



**Faculdade de Engenharia**

**Departamento de Engenharia Química**

**Curso de Engenharia do Ambiente**

**ESTÁGIO PROFISSIONAL**

**Avaliação dos parâmetros de qualidade de ar em escritórios no  
contexto da prevenção da doença Sars-Cov-2(Covid-19)**

**Autora:**

Viviane Judite Carlos Magaia

**Supervisor:**

Prof. Dr. Eng<sup>o</sup>. António Cumbane

Maputo, Maio de 2022



**Faculdade de Engenharia**

**Departamento de Engenharia Química**

**Curso de Engenharia do Ambiente**

**ESTÁGIO PROFISSIONAL**

**Avaliação dos parâmetros de qualidade de ar em escritórios no  
contexto da prevenção da doença Sars-Cov-2(Covid-19)**

**Autora:**

Viviane Judite Carlos Magaia

**Supervisor:**

Prof. Dr. Eng<sup>o</sup>. António Cumbane

Maputo, Maio de 2022

**TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL**

Declaro que o estudante \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Entregou no dia \_\_\_\_/\_\_\_\_/20\_\_\_\_ as \_\_\_\_ cópias do relatório do seu estágio profissional com referência: \_\_\_\_\_, intitulado: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Maputo, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_

O Chefe de Secretaria

\_\_\_\_\_

**Declaração de honra**

Declaro por minha honra que o trabalho apresentado em seguida foi realizado com base nos conhecimentos adquiridos ao longo do curso e nos documentos e referências citados no mesmo.

A autora

---

(Viviane Judite Carlos Magaia)

Data \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / 2022

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho a minha família  
Em especial aos meus Pais Carlos Magaia e Olga Chambal.  
Aos meus irmãos Prudence e Estanislau Magaia.

## **Agradecimentos**

Agradeço, sobretudo, a Deus que me concedeu a vida e força para concluir este trabalho.

À minha família em geral aos meus pais Carlos Magaia e Olga Chambal, aos meus irmãos Prudence e Estanislau Magaia, pelo apoio moral e o amor que continuamente tem transmitido.

Ao meu supervisor Prof. Doutor Eng.º António Cumbane pela orientação, entusiasmo e apoio prático durante o período da recolha das amostras até a conclusão do trabalho.

Aos colegas de curso e amigos Geralda Kaoma, Jorge Filimone, Alberto Machava e Reniel Bila que juntos partilhamos os melhores momentos da formação e os desafios que juntos ultrapassamos.

## **Resumo**

Este estudo apresenta uma revisão bibliográfica sobre a qualidade do ar em ambientes internos e mais adiante a relação da qualidade do ar com a transmissão do vírus da Sars-Cov-2.

Com vista a garantir a protecção da saúde dos colaboradores em escritórios, a avaliação da exposição a agentes físicos e químicos da qualidade do ar torna-se imprescindível. A avaliação da qualidade do ar neste trabalho é feita através de equipamentos de medição de parâmetros como: humidade relativa, temperatura, concentrações de Compostos Orgânicos Voláteis, Monóxido de Carbono, Dióxido de enxofre, ozono e Material particulado. A posterior a determinação destes parâmetros realiza-se a comparação com os limites de exposição legalmente estabelecidos e considerados aceitáveis para ambientes internos.

Diante da nova pandemia do Covid-19, declarada pela OMS em Março de 2020, que trata-se de uma doença infecciosa causada pelo vírus Sars-Cov-2, a qualidade do ar tornou-se um objecto de estudo. A relação entre a qualidade do ar e a doença do Covid-19 passa a ser estudada para compreensão de como a qualidade do ar pode influenciar no processo de transmissão e na vulnerabilidade a esta doença.

No geral, os resultados obtidos mostram que todos os parâmetros estiveram dentro dos limites legislados com excepção dos  $\text{SO}_2$  e  $\text{O}_3$ . Para o  $\text{SO}_2$ , os valores estiveram acima dos limites de protecção em todos os pontos de medição com uma máxima de 1,39 ppm e para o  $\text{O}_3$  apenas em 2 pontos com uma máxima de 1,32 ppm. A exposição a longo prazo das concentrações dos gases, acima do estabelecido pela legislação constitui um factor de risco por estes terem efeitos sobre a saúde dos colaboradores, especificamente sobre o trato respiratório. Estes gases são responsáveis pelo desenvolvimento de doenças relacionadas com o trato respiratório que causam redução da capacidade de defesa e enfraquecem o sistema respiratório. Com o trato respiratório enfraquecido, os indivíduos passam a pertencer ao grupo vulnerável a Covid-19.

Um outro parâmetro importante é o material particulado, pelo facto do vírus da Covid-19 fazer-se transportar por meio do mesmo, anexando-se ao material particulado presente no ar. A transmissão da Covid-19 dá-se pelo falar, aspirar e tossir de uma pessoa contaminada, que emite gotículas, podendo estas permanecer suspensas no ar ou precipitarem-se em alguma superfície. Uma vez suspensas no ar estas gotículas perdem a sua parte líquida, remanescendo a sólida, que pode se anexar a um outro material particulado presente no ar, como também pode continuar suspenso por si só. Assim

sendo maior relevância é dada ao material particulado por ser o meio pelo qual o vírus da Covid-19 se propaga.

**Palavra Chave:** Qualidade do ar interno, Covid-19, Sars-Cov-2, Parâmetros de Qualidade do ar, Ambientes internos, Saúde pública.

## **Lista de figuras**

Figura 1-Aparelho respiratório, Fonte: (OFEFP, 2005) .....	11
Figura 2-Cadeia de eventos associados QAI, da emissão de poluentes até aos efeitos na saúde .....	19
Figura 3-Formas de transmissão da Covid-19 (Moura, 2020).....	22
Figura 4-Ilustração da redução do diâmetro das gotículas. Fonte: (Ramet al, 2021) .....	24
Figura 5-Sistema respiratório, (REHVA, 2020) .....	25
Figura 6-Termómetro de globo .....	34
Figura 7-Detector de gases CrowconGas pro .....	35
Figura 8-Detector de material particulado.....	35
Figura 9- Ilustração do processo insuflação e extracção do ar.....	46

## **Lista de tabelas**

Tabela 1-Efeitos fisiológicos da variação da concentração de O <sub>2</sub> .....	6
Tabela 2-Fontes dos poluentes de interiores .....	9
Tabela 3-Tipos de ventilação,.....	15
Tabela 4-Classificação das partículas em suspensão.....	25
Tabela 5-Condições e tempo de vida do coronavírus.....	26
Tabela 6-Acção dos gases sobre o trato respiratório .....	27
Tabela 7-Padrões nacionais de qualidade ambiental e emissão de efluentes .....	29
Tabela 8- Padrões internacionais de QAI.....	30
Tabela 9-Locais de auditoria e parâmetros monitorados.....	33
Tabela 10-Resultados de Temperatura e Humidade.....	36
Tabela 11-Resultados do material particulado.....	43

## **Listas de gráficos**

Gráfico 1- Perfil de concentrações máxima diária de CO.....	38
Gráfico 2- Perfil de concentrações máxima diária de SO <sub>2</sub> .....	39
Gráfico 3- Perfil de concentrações máxima diária O <sub>3</sub> .....	40
Gráfico 4- Perfil de concentrações máxima diária NO <sub>2</sub> .....	41
Gráfico 5- Perfil de concentrações máxima diária de COV.....	4

## Índice

CAPITULO 1: INTRODUÇÃO .....	1
1.2 Formulação do problema .....	2
1.3 Justificativa .....	2
1.4 Objectivos .....	3
1.5-Metodologia do trabalho .....	3
Capitulo II- Enquadramento teórico.....	5
2.1 Breve historial .....	5
2.2 Ar: composição e importância .....	6
2.2.1-Qualidade do ar em ambientes internos .....	7
2.2.2- Interferentes da qualidade do ar interior e respectivas fontes .....	8
2.3-Parâmetros de qualidade do ar .....	9
2.3.1-Parâmetros químicos .....	10
2.3.2-Parâmetros físicos .....	14
2.3.3-Parâmetros biológicos .....	17
Vírus.....	17
2.3.4-Conforto e Saúde .....	18
2.3.5-Epidemiologia de ambientes internos .....	18
2.3.5.1-Síndrome do Edifício Doente .....	19
2.3.5.2-Doença Relacionada com o Edifício .....	21
2.3.6-Coronavírus.....	22
2.3.6.1-Influencia da qualidade do ar na transmissão da Covid .....	23
Partículas em suspensão .....	23
2.3.6.2-Modos de transmissão.....	25
2.3.6.3-Gases poluentes.....	26
2.4-Legislação .....	27
2.4.1-Quadro Legal e Regulador Nacional.....	27
2.4.2-Lei-Quadro do Ambiente (lei n.º 20/97, de 1 de Outubro).....	28
2.4.3-Regulamento sobre o processo de auditoria ambiental.....	28
2.4.4-Regulamento sobre padrões de qualidade ambiental e de emissão de efluentes....	28
2.4.5-Norma ISO 14644-1, aprovada por INNOQ.....	29

2.4.6-Enquadramento Internacional .....	30
Capítulo III- Materiais e métodos.....	31
3.1 Caracterização do local do estudo .....	31
3.2 Auditoria da QAI: Amostragem .....	31
3.2.1- N.º de pontos seleccionados e sua localização.....	32
3.3-Possíveis fontes de contaminação .....	33
3.4-Equipamentos .....	34
3.4.1- Análise meteorológica (conforto térmico).....	34
3.4.2- Análise dos gases .....	34
3.4.3- Análise do Material particulado.....	35
Capítulo IV- Resultados e Discussão.....	36
4.1-Temperatura e humidade .....	36
4.2- Poluentes do ar interior .....	38
4.2.1-Análise da concentração de CO .....	38
4.2.2-Análise da concentração de SO <sub>2</sub> .....	39
4.2.3-Avaliação da concentração de O <sub>3</sub> .....	40
4.2.4-Análise das concentrações de NO <sub>2</sub> .....	41
4.3-Análise do material particulado.....	43
4.4-Medidas para Mitigação da Covid com base nos resultados da qualidade do ar.....	44
5-Conclusão .....	48
6-Recomendações .....	49
7-Bibliografia .....	50

## **CAPITULO 1: INTRODUÇÃO**

### **1.1-Generalidades**

O impacto da qualidade do ar de ambientes internos sobre a saúde e o bem-estar das pessoas que utilizam ou trabalham em ambientes internos tem sido tema de pesquisas na área da Saúde Pública desde 1970 (OMS,2000). Parte-se do princípio de que, com o desenvolvimento industrial e tecnológico houve um aumento de actividades que envolvam emissão de poluentes, queimadas, desmatamento e estas actividades com o andar do tempo foram tornando o ar cada vez mais impuro. Não apenas o ar exterior tornou-se impuro, mas também o interior, com o pressuposto de que baixas trocas de ar nestes ambientes ocasionam um aumento considerável na concentração de poluentes químicos e biológicos em ambientes interiores (Brickus & Neto, 1997).

Nas sociedades actuais, os indivíduos passam boa parte da sua vida diária em recintos fechados(Quadros& Lisboa, 2010), seja em casa, no trabalho, ou mesmo em locais de lazer. Com isto surge a preocupação a qualidade do ar em escritórios, na medida em que um ambiente poluído possui comprovados efeitos negativos para o bem-estar dos indivíduos, afectando-lhes a saúde, o conforto e a produtividade.

A qualidade do ar interno é avaliado com base em dois factores, saúde e conforto. De acordo com a (ASHRAE, 2019), uma qualidade do ar interno aceitável é aquela que não há contaminantes conhecidos em concentração prejudicial conforme determinado pelas autoridades competentes, e que uma maioria substancial, ou seja, 80% ou mais das pessoas expostas não expressam insatisfação.

Ultimamente tem sido feitos vários estudos epidemiológicos com o intuito de correlacionar as doenças do sistema respiratório com a poluição do ar (da Costa & Costa, 2006).Não obstante do actualdo cenário da doença do covid-19, doença respiratória, em que no presente estudo é feita uma correlação com a poluição. Em suma, neste trabalho é feita uma revisão da qualidade do ar em escritórios, que constituem espaços fechados, identificação dos principais parâmetros de qualidade do ar e apresentação da legislação inerente. Segue-se uma abordagem referindo os efeitos negativos sobre a saúde humana, tendo em conta os factores de risco de infecção pela Covid-19. E por fim é feita uma análise dos resultados obtidos.

Com este trabalho de investigação pretende-se contribuir para promoção da saúde ambiental com recurso a fiscalização das directivas em vigor. Melhorar a qualidade do ar em escritórios, melhorará a qualidade de vida e terá um impacto positivo no desenvolvimento económico.

## **1.2 Formulação do problema**

Com a pandemia do Covid-19, o mundo vem assistindo o surto desta doença infecciosa, que apresenta uma alta taxa de transmissão. Assim sendo governos, empresas, empregadores, trabalhadores enfrentam incertezas económicas e operacionais em todos sectores no combate da pandemia do covid-19 com vista a manter a segurança e saúde no trabalho.

Com o número crescente de infecções, a preocupação tornou-se maior em toda parte do mundo. Concretamente nas organizações houve necessidade de diminuir o número de colaboradores presentes na instituição com o intuito de minimizar o risco de infecções, o que de certa forma levou a baixa produtividade das empresas. Com o passar do tempo, verificou-se que esta doença não teria uma cura imediata e o passo seguinte seria aderir ao *novo normal*, ou seja, aprender a conviver com esta doença. Surgiu assim a preocupação de retomar as actividades de uma forma que se mantenha os progressos atingidos quanto ao nível de infecções.

Surge assim a necessidade de se avaliar a qualidade do ar por duas razões. Primeira, a qualidade do ar é responsável por criar condições de propagação do vírus. Segundo, a baixa qualidade do ar, é um potencial de risco para os grupos vulneráveis a Covid-19, nomeadamente os que padecem de doenças respiratórias e cardiovasculares.

## **1.3 Justificativa**

A principal motivação para se desenvolver este tema está no facto de que o ambiente interno afecta os colaboradores de forma inegável, sendo muitas vezes a falta de qualidade do ar interior, razão pela qual, ocorre um mal-estar nos colaboradores, não limitando-se apenas a produtividade e a má disposição, mas também ao desenvolvimento de doenças no trato respiratório. Nesse sentido, surge a questão do papel da empresa na manutenção da saúde no trabalho, no que diz respeito a importância da qualidade do ar nesses ambientes laborais e formas de minimizar o risco de doenças relacionadas com a má qualidade do ar, que podem comprometer o cenário no caso de infecções com a Covid-19.

## **1.4 Objectivos**

O presente trabalho tem como objectivo principal, efectuar uma avaliação da qualidade do ar em escritórios, com vista a contribuir para a prevenção contra a doença do Sars-CoV-2 (Covid-19) em escritórios:

Com a elaboração do trabalho é esperado atingir os seguintes objectivos específicos:

- Fazer monitoria da qualidade do ar nos escritórios;
- Identificar e descrever os parâmetros da qualidade do ar medidos;
- Análise dos resultados obtidos da medição;
- Comparação dos resultados obtidos com os padrões de qualidade do ar internacionais;
- Apresentar a influência da qualidade do ar no risco de infecção pelo SARS-CoV-2 entre os trabalhadores;
- Propor medidas de correcção e prevenção de forma a minimizar o risco de infecção.

## **1.5- Metodologia do trabalho**

O trabalho foi de natureza aplicada, isto é, gerar conhecimentos para aplicação prática voltada para actividades desenvolvidas em escritórios com vista a permitir a continuação das mesmas sob um ambiente saudável. Portanto, as actividades foram organizadas da seguinte forma. A primeira etapa baseou-se na pesquisa bibliográfica com vista a recolher informações sobre o tema. A segunda foi reconhecimento do local de estudo e a identificação dos pontos de medição e por fim terceira consistiu no seguimento com as medições dos parâmetros de qualidade.

A pesquisa bibliográfica apresenta conceitos e assuntos relacionados: com a qualidade do ar que é definida pela presença ou não de poluentes, onde são identificados e descritos os possíveis poluentes em ambientes fechados e a provável fonte de geração. Tendo em conta a doença do Covid-19 é apresentado um breve historial, conceitos, o vector, meios de transmissão e a relação com a qualidade do ar.

O local de amostragem consiste basicamente em instalações de uma organização que contem escritórios do tipo Open space e salas de reuniões, onde foram seleccionados 8 pontos de amostragem.

No que diz respeito aos parâmetros medidos, existem actualmente vários a levar-se em conta quando se fala de qualidade do ar, mas o presente trabalho compreendera apenas a medição da temperatura, humidade, material particulado, e gases, nomeadamente: Monóxido de Carbono, Compostos Orgânicos Voláteis, Dióxido de Nitrogénio, Dióxido de Enxofre e Ozono.

## Capítulo II- Enquadramento teórico

### 2.1 Breve historial

Ao longo da história, o Homem tem vindo a ter conhecimento que o ar poluído pode ser prejudicial para a saúde e conforto em ambientes interiores pela emissão de contaminantes por diversas fontes interiores. Consta que desde 1950, houve uma diminuição das concentrações de poluentes interiores, que por sua vez, factores como o aumento do tempo de permanência em edifícios e a evolução da tecnologia conduziram a um aumento da exposição a poluentes do ar interior(Wescher, 2009) (Dales,et al).

A crise energética de 1970, a qual foi associada a diminuição do petróleo, fez com que as pessoas repensassem a forma como usavam os recursos energéticos. (Wang et al, 2005)

Foram desenvolvidos assim novos métodos e materiais de construção, com o foco num maior isolamento dos edifícios de forma a manter a energia térmica gerada, por maiores períodos de tempo no interior do espaço onde era produzida. Isto fez com que houvesse menor renovação do ar no interior dos edifícios o que, causou aumento da exposição dos ocupantes a concentrações mais elevadas de poluentes do ar interior(Milica & Bobic, 2009).

Em 1973/74 os sintomas e as doenças relacionados com a Qualidade do ar interior (QAI) são classificados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como a Síndrome dos Edifícios Doentes (SED) que nos países ocidentais atingiu um pico no início dos anos 80 estando associada, em muitos casos, a uma ventilação inadequada(Sundell, 2004).

Nos anos de 1978 em Copenhaga realizou-se a primeira conferência sobre QAI, onde o objectivoera de fazer um estudo acerca dos efeitos do ambiente interior na performance do Homem, no seu bem-estar e na sua saúde.

Segundo(Nazaroff, 2012) após trinta e cinco anos, alguns dos temas debatidos nesta conferência continuam a fazer parte dos temas de investigação actuais, como por exemplo as emissões dos agentes alérgenos<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Substâncias de origem natural que podem induzir uma reacção de hipersensibilidade em pessoas mais susceptíveis de provocam inflamações no órgão sensível, que pode ser: nariz, pulmão, pele, causando doença.

## 2.2 Ar: composição e importância

O ar é uma mistura gasosa que constitui uma substância vital para a manutenção da vida na terra, como também a água e o solo. Este é formado por uma combinação de gases, vapor de água e partículas suspensas. Os principais gases que compõem o ar são essencialmente: Oxigénio (21%), Nitrogénio (78%), Argónio (0.94%), Neónio (0.0015%), Gás carbónico (0.03%). Uma das características do ar que se pode destacar é o facto de ser uma substância incolor e inodora. (Moraes, 2021)

É sabido que o ar é uma mistura gasosa determinante para a vida humana devido principalmente ao processo que se dá no interior das células de seu corpo onde os alimentos são transformados em energia, pela reação com o oxigénio presente no ar inspirado. Este processo é conhecido como respiração e permite a produção da energia que será utilizada na manutenção da vida e no desenvolvimento dos movimentos diversos de uma pessoa.

Segundo (Bastos, 2007), é necessária uma parcela mínima de 19.5% de oxigénio ( $O_2$ ) no ar para que a sua utilização seja favorável, sustentando a não presença de componentes químicos que possam prejudicar a saúde humana.

A tabela seguinte mostra os possíveis efeitos que a variação da concentração do oxigénio no ar pode causar no organismo humano.

Tabela 1-Efeitos fisiológicos da variação da concentração de  $O_2$ . (Bastos, 2007)

% do Volume de $O_2$	Efeitos fisiológicos
20.9	Concentração normal
19.5	Concentração mínima recomendável
19-16	Início de sonolência
16-12	Perda da visão periférica, respiração intermitente, dificuldade de coordenação, redução da capacidade de pensar e agir
12-10	Falta de raciocínio, falta de coordenação muscular sendo que qualquer esforço leva a fadiga
10-6	Náusea, vomito, incapacidade para movimentos rigorosos seguida por morte
<6	Respiração espasmática, movimentos convulsivos e morte em minutos

### 2.2.1-Qualidade do ar em ambientes internos

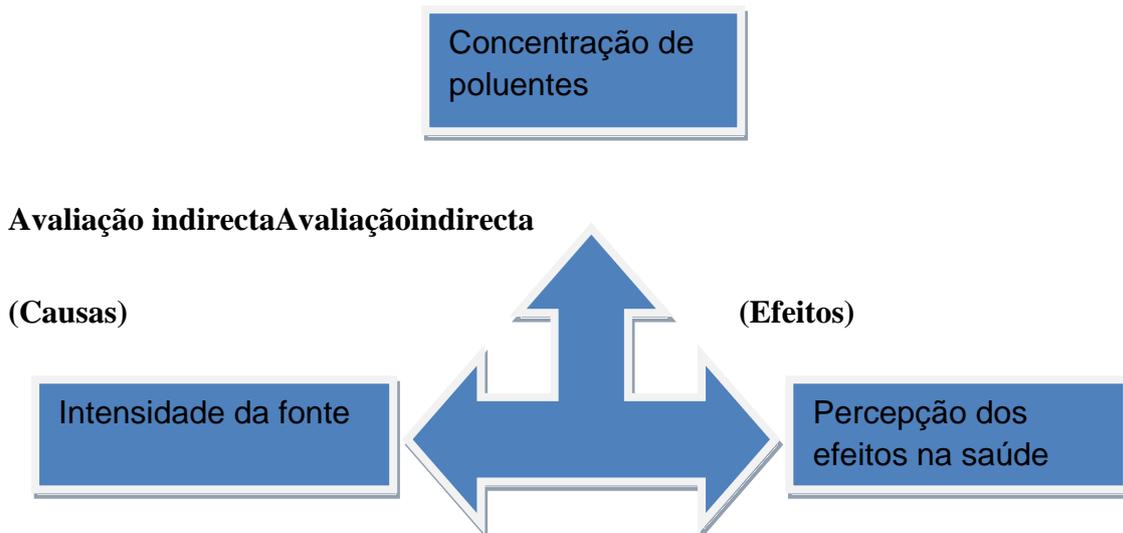
A qualidade do ambiente interior é uma preocupação que acompanha o Homem desde há muitos séculos. É sempre desejável que o ar seja agradável, isto é, não tenha um impacto negativo na saúde.

O conceito qualidade do ar interior é utilizado para traduzir o grau de poluição e conforto no ar que respiramos, sendo esta poluição provocada por uma mistura de substâncias químicas promovidas no ar ou resultantes de reações químicas que alteram a composição natural do ar e o conforto pelos níveis de humidade e temperatura(Carvalhos, 2018).

Uma qualidade do ar aceitável é aquela em que a concentração de poluentes não se encontra em níveis de perigo, concentrações essas definidas pelas autoridades sanitárias, e apresenta valores de temperatura e humidade com os quais a maior parte dos ocupantes do ambiente, não expressam insatisfação. É a partir de um ou mais pontos de alarme, como queixas de ocupantes, que uma avaliação QAI é iniciada(Peliano, 2016).

Parte-se do princípio que as pessoas passam 90% do seu tempo em ambientes fechados, o que torna a qualidade do ar destes ambientes um factor indispensável a manutenção da saúde e desempenho de suas actividades diárias(Abreu, 2010). O monitoramento da QAI pode ser feito com recurso a um dos 3 métodos apresentados a posterior na figura.

#### Avaliação Directa



Esquema dos Métodos da Avaliação da QAI. Adaptado de(Abreu, 2010).

A aplicação de um destes métodos de permitirá o aprimoramento na qualidade do ar estabelecendo níveis mais elevados de saúde e desempenho das actividades.

### **2.2.2- Interferentes da qualidade do ar interior e respectivas fontes**

Ao contrário do que se possa pensar, a poluição não está só nas ruas. Os edifícios onde vivemos ou trabalhamos podem também gerar substâncias poluentes, nocivas para a saúde dos seus ocupantes. Há problemas originados pela ventilação inadequada dos edifícios, por contaminantes químicos provenientes de fontes interiores (colas, tintas e produtos de limpeza), de fontes exteriores (poluição atmosférica) e por contaminantes biológicos (bactérias, fungos e ácaros). A situação piora quando o imóvel poluído é o local onde passa-se a maior parte de tempo (Oliveira, Perez, & Morais, 2007).

O ar interior de um edifício resulta da interação da sua localização, do clima, do sistema de ventilação do edifício, das fontes de poluição (mobiliário, fontes de humidade, processos de trabalho e actividades, e poluentes exteriores), e do número de ocupantes do edifício. Os poluentes que comprometem a QAI são provenientes de uma diversidade de fontes emissoras, como apresentado no Quadro (APA, 2009).

Tabela 2-Fontes dos poluentes de interiores(APA, 2009).

<b>Poluentes</b>	<b>Fonte interior</b>	<b>Fonte exterior</b>
Monóxido de carbono (CO)	- Fumo de tabaco; -Utilização de equipamento a gás ou outros combustível.	- Emissões de veículos.
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	-Produtos de limpeza; -Produtos de combustão; -Fumo de tabaco.	- Emissões industriais.
Compostos Orgânicos Voláteis	- Tapetes, mobiliário, produtos de limpeza, fotocopiadoras, impressoras, computadores, produtos de combustão, cosméticos (perfumes e desodorizantes)	-Emissões de industriais; -Emissões de Veículos.
Dióxido de nitrogénio (NO <sub>2</sub> )	- Produtos de combustão; - Aquecedores a gás; -Fumo de tabaco;	Emissões de veículos; - Emissões industriais.
Ozono (O <sub>3</sub> )	- Fotocopiadoras; -Impressoras; -Ambientadores.	-Atmosfera: nevoeiro químico.
Material Particulado	-Fumo de tabaco; -Combustão; -Actividades de limpeza; -Papel; -Sistemas de AVAC.	-Solo; - Emissões de veículos; - Emissões industriais; -Trabalho de construção; - Vegetação.
Microorganismos (fungos, bactérias, vírus)	- Material molhado e húmido; - Água estagnada; -Sistema de AVAC; -Ocupantes; - Resíduos.	- Vegetação -Flora microbiana - Animais - Deposição de resíduos

### 2.3-Parâmetros de qualidade do ar

Genericamente, os parâmetros da qualidade do ar são traduzidos nos factores que alteram o ar, ou seja, para se verificar a qualidade do ar é necessário analisar as substâncias presentes no ar que possam afectar a composição natural do ar e certos aspectos físicos possam causar desconforto ou riscos para a saúde de humanos, animais

ou estragos a vegetação(Fernandes, 2017). Os parâmetros do QAI dividem-se 3 grupos principais: parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Entre os parâmetros químicos que afectam a QAI dos edifícios destacam-se as partículas suspensas no ar (PM), monóxido de carbono (CO), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrogénio (NO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), compostos orgânicos voláteis (COV'S). Nos parâmetros biológicos, podem incluir-se as bactérias e os fungos e vírus. E por fim nos parâmetros físicos, salientam-se os factores de ambiente térmico como a temperatura, humidade relativa e ventilação(Costa, 2011).

### **2.3.1-Parâmetros químicos**

São substâncias que se apresentam sob a forma de pó, fumos, gases ou vapores são libertados para o ambiente, que podem reagir entre si, criando novas substâncias.

#### **2.3.1.1-Partículas em suspensão ou Material Particulado**

São contaminantes produzidos através da mistura física e química de diversas substâncias presentes em suspensão no ar como sólidos ou sob a forma líquida (gotículas, aerossol). Podem ainda ter vários tamanhos, formas e ser constituídas por centenas de diferentes compostos químicos e biológicos como: sulfatos, nitratos, amônia, fibras minerais, fibras sintéticas, esporos fúngicos, restos de insetos e resíduos alimentares, pólen, aerossóis de produtos de consumo e alérgenos(Martinez & Callejo, 2006)(APA,2010).

O tamanho das partículas é caracterizado pelo diâmetro aerodinâmico (dae), podendo este variar de 0,005 a 100 µm, sendo que o problemático para a saúde são as partículas pequenas o bastante para passar pelas vias aéreas superiores e alcançar os pulmões, embora em avaliações de qualidade do ar a faixa de estudo esteja entre 0,1 a 10 µm. No caso de partícula maiores que 10 µm, estas são grandes demais para serem inaladas.(Bastos, 2007)

Segundo a (EPA, 2009) existem duas categorias de tamanho de partículas que são particularmente preocupantes para a saúde.

- ❖ **Partículas com diâmetro aerodinâmico entre 2,5 µm a 10 µm**Partículas inaláveis grossas, a título de exemplo: partículas emitidas por indústrias.
- ❖ **Partículas com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 2,5 µm** Partículas inaláveis finas. As principais fontes de PM<sub>2,5</sub> são os veículos motorizados devido ao processo de queima de combustíveis. Estas atingem facilmente os

pulmões onde podem acumular-se, reagir ou ser absorvidas. Além disso, devido ao seu diâmetro reduzido, as partículas finas tendem a permanecer no ar por longos períodos de tempo, percorrer longas distâncias e as suas concentrações tendem a variar de acordo com as variações de direcção do vento e as condições atmosféricas.

De acordo com a (OMS, 2005), o tamanho das partículas é o factor mais importante na deposição das mesmas no aparelho respiratório. A Figura abaixo demonstra que as partículas com diâmetros superiores a 10  $\mu\text{m}$  raramente penetram para além das vias respiratórias superiores, enquanto as partículas com diâmetro igual ou inferior a 2  $\mu\text{m}$  podem penetrar até aos alvéolos.

Segundo a (APA,2010), a gama de tamanhos das partículas ou aerossóis preocupantes para a saúde humana é de 0,1 a 10  $\mu\text{m}$ . As partículas inferiores a 0,1  $\mu\text{m}$  são geralmente inaladas, enquanto as partículas superiores a 10  $\mu\text{m}$  são filtradas pelo nariz. As partículas pequenas que chegam à região torácica são responsáveis pela maioria dos efeitos adversos na saúde.

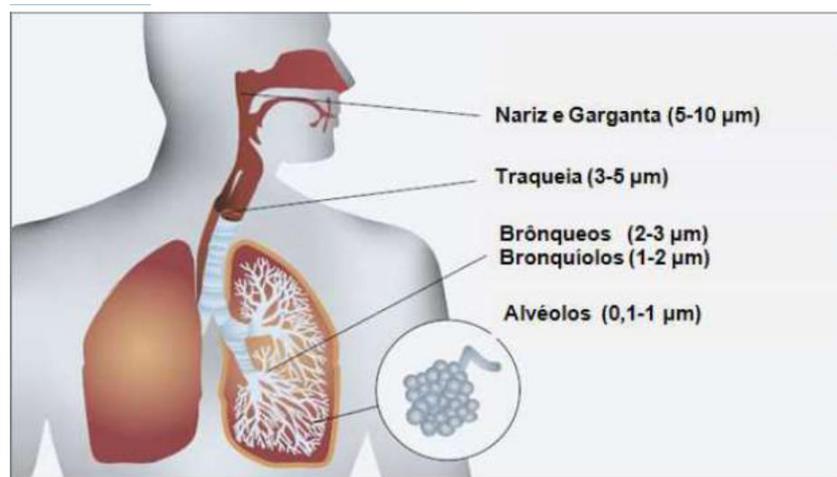


Figura 1-Aparelho respiratório(OFEFP, 2005).

### 2.3.1.2-Monóxido de carbono (CO)

Este é um gás nocivo, incolor e inodoro comum em ambientes exteriores e interiores sendo um produto da combustão incompleta de combustíveis fósseis e de biocombustíveis. A existência de poluição por CO acontece quando os gases de combustão não são devidamente ventilados para o exterior do edifício, ou devido ao retorno desses gases. Sempre que surgirem queixas sobre odores de exaustão, ou se existir outra razão para se suspeitar de um problema interno com gases de combustão, deve-se efectuar a medição dos níveis de CO (Santos, 2010).

A perigosidade deste gás reside no facto de que, altas concentrações de CO, quando está presentes no ar inspirado, se propagam através dos alvéolos pulmonares e é levado ao sangue onde se combina com a hemoglobina de forma irreversível, formando a carboxiemoglobina. E desta forma, o CO reduz, ou então, não permite que haja o transporte de oxigénio no sangue para os tecidos e músculos. Os sintomas provocados pelo CO, dependem do estado de saúde e da sensibilidade de cada um, incluem dores de cabeça, sintomas análogos aos da gripe, náuseas, fadiga, respiração rápida, dor no peito, confusão e lentidão de raciocínio.

O CO mistura-se facilmente com o ar ambiente de um ambiente interno, sem que as pessoas tenham consciência de que estão expostas a uma atmosfera susceptível de provocar intoxicações e até mesmo a morte(Mourato, 2007).

### **2.3.1.3-Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)**

O dióxido de enxofre é um gás incolor com um cheiro característico em altas concentrações. É um subproduto da combustão de combustíveis fósseis, tais como carvão e óleo, sendo usado e libertado na atmosfera em muitos processos industriais. Também é produzido sempre que algum composto com enxofre seja queimado. Portanto, são diversas as fontes de contaminação. Segundo a EPA, as concentrações internas são normalmente metade das externas, principalmente porque a maioria das fontes são externas e também porque ele é rapidamente absorvido pelos móveis(EPA, 2009)(Martinez & Callejo, 2006).

Os seus níveis estão habitualmente com uma maior mortalidade e morbidade por doenças respiratórias, particularmente a asma brônquica e a bronquite crónica. O SO<sub>2</sub> tem efeitos tóxicos acrescidos nos doentes com doenças respiratórias e cardiovasculares pré-existentes. A exposição a longo prazo provoca um aumento da tosse e expectoração<sup>2</sup>. A inalação de SO<sub>2</sub> tem efeito broncoconstritor<sup>3</sup> potente em doentes asmáticos (APA,2010).

### **2.3.1.4-Óxido e dióxido de nitrogénio (NO e NO<sub>2</sub>)**

O Oxido de nitrogénio (NO) é um gás venenoso, inodoro e incolor, que é produzido em combustões a alta temperatura. Uma vez no ar, rapidamente se combina com o oxigénio,

---

<sup>2</sup> Secreção mucosa produzida pelas vias respiratórias e expelida pela boca (escarro).

<sup>3</sup> Estado no qual o músculo liso na parede brônquica se contrai levando a uma redução na passagem de ar pelas vias aéreas.

produzindo o dióxido de nitrogénio (NO<sub>2</sub>), gás também muito tóxico e com um cheiro forte(Bastos, 2007).

O óxido de nitrogénio é resultado de combustões a alta temperatura, como queima de combustíveis de veículos, este gás adentra os ambientes internos por meio a sistemas de captação de ar externo, se esses estiverem colocados no nível da rua. Produz efeitos semelhantes aos efeitos do CO nos seres humanos, interferindo no transporte de oxigénio para os tecidos. Pode causar edema pulmonar<sup>4</sup> se a exposição for a grandes concentrações.

O dióxido de nitrogénio em ambientes internos é produzido a partir da queima de combustíveis orgânicos em fogões a gás e aquecedores, além da fumaça de cigarro. Actua como substância irritante, afectando os olhos, pele e a mucosa do nariz. Em altas concentrações tem efeitos a garganta e ao trato respiratório. Pode aumentar as chances de infecções respiratórias a partir da exposição a concentrações baixas(Bastos, 2007).

#### **2.3.1.5-Ozono (O<sub>3</sub>)**

É um gás que existe tanto na atmosfera superior como ao nível do solo, sendo benéfico ou nefasto consoante a sua localização. O O<sub>3</sub> é um dos gases naturais que compõem a atmosfera superior e constitui a camada do O<sub>3</sub> permitindo manter as temperaturas ótimas no planeta, além disso protege-nos dos raios UV do sol. É, portanto, indispensável para a vida na Terra. Porém, também pode ser formado ao nível do solo quando a luz solar interage com a poluição, e este é um ingrediente chave para a poluição com origem urbana. Designado de ozono troposférico é transportado a longas distâncias e apresenta níveis elevados na Primavera e Verão. Os seus percursores são NO<sub>x</sub>, CO e COV. O ozono troposférico é um dos poluentes que levanta maiores preocupações à escala mundial (OMS, 2005)(EEA, 2015). Em concentrações normais, as reacções do O<sub>3</sub> com determinadas moléculas orgânicas encontradas em ambientes interiores, podem gerar produtos com um tempo de vida curto que são altamente irritantes, podendo ter toxicidade crónica ou ser cancerígenos (APA, 2010). Os efeitos agudos de curto prazo incluem sintomas respiratórios, tais como alterações da função pulmonar, no aumento da capacidade de resposta das vias aéreas e inflamação das vias aéreas (OMS,2000). A exposição ao O<sub>3</sub> também está associada com o aumento de internamentos hospitalares por causas respiratórias e asmáticas(OMS,2000).

---

<sup>4</sup> Conhecido popularmente como "água no pulmão", é caracterizada pelo acumulo de liquido dentro dos pulmões, o que diminui a troca de gases respiratórios e a oxigenação do corpo, causando dificuldade de respirar e sensação de afogamento.

### **2.3.1.6-Compostos orgânicos voláteis**

Os COV são produtos químicos orgânicos presentes no ar interior contendo carbono, ou seja, hidrocarbonetos voláteis. Também são um subconjunto de compostos com ponto de ebulição cujas gamas de variação vão de 50-100 °C a 240-260 °C ((Peliano, 2016), e podem ser aldeídos, cetonas, bem como outros hidrocarbonetos leves (US-EPA).

Estes compostos provêm de um grande número de fontes interiores como: materiais decorativos (tapetes, papel de parede), mobiliário, acabamentos (vernizes, solventes de tintas), produtos de limpeza e processos de combustão.

Os COVs incluem uma ampla variedade de substâncias, algumas das quais podem ter efeitos adversos à saúde a curto e longo prazo.

Os principais efeitos na saúde registados são, por ordem decrescente de frequência de sintomas, a irritação da garganta, dores de cabeça, distúrbios visuais, lesões do fígado e dos rins e aumento do risco de cancro (APA, 2010). Alguns COV interiores são tóxicos em níveis elevados e alguns, como o benzeno e formaldeído, podem ser cancerígenos (Wolkoff & Nielsen, 2010). A exposição a concentrações elevadas pode provocar a redução da concentração e desempenho, enquanto a exposição crónica pode resultar no aparecimento de asma e doenças cardíacas (Bernstein et al, 2008).

### **2.3.2-Parâmetros físicos**

Os parâmetros físicos que se destacam pela sua relação com a contaminação do ar interior são a taxa de renovação do ar (ventilação), a temperatura ambiente, a humidade relativa (Hr) .

#### **2.3.2.1-Ventilação**

A ventilação do edifício é um factor fundamental para a renovação do ar interior porque impede a acumulação dos poluentes e é considerada essencial para que exista uma boa higiene do ambiente interior. Tem como principais objectivos evacuar o ar contaminado pelos vários poluentes, renovar o ar para diluir os contaminantes, evitar a humidade, as condensações e os maus cheiros, e introduzir ar novo e “limpo” do exterior para substituir o ar viciado que respiramos no interior de um edifício(Santos, 2010).

Assim, uma ventilação eficaz permite, não só, manter um nível de conforto adequado como também, manter as condições de salubridade no interior dos edifícios e, assim,

contribuir para a existência de uma boa QAI de modo a preservar a saúde dos ocupantes (Santos, 2010)(Massa, 2010).

### 2.3.2.2-Tipos de ventilação

A ventilação do ar dentro de um edifício pode ser realizada de duas formas, nomeadamente: ventilação natural e ventilação mecânica(Nascimento, 2011).

Tabela 3-Tipos de ventilação, (Nascimento, 2011)

Tipos de ventilação	Descrição
Natural	Fluxo de ar induzido pela diferença de pressão e/ou temperatura entre a zona interior e exterior de qualquer abertura. Exemplo: portas, janelas, frinchas, chaminés ou aberturas específicas para a ventilação.
Mecânica	Induz a renovação do ar através de sistemas mecânicos.

#### Sistemas de ventilação natural

É um sistema onde o ar é fornecido e removido de um ambiente interno por meios naturais, como o movimento do ar, ou seja, a dinâmica do vento e das diferenças de temperatura entre o ar interior e exterior do edifício(ASHRAE, 2007).

A ventilação natural depende do tamanho e orientação das aberturas no edifício, nomeadamente: janelas, portas, clarabóias, entre outros. Esta dependência esta associada a diferença de temperatura do ar entre o ambiente interno e externo. Quando a diferença de temperatura entre as aberturas é maior, a diferença de pressão é maior. Assim, mais ar é empurrado para dentro de uma sala para circular.

Além disso, a localização, o tamanho e natureza de aberturas são importantes para o desempenho da ventilação.

Para aumentar a taxa de fluxo de ventilação na sala, a localização das aberturas precisam ser cuidadosamente selecionados com base na direção do vento sazonal local.

É claro que com aberturas maiores, haverá mais fluxo de ar para dentro.

Existem 2 tipos de ventilação natural: unilateral e cruzada.

A ventilação unilateral é o processo onde o ar entra em uma sala pelo mesmo lado em que sai. Este tipo de ventilação é adequado apenas para salas pequenas porque a taxa de troca de ar é baixa.

A ventilação cruzada é o processo em que o ar entra em uma sala por um lado e sai por uma abertura no lado oposto.

O lado em que o ar entra na sala depende da direcção do vento. Com uma pressão positiva no lado do vento e uma pressão negativa no lado oposto, o ar flui de o lado da pressão positiva para o lado da pressão negativo(ASHRAE, 2007).

### **Sistemas de ventilação mecânica (Ar condicionado)**

Trata-se de equipamento mecânico formado por um conjunto de máquinas, tubulações e outras partes capazes de realizar o controlo de temperatura, de humidade, de movimentação e da pureza em um ambiente interno(Moraes A. , 2006).

Os sistemas se dividem em duas modalidades de expansão: directa ou indirecta.

- **Expansão directa:** O gás refrigerante é o responsável pelo resfriamento do ar injectado no ambiente; como exemplo temos os aparelhos de janela e os split, não possuem renovação de ar.
- **Expansão indirecta:** O gás refrigerante resfria a água que circula pelo sistema, sendo esta responsável pelo resfriamento do ar(Moraes A. , 2006) .

#### **2.3.2.3-Temperatura**

As condições térmicas são um factor importante que condiciona a QAI, uma vez que definem situações de conforto térmico e, para além disso, existem determinadas situações de temperatura ( $T^{\circ}$ ) são propícias ao desenvolvimento de microrganismos, que vão afectar negativamente as condições ambientais e, conseqüentemente, a saúde humana (Fernandes, 2014).

É de salientar, que o frio ou o calor em excesso ou uma mudança brusca de um ambiente quente para um ambiente frio e vice-versa, são, também, prejudiciais para a saúde (Massa, 2010). Em determinadas situações, a sensação de calor que sentimos num determinado lugar provém da  $T^{\circ}$  existente nesse local ou do esforço físico que fazemos ao executar determinada actividade(Fernandes, 2014).

#### **2.3.2.4-Humidade relativa**

A Hr é também um factor que influencia o conforto térmico. O aumento da humidade impede a evaporação do suor, reduzindo a resistência do organismo às altas temperaturas. A Hr é o parâmetro utilizado para definir as condições de humidade de um determinado ambiente interior. De acordo com a ISO 7726:2012, a Hr mede a quantidade de vapor de água que existe no ar em relação ao máximo que o ar poderia conter à mesma T° e pressão. Valores extremos de Hr provocam desconforto nos ocupantes. Por outro lado, uma Hr baixa tem sido associadas à irritação das mucosas e vias respiratórias superiores (Santos, 2010).

A humidade dissolve-se no ar, mas a capacidade de absorção do ar depende da sua temperatura. A 0°C, um metro cúbico de ar só reabsorve quatro gramas de água enquanto a 20°C pode assimilar quinze gramas. Logo, o grau de humidade também varia segundo a temperatura. O sistema respiratório do ser humano precisa de uma determinada quantidade de vapor de água. Uma atmosfera à temperatura de 20°C, saturada em água entre 40% a 60%, parece ser a Hr satisfatória. Abaixo dos 30%, o ar demasiado seco desidrata as membranas mucosas respiratórias que, desta forma, não podem travar os germes patogénicos. Acima dos 80%, o ar demasiado húmido não permite a evacuação da transpiração (Fernandes, 2014).

Como para todos os parâmetros de qualidade do ar interior, uma das medidas importantes a tomar para “regular” o teor de humidade é a ventilação.

#### **2.3.3-Parâmetros biológicos**

Os parâmetros biológicos são um conjunto diverso de agentes biológicos que estão presentes no ar ambiente. Inclui a presença de agentes infecciosos, como os vírus, as bactérias e os fungos, toxinas que são produzidas por alguns fungos e bactérias, com efeitos na saúde.

##### **Vírus**

São bioaerossóis que constituem a microbiota dispersa no ar. Quando presentes no ar interno, esses microorganismos podem causar irritações, alergias e doenças aos indivíduos. Factores como a imunidade do indivíduo, a dimensão das partículas, a profundidade da penetração e a dosagem mínima do agente capaz de provocar a doença são factores ligados à infectividade (Brandão, 2015). As infecções virais respiratórias

(IVR) são as doenças mais comuns que afectam o homem, sendo uma causa de morbidade elevada, queda da qualidade de vida e de produtividade. As IVR mais comuns são: gripe, constipação, faringite, sinusite, bronquite.

A principal fonte de vírus no ambiente interno é o próprio ser humano. Os vírus se propagam pelas correntes de ar, ressuspensão de material particulado ou em gotículas de aerossóis (Brandao, 2015).

#### **2.3.4-Conforto e Saúde**

Um ambiente interno confortável para o organismo humano deverá ter em conta os parâmetros físicos, parâmetros químicos e microbiológicos. As preocupações de saúde decorrentes da presença de contaminantes no ar interior são um fenómeno relativamente recente, e tem-se assumido ao longo do tempo que o organismo humano se sente confortável quando o ambiente interior é saudável. No entanto, saúde e conforto não são sinónimos: um ambiente interior pode ser relativamente saudável e mesmo assim não ser confortável, e vice-versa. (Burroughs & Hansen, 2008).

O conforto é então afectado por vários factores pessoais e ambientais. Quando a temperatura e a humidade excedem os parâmetros de conforto aceites, podem afectar negativamente a qualidade do ar e prejudicar a saúde. Estes parâmetros também podem interagir ou influenciar na proliferação de contaminantes, confirmando assim a natureza múltipla e complexa de um ambiente interior. Por tal, a avaliação do conforto humano é uma conjugação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que influenciam a qualidade do ar interior (Burroughs & Hansen, 2008).

#### **2.3.5-Epidemiologia de ambientes internos**

A epidemiologia de ambientes internos é o resultado de uma cadeia de acontecimentos, esquematizada na figura 2.1, começando na emissão de poluentes, passando pelo transporte e dispersão na atmosfera e pela inalação do ar pelos indivíduos. A avaliação desses efeitos implica o conhecimento dos vários elos da cadeia. (Costa & Costa, 2006).



Figura 2-Cadeia de eventos associados QAI, da emissão de poluentes até aos efeitos na saúde, (Borrego et al, 2008).

Em virtude da complexidade da composição do ar em ambientes internos, da especificidade dos poluentes e da susceptibilidade dos seres humanos a esses poluentes, os estudos epidemiológicos têm sido apontados, no âmbito científico, como uma ferramenta eficaz na visualização dos primeiros sinais de alerta da má qualidade do ar de interiores.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, no ano de 1982 os sintomas e sinais relatados por mais de 20% dos ocupantes de ambientes internos, podendo desaparecer ou não quando eles deixavam o local, foram conceituados como “Síndrome do Edifício Doente” (*SickBuildingSyndrome*). Esses sintomas e sinais inespecíficos relacionados com a Síndrome do Edifício Doente envolvem, por exemplo: dor de cabeça, tonteira, náusea, apatia, sonolência, cansaço, fraqueza, dificuldade de concentração, ardor nos olhos etc. (OMS, 2000).

Contudo, para associar determinados ambientes fechados com problemas específicos relativos à saúde dos seus ocupantes, uma comissão da National Research Council, em 1987, propôs além da “Síndrome do Edifício Doente” outra nomenclatura, ou seja, “Doença do Ambiente Interno”. Dessa forma, “Doença do Ambiente Interno” compreende o relato de sintomas e sinais característicos da exposição a determinadas substâncias químicas, bem como as doenças provocadas por fungos, vírus e bactérias, que possam ser identificadas no interior dos edifícios (OMS, 2000).

#### **2.3.5.1-Síndrome do Edifício Doente**

Mais do que a maioria dos problemas ambientais, a poluição do ar no interior dos edifícios reflecte-se diretamente na saúde e, conseqüentemente, na produtividade dos seus ocupantes e no bem-estar. Há efeitos crônicos de baixo nível difusos em certos edifícios que se encobrem na designação de “síndrome de edificios doentes” (SED), atribuído pela OMS em 1983 (OMS, 2000).

O termo SED é utilizado para descrever situações de desconforto laboral e/ou de problemas agudos de saúde referidos pelos trabalhadores, que parecem estar relacionados com a permanência no interior de alguns edifícios. É definida como uma questão de saúde ocupacional, pois se refere a uma relação de causa e efeito entre as condições ambientais de trabalho e a redução da produtividade dos ocupantes decorrente de agressões ao bem-estar e ao conforto, observadas nesses locais (Ali et al, 2009).

Em 1982, o Comitê Técnico da Organização Mundial da Saúde definiu a SED como o conjunto dos seguintes sintomas: dor de cabeça, fadiga, letargia, prurido e ardor nos olhos, irritação de nariz e garganta, anormalidades na pele e falta de concentração.

Ficou também estabelecido que a SED provem basicamente de quatro fontes principais (Ali et al, 2009):

- **Biológica:** bioaerossóis formados por bactérias, fungos, vírus e substâncias produzidas por esses agentes;
- **Química:** monóxido de carbono, dióxido de carbono, Ozono, material particulado, compostos orgânicos voláteis;
- **Física:** ventilação, humidade do ar, temperatura, iluminação inadequada, ruídos.

Um edifício é geralmente considerado doente se 20% ou mais dos ocupantes do edifício apresentam os sintomas relacionados com a SED e as queixas persistem por mais de duas semanas, especialmente, se os sintomas desaparecem quando os ocupantes não se encontram no interior do edifício. Os sintomas da SED podem ocorrer isoladamente ou em combinação uns com os outros. Em muitas das ocorrências, os sintomas são difíceis de relacionar, transmitindo a ideia de uma constipação comum ou uma doença respiratória, piorando a medida que o dia progride e desaparecem quando o ocupante permanece algum tempo fora do edifício. Existem cinco sintomas que poderão surgir na presença de um edifício considerado doente, são eles (Ali et al, 2009):

- **Irritação ocular:** sensação de ardor e olhos secos, sem qualquer evidência de inflamação. A gravidade varia de dia para dia e a sensibilidade é maior para os ocupantes que usam lentes de contacto;
- **Congestão nasal:** o sintoma mais frequentemente e a congestão nasal, surge quando o indivíduo entra no edifício e desaparece quando o indivíduo abandona

o espaço interior. Outros sintomas nasais, que são mais variáveis e menos susceptível de ser persistentes, são a irritação nasal e rinorreia<sup>5</sup>;

- ***Perturbações na garganta e sistema respiratório:*** garganta seca sem apresentar qualquer inflamação é o principal sintoma.o ocupante pode sentir algum alívioapós ingerir grandes quantidades de água. Um bom indício do sistema respiratório e a dificuldade em respirar profundamente, não sendo relacionada a qualquer infecção pulmonar ou asma brônquica;
- ***Dores de cabeça, fadiga e mal-estar:*** as dores de cabeça são normalmente o sintoma mais presente, podendo ocorrer diariamente e variar de moderadas a graves enxaquecas. As dores de cabeça, fadiga, tonturas, dificuldade de concentração e mal-estar geral são os sintomas mais frequentes citados nas situações de edifícios doentes;
- ***Problemas cutâneos:*** a pele seca e uma queixa frequente no SED, e considerado um sintoma associado ao edifício quando melhora durante ausências prolongadas do espaço. Ar seco quente ou uma circulação excessiva de ar pode criar um determinado tipo de dermatose devido a exposição de superfícies cutâneas e erupções cutâneas ou irritações podem resultar da exposição a alguns contaminantes.

#### **2.3.5.2-Doença Relacionada com o Edifício**

Este termo é utilizado para designar os sintomas de uma doença específica quando estes estão relacionados com um determinado edifício e são atribuídos a eventuais contaminantes ambientais.

A Doença relacionada com o edifício (DRE) é uma fase avançada do SED, pois características de uma manutenção deficiente de um edifício como a sujidade, a poeira e a humidade provocam o SED, ficando assim, o edifício, suscetível para o desenvolvimento de DRE. Para, além disso há que ter em conta as alterações na saúde dos ocupantes, as doenças que surgem associadas aos edifícios são: asma e infecções, febre, tuberculose e infecções a partir de fungos ou vírus.

Em relação aos sintomas provocados pela DRE, os ocupantes do edifício apresentam sinais associados a situações agudas de desconforto, nomeadamente arrepios, dores musculares, febre, sensação de opressão torácica e tosse. De salientar, que as alterações

---

<sup>5</sup> Fluxo excessivo do muco nasal.

de saúde apresentadas, necessitam de um tempo prolongado e medicação para desaparecer após as pessoas abandonarem o edifício (BAS, 2004).

### 2.3.6-Coronavírus

É um vírus resultante do agente Sars-Cov-2 que causa uma doença respiratória, a Covid-19, identificado em dezembro de 2019 na China. O Nome Covid-19 se origina através da junção de "Co" significa corona, "vi" vem de vírus, e "d" representa "doença" e o número 19 indica o ano de sua aparição

Os Coronavírus são uma grande família viral, conhecidos desde meados de 1960, que causam infecções respiratórias em seres humanos e em animais. Geralmente, as infecções respiratórias são leves a moderadas, semelhantes a um resfriado comum. Porém, alguns Coronavírus podem causar doenças graves com impacto importante em termos de saúde pública, como a Sars-CoV (Síndrome Respiratória Aguda Grave), identificada em 2002, a Mers-CoV (Síndrome Respiratória do Oriente Médio), identificada em 2012 e a o actualSARS-CoV-2. (Lima, 2020)

A transmissão se dá pelo contacto com gotículas de uma pessoa infectada, seja por meio da tosse, do espirro ou mesmo da fala. Uma pessoa saudável pode respirar as gotículas infectadas e assim se infectar ou tocar superfícies infectadas, levar suas mãos aos seus olhos, nariz e boca, se contaminando (Moura, 2020).

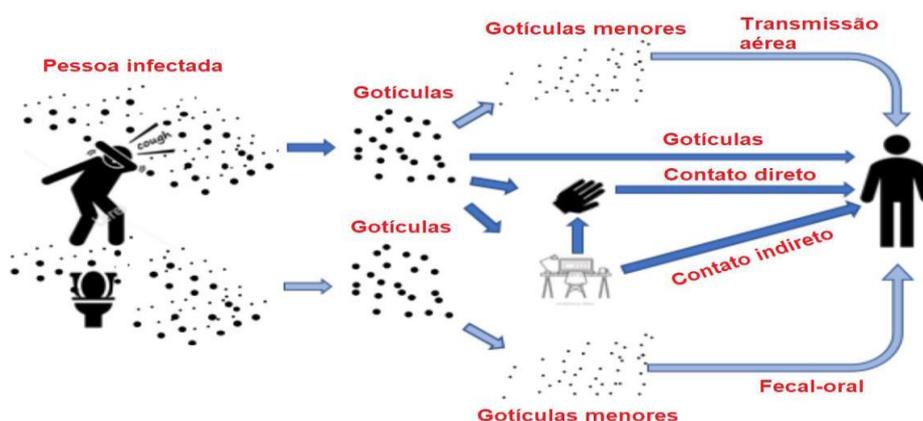


Figura 3-Formas de transmissão da Covid19 (Moura, 2020)

A sintomatologia da Covid-10 é geralmente **febre, tosse seca**, dores no corpo, cansaço, incomodo na garganta, diarreia, secreção ou congestão nasal. Os **sintomas graves** ou de alerta são: **febre alta a uma temperatura de 38°C associada a tosse, falta de ar ou dificuldade para respirar e dores no peito**. Algumas pessoas são infectadas, mas não apresentam sintomas nem um mal-estar. Cerca de 80% se recuperam sem precisar de tratamento especial e 1 em cada 6 pessoas que contrai o Coronavírus, fica gravemente

doente e desenvolve dificuldade em respirar. Pessoas idosas e que têm problemas crônicos, como pressão alta, problemas cardíacos ou diabetes, têm maior probabilidade de desenvolver a forma grave da doença (Mesquita et al,2020).

Até o momento, não há tratamento específico, a não ser a vacinação que aumenta a imunidade com vista a ter um sistema imunológico mais forte, não contraindo assim a doença ou podendo ter uma maior capacidade de resistência.

Todos os vírus, incluindo o SARS-CoV-2, mudam com o tempo. Quanto mais oportunidades um vírus tiver de se espalhar, mais chances ele terá de se replicar e mudar. A mutação é um processo natural e evolutivo, ainda mais se o organismo em questão tiver em sua constituição ácido ribonucléicoRNA, o material genético do vírus, como é o caso do SARS-CoV-2.

As mutações acontecem quando o vírus se adapta ao ambiente para sobreviver. Ao invadir uma célula, o vírus entrega seu material genético aos ribossomos, estruturas nas quais são produzidas as proteínas das células. Os ribossomos montam as cópias do vírus. Sempre que isso acontece, existe a chance de acontecer um erro na réplica. Uma ou outra mutação pode dar vantagem ao vírus e, ao ser passado adiante, ele vai produzir cópias já com essa vantagem, se tornando uma variante( Mesquita et al,2020).

Quanto menos o vírus for transmitido, menos chances há de ocorrerem mutações. Por isso, medidas de proteção como usar máscaras e higienizar as mãos com sabão e álcool em gel, evitar aglomerações e manter o distanciamento social, além de completar o esquema vacinal contra a Covid-19, são iniciativas que funcionam no combate a este mal.

### **2.3.6.1-Influência da qualidade do ar na transmissão da Covid-19**

#### **Partículas em suspensão**

Há uma preocupação com as partículas em suspensão quando se fala da transmissão da Covid-19 porque a principal forma de contágio do SARS-CoV-2 é dada por meio de gotículas emitidas pela pessoa infectada. Essas partículas carregadas com o vírus são disseminadas no ar por espirros, tosse e gotículas salivares, podem conter um tamanho que varia de 0,6  $\mu\text{m}$  a 1000  $\mu\text{m}$  e são amplamente chamadas de aerossóis.(Hidalgo & Rodriguez, 2021).

Gotículas respiratórias maiores que 10  $\mu\text{m}$  carregadas com o vírus espalham-se apenas em curtas distâncias antes de se depositarem, devido a força gravitacional. Partículas

Menores, podem “viajar” por longas distâncias, de acordo com a dinâmica do ar (Paniet al, 2020). O diâmetro das gotículas poder ser reduzido devido a evaporação da água presente, resultando nos chamados núcleos de gotículas que é apenas uma partícula, conforme mostra a figura a seguir. (Ramet al, 2021).

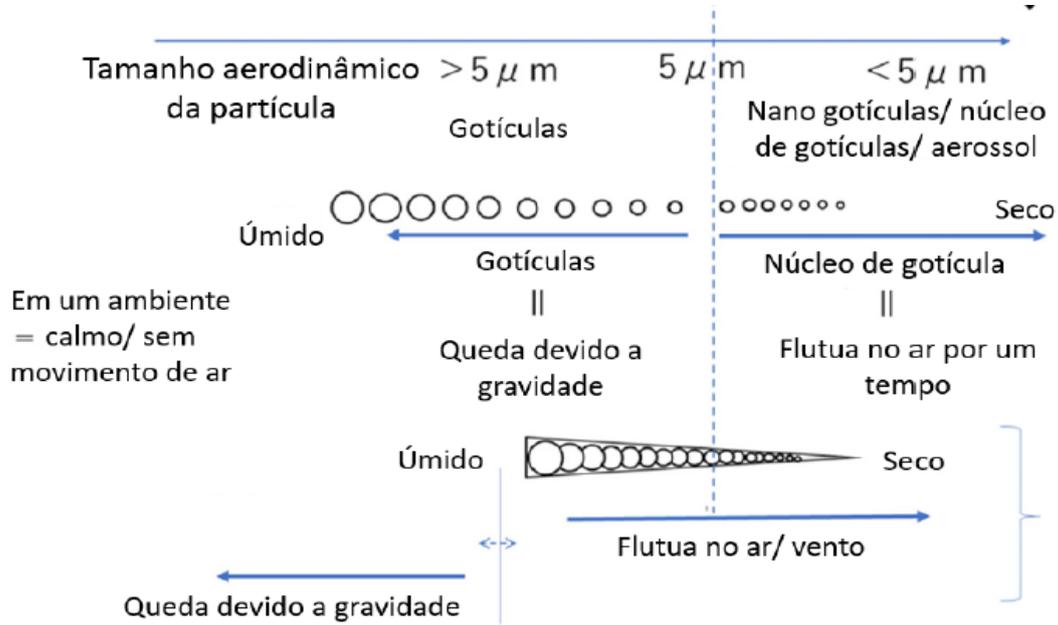


Figura 4-Ilustração da redução do diâmetro das gotículas. Fonte: (Ramet al, 2021)

O material particulado presente pode funcionar como um vector de transporte para os vírus, que se anexam em partículas, sendo elas sólidas ou líquidas, tornando-os capazes de sobreviverem por horas e se espalharem por grandes áreas (Settiet al, 2020).

Como já mencionado anteriormente, as partículas são classificadas em função do seu diâmetro equivalente e dependendo do diâmetro elas podem ser retidas mais cedo, ou mais tarde ao longo do sistema respiratório.

As partículas maiores ficam pela cavidade oral, nasal e laringe e essas são chamadas de partículas inaláveis. As de dimensão intermédia ficam na tranqueia, brônquios e brônquios secundários e tem a designação de partículas torácicas. E por fim, as partículas menores, vão ate aos bronquíolos ou alvéolos e são designadas por partículas respiráveis.

Tabela 4-Classificação das partículas em suspensão(REHVA, 2020).

Diâmetro ( $\mu\text{m}$ )	Nível de penetração	Classificação
$>7$	Cavidades oral e nasal	Inaláveis
4.7-7	Laringe	
3.3-4.7	Tranqueia e brônquios	Torácicas
2.1-3.3	Brônquiossecundários	
1.1-2.1	Bronquíolos	Respiráveis
0.65	Alvéolos	

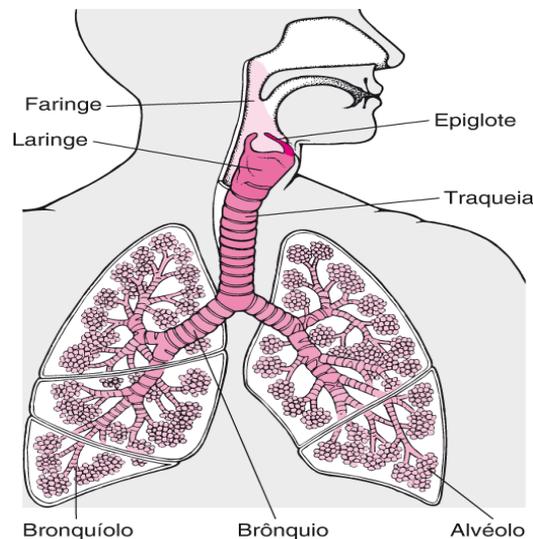


Figura 5: Sistema respiratório(REHVA, 2020).

Quanto menor o tamanho mais perigosas serão, porque o problema reside no facto de que, o que vai aos alvéolos não se consegue retirar e se for uma quantidade grande a função de trocas gasosas dos alvéolos ficam naturalmente prejudicadas o que pode causar obstrução dos alvéolos e provocar doenças respiratórias(REHVA, 2020).

### 2.3.6.2-Modos de transmissão

No que concerne ao processo de transmissão deste vírus, a título de exemplo tomar-se-á em conta três categorias de partículas que são PM10 ( $10\mu\text{m}$ ), PM2.5 ( $2.5\mu\text{m}$ ) e PM1 ( $1\mu\text{m}$ ) e o vírus do Sars-CoV-2 tem uma dimensão entre  $0.1\mu\text{m}$ . Como já dito anteriormente o vírus não se propaga por si só, mas sim por auxílio de uma partícula, sendo assim o vírus estará sempre agregado a partícula.

As categorias das partículas, estão associadas aos modos de transmissão, as partículas PM1 que são as menores, uma vez no ar devido ao seu tamanho permanecem longos períodos de tempo, o que torna fácil a inalação das mesmas e agregadas ao vírus, ocorre a contração do vírus.

Para as partículas intermédias PM2.5 destaca-se um comportamento diferente, em que no caso de emissor infectado e um receptor próximo, esta partícula funciona como uma bala para o receptor, indo directamente ao receptor, alcançando assim o sistema respiratório e dá-se a contaminação. E para as partículas maiores, as PM10 tendem a precipitar-se, para haver contaminação é necessário que haja contacto com superfícies infectadas (REHVA, 2020). Na tabela abaixo se apresenta as condições e tempo de sobrevivência do vírus.

Tabela 5-Condições e tempo de vida do coronavírus (Kampf & Doremalen, 2020).

Superfície	Tempo Maximo de Viabilidade
Aerossol	3 horas
Plástico	3 dias
Aço inoxidável	3 dias
Cobre	4 horas
Alumínio	2-8 horas
Metal	5 dias
Madeira	4 dias
Papel	5 dias
Vidro	5 dias

### 2.3.6.3-Gases poluentes

Sabe-se que a transmissão de SARS-CoV-2, ocorre com a disseminação dos vírus respiratórios, e que o mesmo pode permanecer viável e infectante em aerossóis por horas e dias no ar e em superfícies. Contudo, a exposição de longo prazo a poluição do ar por gases foi associada a maior gravidade da infecção pelo SARS-CoV-2 (Bechetti et al).

O ar contaminado causa danos em muitos órgãos e sistemas corporais, sobretudo o respiratório e o cardiovascular, o que constitui uma ameaça ao bem-estar das pessoas, e as pode tornar parte do grupo vulnerável a Covid-19, que são pessoas que apresentam um risco acrescido de contaminação pela Covid-19.

Pessoas com determinadas doenças crônicas não transmissíveis são consideradas dentro do grupo de risco para o desenvolvimento da forma grave da Covid-19. Entre estas doenças, podemos citar: doenças cardíacas, doenças pulmonares graves, tuberculose, etc.

A incidência de doenças cardiovasculares e respiratórias aumentam a vulnerabilidade de indivíduos, porque a imunidade delas está baixa devido a doença, a capacidade de auto-defesa do sistema imunitário é nulo e o mínimo contacto com material particulado, a pessoa automaticamente desenvolve a doença. A vulnerabilidade está ligada a acção dos gases poluentes sobre o sistema respiratório, conforme apresenta a seguinte tabela (Becchettiet al,2020).

Tabela 6-Acção dos gases sobre o trato respiratório (Schirmeret al, 2011)(Santos, 2010).

<b>Gases poluentes</b>	<b>Acção dos gases</b>
COV	Irritação na garganta e no nariz.
CO	A afinidade CO pela hemoglobina leva à formação de carboxihemoglobina, substituindo o oxigênio e ocasionando numa diminuição de seus níveis no sangue causando assim asfixia.
NO e NO <sub>2</sub>	Os NO <sub>x</sub> Afectam a garganta e o trato respiratório inferior, Aumenta a reatividade brônquica e a suscetibilidade às infecções e aos alérgenos. Causa também Hipersensibilidade respiratória.
SO <sub>2</sub>	O SO <sub>2</sub> Causa tosse e aumenta a reatividade brônquica, facilitando a broncoconstrição
O <sub>3</sub>	O O <sub>3</sub> Provoca tosse e desconforto torácico. Exposição por várias horas leva a lesão no tecido epitelial de revestimento das vias aéreas. Provoca inflamação e obstrução das vias aéreas

## 2.4-Legislação

### 2.4.1-Quadro Legal e Regulador Nacional

Esta secção indica as disposições de legislação ambiental e sectorial moçambicana relevante à avaliação dos parâmetros de qualidade do ar em escritórios no contexto da prevenção da Covid-19, tendo em conta a protecção da saúde e ao seu bem-estar físico e mental.

#### **2.4.2-Lei-Quadro do Ambiente (lei n.º 20/97, de 1 de Outubro)**

Esta Lei define as bases legais para a utilização e gestão correcta do ambiente e das suas componentes, tendo em vista um desenvolvimento sustentável do país. A Lei é aplicável a todas as actividades públicas ou privadas que, directa ou indirectamente, possam afectar o ambiente. A Lei estabelece uma serie de princípios, e para o caso concreto, aplicam-se os seguintes princípios:

- **Princípio da Precaução:** em acções de gestão ambiental, deve ser priorizada a prevenção de actos lesivos ao ambiente, independentemente da existência de certeza científica sobre a ocorrência de tais impactos.
- **Da visão global e integrada do ambiente:** como um conjunto de ecossistemas interdependentes, naturais e construídos, que devem ser geridos de maneira a manter o seu equilíbrio funcional sem exceder os seus limites intrínsecos.

#### **2.4.3-Regulamento sobre o processo de auditoria ambiental (Decreto n.º25/2011 de 15 de Junho)**

Este regulamento define a auditoria ambiental como um instrumento de gestão e avaliação sistemática, documental e objectiva da funcionalidade e organização no controlo e protecção do ambiente. Este Regulamento aplica-se a todas as actividades públicas ou privadas que, durante a implementação, desactivação e restauração, possam afectar os componentes ambientais de forma directa ou indirecta.

#### **2.4.4-Regulamento sobre padrões de qualidade ambiental e de emissão de efluentes (Decreto nº 18/2004, de 2 de Junho), modificado pelo decreto n.º67/2010, de 31 de Dezembro.**

Este Regulamento estabelece padrões de qualidade ambiental e de emissão de efluentes, tendo em vista o controlo e a manutenção de níveis de poluição não superiores aos admissíveis. É aplicável a todas as actividades públicas ou privadas susceptíveis de afectardirecta ou indirectamente os componentes ambientais. O regulamento define parâmetros e metodologias de controlo para a manutenção da qualidade do ar, da água, do solo. Os padrões de emissão de poluentes atmosféricos inorgânicos e orgânicos carcinogénicos que são parte integrante do trabalho em estudo, estão fixados no Anexo-IA do Decreto acima mencionado.

Tabela 7-Padrões nacionais de qualidade ambiental e emissão de efluentes

Parâmetro ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tempo de amostragem							
	1 Hora		8 Horas		24 Horas		Media aritmética anual	
	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário
SO <sub>2</sub>	800				365		80	
NO <sub>2</sub>	400				200		100	
CO	40.000		10.000					
Ozono	160				50		70	
Partículas suspensas					200			

#### **2.4.5-Norma ISO 14644-1, aprovada por INNOQ6 (Salas limpas e ambientes controlados associados – Parte 1: Classificação da limpeza do ar).**

Esta norma determina a classificação da limpeza do ar em salas limpas e ambientes controlados associados, exclusivamente em termos de concentração de partículas em suspensão no ar. Para o objectivo da classificação, são consideradas somente as populações de partículas com distribuições cumulativas baseadas em tamanhos limiares (limite inferior) variando entre 0,1 $\mu\text{m}$  e 5 $\mu\text{m}$ .

#### **Convenção sobre a Segurança e a Saúde dos Trabalhadores (N.º 155), 1981 e respectiva Recomendação (N.º 164)**

A convenção apresenta uma série de disposições e na sua recomendação apresentam medidas de prevenção e protecção da segurança e da saúde para mitigar os efeitos negativos das pandemias, como a COVID-19 no mundo do trabalho, a destacar:

- Os empregadores deverão ser obrigados a assegurar, na medida do possível, que os locais de trabalho, máquinas, equipamentos e processos sob o seu controlo sejam seguros e não apresentem riscos para a saúde, bem como tomar as

<sup>6</sup> INNOQ – Instituto Nacional de Normalização e Qualidade

medidas de protecção adequadas para as substâncias e agentes químicos, físicos e biológicos presentes de forma a não constituírem perigo para a saúde.

- Os empregadores têm a obrigação de fornecer, sempre que necessário vestuário e equipamentos de protecção adequados para prevenir, na medida em que seja razoavelmente praticável, o risco de acidentes ou de efeitos adversos para a saúde.

#### 2.4.6-Enquadramento Internacional

Pelo facto de a nível nacional não existir legislação para a Qualidade do ar interno no presente trabalho recorreu-se a legislação internacional. A nível internacional, A OMS tem sido a entidade que mais tem emitido relatórios e pareceres sobre estado da saúde em questão de qualidade do ar interior, mas houve necessidade de se recorrer a Nota Técnica-NT-SCE-02, pelo facto de este regulamento ser aplicado especificamente para auditorias em espaços internos climatizados, o que afecta a taxa de renovação do ar. Diferente dos padrões de emissão da OMS que são aplicados tanto para ambientes internos climatizados como não. No quadro abaixo estão referência o dos valores limites de Qualidade do ar interno, estabelecido pela NT-SCE-02.

Tabela 8-Padrões internacionais de QAI

Parâmetros	Valores recomendados	Fonte
Hr	30 – 60 (%) (preferência <50%)	NT-SCE
T	23 – 26°C verão e 20 – 24°C inverno	NT-SCE
CO	10 ppm	NT-SCE
COV'S	0.26 ppm	NT-SCE
NO <sub>2</sub>	0.1 ppm	NT-SCE
O <sub>3</sub>	0.10 ppm	NT-SCE
SO <sub>2</sub>	0.19 ppm	NT-SCE
Partículas em suspensão	25 µg/m <sup>3</sup>	NT-SCE

### **Capítulo III- Materiais e métodos**

Este capítulo apresenta os principais procedimentos e equipamentos selecionados para a colecta de amostras e avaliação dos parâmetros propostos. Os escritórios são bem descritos, bem como a sua localização e características relevantes para o desenvolvimento do estudo.

#### **3.1- Caracterização do local do estudo**

O edifício em estudo localiza-se na avenida Juliusnyerere próximo a entrada do campus da Universidade Eduardo Mondlane. O Edifício é composto por 3 andares dos quais: piso 0, piso 1 e piso 2. O piso 0 tem um uso misto em que encontra-se a entrada e alguns escritórios. De seguida nos pisos subsequentes 1 e 2 encontram-se os escritórios destinados maioritariamente a serviços administrativos e caracterizados por “openspace”, a copa, assim como por algumas salas de reunião. Os escritórios do tipo Open space têm uma área de aproximadamente 40 m<sup>2</sup> e possui a capacidade de receber 20 colaboradores e sala de reuniões por sua vez tem uma área de 15 m<sup>2</sup> com uma capacidade de receber 10 colaboradores.

O Edifício tem as suas laterais formadas por grandes planos de vidro, que são usados maioritariamente com o objectivo de diminuir a incidência de radiação solar no interior do edifício. O tipo de ventilação utilizada neste edifício é a mecânica, concretamente os sistemas de ar condicionado que por sua vez, assegura condições de humidade e temperatura desejáveis.

#### **3.2- Auditoria da QAI: Amostragem**

Para locais de trabalho, uma amostragem continua para um período de 8 horas, é uma boa aproximação a determinação da concentração média diária de um poluente. E assim foi realizada uma amostragem de 8 horas em contínuo, distribuídas ao longo dos 4 dias de medição, o equivalente as 8 horas de trabalho. (Ali et al, 2009; Hui et al, 2007)

A selecção dos pontos de amostragem teve em consideração primeiramente o *layout* dos compartimentos do edifício, e os seguintes critérios estabelecidos no RSECE:

1. A amostragem foi conduzida em locais que decorriam no momento actividades Laborais.

2. Os pontos de amostragem foram seleccionados de modo a minimizar o impacto nas actividades laborais;
3. Todas as medições foram feitas ao nível das vias respiratórias e próximas do centro do espaço;
4. Os tempos de medição devem ser representativos do período de funcionamento das actividades/ocupação.
8. As localizações dos pontos não deverão estar diretamente por baixo ou em frente dos difusores de abastecimento de ar, ventoinhas, ou aquecedores (pessoais), etc., casos estas estejam presentes no espaço.

Os parâmetros ambientais da avaliação QAI que foram objecto da auditoria são:

- Monóxido de Carbono (CO);
- Compostos orgânicos Voláteis;
- Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>);
- Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>);
- Ozono (O<sub>3</sub>);
- Temperatura (T°);
- Humidade (H).

### **3.2.1- N.º de pontos seleccionados e sua localização**

A selecção dos pontos de amostragem teve em consideração o *layout* dos compartimentos do edifício, a localização de portas e janelas e a existência de fontes de contaminação interior.

Além disso, procurou-se não interferir com as actividades dos ocupantes, de modo que os resultados da monitorização fornecessem uma imagem representativa das condições habituais de utilização dos espaços. Desta forma, para este estudo foram considerados 8 compartimentos distintos: escritórios, open space, copa e salas de reunião. Os pontos definidos para as medições são os seguintes:

Tabela 9-Locais de auditoria e parâmetros monitorados

Local	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	PM	T°	H	N.ºde pontos
Copa	X	X	X	X	X	X	X	1
Escritório openplan 1	X	X	X	X	X	X	X	1
Escritório open plan 2	X	X	X	X	X	X	X	1
Sala de reuniões 1	X	X	X	X	X	X	X	1
Escritório openplan 3	X	X	X	X	X	X	X	1
Escritório open plan 4	X	X	X	X	X	X	X	1
Sala de reuniões 2	X	X	X	X	X	X	X	1
Sala de reuniões 3	X	X	X	X	X	X	X	1
Número total de pontos								8

### 3.3-Possíveis fontes de contaminação

Como possíveis fontes de contaminação foram identificadas as seguintes:

- ❖ **Exteriores** – tráfego nas estradas envolventes (poluição atmosférica exterior).
- ❖ **Interiores** – densidade de ocupação em alguns espaços, condutas e equipamentos do sistema AVAC; equipamentos instalados decorrentes da

actividade de escritório, tais como, impressoras, fotocopiadoras e produtos utilizados.

### 3.4-Equipamentos

#### 3.4.1- Análise meteorológica (conforto térmico)

Para medição dos parâmetros de conforto térmico, nomeadamente a temperatura e humidade foi usado o *Heatstress meter ht30* conforme apresenta a figura abaixo. Também designado por termómetro do globo este aparelho faz a avaliação do calor do ambiente, fazendo o uso de um sensor de capacitância mede variáveis como: WBGT- temperatura de globo do bulbo húmido que é uma medida de temperatura que indica o calor devido a quantidade de humidade no ar, TG- temperatura do globo negro que serve para quantificar a energia radiante do ambiente a partir da temperatura., %HR- humidade relativa e TA- temperatura do ar. Mas, para o presente trabalho apenas os parâmetros temperatura e humidade foram necessários.



Figura 6-Termómetro de globo

#### 3.4.2- Análise dos gases

A concentração dos gases foi avaliada com um analisador digital de gases, *Crowcon gas-pro*, conforme apresenta a figura 7. Este equipamento é um monitor portátil que permite a detecção 5 gases em uma única vez, com dimensionamento compacto que permite a sua fixação em qualquer ponto. O seu funcionamento consiste, basicamente, na sucção do ar e análise por um sensor interno. E os gases detectados foram: CO, COV's, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e SO<sub>2</sub>.



Figura 7-Detector de gases CrowconGas pro

### 3.4.3- Análise do Material particulado

O material particulado foi avaliado com recurso uma bomba gravimétrica e como meio de colecta uma cassette com suporte e filtro conforme mostra a figura 8. O seu funcionamento resume-se em conectar a cassette com a bomba gravimétrica por meio de mangueira, onde a Bomba fornece a vazão de sucção do ar de 2.2 L/min e o ar será aspirado para a cassette onde fica retido o material particulado necessário para a avaliação. Este equipamento é obrigatoriamente colocado a uma altura das vias aéreas superiores do trato respiratório por ser onde se dá a inalação, a uma altura de 80 cm.



Figura8-Detector de material particulado

## **Capítulo IV- Resultados e Discussão**

No presente capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos na monitoria da QAI nos escritórios. Todos os parâmetros químicos e físicos foram monitorados e avaliou-se a conformidade de acordo com os padrões de qualidade internacionais.

### **4.1-Temperatura e humidade**

A temperatura e a humidade relativa são dois dos vários parâmetros que afectam o conforto térmico como referido anteriormente. A temperatura em ambientes internos, na época do inverno, tratando-se do mês de Maio conforme a legislação deve se manter entre os 20-24°C, e para o verão deve ser de 23-26°C.

O controlo das temperaturas deve ser mantido num intervalo confortável, recorrendo a instrumentos mecânicos como ar condicionado, ventiladores, entre outros meios de manutenção de temperatura. A humidade relativa do ar, para ambas as estações, deve manter-se entre os 30-60%.

As medições da temperatura foram feitas durante o período das 9 as 15, foram efectuadas em 3 momentos que foi as 10 horas, as 12 horas e por fim as 15 horas.

Na tabela 9 são apresentados os resultados da temperatura e Humidade obtidos em cada compartimento.

Tabela 10-Resultados de Temperatura e Humidade.

Data	Openplan 1		Sala de reunião 1		Sala de reunião 2		Copa		Openplan 2		Sala de reunião 3		Openplan 3		Openplan 4	
	T°C	H%	T°C	H%	T°C	H%	T°C	H%	T°C	H%	T°C	H%	T°C	H%	T°C	H%
25/05 /2020	17.6	60	20.5	59.7	18.2	55	22. 1	60	18.2	53.3	18. 2	54.4	21	55	20.5	54
26/05 /2020	18.2	60	21	59.5	20	59. 6	22. 0	60	18	55	18	55	22	55	23	53
27/05 /2020	18.0	60	21.2	60	17	58. 7	21. 7	59	18.5	59	18. 9	53.2	22	56	23	55
28/05 /2020	17.9	58	22	59.2	17	59	22. 2	60	19	59.3	18. 7	58.9	21	57	22.8	55

Os dados da tabela seguinte apresentam os valores máximos atingidos com relação a temperatura e humidade, sendo que fez-se apenas 3 medições devido a variabilidade dos parâmetros que era bastante reduzida. Analisando os dados da tabela 9 e comparando com os valores de referência,

Verifica-se para o parâmetro da temperatura que os escritórios, se encontram fora dos limites estabelecidos, com exceção da sala de reunião 1, copa, openplan 3 e 4, que é o valor recomendado e aceite como confortável para ambientes internos durante o inverno. As temperaturas mais baixas registaram-se no escritório openplan 1, sala de reunião 2, open plan 2 e sala de reunião 3. Este registo aconteceu por conta do sistema de ar condicionado que se encontrava em funcionamento a uma temperatura constante.

Relativamente a humidade, de uma forma geral, os valores se encontram dentro dos limites estabelecidos como confortáveis e aceites 30-60.

Estes resultados permitem concluir que os equipamentos de ventilação não estão a funcionar em boas condições. As baixas temperaturas nestes locais causam a diminuição da temperatura corporal. O que reduz a capacidade de resposta do sistema imunitário e favorece a actividade de vírus respiratórios, ficando o organismo mais susceptível a infecções. Pode ainda agravar sintomas de doenças pré-existentes, nomeadamente cardiovasculares e respiratórias.

## 4.2- Poluentes do ar interior

Devido à falta de legislação nacional para a concentração de poluentes em escritórios, os resultados obtidos serão, sempre que possíveis comparados com os padrões internacionais que constam na tabela 7.

### 4.2.1-Análise da concentração de CO

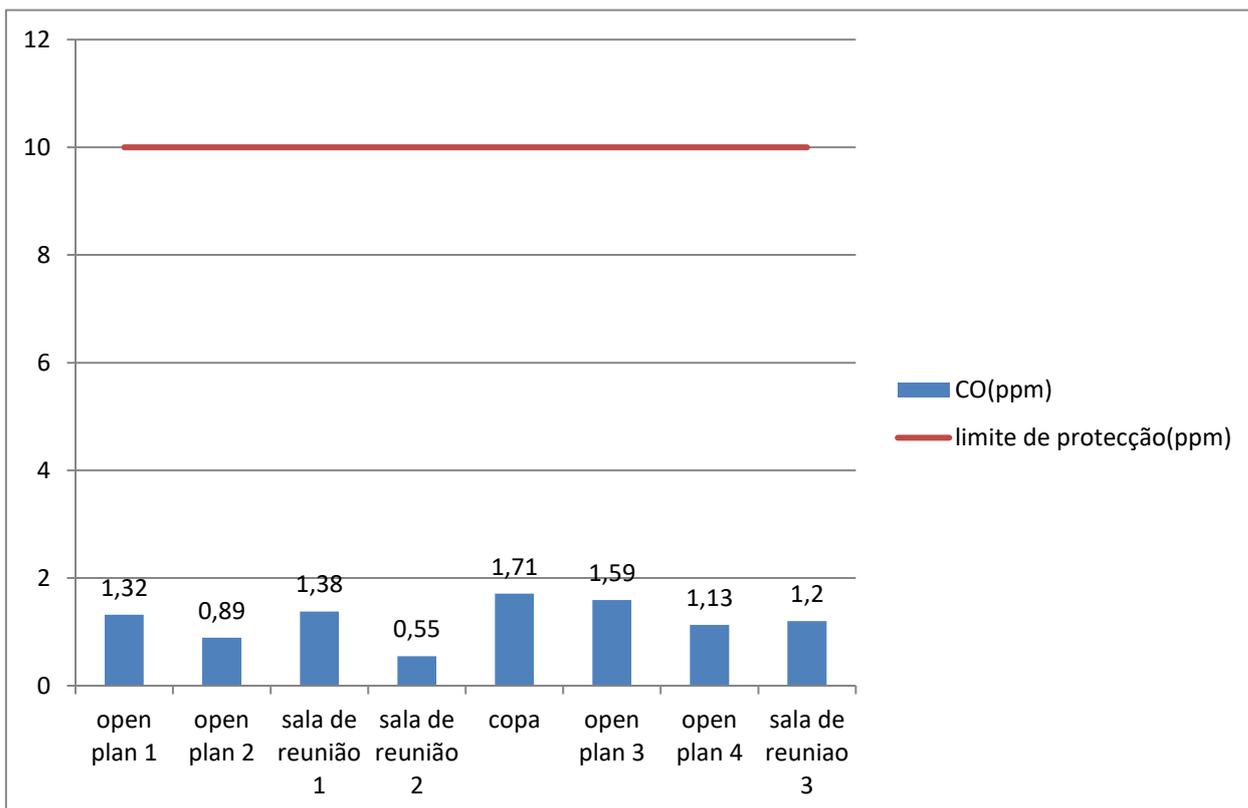


Gráfico 1-Perfil de concentrações máximas diárias de CO.

O limite de protecção para o monóxido de carbono, presente na legislação é de 10ppm.

As concentrações de monóxido de carbono provêm de processos de combustão incompleta, o que faz com que exista poluição interior por este composto quando os gases de combustão não são ventilados corretamente para o exterior dos edifícios, ou quando existe retorno dos mesmos.

Durante o período de amostragem, por média horária de 8 horas, o valor limite de exposição nunca foi ultrapassado em nenhum dos pontos de medição. Para a copa e o openplan 3 foi obtida o maior valor de concentração que foi 1,71 e 1.59 ppm. Estes valores devem-se ao facto das janelas estarem ligeiramente abertas no momento da medição, ou seja, estes valores são resultados da concentração deste poluente no ar

exterior, devido ao tráfego existente nas ruas envolventes dos escritórios. Mesmo com equipamentos de ventilação a funcionar correctamente é normal existirem pequenas concentrações deste poluente em ambientes interiores, pois existem entradas de ar que transportam este poluente para o interior.

Para os outros compartimentos como a sala de reunião 1, 2, 3 o openplan 1, 2 e 4 as janelas mantiveram-se fechadas e a provável fonte, no entanto, podem ser as entradas do ar exterior, que se encontram ligadas entre si por corredores e escadas ocorrendo o transporte e circulação dos poluente para o interior dos escritórios.

#### 4.2.2-Analise da concentração de SO<sub>2</sub>

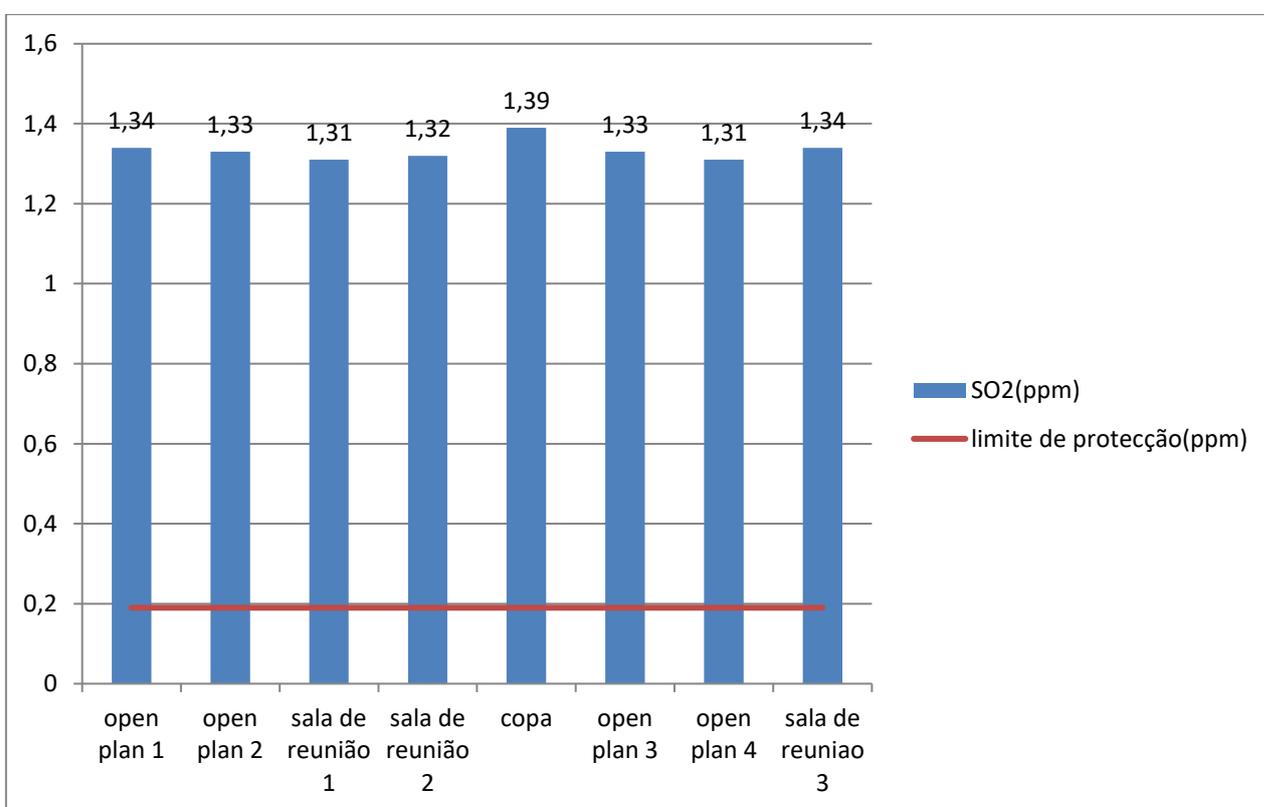


Gráfico 2-Perfil de concentrações máximas diárias de SO<sub>2</sub>.

Os resultados obtidos para o gás SO<sub>2</sub>, revelam que as concentrações deste gás nos escritórios estiveram acima do padrão, em todos os pontos da amostragem, com uma concentração máxima de 1,39ppm na copa e mínima de 1,31 ppm na sala de reunião 1 . O limite de protecção estabelecido para ambientes interiores é de 0,19 ppm. Mas os valores da concentração chegaram a atingir uma máxima média diária de 1,34 ppm. Esse resultado pode estar associado ao material de limpeza utilizado, como detergentes

e também a contaminação pelo ar exterior resultante da queima de combustíveis fósseis que é uma fonte do SO<sub>2</sub>.

#### 4.2.3-Análise da concentração de O<sub>3</sub>

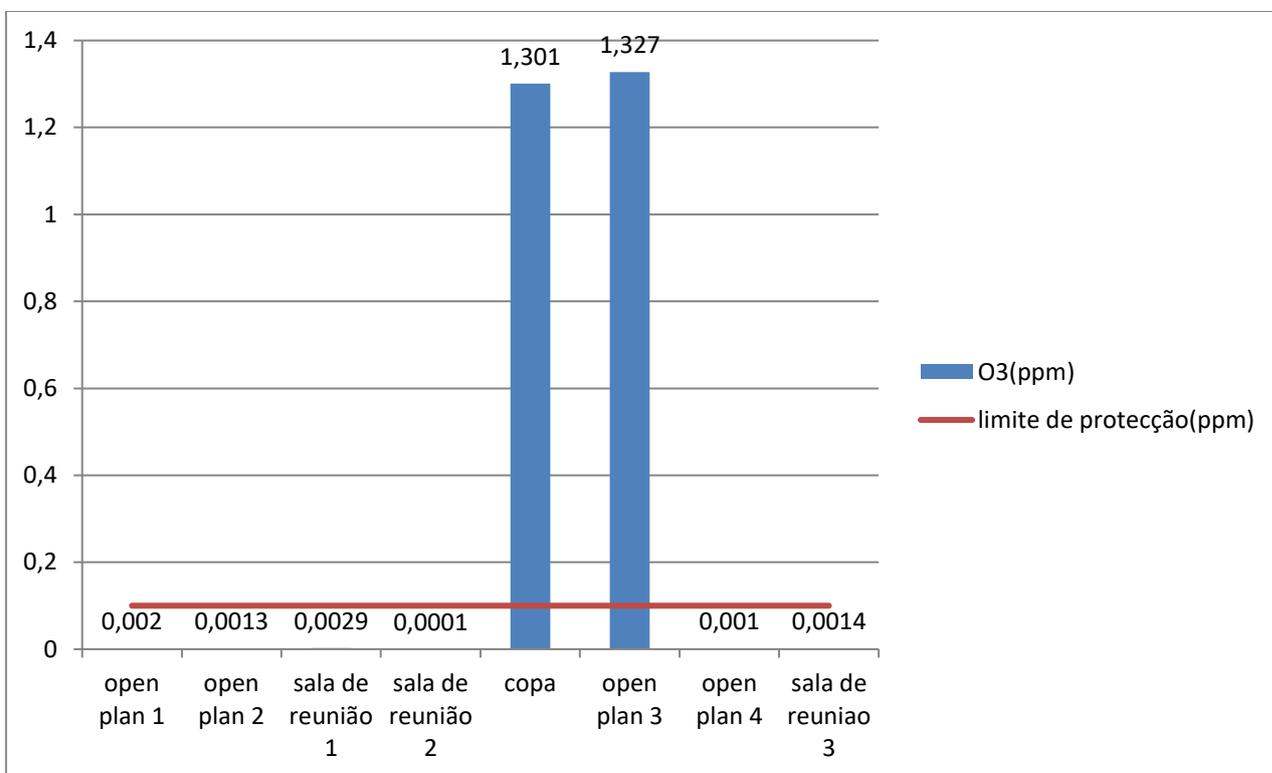


Gráfico 3-Perfil de concentrações máximas diárias de O<sub>3</sub>.

Na monitorização do poluente ozono, verificou-se excedênciado limite de protecção apenas na copa com um valor de 1,301 ppm e na openplan 3 com o valor de 1,327 ppm. A maior fonte de ozono interior é o ozono proveniente do ar exterior, no entanto fontes interiores como por exemplo, purificadores de ar, fotocopiadoras ou impressoras, também contribuem para elevadas concentrações deste poluente. A excedência tanto na copa como no ponto 2 do openplan deve-se mais uma vez a abertura da janela no dia em que se fez a medição da concentração. Para os outros pontos ainda que muito ínfima a concentração, esta é resultante dos aparelhos de impressão e fotocópias localizados no interior dos escritórios.

#### 4.2.4-Análise das concentrações de NO<sub>2</sub>

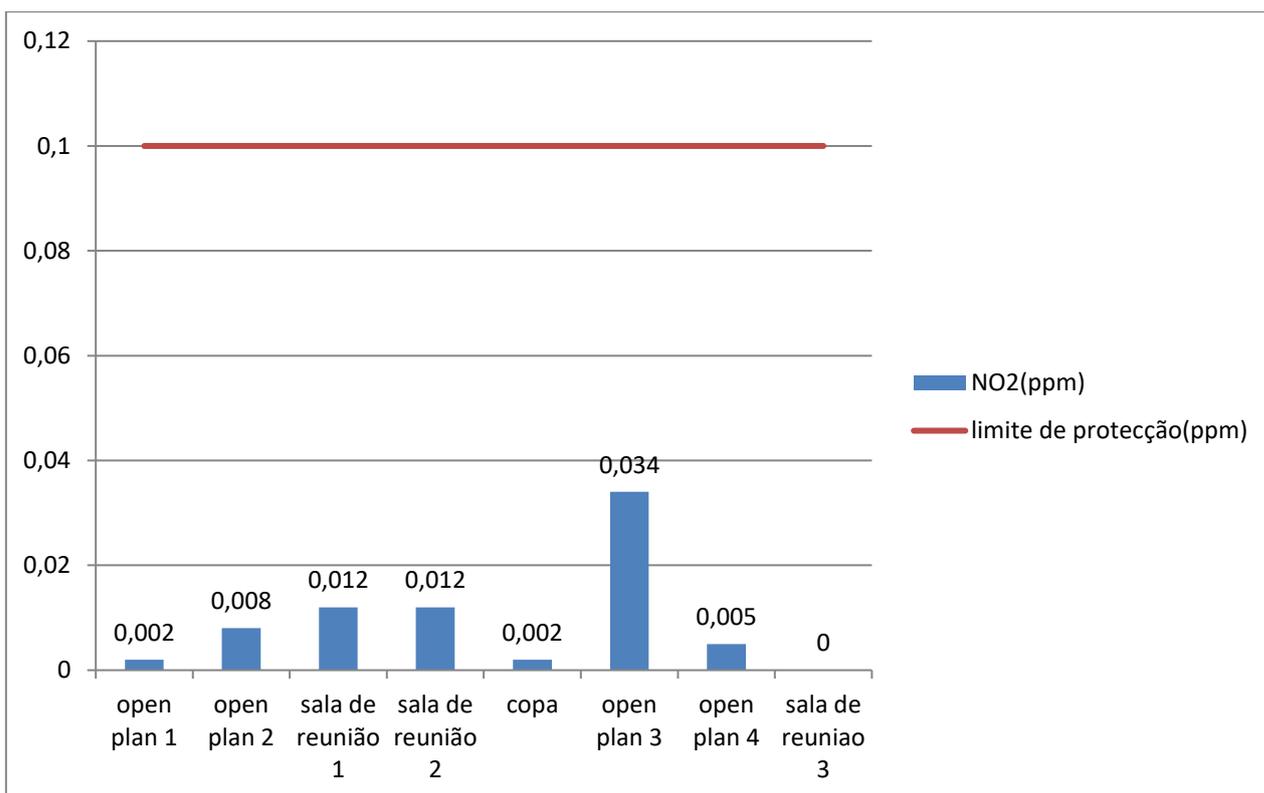
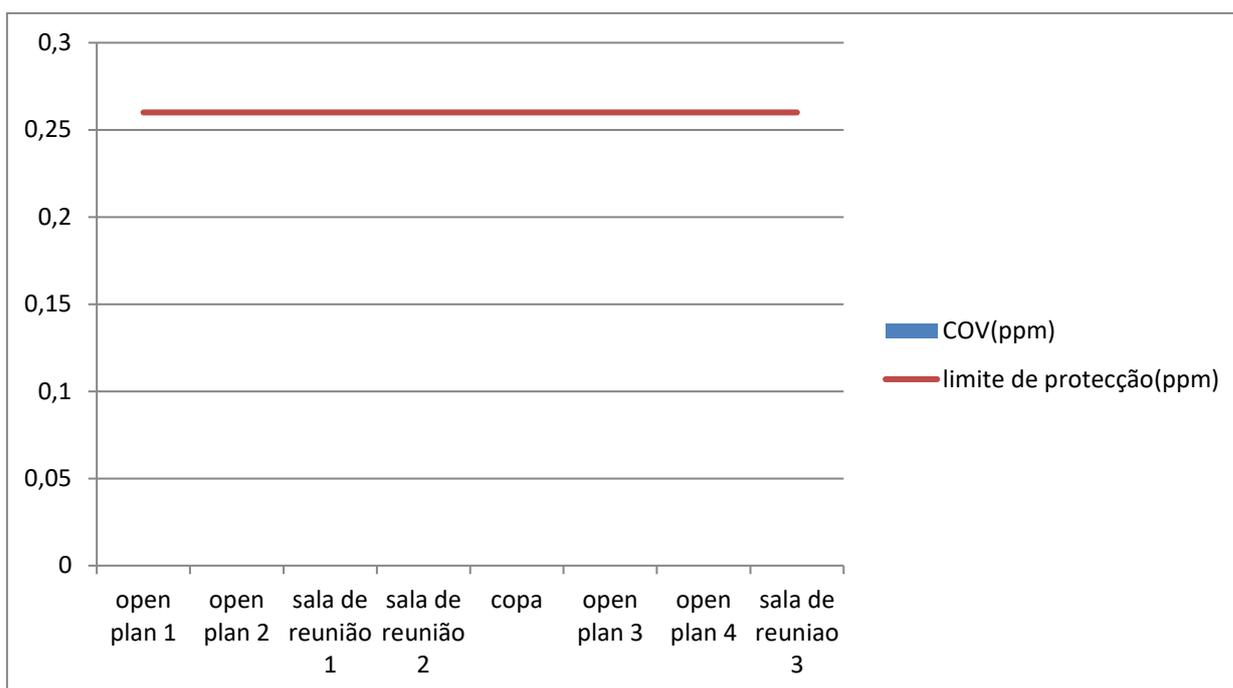


Gráfico 4-Perfil de concentrações máxima diária de NO<sub>2</sub>.

A concentração do gás NO<sub>2</sub> não chegou a atingir o limite estabelecido que determina que não se deve exceder a 0,11 ppm em ambientes internos. Durante o período de amostragem verificou-se uma máxima na openplan 3 que foi de 0.034 ppm e uma mínima de 0 ppm na sala de reunião 3. Com certeza a razão dessas concentrações é o ar exterior sendo o NO resultante da queima de combustíveis fósseis e passa por uma oxidação na atmosfera pelo O<sub>2</sub> e forma o NO<sub>2</sub> e a razão pela qual não se verificou nenhuma concentração na sala de reuniões 3 é pelo facto de esta permanecer sempre fechada e dificilmente fazia-se o uso desta sala, não só esta mas todas as salas de reunião dificilmente eram usadas para evitar agrupamento de pessoas, de vez em quando as portas permaneciam abertas.

#### 4.2.5-Análise dos Compostos orgânicos voláteis



**Gráfico 5-** Perfil de concentrações máxima diária de COV.

Na legislação, o valor do limiar de proteção para os COV's totais é de 0,26 ppm tendo o isobutileno como padrão. À semelhança do dióxido de carbono, os compostos orgânicos voláteis são um bom indicador de ventilação suficiente ou insuficiente. Quando se registam concentrações elevadas deste poluente, e não se verifica a existência de alguma fonte interior ou exterior, então poderá afirmar-se que a ventilação do local de amostragem é insuficiente.

Como medidas preventivas para a redução de COVs, deverá proceder-se ao controlo das fontes de emissão ou então à melhoria da ventilação.

Nos casos em estudo verificou-se que em todos os compartimentos de amostragem dos escritórios o valor limite legislado não foi ultrapassado, tanto que não houve nenhuma concentração de COV's nos escritórios, ou seja, em todos os pontos a concentração de COV's foi igual a zero.

### 4.3-Análise do material particulado

Relativamente ao material particulado, constata-se os seguintes resultados da concentração do material particulado obtidos no período de amostragem nos respectivos compartimentos dos escritórios.

Tabela 11- Resultados do Material Particulado

Data	Local	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Partículas ultrafinas $\mu\text{g}/\text{m}^3$
25/03	Copa	<0.11	<0.3
25/03	Openplan 1	<0.11	<0.3
26/03	Openplan2	<0.11	<0.3
26/03	Sala de reunião 1	0.15	0.4
27/03	Sala de reunião 2	0.15	0.4
27/03	Openplan3	<0.11	<0.3
28/03	Openplan4	<0.11	<0.3
28/03	Sala de reunião 3	<0.11	<0.3
Limite de protecção	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		-----

Foi realizada uma análise individual da concentração de partículas de diâmetro de 10 micrómetros e comparado com a concentração do limite de proteção considerado saudável para a saúde humana. Verificou-se com isto que não houve excedência do limite de protecção, sendo o maior valor atingido 0.15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . As principais fontes interiores da matéria particulada são o fumo do tabaco e actividades de combustão, assim como actividades de limpeza, cozinha, movimento das pessoas poderá também originar a presença destes poluentes.

No entanto, partículas provenientes de fontes externas também podem entrar para os edifícios através das entradas de ar exterior ou infiltração natural. Os sistemas de ventilação utilizados, se não forem submetidos à manutenção necessária, podem ser também uma fonte deste poluente.

Segundo a APA a concentração média de partículas PM10, encontrada em ambientes de não fumadores nos edifícios de serviços é de 10 µg/m<sup>3</sup>, no qual o valor encontrado é bem menor do que o esperado.

As partículas ultrafinas não estão contempladas com valores limite na legislação, contudo farão parte deste estudo. Estas partículas são provenientes essencialmente de processos de limpeza como o uso de aspiradores e equipamentos semelhantes, uso de computadores e aparelhos electrónicos, presença de fibras sintéticas ou naturais, entre outros processos. As partículas ultrafinas têm um diâmetro aerodinâmico inferior a 0.1 micrômetros e são geralmente inaláveis. Os resultados obtidos mostram que os valores obtidos também foram os mesmos com excepção de 2 compartimentos que apresentaram 0.04 µg/m<sup>3</sup> de partículas ultrafinas.

#### **4.4-Medidas para Mitigação da Covid-19 com base nos resultados da qualidade do ar**

A avaliação dos parâmetros de qualidade do ar nos escritórios foi realizada e os parâmetros medidos foram a temperatura, humidade, material particulado, CO, COV's, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>e O<sub>3</sub>. Constatou-se que os parâmetros se encontram dentro dos padrões de qualidade com excepção da temperatura, ozono e enxofre. No que diz respeito a temperatura, os aparelhos de ventilação são os responsáveis pelas altas temperatura, com isto é necessário um simples ajuste das temperaturas nos mesmos. Para o ozono e enxofre primeiramente é feita uma chamada de atenção para composição dos produtos de limpeza utilizados, substituí-los por produtos que não contenham estes químicos na sua composição torna-se uma opção. E por serem maioritariamente poluentes resultantes do ar exterior, medidas tecnologias específicas como combustíveis mais limpos, programas de inspecção veicular, limites de emissões mais rígidos por indústrias e fontes de combustão, ajudariam a controlar a poluição por estes dois agentes. Em geral, abrangendo todos os parâmetros as medidas a tomar com vista a alcançar uma boa qualidade do ar com isto, reduzir o grau de contaminação pelocoronavírus são:

- **Controlar as fontes de poluição:** a maneira mais eficaz de melhorar o ar interior é eliminar as fontes ou reduzir as suas emissões.
- **Ventilação adequada:** Manutenção periódica dos sistemas de ar condicionado de forma a garantir o bom funcionamento e a diluição dos poluentes do ar. Os equipamentos de ar condicionado possuem filtros para remover partículas e

outros poluentes do ar. Contudo, os filtros devem ser limpos ou renovados uma vez que quando obstruídos podem resultar na acumulação de poluentes em ambientes fechados.

- **Controlo da exposição** – ajustar os períodos e locais de utilização de fontes de Poluentes, concretamente evitar o uso de produtos de limpeza durante a ocupação dos espaços.

Com relação ao material particulado especificamente, maior atenção deve ser dada quando se fala da propagação do vírus da Covid-19, pelo facto do material particular ser o meio veicular para o coronavírus.

No presente investigação foi possível efectuar o estudo de dois tipos de material particulado que é o PM10 e as partículas ultrafinas. Os resultados estiveram abaixo dos limites de protecção, o que é algo positivo, mas não impede de tomar medidas com relação a este parâmetro.

O Vírus, Sars-Cov-2 possui um diâmetro que pode atingir até 0,1  $\mu\text{m}$  e produz uma infecção, nos casos leves, com sintomas como febre, tosse seca, cansaço, dores pelo corpo, dor de garganta, perda de paladar e olfato. Entretanto, em casos graves ocorre a síndrome respiratória aguda grave, ocasionando queda na saturação de oxigénio no sangue, lesões miocardias, pneumonia grave, infecção generalizada, falência múltipla de órgão e pode levar até a morte. Todavia, para o desenvolvimento ou não dos casos leves vai depender do tamanho do material particulado e aerossóis, como também das chances deste material suspenso ultrapassar as barreiras naturais existentes no corpo colocadas pelo sistema imunológico.

Com isto as PM10 que são consideradas partículas inaláveis, ficam retidas nas vias aéreas superiores devido ao seu diâmetro. Contudo, se este material particulado conter o vírus, pode entrar tanto pela boca como pelo nariz, se fixando assim na mucosa nasal ou bucal e inicia-se o processo de contracção do vírus, surge a sintomatologia leve são reproduzidos mais vírus e dependendo da carga viral estes podem continuar a percorrer o trato respiratório atingindo os brônquios e mais tarde os pulmões, permitindo o desenvolvimento da forma mais grave da doença.

Com relação as partículas ultrafinas que são partículas com um diâmetro inferior a 2.5  $\mu\text{m}$ , enquanto partículas respiráveis, atingem as vias aéreas inferiores, o caso semelhante das gotículas que formam aerossóis de 1  $\mu\text{m}$  e dão logo início ao processo de multiplicação do vírus e nestes casos tem-se a prior o desenvolvimento dos casos mais graves da doença.

A medida de mitigação para o material particulado consiste na renovação do ar, partindo do princípio que os aparelhos de ar condicionado apenas fazem a recirculação do mesmo ar, e fará também apenas a recirculação do material particulado.

A renovação do ar vai consistir na instalação de um sistema de insuflação do ar. O sistema insuflação do ar é composto por uma unidade de tratamento de ar, possui um módulo de pré-filtragem, filtragem absoluta Hepa<sup>7</sup>, e módulo de ventilação, e exaustão. O insuflador vai efectuar a captação do ar externo através de um ducto direccionado-o para o ambiente interno. Já o exaustor faz o caminho inverso, capta o ar do ambiente interno e descarrega no ambiente externo.

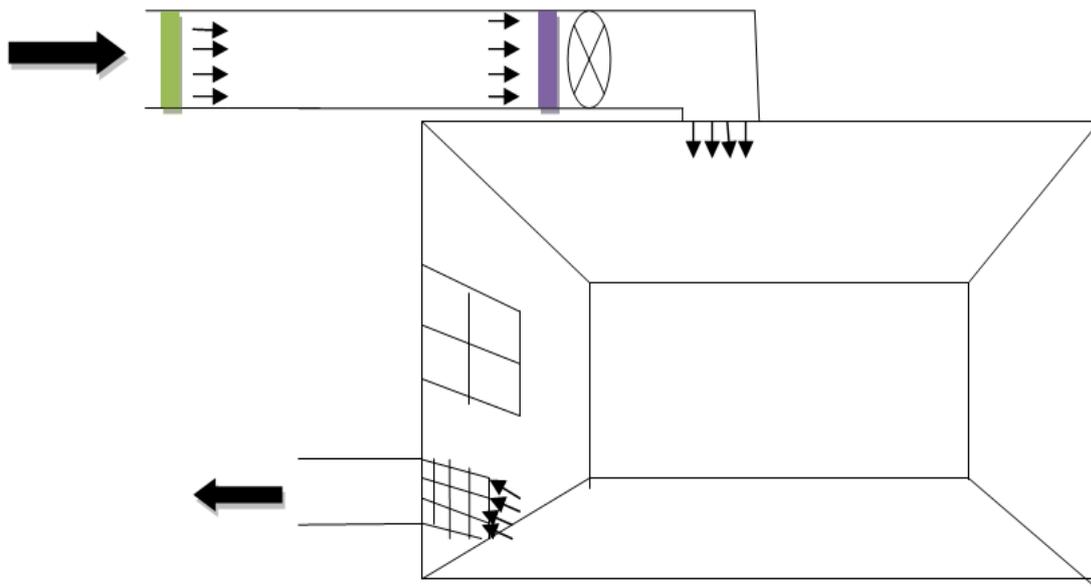


Figura 9- Ilustração do processo insuflação e extração do ar.

- Legenda → fluxo do ar  
■ Filtro fino  
■ Filtro absoluto Hepa  
⊗ - Ventilador

O processo de renovação de ar na imagem seguinte inicia pela entrada de ar externo que passara por um filtro fino, retendo partículas superiores a  $2\mu\text{m}$ . De seguida este ar

<sup>7</sup>High efficiency particulate arrestance.

passara por um segundo filtro, designado filtro absoluto Hepa, que retém partículas superiores a  $0,3\mu\text{m}$ . Após passar pelo filtro o ar será insuflado nos escritórios e o exaustor por sua vez irá fazer a captação e descarga deste ar no ambiente externo. Com isto obtém a renovação do ar e o controle do material particulado dos escritórios. Controlado o material particulado nos escritórios a probabilidade e alguém ser contaminado pela Covid-19 diminui. Contudo, manter as medidas básicas de prevenção da Covid-19 nomeadamente: o uso da máscara, manter uma distância segura, lavar as mãos ainda continua sendo uma precaução adequada para a protecção contra este vírus.

## **5-Conclusão**

O trabalho bibliográfico permitiu um maior conhecimento sobre a qualidade do ar, os seus parâmetros e seus efeitos à saúde humana. Fazer a monitoria da qualidade do ar em escritórios revelou-se de extrema importância por ser um ambiente onde a maioria das pessoas passa boa parte do seu tempo e ter um efeito sobre a saúde, o conforto o que tem uma influencia directa na produtividade.

Os poluentes que foram estudados como indicadores da qualidade do ar foram: humidade, temperatura, COV, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub>. Destes, apenas a temperatura, O<sub>3</sub> e o SO<sub>2</sub> estiveram acima dos padrões legislados o que torna a qualidade dos escritórios de forma geral boa.

A influência da qualidade do ar na pandemia do Covid-19 é evidenciada em estudos que mostram uma relação entre a má qualidade do ar e a gravidade dos casos. Indivíduos que padecem de doenças do trato respiratório, causadas pela exposição continua uma má qualidade do ar, ao serem infectados pelo vírus, tendem a desenvolver a forma mais grave da doença devido a sua baixa imunidade.

A segunda abordagem da qualidade do ar em relação à pandemia parte das teorias de transmissão do vírus e correlaciona a qualidade do ar com a transmissão aerotransportada do vírus. Estudos feitos associam o vírus da Covid-19 ao material particulado, ou seja, a transmissão do vírus é feita por meio de gotículas e quando suspensas no ar elas perdem a sua parte líquida e remanesce a parte sólida que é considerado material particulado, como também o vírus pode se anexar ao material particulado suspenso no ar e contaminar a alguém.

No que concerne as medidas de mitigação do vírus da Covid-19 de uma forma generalizada, baseiam-se no controle das fontes dos poluentes, controle da exposição e manutenção dos equipamentos de ventilação. Maior atenção foi dada ao meio veicular da Covid-19 que é o material particulado, sendo necessária a instalação de um sistema de renovação de ar constituído essencialmente por um insuflador, responsável por fornecer ar externo tendo na sua trajetória que passar por dois filtros para material particulado e um extrator, que realiza a captura do ar do ambiente interno e liberta o para o ambiente externo.

## **6-Recomendações**

- ❖ Além de avaliar a qualidade do ar de escritórios, seria interessante realizar um estudo que envolvesse a avaliação do ruído e iluminação, pois tem a sua influência sobre o conforto dos colaboradores;
- ❖ Análise sazonal do comportamento dos parâmetros avaliados no presente estudo, para realização de uma discussão mais detalhada em relação a variação dos parâmetros;
- ❖ Aplicação de um questionário aos colaboradores com vista a ter uma percepção do seu nível de conforto;
- ❖ Outros estudos a realizar-se, podiam incidir sobre outros ambientes internos como: escolas, universidades e habitações.

## 7-Bibliografia

1. ABREU, C. (2010). *O ambiente interior e a saúde dos ocupantes de edifícios de habitações. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil* Faculdade de Engenharia da Beira Interior, Pag 25-26.
2. ALI, H. H.; ALMONANI, H. M.; HINDEIH, M., 2009. *Evaluating Indoor Environmental Quality of Public School Buildings in Jordan, Indoor and Built Environment*, Ed. 18, pag. 66-76.
3. APA. (2010). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores*. Um Guia Técnico. Agência Portuguesa do Ambiente. Amadora, Portugal.
4. APA. (2009). *Qualidade do ar em espaços interiores*. Um Guia Técnico. Agência Portuguesa do Ambiente.
5. ASHRAE. (2007). *Ventilation for acceptable indoor air quality*. American Society Of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers.
6. BAS, E. (2004). *Indoor Air Quality*. A guide for facility managers, 2 ed, Fairmont press Inc editora, pag 234-230.
7. BASTOS, J. E. (2007). *Qualidade do ar*. Engenharia de segurança do trabalho, Itajai, brasil pag 23-27.
8. BECCHETTI, L(2020). et al. Air quality and COVID-19 adverse outcomes: Divergent views and experimental findings.
9. BRANDAO, R. (2015). *Virus e Retrovirus*. Faculdade de Ciências e Saúde pag 12-13.
10. BRICKUS, Leila., NETO, Francisco.(1997). *Qualidade do ar de interiores e a química, rio de janeiro*, pag 10.
11. BORREGO, C., NEUPARTH, N., CARVALHO, A., A., C., MIRANDA, A., COSTA A., et al. (2008). *A Saúde e o Ar que respiramos - um caso de estudo em Portugal*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian , pag 64-66.
12. BURROUGHS, B., & HANSEN, S. (2008). *Managing Indoor Air Quality* 4 edicao ed Fairmont press, INC, pag 113-117.
13. CARVALHOS, M. (2018). *Qualidade do ar interior*. Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho, pag 24-27.
14. COSTA, C. (2011). *Estudo da qualidade do Ar interior num edifício departamental da UC*. Faculdade de ciências e tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra , pag 14-17.

15. COSTA, Maria., COSTA, Marcos. (2006). *Qualidade do Ar de Interiores e Saúde Humana*, pag 7-9.
16. DALES, R., LIU, L., WHEELER, A. J., GILBERT, N. L. (2008). Quality of indoor residential air and health. *CMAJ : Canadian Medical Association Journal* 179, pag.147-152.
17. EEA. (2015). *Air quality in Europe-Air Pollution*. European Environment Agency, Copenhagen, Pag 50-13.
18. EPA. (2009). *Indoor air quality tools for school-Action kit*. Environmental Protection Agency, pag 47-48.
19. FERNANDES, A. (2017). *Análise da qualidade do ar e preocupações com a saúde*. Universidade de porto, Porto, pag 23-27.
20. FERNANDES, S. (2014). *Análise das condições higrotérmicas e da qualidade do ar Interior na Biblioteca Joanina UC*. Universidade de Coimbra, pag 31.
21. HIDALGO, Jorge., & RODRIGUEZ, Gloria., PEREZ, Fernandez. (2021). *Covid-19 Pandemic: Lessons from Frontline*, pag 10.
22. KAMPF, G; DOREMALEN, Van. (2020). persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents, pag 15.
23. LIMA, Claudio. (2020). *Informações sobre o novo Coronavírus( Covid-19)*, pag.2.
24. MARTINEZ, F., & CALLEJO, R. (2006). *Edifícios Saudáveis para os trabalhadores: qualidade de ar de ambientes internos*, pag 15-17.
25. MASSA, J. (2010). *Auditoria do Ar Interior nos edifícios da Universidade do Minho em Azurem*. Escola de Engenharia da Universidade de Minho, pag 36-38.
26. MILICA, G., & BOBIC, J. (2009). *Sick building Syndrome. Do we live and work in unhealthy environment?* *Periodicum biologorum*, Vol. 111, pag. 79–84.
27. MORAES, A. (2006). *Qualidade do ar interno com ênfase na concentração de aerodispersóides*. Escola Politécnica da USP, Sao paulo, pag 32-36.
28. MORAES, P. L. (2021). *Composição do ar*. Obtido em 28 de setembro de 2021, de <https://brasilescola.uol.com.br/biologia/composicao-do-ar.htm>.
29. MOURA, C; FRANCO, F; CORREIA, F; MACEDO, F; DELCIDIO, J; SILVA, M; SOUZA, M; BUENO, O. (2020). *Impacto do Covid-19 na qualidade do ar interior e recomendações para utilização de sistemas AVAC-R*, pag 1-4.

30. MOURATO, J. (2007). *A Qualidade do Ar das Creches da Cidade de Coimbra*. Licenciatura em Saúde Ambiental, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, pag. 14-18.
31. NASCIMENTO, C. (2011). *Análise da Qualidade do Ar Interior de Edifícios Escolares* Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Energia e Climatização de Edifícios, ISE-UA, Algarve, pag. 22-26.
32. NAZAROFF, W. (2012). *Indoor air*. ISIAQ and the Academy of Fellows, Vol.2, pag 353-355.
33. OLIVEIRA, A., Perez, A., & Morais, A. (2007). *Indoor Air in Portugal: Technical, Institutional and Policy Challenges in implementation of directive on the energy performance of buildings*, pag 33-24.
34. OMS. (2005). *Air quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen, dioxide and sulfur dioxide*. Organização Mundial da Saúde.
35. OMS. (2000). *Indoor air pollutants: Exposure and health*. Organização Mundial da Saúde, Copenhagen.
36. PELIANO, P. (2016). *Qualidade do Ar interior*. Escola Superior de Saúde da Universidade Atlantica, Lisboa pag 29-31.
37. QUADROS, Marina; LISBOA, Henrique.(2010). *Qualidade do ar Interno, Controle da poluição atmosférica*, pag.37.
38. Ram, Kirpa; Thakur, Roseline C.; Singh, Dharmendra Kumar; Kawamura,
39. KIMITAKA; SHIMOUCHI, Akito; SEKINE, Yoshika; Nishimura, Hidezaku; SINGH, Sunit K.; PAVULURI, CHANDRA, Mouli; SINGH, R.S.; TRIPATHI, S.N. *Why airborne transmission hasn't been conclusive in case of COVID-19? An atmospheric science perspective*. Science of The Total Environment, v. 773, pag 123-130.
40. REHVA. (2020). *Covid-19 Guidance document*. Representatives of European Heating and Ventilation Associations.
41. RODRIGUES, F. (2013). *Avaliação da qualidade do ar interior em salas de aulas sem sistemas AVAC*, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental, ESA-IPB Bragança, pag.26-28.
42. SANTOS, J. (2010). *Avaliação da Qualidade do Ar Interior Em Jardins de Infância*. Mestrado de Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pag.31-34.

43. SETTI, Leonardo; PASSARINI, Fabrizio; GENNARO, Gianluigi de; GILIO, AlessiaDi; PALMISANI, Jolanda; BUONO, Paolo; FORNARU, Gianna; PERRONE, MariaGrazia; PIAZZALUNGA, Andrea; BARBIERE, Pierluigi; RIZZO, Emanuele; MIANI,Alessandro.(2020). *Relatório sobre o efeito da poluição por partículas e a disseminação do vírus na população*. Sociedade Italiana de medicina ambiental.
44. SUNDELL, J. (2004). *on the history of indoor air quality and health*,Indoor International.
45. Center for Indoor Environment and Energy, Technical University of Denmark, Lyngby, DenmarkAirr, Vol.14 , pag 51-58.
46. US-EPA(2009). *Indoor air quality tools for schools*. United States Environmental protection Agency.
47. WANG, L, K., PEREIRA, N,C., HUNG, Y,T. (2005). *Advanced Air and Noise Pollution Control. HANDBOOK OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING*. Vol. 2. Totowa, NewJersey: Humana Press Inc, pag 147-153.
48. WESCHER, C. J. (2009). *Changes in indoor pollutants since 1950s. AtmosphericEnvironment*, pag 153-169.
49. WOLKOFF, P., & Nielsen, G. (2010). *Non-cancer of formaldeyhde and relevance of setting an indoor air guidance,Environment International*. pag .788–799.