XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Qualidade do ar interno em espaços de escritório: Impacto dos poluentes na saúde e bem-estar dos ocupantes.

Calidad del aire interior en espacios de oficina: Impacto de los contaminantes en la salud y el bienestar de los ocupantes.

Indoor air quality in office spaces: Impact of pollutants on occupants' health and well-being.

Conforto ergonômico e qualidade ambiental / *Conforto ergonómico y calidad ambiental /*

Ergonomic comfort and environmental quality

Souza, Beatriz Nascimento e

Arquiteta e Urbanista, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, beatriz.nascimento.souza@usp.br

Shimomura, Alessandra Rodrigues Prata

Arquiteta e Urbanista, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design, Universidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, arprata@usp.br

Resumo

Este estudo analisa a qualidade do ar interno (QAI) em espaços de escritórios, com foco nos impactos de poluentes como CO_2, $PM_{2,5}$ e PM_{10} na saúde e bem-estar dos ocupantes, trazendo o tema para o contexto brasileiro. A metodologia integrou revisão sistemática da literatura e medições in loco em um escritório de São Paulo, coletando dados para avaliar concentrações de poluentes. Os resultados revelaram níveis de CO_2 e material particulado acima dos limites da OMS (Organização Mundial da Saúde) e normas nacionais, que podem estar associados à ventilação inadequada, sistemas de ar-condicionado pouco eficientes, fontes internas e externas de poluição. As pesquisas apontam que esses poluentes estão vinculados a problemas respiratórios, cardiovasculares, neurocognitivos. Para mitigar esses efeitos, recomenda-se priorizar ventilação natural, aprimorar sistemas mecânicos de ventilação com filtros eficientes, realizar manutenção periódica de equipamentos e implementar monitoramento contínuo da QAI, visando ambientes de trabalho mais saudáveis e produtivos, sem comprometer a eficiência energética.

Palavras-chave: Qualidade do Ar Interno. Escritórios. Concentração de CO_2. Material particulado. Poluentes.

Resumen

Este estudio analiza la calidad del aire interior (CAI) en espacios de oficinas, centrándose en los impactos de contaminantes como CO_2, $PM_{2,5}$ y PM_{10} en la salud y bienestar de los ocupantes, contextualizando el tema en Brasil. La metodología integró una revisión sistemática de la literatura y mediciones in situ en una oficina de São Paulo, recolectando datos para evaluar concentraciones de contaminantes. Los resultados revelaron niveles de CO_2 y material particulado por encima de los límites de la OMS y normas nacionales, asociados a ventilación inadecuada, sistemas de aire acondicionado poco eficientes, y fuentes internas/externas de contaminación. Las investigaciones señalan que estos contaminantes están vinculados a problemas respiratorios, cardiovasculares y neurocognitivos. Para mitigar estos efectos, se recomienda priorizar la ventilación natural, mejorar sistemas mecánicos de ventilación con filtros eficientes, realizar mantenimiento periódico de equipos e implementar monitoreo continuo de la CAI, buscando entornos laborales más saludables y productivos, sin comprometer la eficiencia energética.

Palabras clave: Calidad del aire interior. Oficinas. Concentración de CO_2. Material particulado. Contaminantes.

Abstract

This study analyzes indoor air quality (IAQ) in office spaces, focusing on the impacts of pollutants such as CO_2, $PM_{2.5}$, and PM_{10} on occupant health and well-being, contextualizing the topic within Brazil. The methodology integrated a systematic literature review and on-site measurements in an office in São Paulo, collecting data to assess pollutant concentrations. Results revealed CO_2 and particulate matter levels exceeding WHO guidelines and national standards, which may be linked to inadequate ventilation, inefficient air conditioning systems, and internal/external pollution sources. Research indicates these pollutants are associated with respiratory, cardiovascular, and neurocognitive issues. To mitigate these effects, recommendations include prioritizing natural ventilation, enhancing mechanical ventilation systems with efficient filters, conducting regular equipment maintenance, and implementing continuous IAQ monitoring. These measures aim to create healthier and more productive work environments without compromising energy efficiency.

Keywords: Indoor Air Quality. Office. CO_2 concentration. Particulate matter. Pollutants.

Introdução

O estudo da qualidade do ar interno dos ambientes como habitações, escritórios, escolas e hospitais faz-se necessário para garantir a saúde dos ocupantes, além de garantir o bom desempenho das atividades (Schirmer et al., 2011). Desses ambientes, o setor de serviços se destaca como o setor que mais emprega pessoas, e geralmente esses empregos se concentram em escritórios, dentro de edifícios com fachadas seladas, uso de equipamentos eletrônicos e crescente uso de ar-condicionado (Felgueiras et al, 2023). Nesse contexto de edifícios de escritórios selados com uso de climatização artificial surgem preocupações com a Qualidade do Ar Interno (QAI), pois segundo Schirmer et al. (2011), esse tipo de edifício provoca um aumento nos casos de problemas relacionados à qualidade do ar dentro dos escritórios. O design dos escritórios tem mudado muito durante as últimas décadas, com a prevalência de ambientes com plantas mais abertas, divididos por muitas pessoas, durante grande parte do dia, logo, apresenta-se a importância de se aprofundar no tema da qualidade do ar interno (Felgueiras et al, 2023). “Se, por qualquer motivo, o ambiente construído estiver causando doenças ou impacto negativo na saúde dos ocupantes, isso é uma questão preocupante e pode indicar algum defeito no projeto ou sistema técnico do edifício." (Al horr et al., 2016, p. 2).

Os indicadores da Qualidade do Ar Interno (QAI) envolvem os fatores térmicos, acústicos, visuais e de qualidade do ar. Pesquisas sugerem que os sintomas de desconforto com o ambiente interno levam a uma significativa redução de desempenho no trabalho e têm efeitos diretos na saúde e produtividade dos ocupantes (Al horr et al., 2016). Segundo Felgueiras et al. (2023), a qualidade do ambiente interno representa um fator essencial para o bem-estar e saúde dos ocupantes. Pesquisas mostram que altas concentrações de poluentes possuem efeitos diretos e indiretos na saúde, relacionados a doenças respiratórias e cardiovasculares (Oliveira et al., 2021). A qualidade do ar está associada à características físicas, químicas e biológicas do ar interno, incluindo a concentração de dióxido de carbono (CO_2) e material particulado como $PM_{2,5}$ e PM_{10}.. Segundo Schirmer et al. (2011), a descoberta de que a diminuição das taxas de trocas de ar no ambiente interno era responsável pelo aumento da concentração de poluentes fez surgir o interesse pelo estudo da QAI. A concentração de poluentes pode ser cinco vezes maior em ambientes internos do que nos ambientes externos, e segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), mais de 50% dos ambientes fechados, incluindo escritórios, escolas, residências, cinemas e hospitais, possuem

ar de má qualidade (Schirmer et al., 2011). Nas pesquisas sobre QAI um termo que se sobressai é a Síndrome do Edifício Doente (SED), a qual é definida pela OMS como a situação em que os ocupantes de um edifício específico apresentam sintomas sem origem determinada, sem a constatação de uma determinada etiologia, sendo, portanto, desconhecida (WHO, 2009). Esses sintomas podem estar relacionados à irritação das membranas e mucosas, efeitos neurotóxicos, sintomas respiratórios, irritação na pele, alterações nos sentidos, e os sintomas desaparecem quando o indivíduo se afasta do edifício (Gioda e Aquino Neto, 2003). Outros sintomas listados na SED são: irritação nos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça, tosse, espirros, distúrbios cognitivos, depressão, sensibilidade à luz e estresse gastrointestinal; levando a necessidade de ida a hospitais (Al horr et al., 2016). A maioria das pesquisas encontradas nessa revisão de literatura sugere que edifícios com uso de ar-condicionado estão mais associados à SED do que edifícios que fazem uso de ventilação natural, principalmente devido a fatores como a renovação de ar, a potencial contaminação dos sistemas de ar-condicionado e ainda a uma menor tolerância a variações de temperatura por parte dos ocupantes (Jones, 1999; Frontczak e Wargocki, 2011). Porém, a ventilação natural não elimina completamente a possibilidade de ocorrência da SED, especialmente em edifícios menos herméticos que podem ter problemas com infiltração de poluentes externos ou acumulação de poluentes interiores (Jones, 1999).

O objetivo desse artigo é levantar as questões relacionadas à qualidade do ar interno em espaços de escritório, principalmente àquelas relativas aos poluentes do ar. Pretende-se descrever o que é encontrado na literatura sobre os efeitos que esses poluentes causam aos ocupantes desses espaços e encontrar alternativas que possam mitigar os efeitos negativos. Ainda, tem-se como objetivo trazer o tema da qualidade do ar interno para o contexto da arquitetura brasileira, uma vez que existe uma escassez de estudos envolvendo esse tema no Brasil (Oliveira et al., 2021).

Metodologia

O propósito deste artigo é fazer uma revisão sistemática de literatura, levando em consideração os estudos relacionados à Qualidade do Ar Interno (QAI), principalmente no que se refere aos poluentes do ar, como dióxido de carbono e material particulado. O objetivo é cruzar as referências encontradas na literatura com medições realizadas *in loco* em um estudo de caso.

O primeiro passo foi identificar as palavras-chave para o recorte do estudo, e as palavras e termos foram utilizados em português e inglês. Como o estudo de caso envolve um espaço de escritório, e o impacto da qualidade do ar no bem-estar e saúde dos ocupantes, as palavras-chave utilizadas foram: escritórios, edifícios comerciais, espaços de trabalho, qualidade interna do ar, qualidade do ambiente interno, bem-estar, concentração de material particulado, poluição do ar interno, concentração de CO_2. Foram utilizadas ferramentas de pesquisa online como *Google Scholar*, *Science Direct* e *Scopus*. As datas de publicação foram selecionadas de 2000 a 2025; com ressalva a literatura de base sobre o tema. Após coletar os artigos, foram selecionados aqueles com maior relação ao tema e maior cruzamento entre as palavras-chave.

As medições realizadas in loco, foram feitas utilizando um equipamento que registra as seguintes variáveis: concentração de $PM_{2,5}$ em µg/m³, concentração de PM_{10} em µg/m³, concentração de CO_2 em PPM, temperatura do ar em °C e umidade relativa do ar em %. O equipamento possui um sensor de partículas a laser de alta precisão e sensor de dióxido de carbono baseado em NDIR[1], é indicado para ambientes internos, possui faixa de funcionamento entre 0 a 50° C de temperatura, 10 a 90% de umidade relativa do ar, concentração de $PM_{2,5}$ entre 0 e 999 µg/m³, concentração de PM_{10} entre 0 e 999 µg/m³. Foram selecionados 22 pontos em diferentes locais do escritório e o equipamento foi posicionado na altura do ocupante durante 180 minutos, para que a medição ficasse estável para aquele instante e em seguida foram anotados os resultados.

Qualidade ambiental interna

A qualidade ambiental interna é influenciada por condições ambientais: térmicas, visuais, acústicas e qualidade do ar, e fatores não ambientais como: características individuais, grau de controle do ocupante sobre o espaço, mudanças sazonais e atividades realizadas no ambiente. As pesquisas indicam que os fatores ambientais, principalmente as condições térmicas, são o principal fator de satisfação com o ambiente interno (Frontczak e Wargocki, 2011). Já os fatores não ambientais, geralmente não são regulados por norma, e segundo Frontczak e Wargocki (2011), a maior parte das pesquisas são focadas em algum dos fatores ambientais isolados, e não há pesquisas que resultam em um consenso em relação a como os fatores não ambientais

[1] NDIR significa *Non-Dispersive Infrared*, ou Infravermelho Não Dispersivo em português, consiste no tipo de sensor que emite radiação infravermelha através de um tubo ou caminho óptico (Schaeffer, 2004).

influenciam na qualidade geral do ambiente interno. O conforto térmico é um parâmetro com definição mais bem estabelecida. Para que os ocupantes produzam com alto desempenho, o ambiente precisa estar termicamente confortável (Al horr et al. 2016). Segundo Al horr et al. (2016), a percepção de conforto térmico difere de acordo com o clima, difere se o ambiente é climatizado artificialmente ou ventilado naturalmente e ainda de acordo com as expectativas dos ocupantes. Mas as condições térmicas devem ser levadas em consideração em fase de projeto, uma vez que mudanças e adaptações pós construção costumam ser mais ineficientes e mais onerosas (Indraganti et al., 2014; Jazizadeh et al., 2014). O conforto visual é apresentado nas pesquisas como um fator essencial ao conforto e bem-estar (Al horr et al. 2016). Além do impacto direto que a iluminação natural e artificial possui nas atividades realizadas, ela pode afetar a qualidade do sono após o ocupante deixar o ambiente de trabalho (Chang and Chen, 2005). O conforto acústico, embora reconhecido como um parâmetro importante no conforto ambiental, não é considerado prioritário na fase de projeto dos edifícios, o que gera muitos problemas de produtividade e reclamações em avaliações pós-ocupação (Al horr et al. 2016). A qualidade do ar envolve a concentração de poluentes orgânicos e inorgânicos, e é afetada tanto por fontes internas como externas. Esses poluentes vão ser melhor descritos no item a seguir.

Qualidade interna do ar

O termo conforto não é muito utilizado quando se trata da qualidade interna do ar, e essa qualidade está mais relacionada com a ausência de desconforto ligada a odores e irritações sensoriais (Frontczak e Wargocki, 2011). Segundo a ASHRAE[2] (2007), a qualidade do ar aceitável é definida como “o ar no qual não há conhecimento de contaminantes em concentrações prejudiciais, determinadas por autoridades competentes e no qual a maioria substancial exposta (80% ou mais) não expressa insatisfação”. Os principais poluentes do ar interno se classificam em duas categorias: os não biológicos, como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrogênio e enxofre, ozônio, material particulado (PM_{10} e $PM_{2,5}$), compostos orgânicos voláteis (VOCs) e fumaça de cigarro; e os biológicos, como bactérias, fungos, grãos de pólen, ácaros e esporos.

[2] ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers.

Nesse estudo o foco será nos poluentes dióxido de carbono (CO_2) e material particulado (PM_{10} e $PM_{2,5}$), pois foram os poluentes cujas concentrações foram medidas no estudo de caso apresentado no item a seguir. Altas concentrações de CO_2 é um resultado da atividade metabólica humana com a falta de renovações de ar internas (Oliveira et al., 2021). O material particulado designa uma mistura física e química de diversos compostos presentes em suspensão no ar, tanto sólidos como líquidos (gotículas, aerossol, névoa, fumaça, etc.) (Schirmer et al., 2011). As siglas $PM_{2,5}$ e PM_{10} se referem aos termos em inglês *particulate matter*, e ao tamanho das partículas em micrômetros (µm). O que contribui para a suspensão das partículas são atividades como varrer, tirar pó e cozinhar. Segundo Schirmer et al. (2011), o dióxido de carbono não apresenta grandes problemas de toxicidade aos seres humanos, porém à medida que aumentam os níveis de concentração no ambiente, o ocupante sente como se não houvesse ar suficiente. As pesquisas indicam que altas concentrações de CO_2 podem causar sensação de abafamento e desconforto (Jones, 1999). Há pesquisas que apontam que o aumento nas concentrações de CO_2 estão associadas a maiores chances de relatar sintomas respiratórios (Parhizkar et al., 2023). As altas concentrações de CO_2 também foram relacionadas à dores de cabeça, tontura, náuseas e desempenho cognitivo mais lento (Jones, 1999; Laurent et al., 2021). A Resolução 09/2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) no Brasil especifica 1000 ppm (0,1% da composição do ar) como o limite máximo recomendado de concentração de CO_2 em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. A NBR 17037 (2024), que trata da qualidade do ar interior em ambientes não residenciais climatizados artificialmente, estabelece limites de 700 ppm de CO_2 acima da concentração medida do ar exterior. A Certificação WELL também recomenda que a concentração de CO_2 em ambientes fechados, como é o caso dos escritórios, não ultrapasse a concentração de 1000 ppm (WELL, 2020). A ASHRAE recomenda que a concentração de CO_2 não ultrapasse 1000 ppm em ambientes internos para garantir o conforto e a saúde das pessoas, entretanto este é um valor baseado em estudos de ventilação natural e mecânica e não em um limite toxicológico, uma vez que o CO_2 é um gás natural que, em concentrações muito altas, pode afetar a saúde, mas não representa um risco significativo em níveis abaixo de 5000 ppm (ASHRAE, 2007). As partículas de $PM_{2,5}$ (partículas com diâmetro inferior a 2,5 µm) foram associadas a problemas de saúde crônicos relacionados ao trato respiratório (Rickenbacker et al, 2016). Pesquisas indicam que a exposição a altos níveis de $PM_{2,5}$ pode estar relacionada a um desempenho cognitivo mais lento e com menor precisão (Laurent et al., 2021). Segundo Laurent et al. (2021), a inalação de $PM_{2,5}$ pode levar a um nível de inflamação

sistêmica crônica, o que pode afetar o sistema nervoso central, e a exposição crônica ao $PM_{2,5}$ tem sido associada a uma maior prevalência de resultados de desenvolvimento neurocognitivo e doenças neurodegenerativas em adultos. Já as partículas de PM_{10} (partículas com diâmetro inferior a 10 μm) geralmente não ultrapassam as membranas mucosas do nariz, garganta e olhos, no entanto, ainda podem causar irritação e outros problemas respiratórios (Rickenbacker et al, 2016). Segundo a OMS (WHO, 2023), a exposição média anual recomendada de $PM_{2,5}$ é menor que 5 μg/m³, e a exposição em 24 horas recomendada é menor que 15 μg/m³, e a exposição média anual recomendada de PM_{10} é menor que 15 μg/m³, e a exposição em 24 horas recomendada é menor que 45 μg/m³. A ASHRAE (2007) não define limites específicos para $PM_{2,5}$ e PM_{10} em ambientes internos, porém, ela enfatiza a importância de ventilação adequada e o uso de sistemas de filtragem eficientes para reduzir a exposição a essas partículas. A Certificação WELL (2020) segue as orientações da OMS para material particulado. As diretrizes brasileiras recomendam sistemas de ventilação que garantam um ar de boa qualidade dentro das construções, controlando poluentes e garantindo a renovação de ar (ABNT, 2024). A Portaria 3.523 do Ministério da Saúde (1998) trata da qualidade do ar interior em relação aos riscos biológicos, incluindo a presença de agentes como fungos, bactérias e vírus, e estabelece medidas para controle de umidade e ventilação para evitar problemas de saúde em ambientes fechados. A NBR 17037 (2024) estabelece limites para $PM_{2,5}$ e PM_{10} de 25 μg/m³ e 50 μg/m³ respectivamente, considerando a média em 24 horas de exposição. Essa norma ainda aponta que as concentrações em medições instantâneas acima dos limites referidos indicam a necessidade de novas medições ou diagnósticos de fontes poluentes para intervenção corretiva.

Estudo de caso e medições in loco – Fase piloto

O estudo de caso abordado neste artigo compreende um escritório que ocupa dois pavimentos de um edifício de 14 pavimentos, situado na cidade de São Paulo, Brasil, em uma região urbanizada com grande circulação de veículos, próximo à estação de metrô e em um contexto de muitas obras em andamento. É um escritório baseado em atividades, com áreas centrais abertas com estações de trabalho, algumas salas de reuniões fechadas, áreas de descanso e copa. O escritório possui janelas com vista para todas as orientações, sendo a fachada principal voltada para sudeste. A Figura 1 apresenta as plantas do estudo de caso, e mostram os pontos em que as medições de qualidade interna do ar foram realizadas. As medições foram realizadas em um dia

de trabalho com ocupação de 70% (aproximadamente 75 pessoas) em que as condições do ar externo estão apresentadas na Tabela 1. No dia das medições o escritório estava com o ar condicionado ligado e com as janelas fechadas e as medições foram feitas das 10:30h ao 12:00h.

Tabela 1: Resultados das medições de qualidade do ar externo.

Ponto	Concentração de $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)	Concentração de PM_{10} ($\mu g/m^3$)	Concentração de CO_2 (PPM)
Externo	20,5	31,1	915

Fonte: Autora (2024).

Foram coletados dados de 22 pontos diferentes no ambiente, com o objetivo de abordar todas as diferentes áreas do escritório. Embora as diretrizes para medição encontradas em Resolução n° 9 da ANVISA (Ministério da Saúde, 2003) não envolvam tantos pontos, foram escolhidos mais pontos nesse estudo em fase piloto para posteriormente escolher os melhores pontos de medição. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos em cada ponto de medição. É importante ressaltar que as medições foram realizadas com as janelas fechadas e ar condicionado ligado pois é assim que o escritório opera normalmente durante todo o ano.

Figura 1: Plantas do 1° e 2° pavimentos do escritório estudo de caso.



Fonte: Archdaily Brasil (2023), edição da autora.

Tabela 1: Resultados das medições de qualidade do ar.

Ponto	Concentração de $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)	Concentração de PM_{10} ($\mu g/m^3$)	Concentração de CO_2 (PPM)	Ponto	Concentração de $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)	Concentração de PM_{10} ($\mu g/m^3$)	Concentração de CO_2 (PPM)
1	32,9	48,8	1943	12	25,0	37,7	1736
2	33,4	48,4	1760	13	26,1	41,9	1761
3	39,2	61,0	1180	14	24,9	37,1	1772
4	39,8	62,6	2359	15	24,6	36,3	1849
5	31,5	46,9	1845	16	23,5	35,2	1781
6	28,6	42,8	1778	17	22,8	33,9	1797
7	33,4	48,0	1643	18	23,8	35,5	1815
8	27,1	40,2	1788	19	22,1	30,9	1780
9	24,5	38,9	1825	20	20,7	30,7	1726
10	25,9	39,9	1793	21	22,4	33,3	1743
11	26,2	41,3	1821	22	21,8	31,3	1523

Fonte: Autora (2024).

Discussão dos resultados

Pela Tabela 2, percebe-se que os níveis de CO_2 do ambiente encontram-se acima dos limites recomendados citados pela literatura. Se considerarmos a recomendação da NBR 17037 (2024), alguns pontos estão abaixo do limite da concentração de CO_2, considerando um delta de 700 ppm acima do valor medido no ambiente externo (pontos 3 e 22). Em relação à concentração de $PM_{2,5}$, as medições se encontram acima do limite recomendado pela OMS (WHO, 2023), porém, se comparados aos limites da NBR 17037 (2024), metade dos pontos de encontram abaixo do valor recomendado (n. 9, 12 e de 14 a 22). Em relação à concentração de PM_{10}, apenas 6. (n. 1 a 5 e 7) dos 22 pontos de medições se encontram acima do limite recomendado pela OMS (WHO, 2023), e se comparados aos limites da NBR 17037 (2024), 2 (n. 3 e 4) dos 22 pontos se encontram acima do valor recomendado. Segundo a literatura, essas altas concentrações podem estar relacionadas à: ventilação inadequada, materiais de construção e materiais de limpeza (Schirmer et al., 2011), emissão de poluentes por equipamentos de escritório, ausência ou falta de limpeza nos filtros nos sistemas de ar condicionado (Al horr et al., 2016; Rickenbacker et al, 2016) e sistemas de ar condicionado com má recirculação de ar (Oliveira et al., 2021). Seriam necessárias em um segundo estudo, medições com janelas abertas para possibilitar comparações e uma melhor investigação de como são realizadas a limpeza dos espaços e a manutenção do ar condicionado.

Conclusões

De acordo com a literatura abordada, percebe-se que um dos grandes causadores das altas concentrações de poluentes é a ventilação inadequada dos ambientes internos, seja ela feita através de ventilação natural, ou seja através dos sistemas de condicionamento de ar. As recomendações para melhorar a qualidade do ar interno envolvem: aumentar as taxas de ventilação, garantindo uma circulação de ar adequada para permitir trocas de ar, reduzindo a concentração de poluentes (Al horr et al., 2016; Oliveira et al., 2021; Schirmer et al., 2011), priorizar o uso de ventilação natural quando possível (Laurent et al., 2021), implementar sistemas de ventilação mecânica com filtros de partículas (Oliveira et al., 2021), realizar manutenção regular dos sistemas de ventilação e evitar o uso de umidificadores portáteis (Schirmer et al., 2011), implementar um monitoramento contínuo da qualidade do ar, incluindo a medição de CO_2, $PM_{2,5}$ e PM_{10} (Al horr et al., 2016; Rickenbacker et al, 2016). A fase piloto foi importante para realizar o diagnóstico de como ele é usado/operado, e ainda para o levantamento de questões discutíveis em uma próxima fase, como medições com janelas abertas.

Referências

Al horr, Yousef; Arif, Mohammed; Katafygiotou, Martha; Mazroei, Ahmed; Kaushik, Amit; Elsarrag, Esam. “Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature”. **International Journal of Sustainable Built Environment** [online], Vol. 5, N. 1, junho de 2016, P. 1-11.

ASHRAE Standard 62.1. Ventilation for acceptable indoor air quality. Atlanta: American society of heating, refrigerating, and air conditioning engineers, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16401-3: Instalações de condicionamento de ar - sistemas centrais e unitários - Parte 3: qualidade do ar interior**. Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 17037: Qualidade do ar interior em ambientes não residenciais climatizados artificialmente – Padrões referenciais**. Rio de Janeiro, 2024.

Chang, Chen-Yen; Chen, Ping-Kun. “Human response to window views and indoor plants in the workplace”. **HortScience**. Vol. 40, N. 5, fevereiro de 2005, P. 1354–1359.

Felgueiras, Fátima; Mourão, Zenaida; Moreira, André; Gabriel, Marta Fonseca; “Indoor environmental quality in offices and risk of health and productivity complaints at work: A literature review”. **Journal of Hazardous Materials Advances** [online], Vol. 10, maio de 2023.

Frontczak, Monika; Wargocki, Pawel. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. **Building and Environment**. Vol. 46, N. 4, abril de 2011, P. 922-937.

Gioda, Adriana; Aquino Neto, Francisco Radler. “Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não-industriais no Brasil: uma abordagem comparativa”. **Cad Saude Publica** [online], Vol. 19, N. 5, maio de 2003, P. 1389-1397.

Indraganti, Madhavi; Ooka, Ryozo; Rijal, Hom B.; Brager, Gail. S. “Adaptive model of thermal comfort for offices in hot and humid climates of índia”. **Building and Environment**. Vol. 74, janeiro de 2014, P. 39–53.

INTERNATIONAL WELL BUILDING INSTITUTE. **WELL Building Standard v2**. 2020. Disponível em: https://www.wellcertified.com/. Acesso em: fevereiro de 2025.

Jazizadeh, Farrokh; Ghahramani, Ali.; Becerik-Gerber, Burcin; Kichkaylo, Tatiana; Orosz,Michael. “User-led decentralized thermal comfort driven HVAC operations for improved efficiency in office buildings”. **Energy and Buildings**. Vol. 70, fevereiro de 2014, P. 398–410.

Jones, A.P. “Indoor air quality and health”. **Atmospheric Environment.** Vol.33, N. 28, maio de 1999, P. 4535-4564.

Laurent, Jose Guillermo Cedeño; MacNaughton, Piers; Jones, Emily; Young, Anna S.; Bliss, Maya; Flanigan, Skye; Vallarino, Jose; Chen, Ling Jyh; Cao, Xiaodong; Allen, Joseph G. “Associations between Acute Exposures to $PM_{2.5}$ and Carbon Dioxide Indoors and Cognitive Function in Office Workers: A Multicountry Longitudinal Prospective Observational Study”. **Environ Res Lett**. Vol. 16, N. 9, setembro de 2021.

Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução n. 9 de 16 de janeiro de 2003**. Brasília: ANVISA, 2003.

Ministério da Saúde. **Portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998**. **Aprova o regulamento técnico sobre os padrões de qualidade do ar em ambientes internos.** Brasília: Diário Oficial da União, 1998.

Oliveira, Candi Citadini de; Rupp, Ricardo Forgiarini; Ghisi, Enedir. "Assessment of Air Quality Perception and Its Effects on Users' Thermal Comfort in Office Buildings". **Sci** [online], Vol. 3, N. 4, dezembro de 2021, 3, P. 47.

Parhizkar, Hooman; Taddei, Pablo; Weziak-Bialowolska, Dorota; McNeely, Eileen; Spengler, John D.; Laurent, Jose Guillermo Cedeño. "Objective indoor air quality parameters and their association to respiratory health and well-being among office workers". **Building and Environment**. Vol. 246, dezembro de 2023.

Rickenbacker, Harold J.; Collinge, William O.; Hasik, Vaclav; Bilec, Melissa M. Short Paper: "Indoor Air Quality Assessments of Diverse Buildings in an Energy Conservation District from a Life Cycle Assessment Lens." **Proceedings of the 3rd ACM International Conference on Systems for Energy-Efficient Built Environments.** New York: Association for Computing Machinery, 2016. P. 207-210.

Schaeffer, Robson Dagmar. **Estudo e desenvolvimento de um sensor de CO_2 de baixo custo**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

Schirmer, Waldir Nagel; Pian, Lucas Bischof; Szymanski, Mariani Sílvia Ester; Gauer, Mayara Ananda. "A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes". **Ciência & Saúde Coletiva** [online]. Vol. 16, N. 8, agosto de 2011, P. 3583-3590.

World Health Organization (WHO). **WHO ambient air quality database, 2022: update Status Report**. Geneva: World Health Organization, 2023.

World Health Organization (WHO). **WHO guidelines for indoor air quality : dampness and mould**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2009.