, Elaboração e Avaliação de Projetos Físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde**. RDC 50. Brasília. 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução – nº 9 de 16 de janeiro de 2003**. Dispõe sobre padrões referenciais de Qualidade de Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d094d3004e5f8dee981ddcd762e8a5ec/Resolucao_RE_n_09.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 18 jul. 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução – nº 176 de 24 de outubro de 2000**. Dispõe sobre padrões referenciais de Qualidade de Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Trata sobre o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - PRONAR**. Disponível em: http://www.ministeriodomeioambiente.gov.br/estruturas/163/_arquivos/pronar_163.pdf.%20Acesso%20em%2018%20de%20fevereiro%20de%202015. Acesso em: 18 jul. 2019.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG). **Orientação Normativa Nº6 do dia 18 de março de 2013**. Dispõe sobre o estabelecimento de orientação sobre a concessão dos adicionais de insalubridade, periculosidade, irradiação ionizante e gratificação por trabalhos com raios-x ou substâncias radioativas, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.progep.ufu.br/legislacao/orientacao-normativa-no-06-de-18-de-marco-de-2013-adicionais-ocupacionais>. Acesso em: 12 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Portaria nº 3.523 de 28 de agosto de 1998**. Dispõe sobre como minimizar o risco potencial à saúde dos usuários, em face da permanência prolongada em ambientes dotados de sistemas de ar condicionado, e dá outras providências. Brasília-DF.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). **Norma Regulamentadora Nº15**. Atualizada em 09 de dezembro de 2011. Brasília-DF.

BRASIL. Portaria Nº 527/2016-GAB/SEMAS, de 22 de março de 2016. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/files/pdf/1367.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2019.

BRASIL. Portaria nº 969, de 24 de abril de 2020. Disponível em: <https://brasilsus.com.br/wp-content/uploads/2020/05/portaria969.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2019.

BRASIL. Projeto de lei. **PL nº 1.511/15**. Disponível em:
<https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/1266576>. Acesso em: 12 jun. 2019.

BRASIL. Consolidação das Leis do Trabalho – CLT. 2017. Disponível em:
https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/535468/clt_e_normas_correlatas_1ed.pdf
f. Acesso em: 12 jun. 2019.

BRASIL. CONGRESSO NACIONAL. Lei Federal nº 13.589, de 4 de janeiro de 2018.
Dispõe Sobre a Manutenção de Instalações e Equipamentos de Sistemas de Climatização de Ambientes. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113589.htm. Acesso em: 03 Ago. 2019.

BRITO, G. F. S.; SODRÉ, F. F.; ALMEIDA, F. V. **O Impacto do Material Particulado na Qualidade do Ar**. Rev. Virtual Quim., 2018, 10 (5), no prelo. Data de publicação na Web: 30 de outubro de 2018. Disponível em: <http://rvq.sbjq.org.br>. Acesso em: 10 jun. 2019.

BROOKS, Geo. BUTEL, Janet S. MORSE, Stephen A. JAWETZ, Ernest. **Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology**, 23rd Ed. McGraw-Hill Professional, 704 p. ISBN:0071412077, 2004.

BURGE, Harriet A. Chapter 45: The fungi. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

BURROUGHS B, HANSEN N. **Managing indoor air quality**, 2008 Fourth Edition, Fairmont Press, inc.

CARVALHO, Márcio Humberto Almeida de. **Avaliação da Qualidade de Ar Interior em Ambientes Acadêmicos: um estudo de caso**. 2016. 121f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Pública) - Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em:
<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/21602>. Acesso em: 21 jun. 2020.

CERQUEIRA, P. E. S.; FILHO, A. B. G. **Qualidade do Ar em Ambientes Internos Climatizados em Uma Indústria Petroquímica**. Revista científico, v. 27, nº 35, 2017. CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). Adenoviruses. Jan, 21 2005. Disponível em: <http://www.cdc.gov/ncidod/dvrd/revb/respiratory/eadfeat.htm>. Acesso em: 10 jul. 2019.

CHEN, Gongbo; LI, Shanshan; ZHANG, Yongming; ZHANG, Wenyi; LI, Daowei; WEI Xuemei; HE, Yong; BELL, Michaelle I.; WILLIAMS, Gail; MARKS, Guy B.; JALALUDIN, Bin; ABRAMSON, Michael J.; GUO, Yuming. **Effects of Ambient PM1 Air Pollution on Daily Emergency Hospital Visits in China: an epidemiological study**. 2017.

CINCINELLI, A.; MARTELLINI, T.; Amore, A.; DEI, L.; MARRAZZA, G.; CARRETTI, E.; BELOSI, F.; RAVEGNANI, F.; LEVA, P. **Measurement of volatile organic compounds (VOCs) in libraries and archives in Florence (Italy)**. Science of the Total Environment. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.201>. Disponível em:
www.elsevier.com/locate/scitotenv. Acesso em: 12 jun. 2019.

CONAMA. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legi.cfm>. Acesso em: 09 jul. 2019.

CONAMA. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Resolução nº 418 de 25 de novembro de 2009**. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/resolucao-418-2009_110441.html. Acesso em: 10 jun. 2019.

CONAMA. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>. Acesso em 18 jul. 2019.

CONAMA. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Resolução CONAMA n.º003/1990**. Estabelece Padrões de Qualidade do Ar e Amplia o Número de Poluentes Atmosféricos Passíveis de Monitoramento e Controle. Coletânea de Legislação Ambiental, 1990. Resoluções CONAMA nº 18 de 06/05/1986, nº 005 de 15/06/1989. (CONAMA, 2015) CONAMA 418.

DROUGKA, Fani; LIAKAKOU, Eleni; SAKKA, Arezina; MITSOS, Dimitrios; ZACHARIAS, Nikolaos; MIHALOPOULOS, Nikolaos; GERASOPOULOS, Evangelos. **Indoor Air Quality Assessment at the Library of the National Observatory of Athens, Greece**. *Aerosol and Air Quality Research*, 20: 889–903, 2020. ISSN: 1680-8584 print / 2071-1409 online. doi: 10.4209/aaqr.2019.07.0360

DUFFEE, Richard A. O'BRIEN, Martha. **Chapter 21: Response to odors**. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. *Indoor Air Quality Handbook*. New York: McGraw-Hill, 1448 p., 2004.

EPA – AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). Disponível em: <http://www.epa.gov/ttn/oarpg/t1/memoranda/rg701.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2019.

FERNANDES, Henrique Pereira. **Avaliação Microbiológica da Qualidade do Ar no Interior da Biblioteca Central do Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora**. 2014. Disponível em: https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/AVALIA%c3%87%c3%83O-MICROBIOL%c3%93GICA-DA-QUALIDADE-DO-AR-NO-INTERIOR-DA-BIBLIOTECA-CENTRAL-DO-CAMPUS-DA-UNIVERSIDADE-F_20150105152531300.pdf. Acesso em: 24 jul. 2020.

FLORES, Cibele. **Síndrome do Edifício Doente: Definições e Requisitos Legais**. 2017. Disponível em: https://www.saudeesegurancaotrabalho.org/edificio_doente/. Acesso em: 10 jun. 2019.

FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional 08**. Disponível em: file:///C:/Users/HP_14/Downloads/NHO08.pdf. Acesso em: 02 jul. 2019.

GURGATZ, Bruno Martins. **Avaliação de Material Particulado Fino, Fuligem e Poluentes Gasosos na Região Portuária de Paranaguá** – Matinhos, 2018. 102 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial Sustentável) – Universidade Federal do Paraná – Setor Litoral, Matinhos – PR, 2018.

HSE, S. E. **How to deal with sick building syndrome (SBS)**. 1–20 (2000).

ITO, L. X.; AGUIAR, M. L. **Indoor Air Quality of Libraries in São Paulo, Brazil**. *Indoor Built Environ*, 16, 1:1-4, 2007.

JÄRVI, Kati; VORNANEN-WINQVIST, Camilla; MIKKOLA, Raimo; KURNITSKI, Jarek; SALONEN, Heidi. **Online Questionnaire as a Tool to Assess Symptoms and Perceived Indoor Air Quality in a School Environment**. *Atmosphere* 2018, 9, 270; doi:10.3390/atmos9070270. Disponível em: www.mdpi.com/journal/atmosphere. Acesso: 24 jun. 2020.

JONES, Andy P. **Indoor Air Quality and Health**. *Atmospheric Environment*. vol.33, n. 1, p. 4535- 4564, 1999.

KARBOWSKA-BERENT, J.; GÓRNY, R. L.; STRZELCZYK, A. B.; WLAZŁO, A. (2011) **Airborne and dust borne microorganisms in selected Polish libraries and archives**. *Building and Environment*, 46 (10): 1872–1879. doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.03.007

KENNY, L.C. BOWRY, A. CROOK, B. STANCLIFFE, J.D. **Field Testing of a Personal Sizeselective Bioaerosol Sampler**. *Annals of Occupational Hygiene*. Vol. 43, No. 6, p. 393-404, ISSN 0003-4878, 1999.

KIM, J.; KIM, S.; LEE, K.; YOON, D.; LEE, J., JU, D.Y. **Indoor Aldehydes Concentration and Emission Rate of Formaldehyde in Libraries and Private Reading Rooms**. *Atmospheric Environment* 71 (2013) 1e6. Disponível em: *Atmospheric Environment journal* www.elsevier.com/locate/atmosenv. Acesso em: 10 jun. 2019.

LI, Huixing; TANG, Chengcheng; ZHAO Yibo; FENG Guohui; KANG Zhiqiang. **Measurement and Evaluation to the Library Reading Room Pollutants**. *Procedia Engineering* 121 (2015) 1836 – 1843. Published by Elsevier Ltd. Peer-review under responsibility of the organizing committee of ISHVAC-COBEE 2015. Doi: 10.1016/j.proeng.2015.09.164

LI, Huixing; QINA, Yuhua; FENGA, Guohui. **Outdoor Fine Particulate Matter Impact on Air Quality in the University Libraries Reading Room in Winter of North China**. Jinan, 2017.

LIMA DE PAULA, Juliana F. **Aeromicrobiota do ambiente cirúrgico: princípios e peculiaridades da climatização artificial**. 2003. 128 f. Dissertação (Mestrado em enfermagem fundamental) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2003.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A201#>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

MORAES, Osvaldo L.L. de. **Meteorologia e Poluição Atmosférica: Teoria, Experimentos e Simulação**, 2010.

NASCIMENTO, Guilherme Caetano do. **Avaliação da Qualidade do Ar em Ambientes Internos: Biblioteca Pública**. 2011. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-11052011-135603/publico/NASCIMENTO_GuilhermeC.pdf. Acesso: 22 jul. 2020.

NASCIMENTO, G. C. do., MARRA JÚNIOR, W. D., PEITER, F. S. **Indoor Environmental Quality in a Public Library in São Carlos, SP, Brazil**. Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brazil. Open Access Library Journal. Received 27 April 2016; accepted 14 July 2016; published 19 July 2016.

NIOSH, The National Institute for Occupational Safety and Health. **DHHS (NIOSH) Publication Number 2018-143**. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2018-143/default.html>. Acesso em: 23 jul. 2019.

OSIMANI, A., GAROFALO, C., MILANOVIC, V., TACCARI, M., AQUILANTI, L., POLVERIGIANI, S., & CLEMENTI, F. **Indoor Air Quality in Mass Catering Plants: Occurrence of Airborne Eumycetes in a University Canteen**. International Journal of Hospitality Management, 59: 1– 10. doi.org/10.1016/j.ijhm.2016.08.004

OSHA, Occupational Safety and Health Administration. **NIOSH recommendations to CO₂, VOCs and MP**. Disponível em: https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_2.html. Acesso em: 02 jul. 2019.

PAULA, Juliana F. L. **Aeromicrobiota do Ambiente Cirúrgico: Princípios e Peculiaridades da Climatização Artificial**. 2003. 128 f. Dissertação (Mestrado em enfermagem fundamental) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2003.

PERDRIX, Alain. PARAT, Sylvie. LIAUDY, Sylvette. MAÎTRE, Anne. **Syndromes des Bâtiments Malsains (SBM)**. Revue Francophone des Laboratoires, n. 373, p. 67-72. Amsterdam: Elsevier, 2005. ISSN 1773-035X, mai, 2005.

QUADROS, Marina Eller; LISBOA, Henrique de Melo; OLIVEIRA, Vetúria Lopes de; SCHIRMER, Waldir Nagel. **Qualidade do Ar Interno em Ambientes Hospitalares**. Rev. Tecnologia, Fortaleza, v.30, n.1, p.38-52, jun.2009. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/tec/article/viewFile/5275/4125>. Acesso em: 25 jul. 2020.

ROVELLI, Sabrina; CATTANEO, Andrea; NUZZI, Camilla P.; SPINAZZÈ, Andrea; PIAZZA, Silvia; CARRER, Paolo; CAVALLO, Domenico M. **Airborne Particulate Matter in School Classrooms of Northern Italy**. International Journal of Environmental Research and Public Health ISSN 1660-4601 (2014). Disponível em: www.mdpi.com/journal/ijerph. Acesso: 24 jun. 2020.

SÃO PAULO. Secretaria de estado do meio ambiente. Companhia de tecnologia de saneamento ambiental (CETESB). **Qualidade do Ar: Informações**. São Paulo, 4 de janeiro de 2001. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp. Acesso em: 10 jul. 2019.

SANGUESSUNGA, Marta Sofia Guerreiro. **Síndrome dos Edifícios Doentes Estudo da Qualidade do Ar Interior e Despiste da Eventual Existência de SED Entre a População do Edifício “E” de Um Estabelecimento de Ensino Superior**. 2012. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/1597/5/S%c3%adndrome%20dos%20edificios%20doentes.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2019.

SCHIRMER, Waldir Nagel; PIAN, Lucas Bischof; SZYMANSKI, Mariani Sílvia Ester, GAUER, Mayara Ananda. **A Poluição do Ar em Ambientes Internos e a Síndrome dos Edifícios Doentes**. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.org/pdf/csc/2011.v16n8/3583-3590/pt>. Acesso em: 24 jun. 2020.

SCHIRMER, W.N. **Amostragem, Análise e Proposta de Tratamento de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) e Odorantes em Estação de Despejos Industriais de Refinaria de Petróleo** [dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2004.

SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p., 2004.

STATHOLOUPOU, O.I. ASSIMAKOPOULOS, V.D. FLOCAS, V.A. HELMIS, C.G. **An Experimental Study of Air Quality Inside Large Athletic Halls**. Building and Environment. v. 43, n. 5, p. 793-803, ISSN 0360-1323, 2008.

TORTORA, Gerard J. FUNKE, Berdell R. CASE, Christine L. **Microbiologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 894p. ISBN: 85-363-0488-X, 2005.

TROX-TECHNIK. **Filtros de Ar**. Disponível em: <http://www.trox.com.br>. Acesso em: 15 jul. 2019.

TUCKER, W. Gene. **Chapter 31: Volatile Organic Compounds**. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, p. 1448, 2004.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **A Citizen's Guide to Radon: The Guide to Protecting Yourself and Your Family from Radon**. 16p. EPA, EPA-402-K-07-009, 2007.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient air - Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes**. Method TO-17, 2nd edition. Cincinnati, 49p., 1997b.

VIANA, M. B. A. **Contribuição Parlamentar para a Política Florestal no Brasil**. Brasília: câmara dos deputados. Consultoria administrativa. Estudo set/2004. Disponível em: http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1203/contribuicao_florestal_boratto.pdf?sequence=3. Acesso em: 18 jul. 2019.

YANG, Zengzhang. **Indoor Air Pollution and Preventions in College Libraries**. International Symposium on Resource Exploration and Environmental Science. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017.

YANPENG, W.; YUMING L.; & DING-CHIN C. **Indoor Air Quality Investigation of a University Library Based on Field Measurement and Questionnaire Survey**. *International Journal of Low-Carbon Technologies* 2018, 13, 148–160. Received 23 October 2017; revised 2 January 2018; editorial decision 10 January 2018; accepted 16 February 2018.

ZHANG, Yuanhui. **Indoor Air Quality Engineering**. Boca Raton: CRC Press, 615p. Article.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA PESQUISA DE IDENTIFICAÇÃO DE IQA EM BIBLIOTECAS

Biblioteca:
Gênero: () Masculino () Feminino () Outro Idade: () 0 a 12 anos () 13 a 19 anos () 20 a 29 anos () 30 a 39 anos () 40 a 49 anos () 50 a 60 anos () acima de 60 anos Quantos dias na semana frequenta esse ambiente? () 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias () 6 dias Quantas horas (por dia frequentado) permanece na biblioteca? () até 1h () até 2h () até 3 h () até 4h () acima de 4h Apresenta histórico de alergias? () SIM () NÃO Se a resposta for SIM para a pergunta anterior, qual o tipo de alergia? () respiratória () cutânea () alimentar () ocular () outras
Avaliação do Ambiente Interno
*As respostas estão numeradas de 1 a 5, onde: 1 = Muito ruim / Muita frequência 2 = Ruim / Frequentemente 3 = Regular / Algumas vezes 4 = Bom / Raramente 5 = Excelente / Nunca
Qual a satisfação com o ambiente frequentado? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Quando frequenta o ambiente ou após frequentar, apresenta/sente: - Dor de cabeça? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 - Tontura? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 - Espirros? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 - Nariz entupido? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 - Secreção nas vias aéreas respiratórias? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 - Tosse? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 - Dor/ardor na garganta? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 - Fadiga? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

- Sono? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Mal-estar? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Irritabilidade? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Sensação de poeira? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Odores humanos? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Cheiro de mofo? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Cheiro de produtos de limpeza? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Coceira ocular? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Lacrimejamento? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
- Coceira e/ou erupções na pele? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Se apresenta algum dos sintomas acima após a permanência no ambiente, associa com a visitação ao ambiente?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Qual a satisfação com a Temperatura do ambiente?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Qual a satisfação com a ventilação do ambiente?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Qual o seu nível de concentração no ambiente?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Qual a satisfação com a limpeza do ambiente?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Qual a satisfação com a qualidade do ar do ambiente?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

EXCELENTE	90 % ≤ das respostas forem o nº 5
BOM	90 % > das respostas forem o nº 4 > 50 %
ACEITÁVEL	90 % > das respostas forem o nº 3 > 50 %
RUIM	90 % > das respostas forem o nº 2 > 50 %
PÉSSIMO	90 % ≤ das respostas forem o nº 1

APÊNDICE B – PLANILHA DO PMOC PROPOSTO

PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE			
IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA/ÓRGÃO CONTRATANTE			
Nome/Razão Social:		CNPJ:	
Endereço:	Bairro:	CEP:	
Contatos:	Cidade:	Estado:	
Nome do responsável pela fiscalização:			
IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA CONTRATADA			
Nome/Razão Social:		CNPJ:	
Endereço:	Bairro:	CEP:	
Contatos:	Cidade:	Estado:	
Nome do responsável técnico:		Contato:	
Registro no Conselho de Classe:	Título do Profissional:	Nº da ART:	
Validade do PMOC:			
IDENTIFICAÇÃO DO AMBIENTE			
Local/Setor:		Área climatizada:	
Tipo de atividade:			
Número de ocupantes – Fixos:	Flutuantes:	Carga térmica:	

Legenda para periodicidade:

Semanal	S
Quinzenal	Q
Mensal	M
Bimestral	B
Trimestral	T
Semestral	SM
Anual	A

Quantidade de aparelhos atendidos:				
Item	Modelo	Marca	BTU	
CONDICIONADORES DE AR		<i>Avaliação para o Item:</i>		
Descrição da atividade	Periodicidade	Data	Executado por:	Aprovado por:
Limpeza externa do gabinete	S			
Verificar a vedação das tampas frontais e laterais do gabinete, se necessário fazer a correção	S			
Verificar ruídos e vibrações anormais no gabinete	M			
Verificar e eliminar sujeiras, e focos de danos de corrosão no gabinete, na moldura da serpentina e na bandeja	B			

Isolamento térmico interno (trocar se danificado e com bolor)	B			
Verificar o estado do isolamento termo acústico interno, realizar a troca caso esteja danificado ou com bolor	B			
Limpar o gabinete do condicionador e ventiladores (carcaça e rotor)	B			
Verificar vazamentos de óleo e refrigerante (corrigir se necessário)	M			
Verificar funcionamento de válvula de expansão	B			
Verificar a fixação e isolamento do bulbo da válvula de expansão	M			
Verificar o isolamento das tubulações	M			
Limpar a serpentina e bandeja	B			
Verificar a operação dos controles de vazão	B			
Verificar a operação de drenagem de água da bandeja	B			
Verificar a tensão das correias para evitar o escorregamento	B			
Medir a pressão de sucção e descarga	B			
Ajustar pressostatos se necessário	B			
Verificar aquecimento dos motores	B			
Medir correntes elétricas	B			
Verificar atuação e sinalização do painel de comando	B			
Verificar atual e regulagem do termostato	B			
Verificar isolamento elétrico	B			
* Os valores encontrados nas medições devem ser anotados em um relatório anexo ao formulário do PMOC.				
FILTROS DE AR INTERNO				
Descrição da atividade	Periodicidade	Data	Executado por:	Aprovado por:
Verificar e eliminar sujeiras, danos e corrosão	S			
Verificar e eliminar as frestas do filtro	S			
Verificar e substituir (quando desgastado) o elemento filtrante	S			
Verificar as condições de suporte e fixação	S			
Trocar os filtros	B			
* Não será admitido, em hipótese alguma, o aproveitamento de filtros avariados, mesmo em pequenas proporções.				

ANEXO A - RESOLUÇÃO-RE Nº 09, DE 16 DE JANEIRO DE 2003



Ministério da Saúde - MS
Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA

RESOLUÇÃO-RE Nº 09, DE 16 DE JANEIRO DE 2003

(Publicada no DOU nº14, de 20 de janeiro de 2003)

O Diretor da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, no uso da atribuição que lhe confere a Portaria nº 570, do Diretor Presidente, de 3 de outubro de 2002;

considerando o § 3º, do art. 111 do Regimento Interno aprovado pela Portaria nº 593, de 25 de agosto de 2000, republicada no DOU de 22 de dezembro de 2000,

considerando a necessidade de revisar e atualizar a RE/ANVISA nº 176, de 24 de outubro de 2000, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo, frente ao conhecimento e a experiência adquiridos no país nos dois primeiros anos de sua vigência;

considerando o interesse sanitário na divulgação do assunto;

considerando a preocupação com a saúde, a segurança, o bem-estar e o conforto dos ocupantes dos ambientes climatizados;

considerando o atual estágio de conhecimento da comunidade científica internacional, na área de qualidade do ar ambiental interior, que estabelece padrões referenciais e/ou orientações para esse controle;

considerando o disposto no art. 2º da Portaria GM/MS nº 3.523, de 28 de agosto de 1998;

considerando que a matéria foi submetida à apreciação da Diretoria Colegiada que a aprovou em reunião realizada em 15 de janeiro de 2003, resolve:

Art. 1º Determinar a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, em anexo.

Art. 2º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

CLÁUDIO MAIEROVITCH PESSANHA HENRIQUES



Ministério da Saúde - MS
Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA

ANEXO - ORIENTAÇÃO TÉCNICA ELABORADA POR GRUPO TÉCNICO ASSESSOR SOBRE PADRÕES REFERENCIAIS DE QUALIDADE DO AR INTERIOR EM AMBIENTES CLIMATIZADOS ARTIFICIALMENTE DE USO PÚBLICO E COLETIVO

I - HISTÓRICO

O Grupo Técnico Assessor de estudos sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, foi constituído pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, no âmbito da Gerência Geral de Serviços da Diretoria de Serviços e Correlatos e instituído por membros das seguintes instituições:

Sociedade Brasileira de Meio Ambiente e de Qualidade do Ar de Interiores/BRASINDOOR, Laboratório Noel Nutels Instituto de Química da UFRJ, Ministério do Meio Ambiente, Faculdade de Medicina da USP, Organização Panamericana de Saúde/OPAS, Fundação Oswaldo Cruz/FIOCRUZ, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO/MTb, Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial/INMETRO, Associação Paulista de Estudos e Controle de Infecção Hospitalar/ APECIH e, Serviço de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde/RJ, Instituto de Ciências Biomédicas - ICB/USP e Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

Reuniu-se na cidade de Brasília/DF, durante o ano de 1999 e primeiro semestre de 2000, tendo como metas:

1. estabelecer critérios que informem a população sobre a qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, cujo desequilíbrio poderá causar agravos a saúde dos seus ocupantes;
2. instrumentalizar as equipes profissionais envolvidas no controle de qualidade do ar interior, no planejamento, elaboração, análise e execução de projetos físicos e nas ações de inspeção de ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

Reuniu-se na cidade de Brasília/DF, durante o ano de 2002, tendo como metas:

1. Promover processo de revisão na Resolução ANVISA -RE 176/00
2. Atualiza-la frente a realidade do conhecimento no país.
3. Disponibilizar informações sobre o conhecimento e a experiência adquirida nos dois primeiros anos de vigência da RE 176.

II - ABRANGÊNCIA

O Grupo Técnico Assessor elaborou a seguinte Orientação Técnica sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, no que diz respeito a definição de valores máximos recomendáveis para contaminação biológica, química e parâmetros físicos do ar interior, a identificação das fontes poluentes de natureza biológica, química e física, métodos analíticos (Normas Técnicas 001, 002, 003 e 004) e as recomendações para controle (Quadros I e II).

Recomendou que os padrões referenciais adotadas por esta Orientação Técnica sejam aplicados aos ambientes climatizados de uso público e coletivo já existentes e aqueles a serem instalados. Para os ambientes climatizados de uso restrito, com exigências de filtros absolutos ou instalações especiais,

Este texto não substitui o(s) publicado(s) em Diário Oficial da União.



Ministério da Saúde - MS
Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA

tais como os que atendem a processos produtivos, instalações hospitalares e outros, sejam aplicadas as normas e regulamentos específicos.

III - DEFINIÇÕES

Para fins desta Orientação Técnica são adotadas as seguintes definições, complementares às adotadas na Portaria GM/MS nº 3.523/98:

- a) Aerodispersóides: sistema disperso, em um meio gasoso, composto de partículas sólidas e/ou líquidas. O mesmo que aerosol ou aerossol.
- b) ambiente aceitável: ambientes livres de contaminantes em concentrações potencialmente perigosas à saúde dos ocupantes ou que apresentem um mínimo de 80% dos ocupantes destes ambientes sem queixas ou sintomatologia de desconforto².
- c) ambientes climatizados: são os espaços fisicamente determinados e caracterizados por dimensões e instalações próprias, submetidos ao processo de climatização, através de equipamentos.
- d) ambiente de uso público e coletivo: espaço fisicamente determinado e aberto a utilização de muitas pessoas.
- e) ar condicionado: é o processo de tratamento do ar, destinado a manter os requerimentos de Qualidade do Ar Interior do espaço condicionado, controlando variáveis como a temperatura, umidade, velocidade, material particulado, partículas biológicas e teor de dióxido de carbono (CO₂).
- f) Padrão Referencial de Qualidade do Ar Interior: marcador qualitativo e quantitativo de qualidade do ar ambiental interior, utilizado como sentinela para determinar a necessidade da busca das fontes poluentes ou das intervenções ambientais
- g) Qualidade do Ar Ambiental Interior: Condição do ar ambiental de interior, resultante do processo de ocupação de um ambiente fechado com ou sem climatização artificial.
- h) Valor Máximo Recomendável: Valor limite recomendável que separa as condições de ausência e de presença do risco de agressão à saúde humana.

IV - PADRÕES REFERENCIAIS

Recomenda os seguintes Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados de uso público e coletivo.

1 - 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.

1.1 - 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.

1.2 - É inaceitável a presença de fungos patogênicos e toxigênicos.

Este texto não substitui o(s) publicado(s) em Diário Oficial da União.



Ministério da Saúde - MS
Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA

2 - Os Valores Máximos Recomendáveis para contaminação química são:

2.1 - = 1000 ppm de dióxido de carbono - (CO₂) , como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar².

2.2 - = 80 µg/m³ de aerodispersóides totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado⁴.

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

3 - 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 6401 - Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto - Parâmetros Básicos de Projeto da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas⁵.

3.1 - a faixa recomendável de operação das Temperaturas de Bulbo Seco, nas condições internas para verão, deverá variar de 23°C a 26°C, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 21°C e 23°C. A faixa máxima de operação deverá variar de 26,5°C a 27°C, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 28°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°C a 22°C.

3.2 - a faixa recomendável de operação da Umidade Relativa, nas condições internas para verão, deverá variar de 40% a 65%, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 40% e 55% durante todo o ano. O valor máximo de operação deverá ser de 65%, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 70%. 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%.

3.3 - 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.

3.4 - a Taxa de Renovação do Ar adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de 27 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 m³/hora/pessoa, não sendo admitido em qualquer situação que os ambientes possuam uma concentração de CO₂, maior ou igual a estabelecida em IV-2.1, desta Orientação Técnica.

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 G-3 nos condicionadores de sistemas centrais, minimizando o acúmulo de sujidades nos dutos, assim como reduzindo os níveis de material particulado no ar insuflado². Os padrões referenciais adotados complementam as medidas básicas definidas na Portaria GM/MS nº 3.523/98, de 28 de agosto de 1998, para efeito de reconhecimento, avaliação e controle da Qualidade do Ar Interior nos ambientes climatizados. Deste modo poderão subsidiar as decisões do responsável técnico pelo gerenciamento do sistema de climatização, quanto a definição de periodicidade dos procedimentos de limpeza e manutenção dos componentes do sistema, desde que asseguradas as frequências mínimas para os seguintes componentes, considerados como reservatórios, amplificadores e disseminadores de poluentes.

Este texto não substitui o(s) publicado(s) em Diário Oficial da União.



Ministério da Saúde - MS
Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA

TABELA DE DEFINIÇÃO DE PERIODICIDADE DOS PROCEDIMENTOS DE LIMPEZA E MANUTENÇÃO DOS COMPONENTES DO SISTEMA

Componente	Periodicidade
Tomada de ar externo	Limpeza mensal ou quando descartável até sua obliteração (máximo 3 meses)
Unidades filtrantes	Limpeza mensal ou quando descartável até sua obliteração (máximo 3 meses)
Bandeja de condensado	Mensal*
Serpentina de aquecimento	Desencrustação semestral e limpeza trimestral
Serpentina de resfriamento	Desencrustação semestral e limpeza trimestral
Umidificador	Desencrustação semestral e limpeza trimestral
Ventilador	Semestral
Plenum de mistura/casa de máquinas	Mensal

* - Excetuando na vigência de tratamento químico contínuo que passa a respeitar a periodicidade indicada pelo fabricante do produto utilizado.

V - FONTES POLUENTES

Recomenda que sejam adotadas para fins de pesquisa e com o propósito de levantar dados sobre a realidade brasileira, assim como para avaliação e correção das situações encontradas, as possíveis fontes de poluentes informadas nos Quadros I e II.

QUADRO I - POSSÍVEIS FONTES DE POLUENTES BIOLÓGICOS 6

Agentes biológicos	Principais fontes em ambientes interiores	Principais Medidas de correção em ambientes interiores
Bactérias	Reservatórios com água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, desumificadores, umidificadores, serpentinas de condicionadores de ar e superfícies úmidas e quentes.	Realizar a limpeza e a conservação das torres de resfriamento; higienizar os reservatórios e bandejas de condensado ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes; eliminar as infiltrações; higienizar as superfícies.
Fungos	Ambientes úmidos e demais fontes de multiplicação fúngica, como materiais porosos orgânicos úmidos, forros, paredes e isolamentos úmidos; ar externo, interior de condicionadores e	Corrigir a umidade ambiental; manter sob controle rígido vazamentos, infiltrações e condensação de água; higienizar os ambientes e componentes do sistema de climatização ou manter tratamento contínuo

Este texto não substitui o(s) publicado(s) em Diário Oficial da União.



Ministério da Saúde - MS
Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA

	duto sem manutenção, vasos de terra com plantas.	para eliminar as fontes; eliminar materiais porosos contaminados; eliminar ou restringir vasos de plantas com cultivo em terra, ou substituir pelo cultivo em água (hidroponia); utilizar filtros G-1 na renovação do ar externo.
Protozoários	Reservatórios de água contaminada, bandejas e umidificadores de condicionadores sem manutenção.	Higienizar o reservatório ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes.
Vírus	Hospedeiro humano.	Adequar o número de ocupantes por m ² de área com aumento da renovação de ar; evitar a presença de pessoas infectadas nos ambientes climatizados
Algas	Torres de resfriamento e bandejas de condensado.	Higienizar os reservatórios e bandejas de condensado ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes.
Pólen	Ar externo.	Manter filtragem de acordo com NBR-6401 da ABNT
Artrópodes	Poeira caseira.	Higienizar as superfícies fixas e mobiliário, especialmente os revestidos com tecidos e tapetes; restringir ou eliminar o uso desses revestimentos.
Animais	Roedores, morcegos e aves.	Restringir o acesso, controlar os roedores, os morcegos, ninhos de aves e respectivos excrementos

QUADRO II - POSSÍVEIS FONTES DE POLUENTES QUÍMICOS 7

Agentes químicos	Principais fontes em ambientes interiores	Principais medidas de correção em ambientes interiores
CO	Combustão (cigarros, queimadores de fogões e veículos automotores).	Manter a captação de ar exterior com baixa concentração de poluentes; restringir as fontes de combustão; manter a exaustão em áreas em que ocorre combustão; eliminar a infiltração de CO proveniente de fontes externas; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
CO ₂	Produtos de metabolismo humano e combustão.	Aumentar a renovação de ar externo; restringir as fontes de combustão e o tabagismo em áreas fechadas; eliminar a infiltração de fontes externas.
NO ₂	Combustão.	Restringir as fontes de combustão; manter a exaustão em áreas em que ocorre combustão; impedir a

Este texto não substitui o(s) publicado(s) em Diário Oficial da União.



Ministério da Saúde - MS
Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA

		infiltração de NO ₂ proveniente de fontes externas; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
O ₃	Máquinas copiadoras e impressoras a laser	Adotar medidas específicas para reduzir a contaminação dos ambientes interiores, com exaustão do ambiente ou enclausuramento em locais exclusivos para os equipamentos que apresentem grande capacidade de produção de O ₃ .
Formaldeído	Materiais de acabamento, mobiliário, cola, produtos de limpeza domissanitários	Selecionar os materiais de construção, acabamento e mobiliário que possuam ou emitam menos formaldeído; usar produtos domissanitários que não contenham formaldeído.
Material particulado	Poeira e fibras.	Manter filtragem de acordo com NBR- 6402 da ABNT; evitar isolamento termo- acústico que possa emitir fibras minerais, orgânicas ou sintéticas para o ambiente climatizado; reduzir as fontes internas e externas; higienizar as superfícies fixas e mobiliários sem o uso de vassouras, escovas ou espanadores; selecionar os materiais de construção e acabamento com menor porosidade; adotar medidas específicas para reduzir a contaminação dos ambientes interiores (vide biológicos); restringir o tabagismo em áreas fechadas.
Fumo de tabaco	Queima de cigarro, charuto, cachimbo, etc.	Aumentar a quantidade de ar externo admitido para renovação e/ou exaustão dos poluentes; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
COV	Cera, mobiliário, produtos usados em limpeza e domissanitários, solventes, materiais de revestimento, tintas, colas, etc.	Selecionar os materiais de construção, acabamento, mobiliário; usar produtos de limpeza e domissanitários que não contenham COV ou que não apresentem alta taxa de volatilização e toxicidade.
COS-V	Queima de combustíveis e utilização de pesticidas.	Eliminar a contaminação por fontes pesticidas, inseticidas e a queima de combustíveis; manter a captação de ar exterior afastada de poluentes.

COV - Compostos Orgânicos Voláteis.

COS-V - Compostos Orgânicos Semi- Voláteis.

Observações - Os poluentes indicados são aqueles de maior ocorrência nos ambientes de interior, de efeitos conhecidos na saúde humana e de mais fácil detecção pela estrutura laboratorial existente no país.

Outros poluentes que venham a ser considerados importantes serão incorporados aos indicados, desde que atendam ao disposto no parágrafo anterior.

VI - AVALIAÇÃO E CONTROLE

Recomenda que sejam adotadas para fins de avaliação e controle do ar ambiental interior dos ambientes climatizados de uso coletivo, as seguintes Normas Técnicas 001, 002, 003 e 004.

Este texto não substitui o(s) publicado(s) em Diário Oficial da União.



Ministério da Saúde - MS
Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA

Na elaboração de relatórios técnicos sobre qualidade do ar interior, é recomendada a NBR-10.719 da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

- 1 World Health Organization. Indoor air quality: biological contaminants; Copenhagen, Denmark, 1983 (European Series nº 31).
- 2 American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. ASHRAE Standard 62 - Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 2001
- 3 Kulcsar Neto, F & Siqueira, LFG. Padrões Referenciais para Análise de Resultados de Qualidade Microbiológica do Ar em Interiores Visando a Saúde Pública no Brasil - Revista da Brasindoor. 2 (10): 4-21,1999.
- 4 Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Resolução nº 03 de 28/06 / 1990.
- 5 ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6401 - Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto - Parâmetros Básicos de Projeto, 1980.
- 6 Siqueira, LFG & Dantas, EHM. Organização e Métodos no Processo de Avaliação da Qualidade do Ar de Interiores - Revista da Brasindoor, 3 (1): 19-26, 1999.
- 7 Aquino Neto, F.R; Brickus, L.S.R. Padrões Referenciais para Análise de Resultados da Qualidade Físico-química do Ar de Interior Visando a Saúde Pública. Revista da Brasindoor, 3(2):4- 15,1999.

NORMA TÉCNICA 001

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise de Bioaerosol em Ambientes Interiores.

MÉTODO ANALÍTICO

OBJETIVO: Pesquisa, monitoramento e controle ambiental da possível colonização, multiplicação e disseminação de fungos em ar ambiental interior.

DEFINIÇÕES:

Bioaerosol: Suspensão de microorganismos (organismos viáveis) dispersos no ar.

Marcador epidemiológico: Elemento aplicável à pesquisa, que determina a qualidade do ar ambiental.

APLICABILIDADE: Ambientes de interior climatizados, de uso coletivo, destinados a ocupações comuns (não especiais).

MARCADOR EPIDEMIOLÓGICO: Fungos viáveis.

MÉTODO DE AMOSTRAGEM: Amostrador de ar por impactação com acelerador linear.

PERIODICIDADE: Semestral.

FICHA TÉCNICA DO AMOSTRADOR:

Amostrador: Impactador de 1, 2 ou 6 estágios.

Meio de Cultivo: Agar Extrato de Malte, Agar Sabouraud Dextrose a 4%, Agar Batata Dextrose ou outro, desde que cientificamente validado.

Taxa de Vazão: fixa entre 25 a 35 l/min, sendo recomendada 28,3 l/min.

Tempo de Amostragem: de 5 a 15 minutos, dependendo das especificações do amostrador.

Volume Mínimo: 140 l

Volume Máximo: 500 l

Embalagem: Rotina de embalagem para proteção da amostra com nível de biossegurança 2 (recipiente lacrado, devidamente identificado com símbolo de risco biológico)



Ministério da Saúde - MS
Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA

Transporte: Rotina de embalagem para proteção da amostra com nível de biossegurança 2 (recipiente lacrado, devidamente identificado com símbolo de risco biológico) Nota: Em áreas altamente contaminadas, pode ser recomendável uma amostragem com tempo e volume menores.	
Calibração: Semestral	Exatidão: $\pm 0,02$ l/min.
	Precisão: $\pm 99,92$ %

ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:

- selecionar 01 amostra de ar exterior localizada fora da estrutura predial na altura de 1,50m do nível da rua.
- Definir o número de amostras de ar interior, tomando por base a área construída climatizada dentro de uma mesma edificação e razão social, seguindo a tabela abaixo:

Área construída (m ²)	Número mínimo de amostras
Até 1.000	1
1.000 a 2.000	3
2.000 a 3.000	5
3.000 a 5.000	8
5.000 a 10.000	12
10.000 a 15.000	15
15.000 a 20.000	18
20.000 a 30.000	21
Acima de 30.000	25

- as unidades funcionais dos estabelecimentos com características epidemiológicas diferenciadas, tais como serviço médico, restaurantes, creches e outros, deverão ser amostrados isoladamente.
- os pontos amostrais deverão ser distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada.

PROCEDIMENTO LABORATORIAL: Método de cultivo e quantificação segundo normatizações universalizadas. Tempo mínimo de incubação de 7 dias a 25°C., permitindo o total crescimento dos fungos.

BIBLIOGRAFIA: "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater".

17 th ed. APHA, AWWA, WPC.F; "The United States Pharmacopeia". USP, XXIII ed., NF XVIII, 1985.

NIOSH- National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), BIOAEROSOL SAMPLING (Indoor Air) 0800, Fourth Edition.

IRSST - Institute de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail du Quebec, Canada, 1994.

Este texto não substitui o(s) publicado(s) em Diário Oficial da União.



Ministério da Saúde - MS
Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA

Members of the Technical Advisory Committee on Indoor Air Quality, Commission of Public Health Ministry of the Environment - Guidelines for Good Indoor Air Quality in Office Premises, Singapore.

NORMA TÉCNICA 002 - Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise da Concentração de Dióxido de Carbono em Ambientes Interiores.

MÉTODO ANALÍTICO

OBJETIVO: Pesquisa, monitoramento e controle do processo de renovação de ar em ambientes climatizados.

APLICABILIDADE: Ambientes interiores climatizados, de uso coletivo.

MARCADOR EPIDEMIOLÓGICO: Dióxido de carbono (CO₂).

MÉTODO DE AMOSTRAGEM: Equipamento de leitura direta.

PERIODICIDADE: Semestral.

FICHA TÉCNICA DOS AMOSTRADORES:

Amostrador: Leitura Direta por meio de sensor infravermelho não dispersivo ou célula eletroquímica.	
Calibração: Anual ou de acordo com especificação do fabricante.	Faixa: de 0 a 5.000 ppm.
	Exatidão: ± 50 ppm + 2% do valor medido

ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:

- Definir o número de amostras de ar interior, tomando por base a área construída climatizada dentro de uma mesma edificação e razão social, seguindo a tabela abaixo:

Área construída (m ²)	Número mínimo de amostras
Até 1.000	1
1.000 a 2.000	3
2.000 a 3.000	5
3.000 a 5.000	8
5.000 a 10.000	12
10.000 a 15.000	15
15.000 a 20.000	18
20.000 a 30.000	21
Acima de 30.000	25

- as unidades funcionais dos estabelecimentos com características epidemiológicas diferenciadas, tais como serviço médico, restaurantes, creches e outros, deverão ser amostrados isoladamente.

Este texto não substitui o(s) publicado(s) em Diário Oficial da União.



Ministério da Saúde - MS
Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA

- os pontos amostrais deverão ser distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada.

PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM: As medidas deverão ser realizadas em horários de pico de utilização do ambiente.

NORMA TÉCNICA 003 - Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem.
Determinação da Temperatura, Umidade e Velocidade do Ar em Ambientes Interiores.

MÉTODO ANALÍTICO

OBJETIVO: Pesquisa, monitoramento e controle do processo de climatização de ar em ambientes climatizados.

APLICABILIDADE: Ambientes interiores climatizados, de uso coletivo.

MARCADORES: Temperatura do ar (°C)

Umidade do ar (%)

Velocidade do ar (m/s).

MÉTODO DE AMOSTRAGEM: Equipamentos de leitura direta. Termo-higrômetro e Anemômetro.

PERIODICIDADE: Semestral.

FICHA TÉCNICA DOS AMOSTRADORES:

Amostrador: Leitura Direta - Termo-higrômetro.	
Princípio de operação: Sensor de temperatura do tipo termo-resistência. Sensor de umidade do tipo capacitivo ou por condutividade elétrica.	
Calibração: Anual	Faixa: 0° C a 70°C de temperatura 5% a 95 % de umidade Exatidão: ± 0,8 ° C de temperatura ± 5% do valor medido de umidade
Amostrador: Leitura Direta - Anemômetro.	
Princípio de operação: Preferencialmente de sensor de velocidade do ar do tipo fio aquecido ou fio térmico.	
Calibração Anual:	Faixa: de 0 a 10 m/s Exatidão: 0,1 m/s 4% do valor medido

ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:

- Definir o número de amostras de ar interior, tomando por base a área construída climatizada dentro de uma mesma edificação e razão social, seguindo a tabela abaixo:

Área construída (m2)	Número mínimo de amostras
Até 1.000	1
1.000 a 2.000	3
2.000 a 3.000	5
3.000 a 5.000	8
5.000 a 10.000	12

Este texto não substitui o(s) publicado(s) em Diário Oficial da União.



Ministério da Saúde - MS
Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA

10.000 a 15.000	15
15.000 a 20.000	18
20.000 a 30.000	21
Acima de 30.000	25

- as unidades funcionais dos estabelecimentos com características epidemiológicas diferenciadas, tais como serviço médico, restaurantes, creches e outros, deverão ser amostrados isoladamente.
- os pontos amostrais deverão ser distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada, para o Termo-higrômetro e no espectro de ação do difusor para o Anemômetro.

NORMA TÉCNICA 004

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise de Concentração de Aerodispersóides em Ambientes Interiores.

MÉTODO ANALÍTICO

OBJETIVO: Pesquisa, monitoramento e controle de aerodispersóides totais em ambientes interiores climatizados.

APLICABILIDADE: Ambientes de interior climatizados, de uso coletivo, destinados a ocupações comuns (não especiais).

MARCADOR EPIDEMIOLÓGICO: Poeira Total ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

MÉTODO DE AMOSTRAGEM: Coleta de aerodispersóides por filtração (MB-3422 da ABNT).

PERIODICIDADE: Semestral.

FICHA TÉCNICA DO AMOSTRADOR:

<p>Amostrador: Unidade de captação constituída por filtros de PVC, diâmetro de 37 mm e porosidade de 5 μm de diâmetro de poro específico para poeira total a ser coletada; Suporte de filtro em disco de celulose; Porta-filtro em plástico transparente com diâmetro de 37 mm.</p> <p>Aparelhagem: Bomba de amostragem, que mantenha ao longo do período de coleta, a vazão inicial de calibração com variação de 5%.</p> <p>Taxa de Vazão: 1,0 a 3,0 l/min, recomendado 2,0 l/min.</p> <p>Volume Mínimo: 50 l</p> <p>Volume Máximo: 400 l</p> <p>Tempo de Amostragem: relação entre o volume captado e a taxa de vazão utilizada</p> <p>Embalagem: Rotina</p>	
<p>Calibração: Em cada procedimento de coleta se operado com bombas diafragmáticas</p>	<p>Exatidão: $\pm 5\%$ do valor medido</p>

ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:

- Definir o número de amostras de ar interior, tomando por base a área construída climatizada dentro de uma mesma edificação e razão social, seguindo a tabela abaixo:



Ministério da Saúde - MS
Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA

Área construída (m ²)	Número mínimo de amostras
Até 1.000	1
1.000 a 2.000	3
2.000 a 3.000	5
3.000 a 5.000	8
5.000 a 10.000	12
10.000 a 15.000	15
15.000 a 20.000	18
20.000 a 30.000	21
Acima de 30.000	25

- as unidades funcionais dos estabelecimentos com características epidemiológicas diferenciadas, tais como serviço médico, restaurantes, creches e outros, deverão ser amostrados isoladamente.
- os pontos amostrais deverão ser distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada.

PROCEDIMENTO DE COLETA: MB-3422 da ABNT.

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO DAS BOMBAS: NBR- 10.562 da ABNT

PROCEDIMENTO LABORATORIAL: NHO 17 da FUNDACENTRO

VII - INSPEÇÃO

Recomenda que os órgãos competentes de Vigilância Sanitária com o apoio de outros órgãos governamentais, organismos representativos da comunidade e dos ocupantes dos ambientes climatizados, utilizem esta Orientação Técnica como instrumento técnico referencial, na realização de inspeções e de outras ações pertinentes nos ambientes climatizados de uso público e coletivo.

VIII - RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Recomenda que os proprietários, locatários e prepostos de estabelecimentos com ambientes ou conjunto de ambientes dotados de sistemas de climatização com capacidade igual ou superior a 5 TR (15.000 kcal/h = 60.000 BTU/h), devam manter um responsável técnico atendendo ao determinado na Portaria GM/MS nº 3.523/98, além de desenvolver as seguintes atribuições:

- a) providenciar a avaliação biológica, química e física das condições do ar interior dos ambientes climatizados;
- b) promover a correção das condições encontradas, quando necessária, para que estas atendam ao estabelecido no Art. 4º desta Resolução;
- c) manter disponível o registro das avaliações e correções realizadas; e
- d) divulgar aos ocupantes dos ambientes climatizados os procedimentos e resultados das atividades de avaliação, correção e manutenção realizadas.

Em relação aos procedimentos de amostragem, medições e análises laboratoriais, considera-se como responsável técnico, o profissional que tem competência legal para exercer as atividades descritas, sendo profissional de nível superior com habilitação na área de química (Engenheiro químico, Químico e Farmacêutico) e na área de biologia (Biólogo, Farmacêutico e Biomédico) em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país e comprovação de Responsabilidade Técnica - RT, expedida pelo Órgão de Classe.

As análises laboratoriais e sua responsabilidade técnica devem obrigatoriamente estar desvinculadas das atividades de limpeza, manutenção e comercialização de produtos destinados ao sistema de climatização.

(Of. El. nº 26)

ANEXO B – LEI FEDERAL Nº 13.589, DE 4 DE JANEIRO DE 2018.**Presidência da República
Secretaria-Geral
Subchefia para Assuntos Jurídicos****LEI Nº 13.589, DE 4 DE JANEIRO DE 2018.****Mensagem de veto**

Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º Todos os edifícios de uso público e coletivo que possuem ambientes de ar interior climatizado artificialmente devem dispor de um Plano de Manutenção, Operação e Controle – PMOC dos respectivos sistemas de climatização, visando à eliminação ou minimização de riscos potenciais à saúde dos ocupantes.

§ 1º Esta Lei, também, se aplica aos ambientes climatizados de uso restrito, tais como aqueles dos processos produtivos, laboratoriais, hospitalares e outros, que deverão obedecer a regulamentos específicos.

§ 2º (VETADO).

Art. 2º Para os efeitos desta Lei, são adotadas as seguintes definições:

I - ambientes climatizados artificialmente: espaços fisicamente delimitados, com dimensões e instalações próprias, submetidos ao processo de climatização por meio de equipamentos;

II – sistemas de climatização: conjunto de instalações e processos empregados para se obter, por meio de equipamentos em recintos fechados, condições específicas de conforto e boa qualidade do ar, adequadas ao bem-estar dos ocupantes; e

III – manutenção: atividades de natureza técnica ou administrativa destinadas a preservar as características do desempenho técnico dos componentes dos sistemas de climatização, garantindo as condições de boa qualidade do ar interior.

Art. 3º Os sistemas de climatização e seus Planos de Manutenção, Operação e Controle - PMOC devem obedecer a parâmetros de qualidade do ar em ambientes climatizados artificialmente, em especial no que diz respeito a poluentes de natureza física, química e biológica, suas tolerâncias e métodos de controle, assim como obedecer aos requisitos estabelecidos nos projetos de sua instalação.

Parágrafo único. Os padrões, valores, parâmetros, normas e procedimentos necessários à garantia da boa qualidade do ar interior, inclusive de temperatura, umidade, velocidade, taxa de renovação e grau de pureza, são os regulamentados pela Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, e posteriores alterações, assim como as normas técnicas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Art. 4º Aos proprietários, locatários e prepostos responsáveis por sistemas de climatização já instalados é facultado o prazo de 180 (cento e oitenta) dias, a contar da regulamentação desta Lei, para o cumprimento de todos os seus dispositivos.

Art. 5º Esta Lei entra em vigor na data da sua publicação.

Brasília, 4 de janeiro de 2018; 197º da Independência e 130º da República.

MICHEL TEMER
Torquato Jardim

Este texto não substitui o publicado no DOU de 5.1.2018

*