

QUALIDADE DO AR INTERNO DA BIBLIOTECA DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO FEDERAL

Michelle Ludmila Guedes dos Santos (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia) E-mail: ludmilaguedes@ifto.edu.br

Luciane de Paula Machado (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia) E-mail: luciane@ifto.edu.br

Marcelo Mendes Pedroza (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia) E-mail: mendes@ifto.edu.br

Luciana Rezende Alves de Oliveira (Universidade de Ribeirão Preto) E-mail: lroliveira@unaerp.br

Resumo: O aumento da população tem interferido diretamente na qualidade do ar por conta das grandes aglomerações em ambientes interno, a população tem permanecido em ambientes climatizados de 80 a 90% do seu tempo e as bibliotecas é um ambiente de grande aglomeração de pessoas e que são propícias para a proliferação de doenças. A pesquisa objetivou verificar qualitativamente a qualidade do ar interno de uma biblioteca. A metodologia foi desenvolvida em duas etapas, visita *in loco* para identificação dos problemas existentes através de análise qualitativa, conhecimento da planta baixa, verificação da funcionalidade do sistema de refrigeração, registro fotográfico e entrevista com servidores lotados no local. A etapa seguinte consiste na no diagnóstico da qualidade do ar da Biblioteca, assim como sugestões de melhorias. Nos ambientes analisados percebeu-se que o sistema de climatização não atende a NBR 16401 de 2008, assim como a quantidade e o tipo de máquinas no local é insuficiente para promover a renovação do ar, podendo tornar estes desagradáveis, propagadores de doenças respiratórias, devido a possível acumulação de poluentes gerados e não eliminados e de usuários portadores de alguma doença respiratória. Considerando os aspectos sobre o ambiente estudado, faz-se necessário um estudo aprofundado voltado à manutenção de sistemas de ar condicionado e ainda o referenciamento ao que tem de mais atual em relação às normas que trata da qualidade do ar interior.

Palavras-chave: Biblioteca, Síndrome do edifício doente, Renovação do ar interno.

QUALITY OF THE INTERNAL AIR OF THE LIBRARY OF A FEDERAL EDUCATION INSTITUTION

Abstract: The increase of the population has directly interfered in the air quality due to the large agglomerations in internal environments, the population has remained in air-conditioned environments from 80 to 90% of its time and the libraries is an environment of great agglomeration of People and that are favorable for the proliferation of diseases. The research aimed to qualitatively verify the quality of the internal air of a library. The methodology was developed in two phases, on-site visit to identify the existing problems through qualitative analysis, knowledge of the low plant, verification of the functionality of the refrigeration system, photographic record and Interview with crowded servers on site. The next step consists in the diagnosis of the air quality of the library, as well as suggestions for improvements. In the analyzed environments it was perceived that the climatization system does not meet the NBR 16401 of 2008, as well as the quantity and type of machines on site is insufficient to promote air renewal, and can make these unpleasant, propagators of diseases Due to possible accumulation of pollutants generated and not eliminated and of users with some respiratory disease. Considering the aspects of the studied environment, it is necessary to have an in-depth study focused on the maintenance of air conditioning systems and also the reference to what is most current in relation to the norms that deals with the quality of indoor air.

Keywords: Sick building syndrome; Renewal of indoor air.

1. INTRODUÇÃO

O controle da qualidade do ar (QA) visa garantir saúde de todos em um edifício, assim como seu desempenho nas atividades laborais. A preocupação em relação ao monitoramento do QA deu-se através do surgimento da construção de edifícios selados (GIODA; AQUINO NETO, 2003; LEE; AWBI, 2004).

Devido aos problemas de grandes aglomerações de indivíduos em um mesmo ambiente, a Organização Mundial de Saúde (OMS) nos anos de 80 por meio de um grupo de trabalho, determinou que problemas relacionados a saúde pública ocasionado pela permanência no interior de alguns edifícios seriam considerados sinais e sintomas

relacionados a Síndrome do Edifício Doente (SED) ou Sick Building Syndrome, do inglês (SILVA, 2017).

Ambientes cujo as características são de confinamento, havendo pouca ou nenhuma troca de ar entre o meio interno com o externo, pode tornar-se inadequado e até mesmo propagador de doenças respiratórias, devido à presença de microrganismos que incluem bactérias, fungos e vírus, dependendo do acúmulo de poluentes gerados internamente (TEIXEIRA, 2008; HAYLEEYESUS & MANAYE, 2014).

Os ambientes internos de escolas, edifícios comerciais, locais de trabalho tem-se tornado os lugares onde a população passa a maior parte do seu tempo. Estes ambientes devem possuir condições necessárias para o conforto, bem-estar e principalmente a saúde do indivíduo. Dentre os inúmeros fatores que podem ser classificados como condicionantes para o bem-estar de um indivíduo a qualidade do ar, a temperatura, a luminosidade são fatores determinantes (PANTOJA, 2007).

Em média uma pessoa fica de 80 a 90% do seu tempo em ambientes confinados e climatizado artificialmente, estima-se, portanto, que cada pessoa consome 14 m³ de ar por dia, tornando o tema da Qualidade do Ar Interior (QAI) um assunto relevante para ser discutido mundialmente (HAYLEEYESUS & MANAYE, 2014).

As bibliotecas possuem características propícias para proliferação de microrganismos por agruparem em ambientes fechados material impresso, cola e móveis. Estes materiais em sua grande maioria são responsáveis pela emissão de material particulado e outros compostos químicos (PÉREZ, 2015; DE CARVALHO RIBEIRO, 2016; DE MORAIS CAMPOS, 2017).

O objetivo do trabalho é apresentar o atual cenário da qualidade do ar interno da biblioteca de uma instituição de ensino – Federal. Essa pesquisa será de grande contribuição para a instituição, visto que dará contribuições para possíveis mudanças na qualidade do ar do ambiente analisado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Síndrome do Edifício Doente

Ambientes fechados que possuem pouca ou nenhuma renovação de ar, costuma tornarem-se desagradáveis e até irrespirável. Todos estes problemas são devidos à acumulação de poluentes, a falta de ventilação que dificulta a renovação do ar interior e ainda favorece a proliferação de doenças respiratórias utilizando como veículo o próprio duto de ar-condicionado.

A invenção do ar-condicionado foi comemorada no século XX como uma das maiores invenções da época, a introdução dos sistemas de ar refrigerados com dutos e centrais espalhados em ambientes fechados com grande aglomeração de pessoas e com pouca ventilação natural, trouxe consigo o problema da proliferação de doenças no ambiente pelo próprio sistema (RIBEIRO, 2004; SESI, 2010).

Ambientes com pouca ou nenhuma troca de ar tornam-se rapidamente desagradáveis, em consequência da acumulação de poluentes gerados e que não são eliminados. As doenças respiratórias que podem ser adquiridas nesses ambientes elas podem ter origem de um único portador. Assim sendo, a necessidade de um dimensionamento de central e filtro deve ser priorizada, bem como o plano de manutenção deve ser seguido conforme exige a Lei nº 13.589, de 4 de Janeiro de 2018, a fim de evitar danos a saúde do usuário.

O sistema de ar-condicionado serve para suprir as necessidades do ambiente interno, de tal maneira que seja operado para suprir as necessidades de vazão do ar, temperatura e umidade que percorre o ambiente, de forma que compense sempre as perdas de calor e umidade mantendo um ambiente para o uso desejável. O sistema de ar-condicionado deve suprir as necessidades de tal maneira que haja a remoção de poluentes do ambiente por meio da troca de ar interno e externo. Todo o ar que passa pelo sistema passa por sistema de filtros

que são determinados conforme o tipo e grau de poluição e o nível de qualidade esperado para o sistema. Portanto, o dimensionamento e a manutenção do sistema são essenciais para que haja um ar renovado e adequado para o ambiente (TEIXEIRA, 2008).

Ambientes que possuem dimensionamento e a manutenção do sistema de ar-condicionado errado contribuem para o aumento de concentração de poluentes químicos e biológicos do ar interno por conta da baixa renovação do ar (TEIXEIRA, 2008).

2.2 Principais poluentes relacionados à qualidade do ar interno

Como poluentes do ar podemos destacar dentre os principais no ambiente interno, os contaminantes de origem não biológica (como o monóxido e o dióxido de carbono, o óxido e dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, ozônio, materiais particulados, fumaça de cigarro e os compostos orgânicos voláteis) e de origem biológica (bactérias, fungos, etc.).

As características do ar interno dependem diretamente da qualidade do ar no ambiente externo, mas, também, podem ser afetadas pelas atividades realizadas dentro das edificações, como o fumo e a cocção de alimentos, o aquecimento de ar e água, e até mesmo os materiais de construção e mobília (STATHOLOUPOU, 2008).

Pode-se destacar como ar interno aquele de áreas não industriais, como de universidades, escolas, hospitais, domicílios e escritórios. Visto que o estudo relacionado à sua qualidade é de extrema relevância, visto que, é necessário para assegurar a saúde dos habitantes da biblioteca, bem como o bom desempenho de suas tarefas e serviços (SCHIRMER *et al.*, 2011), uma vez que grande parte das pessoas passa a maior parte do seu dia dentro desses edifícios e, de modo consequente, expostas a seus poluentes (BRICKUS & NETO, 1999).

No Brasil existem normas que regulam a qualidade do ar, mas, para tratar dos ambientes internos existe apenas uma, estabelecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), a Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Esta surgiu a partir da revisão e atualização da Resolução nº 176, de 24 de outubro de 2000, e dispõe sobre os padrões relativos à Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo (BRASIL, 2003).

Os sistemas de ventilação e de condicionamento de ar são concebidos para prover ar com níveis adequados de temperatura e umidade, livre de concentrações perigosas de poluente, proporcionando sensações confortáveis aos usuários. Porém, a falta de manutenção destes sistemas pode afetar a qualidade do ar interno, quando não for dada a devida importância aos processos de ventilação necessários aos ambientes. Estes processos tipicamente incluem a tomada de ar externo, condicionamento e mistura do ar interno, boa distribuição do ar no ambiente e renovação do ar (ROULET, 2001).

2.3 Legislação

A qualidade do ar depende de uma gestão que busca sempre medidas que minimizem a quantidade de poluentes na atmosfera, a redução das emissões de poluentes, a aplicação de instrumentos de controle, entre eles o licenciamento e o monitoramento.

No ano de 1989, levou-se em consideração o crescimento urbano e industrial brasileiro, em decorrência teve-se o aumento da poluição atmosférica principalmente nas regiões metropolitanas, então o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA por meio da resolução nº 005 de 15 de junho de 1989, resolveu criar o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR, com a finalidade de proteger a saúde e bem-estar das populações e melhoria da qualidade de vida, a fim de permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica.

O primeiro dispositivo legal decorrente do PRONAR foi a resolução do Conama nº 03,

de 28 de junho de 1990, entretanto no ano de 2018 foi revogada pela resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018, que estabelece os padrões de qualidade do ar, para cada tipo de poluente atmosférico, período de referência, níveis de atenção, alerta e emergência para poluentes e suas concentrações, e ainda norteia por meio da Equação o cálculo do índice de qualidade do ar que deve ser realizado para cada um dos poluentes monitorados.

$$IQAr = I_{ini} + \frac{I_{fin} - I_{ini}}{C_{fin} - C_{ini}} \times (C - C_{ini})$$

Onde:

I_{ini} = valor do índice que corresponde à concentração inicial da faixa.

I_{fin} = valor do índice que corresponde à concentração final da faixa.

C_{ini} = concentração inicial da faixa onde se localiza a concentração medida.

C_{fin} = concentração final da faixa onde se localiza a concentração medida.

C = concentração medida do poluente.

O Ministério da Saúde (MS) no ano de 1998 publicou a portaria nº 3523 de 28 de agosto, na qual se trata da qualidade do ar em ambientes internos e climatizados. Por meio desta portaria define-se a síndrome do edifício doente sendo como o surgimento de doenças na população, numa situação temporal, podendo estar relacionado a um ambiente ou edifício em particular. Como consequência, foi publicada a Resolução 176, de 24 de outubro de 2000, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), e, posteriormente, como forma de revisão da Resolução 176/2000, houve a atualização para a Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003.

No ano de 1998 já se pensava na saúde da população, quando estes ocupam ambientes internos com pouca ou nenhuma troca de ar. Por meio da portaria nº 3523 pode-se observar parâmetros que visam o bem-estar da população, tais parâmetros a serem seguidos são: manter sempre limpos os ambientes e os filtros dos condicionadores de ar, restrição do ambiente em que se destina para a caixa de mistura do ar de retorno e ar de renovação, descarte adequado do material sólido retirado, além de estabelecer uma regra que para ambientes com sistema de climatização em que a capacidade está acima de 60.000 BTU/H deve implantar e manter um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC). A fim de reforçar a necessidade do PMOC, foi publicado a Lei nº 13.589, de 4 de Janeiro de 2018 que torna obrigatório a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes, seja eles edifícios de uso público ou coletivo que possuem ambientes de ar interior climatizado artificialmente.

No ano de 2003 a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) publicou uma nota técnica com orientações referentes aos Padrões de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, por meio da resolução de nº 9 de 16 de janeiro. A Tabela 1, mostra os principais poluentes do ar interno e suas fontes.

Tabela 1 - Poluentes do ar interno e suas fontes

Poluente do ar	Principais fontes
Compostos orgânicos voláteis (COV)	Adesivos, tintas, solventes, materiais de construção, combustível, pesticidas, ceras, produtos de limpeza, lubrificantes, purificadores de ar, plásticos, copiadoras, impressoras, produtos derivados do tabaco, perfumes.
Dióxido de carbono (CO ₂)	Atividade metabólica, combustível, motores veiculares em garagens.
Monóxido de carbono (CO)	Queima de combustíveis, aquecedores de água, fornos, fogões, aquecedores a gás ou a querosene, fumaça de tabaco.
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
Óxido de Nitrogênio (NO)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).

Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
Formaldeído (H ₂ CO)	Materiais de isolamento, móveis, madeira compensada, aglomerados, carpetes de madeira, móveis, forros.
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)	Queima de combustíveis, fumaça de cigarro.
Material Particulado	Fumaça de tabaco, combustão.
Calor	Metabolismo humano, sistema de ar-condicionado, cozinhas.
Alergênicos	Poeira, insetos.
Microorganismos (fungos, bactérias, vírus)	Pessoas, animais, plantas e vasos, sistemas de ar-condicionado, umidificadores, manta de isolamento de dutos, respiros da tubulação de esgotos, odores do corpo.

Fonte: Adaptado de Jones *et al.*, 1999; EPA, 2002.

A legislação ambiental regulamenta parâmetros tais como: partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, partículas inaláveis (MP10 e MP2,5), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂) e chumbo (PB).

Com os protocolos de Montreal e Kyoto que tratam da proteção da camada de ozônio e da redução do aquecimento global, os profissionais da área de refrigeração e de condicionadores de ar tiveram que substituir em suas atividades os refrigerantes do tipo HCFC (hidrofluorcarbonetos), visando reduzir os impactos de tais fluidos no meio ambiente. A NBR 16.401/2008 veio preencher uma lacuna que existia na legislação técnica brasileira.

A NBR 16.401/2008 parte três no quesito ventilação são abordadas os temas referente à qualidade do ar interno, a vazão de ar exterior, a vazão eficaz, a vazão da zona de ventilação e a vazão de ar exterior a ser suprida pelo sistema; a norma não fixa uma vazão, pois se trata de ambientes que tem fluxo de pessoas, tipo de ocupação diferente, área climatizada, nível de ocupação e eficiência de distribuição de ar na zona (ALFREDO, 2011).

Conforme ALFREDO (2011), o último item da norma apresenta orientações referentes à manutenção, aos poluentes químicos do ar interior, a qualidade do ar interior e CO₂ (apresentando um estudo detalhado da qualidade do ar interior) e por último um exemplo de cálculo de vazão do ar externo.

O ar dos ambientes é composto por ar externo e ar recirculado do ambiente interno proveniente do sistema de ar-condicionado, para que o sistema de mistura de ar recirculado e o ar externo estejam dentro dos níveis de qualidade exigida pelos órgãos de controle é necessário possuir uma casa de máquinas (ALFREDO, 2011).

Todas as legislações criadas e vigentes até o presente momento tiveram como o principal objetivo a saúde e bem-estar da população, bem como buscando a eliminação ou redução dos riscos potenciais à saúde dos ocupantes.

O Anexo 11 da Norma Regulamentadora NR-15 do Ministério do Trabalho e Emprego apresenta limites de tolerância de pouco mais de 130 substâncias. Já a Conferência Governamental Americana de Higienistas Industriais (American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH), cataloga limites de tolerância para mais de 700 agentes químicos (ACGIH, 2017).

2.3.1 Amostragem de poluentes de ar interno

A Resolução ANVISA nº 9 de 16 de janeiro de 2003, que estabelece padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, determina valores máximos recomendáveis para contaminação biológica, química e parâmetros físicos do ar interno, tendo o limite da concentração de aerodispersóides totais de 80 µg/m³. A resolução prevê ainda métodos analíticos e recomendações para controle e correção, caso os padrões de ar forem considerados regulares ou ruins.

No Brasil utiliza-se como metodologia para determinação deste marcador epidemiológico, a Resolução ANVISA nº 9 de 16 de janeiro de 03, que estabelece a norma

técnica 001 (NT 001), a qual normatiza os critérios, método de amostragem e análise de bioaerossol em ambientes interiores. Segundo a NT 001, para a coleta de amostras, utiliza-se um impactador linear de 1, 2 ou 6 estágios. A norma estabelece que o ar deve ser coletado a uma vazão entre 25 a 35 l/min, sendo recomendada 28,3 l/min, durante um período de 5 a 15 minutos, com o tempo determinado em função do volume de ar a ser amostrado podendo variar de 140 a 500 L. Após aspirado, o ar passa através de um meio filtrante, sendo forçado a depositar-se em uma placa de petri, onde está contido o meio de cultura. A legislação estabelece que, para coleta de fungos, deve-se, preferencialmente, utilizar o Agar Extrato de Malte, Agar Sabourad ou o Agar Batata como meio de cultura, sendo que os pontos de amostra devem ser distribuídos e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada de maneira uniforme.

A Resolução ANVISA nº 9 por meio da norma técnica 004, estabelece critérios de amostragem para aerodispersóides, poeira total no ambiente. O processo de amostragem dar-se por meio da utilização de uma bomba de aspiração de coleta de ar, com uma taxa de vazão de 1,0 a 3,0 l/min, recomendado 2,0 l/min., a uma vazão recomendada de 2 L.min. A amostragem deve ser realizada por um tempo determinado em função do volume de ar a ser amostrado, o qual pode variar de 50 a 400 L. Por meio desta amostragem é possível verificar a eficiência da filtragem nos sistemas de ventilação e à presença de sujeira nos dutos de ventilação.

Para seleção da estratégia de amostragem da qualidade do ar interior deve ser selecionada uma amostra do ar exterior localizada fora da estrutura predial na altura de 1,50 m do nível da rua. As amostras devem ser coletadas dentro de uma área climatizada da mesma edificação ou razão social, a quantidade de pontos de amostragem é definida conforme a área construída de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Determinação do número de amostras em função da área construída do edifício

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

Fonte: ANVISA, 2003

Segundo Almeida (2005), a definição de diâmetro aerodinâmico é o diâmetro de uma esfera de densidade unitária ($\rho_p = 1 \text{ g/cm}^3$), a qual possui a mesma velocidade de sedimentação da partícula em questão.

Para Abadie *et al.* (2001), além das fontes de poluição interna, a concentração dos aerodispersóides pode ser influenciada pela infiltração de ar, deposição ou ressuspensão de partículas e também pela troca de ar. As partículas maiores que 5,0 μm podem sofrer ação de forças gravitacionais, enquanto, as partículas entre 0,7 e 1,0 μm podem ser influenciadas por forças eletrostáticas.

A Resolução ANVISA nº 9 estabelece padrões de referência conforme a Portaria GM/MS nº 3.523/98, de 28 de agosto de 1998, deste modo a limpeza e manutenção do sistema de climatização deve obedecer aos critérios estabelecidos conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Periodicidade da limpeza e manutenção do sistema de climatização

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

* - Excetuando na vigência de tratamento químico contínuo que passa a respeitar a periodicidade indicada pelo fabricante do produto utilizado.

Fonte: ANVISA nº 9, 2003.

2.4 Biblioteca

As bibliotecas têm predisposição a apresentar problemas com a qualidade do ar quando não há um controle sobre a refrigeração e a umidade, além de, às vezes, faltar manutenção preventiva dos aparelhos de ar-condicionado, tornando-os disseminadores de micro-organismos e outros poluentes (DANTAS; RICARDI, 2000; CARTAXO et al., 2007; UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECONCAVO DA BAHIA, 2011).

Para Dantas e Ricardi (2000), as bibliotecas têm predisposição a apresentar esse problema quando não há um controle sobre a refrigeração e a umidade, além de, às vezes, faltar manutenção preventiva dos aparelhos de ar-condicionado, tornando-os disseminadores de micro-organismos e outros poluentes.

Já para Niels (1993), A umidade, por exemplo, é um dos fatores determinantes para o crescimento de micro-organismos e que afeta salas mal construídas e pouco arejadas. Tais características põem em risco não somente a preservação do acervo, mas também a garantia do conforto do público e dos trabalhadores que ficam expostos ao ar contaminado.

Para isso, o controle ambiental é de fundamental importância dentro de uma biblioteca, sendo necessária a manutenção da luz, da temperatura e da umidade (KING; PEARSON, 2011; STRAUSZ, 2001).

A falta de informação e desconhecimento sobre os problemas com a qualidade do ar fazem os funcionários, geralmente não se preocuparem com ambiente de trabalho, devido às causas estar escondidas em elementos invisíveis e aparentemente inofensivos (MANO, 2000).

As soluções estratégicas na redução de contaminantes, basicamente, podem se resumir a três formas: eliminação ou redução de emissões, sendo o modelo mais efetivo e barato; controle na fonte local, quando a fonte de poluentes é conhecida e pode ser tratada pontualmente antes de se espalhar para o ambiente; e diluição através da ventilação geral, que se enquadra nos casos do ar externo ser a principal fonte da poluição (ASHRAE, 2015).

3. METODOLOGIA

O local da pesquisa é a biblioteca Central da instituição de ensino federal localizada na cidade de Palmas – TO. A instituição faz parte da rede brasileira de ensino público federal, que oferece cursos técnicos integrados ao ensino médio, cursos técnicos, cursos de ensino superior e mestrados.

Esta pesquisa foi desenvolvida em duas etapas, em que a 1ª foi a visita in loco à biblioteca para identificação dos problemas existentes através de análise qualitativa, conhecimento da planta baixa, verificação da funcionalidade do sistema de refrigeração existente e operante, sendo feito registro fotográfico e entrevista com servidores lotados no local. A pesquisa qualitativa é útil para firmar conceitos e objetivos a serem alcançados e dar sugestões sobre variáveis a serem estudadas com maior profundidade (Giovinazzo, 2001).

Na 2º etapa foi para a elaboração do diagnóstico da qualidade do ar da biblioteca, assim como sugestões de melhorias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos neste estudo faz parte da caracterização qualitativa da biblioteca. O funcionamento ocorre de segunda a sexta no horário das 8 às 22 horas, tendo um fluxo médio diário 400 pessoas e ainda tem o fluxo fixo de 19 funcionários, divididos em três turnos, entretanto o período noturno é o que tem menos concentração.

A biblioteca é subdividida em diversos ambientes, entretanto a pesquisa foi realizada nos seguintes ambientes: 1) acervo que sofre interferência do: hall de entrada, guarda-volumes, circulação 1 e atendimento, 2) sala de leitura coletiva que sofre interferência da: circulação 2 e 3, 3) acesso à internet e 4) salas administrativas. A Figura 1 e 2, mostra a planta baixa do pavimento térreo e superior da biblioteca respectivamente, com as devidas identificações dos ambientes.

A climatização da biblioteca é constituída por um sistema de ventiladores do tipo *split*. A visita aos ambientes para manutenção geral dos aparelhos são realizadas anualmente e a troca dos filtros semestralmente, a capacidade dos aparelhos são de 18000, 36000 e 48000 BTUs. A manutenção do sistema de climatização dos aparelhos de ar-condicionado da biblioteca está fora dos padrões estabelecidos pela Resolução da ANVISA nº 9, pois a mesma informa que componentes do tipo ventilação devem ter a manutenção e limpeza semestral.

Os maiores espaços da biblioteca são o salão de e acervo e a sala de estudo coletivo, localizados no pavimento inferior Figura 1 e superior Figura 2 com uma área total de 498,20 m² e 527,76 m² respectivamente, pé direito de 3,50 m.

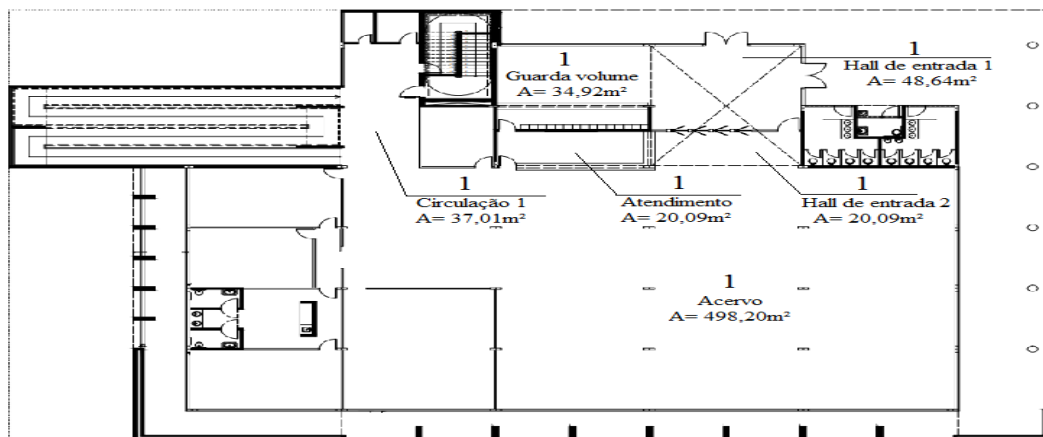


Figura 2 – Planta baixa do pavimento inferior da biblioteca

Fonte: Instituição de ensino adaptado, 2019.

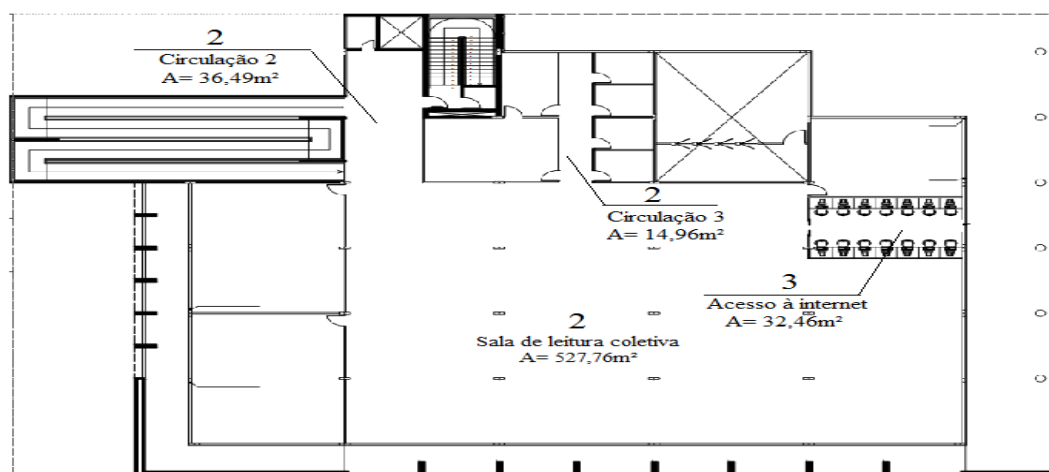


Figura 3 – Planta baixa do pavimento superior da biblioteca

Fonte: Instituição de ensino adaptado, 2019.

No pavimento inferior conta com a sala de acervo que é composto por gabinetes de estudo individual, já no pavimento superior conta com uma parte de acervo, entretanto o espaço fica reservado mais para o estudo coletivo.

Em todo o prédio da biblioteca foi observado que não existem janelas, impedindo a ventilação natural do ambiente, as máquinas que atendem o salão de acervo e a sala de leitura coletiva são do modelo Piso-teto, tem capacidade de 36000 e 48000 BTUs e são responsáveis pela circulação do ar interno.

Para uma melhor caracterização e identificação dos poluentes no interior da biblioteca é necessário apenas uma amostra para cada ambiente em estudo, visto que nenhuma área é superior a 1000 m², conforme a Tabela 2.

Os níveis de qualidade do ar interior são determinados por inúmeros fatores, dentre eles estão as fontes de poluentes originadas de diversas fontes, sendo que estes podem ou não estar associados ao local ou clima, além das características do edifício e a atividade exercida.

O sistema de climatização da biblioteca tem capacidade inferior a 60.000 BTU/H, portanto não é necessário a implantação do Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC), conforme recomenda a Lei nº 13.589, de 4 de janeiro de 2018. Entretanto é necessário que se faça estudo referente a renovação do ar de ambientes internos, assim como um planejamento de limpeza e manutenção com uma periodicidade semestral.

Os condicionadores de ar modelo piso-teto fazem a climatização por meio da recirculação do ar, portanto não é possível a renovação de ar por meio destes tipos de aparelhos. Para tal é necessário que seja instalado aparelhos que tenham a função de renovar o ar interno.

O cálculo da taxa de renovação do ar do pavimento inferior está expresso na Tabela 4 e do pavimento superior na Tabela 5, todos foram feitos com base nas Equações 2 e 3.

$$\text{Vazão total em m}^3/\text{h} = \text{Área do ambiente} * \text{Altura} * \text{Trocas de Ar} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{Quantidade de refrigeradores} = \text{Vazão total em m}^3/\text{h} / \text{vazão nominal} \quad (\text{Eq. 3})$$

Na NBR 16401-3 trata a filtragem do ar como uma forma de reduzir as concentrações dos poluentes nos ambientes trazidos do ar exterior, gerados internamente e que são transportados pelo ar recirculados, a fim de evitar a acumulação no sistema. Entretanto o sistema de ar-condicionado da biblioteca não possui renovação de ar por não conter nenhum dispositivo ou artifício que atende a NBR 16401, visto que fazem parte de condicionadores *splits*, sistema separado que apenas condicionam (filtram e resfriam) (SILVEIRA, 2014).

Os cálculos para renovação do ar da Tabelas 4, foram feitos de maneira simulativa

visto que as unidades de refrigeração possui capacidade e vazões nominais diferentes, todas as unidades de refrigeração são tipo *splits* e possuem apenas a função de recircular o ar interno. Para realização dos cálculos levou em consideração uma capacidade de 48000 BTUs para as máquinas e uma taxa de 17 trocas de ar conforme estabelece a NBR 6401/1980. Os cálculos foram realizados para demonstrar a taxa de renovação do ar do ambiente da biblioteca caso as máquinas fizessem o papel de renovação do ar.

Tabela 4 - Taxa de renovação do ar dos ambientes no pavimento inferior e superior

Ambiente	Capacidade da máquina (BTUs)	Quantidade de máquinas no local	Vazão nominal (m ³ /h)	Volume do ambiente (m ³)	Vazão total em (m ³ /h)	Quantidade necessária de refrigeradores
1 Acervo (hall de entrada, guarda-volume, circulação 1 e atendimento)	48000	7	1785	2176,79	37005,4	21
2 Sala de leitura coletiva (circulação 2 e 3)	48000	10	1785	2027,23	34462,9	19
3 Acesso a internet	48000	1	1785	113,61	1931,3	1

Fonte: Autor, 2019.

Por meio deste estudo foi possível perceber que a quantidade de máquinas no local seria insuficiente para promover a renovação necessária do ar nos ambientes estudados, podendo tornar estes desagradáveis, propagadores de doenças respiratórias, devido a possível acumulação de poluentes gerados e não eliminados e de usuários portadores de alguma doença respiratória.

As medidas de tomadas para o melhoramento do ar interno serve para suprir as principais necessidades que são referentes à vazão, temperatura e umidade do ambiente, bem como compensar as perdas de calor e umidade tornando o ambiente para uso desejável. Para uma devida melhoria do ar interno, o sistema de ar-condicionado dos ambientes estudado deveria sofrer algumas modificações, atendendo ao tipo de filtro específico de acordo com tipo e grau de poluição e o nível de qualidade esperado.

Pode-se dizer que existem inúmeros fatores que mantém o bem-estar, entre eles a qualidade do ar interior, a temperatura ambiente, a luz, e a relação entre os colegas. O desacordo de um desses fatores está associado a diversos sinais e sintomas, abrangendo inúmeras variáveis de manifestações clínicas.

O sistema de filtros do ar-condicionado no modelo piso teto, visam a retenção do material particulado em suspensão no ar, desta forma a classificação dos filtros ganham um papel importante em relação a padronização e comparação entre os tipos disponíveis.

Os filtros de ar-condicionado podem ser do tipo: filtros em painéis compactados, filtros de tecido (sob forma de sacos, tubos, envelopes, rolos, mantas ou bastidores), filtros de fibra de vidro, filtros de carvão ativado e filtros de tecido de arame de aço, sob forma de mantas, conforme a NBR 16401 de 2008.

A classificação dos filtros é dividida conforme a NBR 16401 em grosso e fino de acordo com o tipo de partícula a ser filtrada. Sendo a classe do tipo G (grossos) e F (finos). A eficiência gravimétrica média dos filtros grossos se dão entre 50 a 90%, a eficiência dos filtros finos para partículas de 0,4 microns dar-se de 40 a 95%. Sendo que os filtros finos são subdivididos de F5 (eficiência de 40 a 69%) até F9 (eficiência acima de 95%) e são voltados

principalmente para frações finas da poeira atmosférica. De acordo com a classificação mínima de filtragem da NBR 16401, o filtro que melhor atende o ambiente da biblioteca é da classe F5, tendo uma eficiência média para partículas de 0,4 microns entre 40 a 60%.

Conforme o que estabelece na NBR 16401 de 2008, os sistemas de tratamento de ar de pequeno porte do tipo fancoletes, unidades *split* e multi-*split* não comportam os tipos de filtros estipulados na norma, portanto podem ser utilizados nas máquinas filtros do tipo F5, desde que tenha um sistema suplementar para suprir o ar externo.

Na NR 15 que trata de atividades e operações insalubres e no seu anexo 11 sobre limites de tolerância (LT) para sobre riscos químicos, quando se trata de renovação do ar um dos principais contaminantes dióxido de carbono CO₂ que tem um LT 3900 ppm que gera um grau de insalubridade mínima. Visto que os servidores da biblioteca não receberem o adicional de insalubridade, precisa ser realizada uma avaliação ocupacional mais detalhada, procurando parâmetros que caracterizam insalubridade perante a lei entre as outras Normas, tais como Norma de Higiene Ocupacional (NHO) e Norma de Higiene do Trabalho (NHT).

5. CONCLUSÃO

Diante do exposto foi possível verificar que a biblioteca utiliza de um sistema de condicionamento do ar interno insuficiente e fora do que recomenda a legislação, pois não contempla a renovação do ar e não atendem ao tipo de filtro. Sendo necessário a troca do sistema de refrigeração para modelos que atendam a legislação quanto às taxas de renovação de ar.

Em virtude dos fatos mencionados este artigo apresenta fatores relacionados aos problemas de saúde e interferências na qualidade do ar, gerados por ambientes fechados, com pouca ventilação e com climatização artificiais. Portanto o monitoramento da qualidade do ar torna-se um parâmetro para análise da poluição em atmosferas urbanas e industriais, em função dos riscos à saúde e ao meio ambiente ocasionado pelos poluentes.

Considerando os aspectos sobre o ambiente estudado, faz-se necessário um estudo aprofundado voltado a manutenção de sistemas de ar-condicionado e ainda o referenciamento ao que tem de mais atual em relação às normas que trata da qualidade do ar interior.

Referências

ABADIE, M.; LIMAM, K.; ALLARD, F. **Indoor particle pollution: effect of wall textures on particle deposition. Building and Environment**, France, v. 36, f. 7, ago. 2001, p. 821-827.

ACGIH. **American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLVs® and BEIs®: Threshold Limit Value (TLV®) & Biological Exposure Indices (BEIs®)**. 2017.

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

ALMEIDA, I. T. **Comparação de técnicas de análise de tamanho de partículas coletadas em ambiente de mineração**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005, p. 12.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.401: instalações de ar- condicionado – sistemas centrais e unitários - parte 1** (projetos das instalações), parte 2 (parâmetros de conforto térmico) e parte 3 (qualidade do ar interior). Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. **Manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de ambientes**. LEI Nº 13.589, DE 4 DE JANEIRO DE 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113589.htm. Acesso em: 29 de maio de 2019.

———. **MINISTÉRIO DA SAÚDE-AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003**. “Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo”. Disponível em:

http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_09_2003_1.pdf/629ee4fe-177e-4a88709-533f78742798?version=1.0 . Acesso em 17 de abril de 2019.

———. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n°. 005, de 15 de junho de 1989. “**Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar**”. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res89/res0589.html> . Acesso em 17 de abril de 2019.

BRICKUS, Leila SR; AQUINO NETO, Francisco R. de. **A qualidade do ar de interiores e a química**. Química Nova, v. 22, n. 1, p. 65-74, 1999.

DANTAS, E. H. M.; RICARDI, E. **Qualidade Total**. Revista Proteção. v. 98, n. 30, p.40-43, 2000.

DE CARVALHO RIBEIRO, Ana Lúcia Pereira; LUBISCO, Nídia Maria Lienert. Redução de fungos em ambiente de biblioteca: viabilidade de aplicação de neblina ativada. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, v. 6, n. 2, p. 250-260, 2016.

DE MORAIS CAMPOS, Flaviane et al. **Avaliação Quanti-Qualitativa do Ar Interior de Uma Biblioteca Pública do Município de Cuiabá-MT**. E&S Engineering and Science, v. 6, n. 1, p. 95-105, 2017.

GIODA, A.; AQUINO NETO, F.R. **Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não-industriais no Brasil: uma abordagem comparativa**. Cadernos de Saúde Pública, v. 19, n. 5, p. 1389-1397, 2003.

GIOVINAZZO, Renata A. **Focus Group em Pesquisa Qualitativa**. Artigo, Fundação Escola de Comércio Álvares Penteado FECAP, 2001. p.1. Disponível em: . Acesso em: 24 abr.. 2019.

HAYLEYESUS, Samuel Fekadu; MANAYE, Abayneh Melaku. **Microbiological quality of indoor air in university libraries**. Asian Pacific journal of tropical biomedicine, v. 4, p. S312-S317, 2014.

JONES, Andy P. **Indoor air quality and health**. Atmospheric environment, v. 33, n. 28, p. 4535-4564, 1999.

KING, S.; PEARSON, C. **Controle ambiental para instituições culturais: planejamento adequado e uso de tecnologias alternativas**. Conservação: Conceitos e práticas. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, p. 41-64, 2011.

LEE, H.; AWBI, H.B. **Effect of internal partitioning on indoor air quality of rooms with mixing ventilation: basic study**. Building and Environment, v. 39, n. 2, p. 27-41, 2004.

MADUREIRA, Joana et al. Indoor air quality in schools and its relationship with children's respiratory symptoms. **Atmospheric Environment**, v. 118, p. 145-156, 2015.

MANO, C. **Prédios Doentes**. Revista Exame. v. 720, n. 1, p. 12-18,2000.

NIELS, M. **Alergia: um texto ilustrado**. Rio de Janeiro: Revinter, 1993. 481p.

PANTOJA, Lydia Dayanne Maia; COUTO, Manuela Soares; PAIXÃO, Germana Costa. **Diversidade de Bioaerossóis presentes em ambientes urbanizados e preservados de um Campus universitário**. Biológico, v. 60, n. 1, p. 41-7, 2007.

PÉREZ, María Ángela Daza; BENAVIDES, Diana Ximena Martínez; HERNÁNDEZ, Paola Andrea Caro. **Contaminación microbiológica del aire al interior y el síndrome del edificio enfermo**. Biociencias, v. 10, n. 2, p. 37-50, 2015.

QUADROS, M. E.; LISBOA, H. M. **Controle da poluição atmosférica: qualidade do ar interno**. Universidade do Estado do Pará. Pará, 2010.

RIBEIRO, Almir Francisco; ALMEIDA, Gutenberg Paiva De; DAMASCENO, Rogério De Souza; PINTO, Rômulo De Carvalho Padilha. **Proposta para avaliação de sistema de ar-condicionado com foco nas questões de conforto, saúde, segurança e ambiental**. Universidade Federal Fluminense- RJ: 2004.

RIBEIRO, José Luis Duarte; ECHEVESTE, Márcia Elisa Soares; DANILEVICZ, Ângela de Moura Ferreira. **A utilização do QFD na otimização de produtos, processos e serviços**. Porto Alegre: FEEng / UFRGS, 2001.

ROULET, C. A. **Indoor environment quality in buildings and its impact on outdoor environment**. Energy and Buildings, Switzerland, v. 33, f. 3, feb. 2001, p. 183-191.

SCHIRMER, Waldir Nagel et al. **A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 16, n. 8, p. 3583-3590, 2011.

SESI O68° - Organização Mundial da Saúde. **Ambientes de trabalho saudáveis: um modelo para ação para empregadores, trabalhadores, formuladores de política e profissionais**. Tradução do Serviço Social da Indústria. Brasília: SESI/DN, 2010.

SILVA, Ângela Encarnação Sousa. **Síndrome do edifício doente**. 2017. Tese de Doutorado.

SILVEIRA, Jair. **Dispositivo para Renovação de ar em condicionador tipo SPLIT**. *in*: Mercofrio 2014 – 9º Congresso Internacional de ar-condicionado, refrigeração, aquecimento e ventilação. 2014.

STATHOULOPOU, O.I. ASSIMAKOPOULOS, V.D. FLOCAS, V.A. HELMIS, C.G. **An experimental study of air quality inside large athletic halls**. *Building and Environment*. v. 43, n. 5, p. 793-803, ISSN 0360-1323, 2008.

TEIXEIRA, Dimas Barbosa et al. **Síndrome dos edifícios doentes em recintos com ventilação e climatização artificiais: revisão de literatura**. Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2008.