

ANÁLISE DE RENOVAÇÃO DE AR EM UMA UNIDADE DE ENSINO DE FEIRA DE SANTANA-BA

AIR RENEWAL ANALYSIS IN A TEACHING UNIT IN FEIRA DE SANTANA-BA

Eduardo Oliveira Machado Amorim¹

Hendrius Félix Cerqueira Gomes De Santana²

Henrico Mariel Lima De Cerqueira³

Luccas Barbosa Carneiro⁴

¹ Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana; Feira de Santana, Bahia; Bacharel em Engenharia Mecânica. E-mail: eduardo.amorim26@gmail.com

² Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana; Feira de Santana, Bahia; Bacharel em Engenharia Mecânica. E-mail: eng.hendriusfelix@gmail.com

³ Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana; Feira de Santana, Bahia; Bacharel em Engenharia Mecânica. E-mail: eng.henricomariel@gmail.com

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do título em Bacharel em Engenharia Mecânica.

⁴ Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana; Feira de Santana, Bahia; Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial. E-mail: professor.luccasbarbosa@gmail.com

RESUMO

Em uma sociedade majoritariamente urbana uma pessoa passa em média 80% a 90% do tempo em ambientes confinados, chegando a consumir 17.000 litros de ar por dia. Tendo em vista que a transmissão do vírus pode ser causada pelas circulações de gotículas respiratórias, decorrente da má ventilação no recinto, destaca-se a importância da renovação de ar em ambientes confinados e climatizados artificialmente. Nesta pesquisa foi realizada a avaliação do sistema de renovação de ar, buscando determinar a vazão adequada de acordo com o número de pessoas e as exigências de segurança das 28 salas climatizadas do módulo 2 de uma unidade de ensino de Feira de Santana, Bahia. Para o estudo foram consideradas normas e resoluções que norteiam o projeto em geral. Com os cálculos feitos foi possível obter um comparativo do que foi instalado nas salas e o que a NBR 16401-3:2008 e a Anvisa recomendam para a renovação de ar no ambiente. Com isso, foi demonstrado a partir de cálculos que 100% da sala não atende aos padrões de renovação de ar exigidos pelas normas. Para a realização do dimensionamento foi realizada pesquisa bibliográfica com abordagem qualitativa da análise de dados coletados em plataformas como Scielo e buscadores eletrônicos como Google Acadêmico.

Palavras-chave: renovação de ar; qualidade do ar; ambiente climatizado

ABSTRACT

In a mostly urban society, a person spends on average 80% to 90% of the time in confined environments, consuming 17,000 liters of air per day. Bearing in mind that the transmission of the virus can be caused by the circulation of respiratory droplets, due to poor ventilation in the enclosure, the importance of air renewal in confined and artificially conditioned environments is highlighted. In this research, the evaluation of the air renewal system was carried out, seeking to determine the adequate flow according to the number of people and the safety requirements of the 28 air-conditioned rooms of module 2 of a teaching unit in Feira de Santana, Bahia. For the study, norms and resolutions that guide the project in general were considered. With the calculations made, it was possible to obtain a comparison of what was installed in the rooms and what NBR 16401-3:2008 and Anvisa recommend for the renewal of air in the environment. With this, it was demonstrated from calculations that 100% of the room does not meet the air renewal standards required by the regulations. To carry out the sizing, a bibliographical research was carried out with a qualitative approach to the analysis of data collected on platforms such as Scielo and electronic search engines such as Google Scholar.

Keywords: air renewal; air quality; climatized environment

INTRODUÇÃO

O uso da refrigeração e do ar condicionado foi um dos marcos mais importantes para o avanço da civilização moderna, dando a possibilidade de guardar alimentos ou outras substâncias para atingir temperaturas inferiores às do ambiente (GRACILIANO, 2018).

Em 1902 o engenheiro de 25 anos Willis Carrier formado pela Universidade de Cornell, nos EUA, inventou um processo mecânico para o controle do clima, visando resolver o problema de uma empresa de impressão em dias quentes. Onde ele teorizou que poderia ser retirado umidade através do resfriamento do ar. Esse mecanismo, foi o primeiro exemplo de condicionador de ar por processo mecânico (NEVES, 2018).

Para maior eficiência dos ar condicionado deve ser utilizado em ambientes fechados, contudo nisso traz um problema. Ambientes que ficam fechados, sem

nenhuma entrada de ar, aumentam os níveis de gás carbônico podendo causar problemas de saúde. Além disso, o ar condicionado é um ótimo disseminador de patógenos que dentro dele consegue um ambiente ideal para o seu crescimento. Logo, se não houver renovação de ar neste ambiente, possivelmente os ocupantes ficarão doentes (LEVEK, 2021).

Em ambientes fechados e climatizados com um grande fluxo de pessoas, o ar é inspirado e expirado simultaneamente pelas mesmas. Conseqüentemente, este ambiente terá um aumento na quantidade de gás carbônico e na circulação de microrganismos que podem causar patologias. Por conta disso, a renovação de ar consiste no tratamento do ar em espaços fechados, com a intenção de regular a qualidade do ar, tratando as condições de temperatura, limpeza, umidade, fluidez, etc (LEVEK, 2021).

Desde a portaria nº 3.523 de 28 de agosto de 1998, implementada após o falecimento do então ministro de comunicação da época Sérgio Motta, devido a uma forte pneumonia causada pela bactéria *Legionella Pneumophila* que tem como um dos meios de transmissibilidade o ar condicionado. Desde então o Ministério da Saúde vem manifestando sua atenção com relação à limpeza e qualidade do ar no interior de ambientes climatizados de uso público e coletivo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

As normas foram ficando cada vez mais específicas e para renovação de ar em ambientes de saúde desenvolveu-se a norma ABNT NBR 7256, que tem o objetivo de determinar os requisitos mínimos para projeto e execução de instalações de tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (ABNT, 2005).

Segundo Quadros (2009), ambientes que tem uma baixa circulação de ar favorece a dispersão de vírus, bactérias e fungos que podem causar sérias patologias. A falta de renovação de ar em ambientes fechados não coloca apenas as pessoas em risco, como também compromete o conforto térmico necessário para manter uma boa produtividade dos colaboradores.

Desde que foi confirmado que o coronavírus é transmitido pelo ar, a renovação do ar e a ventilação em ambientes fechados ganhou destaque como um dos principais caminhos para diminuição do contágio. A renovação do ar é um item essencial para a saúde e o bem-estar, que se não for vista com um certo cuidado

pode gerar consequências como rinite, sinusite, estresse, irritabilidade, sonolência e redução do desempenho dos ocupantes (JURADO, 2020).

Os seres humanos passam, em média, mais de 80% do seu tempo em locais fechados com baixa circulação de ar, o que os levam a ficarem expostos a maiores concentrações de poluentes químicos e microbiológicos no ambiente interno do que os presentes no ambiente externo. Ficando cada vez mais suscetíveis a desenvolverem doenças respiratórias (FERREIRA; CARDOSO, 2014).

Tendo em vista a grande presença de aparelhos de ar condicionado e a gama de funções que são exercidas em ambientes reclusos, com o passar do tempo a percepção da qualidade do ar que respiramos e dos seus impactos na produtividade, bem estar, criatividade e saúde foram cada vez maiores.

Por conta disso o cuidado em como o ar é tratado é de enorme importância para o bem estar daqueles que convivem em locais fechados durante boa parte de seu dia. Em ambientes hospitalares a qualidade do ar tem que ser cuidada de forma mais severa, tendo em mente que a presença de bactérias, vírus e do fluxo de pessoas que transitam diariamente no mesmo local são muito elevadas em relação a outros ambientes em geral.

Sendo assim este trabalho tem por objetivo analisar como a ausência da renovação de ar em ambientes de ensino pode interferir na saúde e no desempenho dos estudantes e funcionários dentro de uma unidade de ensino superior em Feira de Santana-BA. Especificamente, essa pesquisa tem como objetivo identificar dados qualitativos e quantitativos das salas referente a renovação de ar; verificar a vazão adequada de renovação de ar de acordo com as normas vigentes brasileiras; e avaliar comparativamente as taxas de renovação de ar da IES com as exigências das normas

REFERENCIAL TEÓRICO

Ventilação natural e mecânica

Ventilação natural é o fluxo de ar do exterior para o interior por meio de aberturas. Esse fenômeno ocorre pela diferença de pressão causada pelas

variações de temperatura do meio interno e externo. O vento é caracterizado como ar em movimento, e é um dos responsáveis na influência das sensações térmicas, e por ser ar em movimento ele pode ter seu comportamento modificado de acordo com a geometria e orientação dos obstáculos (LEITE, 2015)

Segundo a NBR 15220-1 (ABNT, 2005), ventilação natural é a passagem do ar pelo interior do edifício, através de suas aberturas intencionais ou planejadas. A ventilação auxilia na renovação do ar, suprimento do oxigênio, remoção de poluentes e impurezas e serve de estratégia para resfriar edificações e conforto térmico. A ventilação natural é um recurso muito importante e benéfico, caso seja aproveitado da melhor maneira (TOLEDO, 2006).

Tendo em vista a impossibilidade de se alcançar sempre o conforto térmico apenas com a utilização da ventilação natural, os climatizadores artificiais servem para suprir esta carência (ARENHARDT, 2017). O uso da ventilação artificial é um dos recursos mais eficientes em países tropicais.

Todo aparelho de ar condicionado possui uma unidade de potência que diz a respeito da capacidade de refrigeração. O BTU (British Thermal Unit, que traduzindo para o português significa Unidade Térmica Britânica) determina a capacidade de resfriamento do ar condicionado, sendo muito importante para o equipamento e para o ambiente a ser resfriado (ALENCAR, 2019).

RENOVAÇÃO DE AR

No Brasil é utilizado sistema individual ou coletivo de ventilação. No sistema individual é utilizado um ventilador com manta para filtragem e que tenha a vazão necessária para a quantidade de ocupantes do ambiente. Alguns modelos são instalados na parede onde tem o acesso para o lado externo ou conectado em duto flexível. No sistema coletivo é utilizado um ventilador em uma área comum com filtragem, e através de dutos o ar é distribuído no local que serão climatizados (ENGENHARIA ARQUITETURA, 2017). Um dos equipamentos que realizam a renovação é o insuflador de ar.

Insufladores de ar

Os insufladores de ar são equipamentos que tem como função bombear ar de uma fonte para outra, na renovação de ar ele será usado para bombear o ar do exterior para o interior das salas com o intuito de reduzir a concentração de CO₂ e outros tipos de nocivos ao ser humano, garantindo que o ambiente possua o menor risco possível à saúde dos ocupantes. Os insufladores contam com o auxílio de filtros buscando com que o bombeamento do ar exterior tenha menos poluentes e contaminantes expelidos pela abertura do escape (ESTRELA, 2019).

Qualidade do ar e doenças respiratórias

Segundo a classificação de Gell & Coombs, as alergias respiratórias, que clinicamente compreendem asma e rinite alérgica, manifestam-se por uma reação de hipersensibilidade, pois resultam da interação de alérgenos ambientais com anticorpos específicos. A rinite é definida como uma inflamação da mucosa de revestimento nasal, caracterizada pela presença de um ou mais dos seguintes sintomas: congestão nasal, coriza hialina, espirros “em salva” e prurido (GALVÃO, 2005).

A asma é uma doença respiratória crônica, caracterizada por inflamação das vias aéreas, obstrução ao fluxo de ar e hiperresponsividade brônquica, levando a episódios recorrentes de sibilância, dispnéia, sensação de aperto no peito e tosse. A asma é a principal causa de hospitalização e de absentismo escolar, afetando negativamente a aprendizagem e o desempenho dos alunos em países ocidentais (FERREIRA, 2014).

De acordo com Ferreira (2014), são inúmeras as estratégias que podem ser implementadas para a diminuição do risco de exposição a fatores poluentes, sendo fundamental o cuidado com a boa qualidade do ar interno nos edifícios, através de condições de arejamento adequadas, assim como de ventilação e exaustão de fumos e gases oriundos de combustão.

Os estudantes passam muito tempo de sua vida em salas de aula, podendo-se prever que as condições existentes naqueles edifícios afetam a incidência de sintomas respiratórios (FERREIRA, 2014).

Em paralelo a isso, o grande crescimento industrial e econômico no último século ocasiona um crescimento massivo nas emissões de poluentes no ar. Por conta disso a qualidade do ar virou um problema ambiental muito grande em diversas partes do mundo (D'AMATO, 2013).

A temperatura global cresceu grandemente nos últimos 50 anos devido ao elevado aumento dos gases do efeito estufa. Mudanças estão ocorrendo, ondas de calor, secas, tempestades, etc. Existe uma ligação entre as mudanças climáticas, a poluição do ar e como o indivíduo reage a essas mudanças e aos agentes climáticos. Alguns episódios de rinite e crises de asma estão relacionados à poluição do ar, a fatores climáticos que favorecem o acúmulo de poluentes atmosféricos, como o ozônio, ao nível do solo (D'AMATO, 2013).

Síndrome do edifício doente

A qualidade do ar interna do ambiente é um fator de grande importância para o bem estar das pessoas, porém nem sempre é levada em consideração. De acordo com Paula, 2003, microrganismos podem se desenvolver e se alojar em dutos de ar condicionados, torres de resfriamento, serpentinas, umidificadores, e assim esses microrganismos por sua vez são lançados no ambiente interno. Esse fenômeno se agrava em ambientes climatizados e selados do ar externo, como é a realidade de muitos locais.

A qualidade do ar de um ambiente é medida pelo nível em que os usuários são submetidos, esse grau de eficiência é demonstrado por meio de reações, sejam físicas ou psicológicas. O conforto é relativo e muito difícil de se medir, uma vez que pode variar de pessoa para pessoa (KEELER; BURKE, 2010)

A síndrome do edifício doente é justamente a condição de mal estar dos usuários no que se diz respeito a qualidade do ar nos ambientes de alojamento, seja para trabalho, estudo ou moradia. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a “síndrome do edifício doente” (SED) descreve uma condição médica em que os ocupantes de um determinado edifício sofrem de sintomas de doenças, ou se sentem mal, sem haver um motivo aparente para isto. A SED causa redução de

produtividade, desempenho no trabalho, nas relações interpessoais e tende a diminuir quando se afasta do ambiente (QUADROS, 2010).

Concentração de dióxido de carbono (CO₂) no ambiente

De acordo com a ABRAVA (2022), uma pessoa respira em média 10 mil litros de ar por dia, tendo em vista que o sistema respiratório permite a entrada do oxigênio e a saída do dióxido de carbono (CO₂) do corpo. Quando a concentração do CO₂ fica acima do normal, o sangue tende a ficar mais ácido pois em alta quantidade é tóxico para o corpo humano, podendo causar falta de ar, aumento da frequência respiratória, palpitações, dor de cabeça, sonolência (NASCIMENTO, 2011).

Segundo o artigo 5º da Portaria 3523/98 (1998), todos os sistemas de climatização devem estar em condições adequadas de limpeza, manutenção, operação e controle. De acordo com a ANVISA a taxa de renovação de ar por pessoa é de 7,5 l/s ou 27 m³/hora. Para a ABNT NBR 16401, a metodologia do cálculo é baseada na ASHRAE 62.1 de 2004 sendo definido pela vazão de ar exterior a ser utilizada baseada no nível de CO₂ interno que se deseja obter fundamentado nos fatores área, pé direito, atividade metabólica e número de usuários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma pesquisa qualitativa e quantitativa de cunho descritivo e exploratório. Onde foi dividida em dois momentos, o primeiro momento foi com análise da qualidade do ar de acordo com ANVISA e o segundo momento foi feito uma entrevista online semiestruturada com estudante do ensino superior. Vale salientar, que anteriormente foi realizado uma pesquisa bibliográfica nas plataformas acadêmicas afim de corroborar com as informações verificadas na pesquisa de campo.

Ao todo foram encontrados 78 artigos em português e em outras línguas, porém repetiam a mesma base de dados e outros não entravam nos critérios de estudo. Utilizando critérios para delimitar artigos que abordavam o conteúdo de

forma clara e bem enriquecida, demonstrando na pesquisa informações úteis para o desenvolvimento do trabalho.

Por fim foram selecionados 27 artigos que preenchem os critérios propostos para o desenvolvimento do estudo, bem como a associação do ar condicionado onde pode causar doenças respiratórias. Utilizado como instrumento de coleta de dados um formulário online com 86 pessoas. Dessa forma se pretende analisar a quantidade de pessoas com doença e alergia respiratória e os incômodos que sofrem no ambiente de ensino.

Apresentando os objetivos descritos foi necessário avaliar os conceitos a serem abordados para que seja feita sua inspeção. Após avaliação e descrição dos resultados obtidos, foi feita uma comparação dos dados coletados, evidenciando a eficácia do estudo e buscando fazer sua validação.

O estudo foi feito em uma unidade de ensino superior de Feira de Santana Bahia, onde essa instituição conta com dois módulos de ensino tendo foco em graduação e em pós-graduação.

LEVANTAMENTO DE DADOS

O primeiro levantamento de dados foi realizado a partir de plataformas acadêmicas por critérios previamente escolhidos pelos pesquisadores ficando ao final 27 artigos na qual foram imprescindíveis para o desenvolvimento do estudo. Em seguida foi realizado a pesquisa semiestruturada onde teve o foco principal descobrir o conforto dos ocupantes na sala de aula dessa unidade de ensino, foram feitas dez perguntas onde foram abordados temas como qualidade do ar, desconforto no ambiente, mal cheiro e alergias.

Paralelo a isso, foi realizado uma coleta de dados no campus da instituição, mais precisamente nas salas de aula da faculdade do módulo 2, do térreo e primeiro andar. Foi necessário medir o tamanho das salas, verificar quantos alunos essas salas comportam de acordo com o número de cadeiras presentes e verificar as condições se existem renovação de ar em todas as salas. A grande maioria das salas possuem 46 cadeiras, com um total de 19 salas de aula, 6 salas de desenho, 2 salas de auditório e uma sala de metodologia ativa.

Com as informações obtidas, foi possível realizar os cálculos de acordo com a ANVISA e a NBR 16401-3 2008 que permitem a avaliação da qualidade da renovação de ar nas salas, isto é, se a renovação de ar está de acordo com as normas.

ANÁLISE DE DADOS

Dimensionamento e Implementação dos renovadores de ar

Para o dimensionamento dos renovadores de ar, foi necessário a utilização da ABNT NBR 16401-3:2008 e a Portaria 3523/98 do Ministério da Saúde para definir os parâmetros técnicos sendo eles limpeza, manutenção e garantir uma boa qualidade.

Para encontrar a vazão necessária de cada ambiente foi preciso utilizar as formulas disponibilizadas na norma e no regulamento do ministério da saúde, comparar os valores encontrados, utilizando o maior valor para realizar o dimensionamento necessário.

Portaria 3523/98 Do Ministério Da Saúde

Para a Portaria nº3.523, de 28 de agosto de 1998 do ministério da saúde todos os ambientes climatizados até 60.000 BTU/h de uso coletivo existentes e aqueles a serem executados devem seguir as especificações exigidas, tais como manutenções, limpeza, boa qualidade do ar. (BRASIL, 1998)

Segundo o artigo 5º todos os sistemas de climatização devem estar em condições adequadas de limpeza, manutenção, operação e controle e especificamente no artigo 6º os sistemas de climatização com capacidade acima de 5 TR (60.000 BTU/h) deverão manter um responsável técnico habilitado, além de implantar e disponibilizar um Plano de Manutenção, Operação e Controle – PMOC. (BRASIL, 1998)

Para o dimensionamento dos renovadores de ar foi feito o cálculo da vazão pela equação 1 abaixo, onde foi multiplicado a quantidade de pessoas presentes no ambiente por 27 (m³/h) determinado pela ANVISA onde a taxa de renovação de ar por pessoa é de 7,5 l/s ou 27 (m³/h) (BRASIL, 1998).

$$Vazão = N^{\circ} \text{ de pessoas} \times 27 \text{ (m}^3/\text{h)} \text{ (1)}$$

ABNT NBR 16401-3:2008

ABNT NBR 16401-3:2008 especifica parâmetros básicos e os requisitos mínimos para a utilização de sistemas de ar condicionado, dentre eles as vazões mínimas para o ar exterior, níveis mínimos de filtragem de ar e requisitos técnicos dos sistemas e componentes relativos à qualidade do ar interior (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

A ABNT NBR 16401 aplica-se a:

- Sistemas centrais de qualquer capacidade
- Sistemas unitários igual ou superior a 10 kW (2,8 TR = 33,600 BTU/h) instalados na mesma edificação.

Para a ABNT NBR 16401-3:2008, a metodologia do cálculo é baseada na ASHRAE 62.1 de 2004 como pode ser visto na equação 2, sendo definido pela vazão de ar exterior, a vazão por pessoa, vazão por área útil, número máximo de pessoas e a área útil ocupada pelas pessoas, desenvolvida através da seguinte equação. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

Equação 1:

$$V_{ef} = P_z \times F_p + A_z \times F_a \text{ (2)}$$

Sendo:

V_{ef} – Vazão eficaz de ar exterior (L/s)

F_p – Vazão por pessoa ($\frac{L}{s}$ × pessoas)

F_a – Vazão por área útil ocupada ($\frac{L}{s}$ × m²)

P_z – Numero de pessoas

A_z – Área útil ocupada pelas pessoas (m²)

Os valores de F_p e F_a são tabelados e estão disponíveis no quadro 1.

Quadro 1 - Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m ^{2,a}
		F_p L/s* pess.	F_a L/s* m ²	F_p L/s* pess.	F_a L/s* m ²	F_p L/s* pess.	F_a L/s* m ²	
Edifícios públicos								
Aeroporto – saguão ^c	15	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Aeroporto – sala de embarque ^c	100	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Biblioteca	10	2,5	0,6	3,5	0,8	3,8	0,9	--
Museu, galeria de arte ^d	40	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Local de culto	120	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Legislativo – plenário	50	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório – lobby	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório e platéia	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório – palco	70	5	0,3	6,3	0,4	7,5	0,5	--
Tribunal – sala de audiências	70	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Esportes								
Boliche – área do público	40	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Ginásio coberto (área do público)	150	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Ginásio coberto (quadra)	--	--	0,3	--	0,4	--	0,5	--
Piscina coberta ^e	--	--	2,4	--	3,0	--	3,6	2,5
"Fitness center" – aeróbica	40	10	0,3	12,5	0,4	15,0	0,5	--
"Fitness center" – aparelhos	10	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Estabelecimentos de ensino								
Sala de aula	35	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Laboratório de informática	25	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Laboratório de ciências	25	5	0,9	6,3	1,1	7,5	1,4	5,0
Hotéis								
Apartamento de hóspedes	.	5,5	--	6,9	--	10,3	--	--
Banheiro privativo	--	--	--	--	--	--	--	2,5/unid.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2008)

Para o cálculo feito, foi selecionado no quadro 1 o item "sala de aula", já que a pesquisa está sendo desenvolvida em uma instituição de ensino superior. Através desta informação, pode-se identificar na tabela a coluna "local" o tipo de atividade executada determinando assim o valor de F_p e F_a . Os níveis 1, 2 e 3 representam o grau mínimo de renovação ao melhor nível de renovação que segundo estudos existem evidências de redução de reclamações e manifestações alérgicas. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008)

Análise comparativa

A instituição alisada faz uso de exaustores nas salas de aula. Um dos motivos de se colocar exaustores é a retirada do acúmulo de CO₂ das salas e aproveitar e refrigerar os corredores. Em países como EUA e os da Europa, onde os ambientes são mais hermeticamente fechados, o foco é a exaustão do ar para retirar excesso

de umidade e o CO_2 do ambiente, e ter a renovação de ar seja ela forçada ou não. A nossa legislação e normas são mais voltadas para o fornecimento de ar externo tratado.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Através dos cálculos é possível definir de forma clara a taxa de renovação necessária para cada ambiente. Para o dimensionamento foi realizado os cálculos onde a ABNT 16401-3 foi levado em consideração o nível 1, que é a taxa mínima necessária para o ambiente. Desta forma, deve-se analisar o cálculo da ABNT 16401-3 e o da ANVISA e utilizar o maior valor dimensionado entre elas.

A partir da coleta de dados foi possível definir o número de ocupantes de acordo com a quantidade de cadeiras disponíveis e realizar a medição da área climatizada. Após a coleta de dados houve a necessidade em analisar o sistema de renovação de ar, se está ou não de acordo com as normas regulamentadoras, sendo possível verificar através dos cálculos dispostos no quadro 1 e 2.

Após o desenvolvimento dos cálculos da NBR foi realizado os cálculos da ANVISA para dar continuidade ao dimensionamento dos renovadores.

De acordo com estudos, a taxa de renovação é uma grandeza que está diretamente relacionada ao conforto e bem-estar do ambiente. Por isso, o assunto é tema de diversas pesquisas que avaliam os impactos da qualidade do ar na produtividade e saúde dos colaboradores.

A renovação de ar não está ligada somente ao conforto térmico, mas principalmente a medidas sanitárias e de saúde pois em um ambiente onde o ar não é renovado, há o risco de se contrair uma série de doenças respiratórias, muitos vírus e bactérias são transmitidos pelo ar, portanto é muito importante garantir a sua renovação.

Após análise das salas de uma unidade de ensino, onde está sendo utilizado 4 exaustores / micro ventiladores da marca Ventisol, modelo: EXB 150-01 com vazão declarada de $168m^3/h$, tendo uma vazão total de $672m^3/h$.

Analisando a “sala 8” com uma taxa de renovação total necessária de $1242m^3/h$ determinado pela ANVISA logo a ABNT NBR 16401-3:2008 nível 1 determina o valor mínimo de $967,96m^3/h$. O valor encontrado entre as normas pode

ser comparado e levado em consideração o maior para garantir a melhor eficiência e qualidade do ar, por tanto para o devido caso será utilizado a ANVISA.

Segundo a norma a vazão calculada é utilizada para os equipamentos insufladores e não para equipamentos exaustores. Apesar da falta de insufladores as salas contam com janelas que trazem a renovação de maneira natural porem ficam fechadas.

Quadro 1 – Taxa de renovação de ar necessária determinada pela ABNT NBR

Taxa de renovação de ar necessária determinada pela ABNT NBR 16401-3:2008				
Identificação do ambiente	Tipo de atividade	Área útil ocupada pelas pessoas(m ²)	Nº de ocupantes	Taxa de renovação total necessária (m ³ /h) NIVEL 1
Modulo 2 - Térreo				
Sala 01	Aula	60,75	46 Pessoas	959,22
Sala 02	Aula	60,75	46 Pessoas	959,22
Sala 03	Aula	60,75	46 Pessoas	959,22
Sala 04	Aula	60,75	46 Pessoas	959,22
Sala 05	Aula	64,8	46 Pessoas	967,96
Sala 06	Aula	63,8	46 Pessoas	965,8
Sala 07	Aula	63,8	46 Pessoas	965,8
Sala de Desenho 01	Aula / Pratica	63,8	46 Pessoas	965,8
Sala de Desenho 02	Aula / Pratica	93,56	50 Pessoas	1102,17
Met. Ativas	Aula / Palestra	105,3	46 Pessoas	1055,44
Desenho 03	Aula / Pratica	64,8	46 Pessoas	967,96
Sala de Desenho 04	Aula / Pratica	60,75	46 Pessoas	959,22
Sala de Desenho 05	Aula / Pratica	60,75	46 Pessoas	959,22
Sala de Desenho 06	Aula / Pratica	60,75	46 Pessoas	959,22
Modulo 2 - 1º Andar				
Sala 08	Aula	64,80	46 Pessoas	967,96
Sala 09	Aula	60,75	46 Pessoas	959,22
Sala 10	Aula	60,75	46 Pessoas	959,22
Sala 11	Aula	60,75	46 Pessoas	959,22
Sala 12	Aula	60,75	46 Pessoas	959,22
Sala 13	Aula	64,80	46 Pessoas	967,96
Sala 14	Aula	60,75	46 Pessoas	959,22
Sala 15	Aula	64,80	46 Pessoas	967,96
Sala 16	Aula	60,75	46 Pessoas	959,22
Sala 17	Aula	63,80	46 Pessoas	965,8
Sala 18	Aula	60,75	46 Pessoas	959,22
Sala 19	Aula	63,80	46 Pessoas	965,8
Auditório 1	Aula / Palestra	98,56	50 Pessoas	1112,86
Auditório 2	Aula / Palestra	113,40	63 Pessoas	1378,94

Quadro 2 – Taxa de renovação de ar necessária determinada pela ANVISA

Taxa de renovação de ar necessária determinada pela ANVISA			
Identificação do ambiente	Tipo de atividade	Nº de ocupantes	Taxa de renovação total necessária (m3/h)
Modulo 2 - Térreo			
Sala 01	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 02	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 03	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 04	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 05	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 06	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 07	Aula	46 Pessoas	1242
Sala de Desenho 01	Aula / Pratica	46 Pessoas	1242
Desenho 02	Aula / Pratica	50 Pessoas	1350
Met. Ativas	Aula / Palestra	46 Pessoas	1242
Desenho 03	Aula / Pratica	46 Pessoas	1242
Sala de Desenho 04	Aula / Pratica	46 Pessoas	1242
Sala de Desenho 05	Aula / Pratica	46 Pessoas	1242
Sala de Desenho 06	Aula / Pratica	46 Pessoas	1242
Modulo 2 - 1º Andar			
Sala 08	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 09	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 10	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 11	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 12	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 13	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 14	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 15	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 16	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 17	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 18	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 19	Aula	46 Pessoas	1242
Auditório 1	Aula / Palestra	50 Pessoas	1350
Auditório 2	Aula / Palestra	63 Pessoas	1701

Fonte: Elaboração dos autores (2023)

Quadro 3 – Taxa de renovação de ar necessária determinada pela ANVISA

Taxa de renovação de ar necessária determinada pela ANVISA			
Identificação do ambiente	Tipo de atividade	Nº de ocupantes	Taxa de renovação total necessária (m ³ /h)
Modulo 2 - Térreo			
Sala 01	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 02	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 03	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 04	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 05	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 06	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 07	Aula	46 Pessoas	1242
Sala de Desenho 01	Aula / Pratica	46 Pessoas	1242
Desenho 02	Aula / Pratica	50 Pessoas	1350
Met. Ativas	Aula / Palestra	46 Pessoas	1242
Desenho 03	Aula / Pratica	46 Pessoas	1242
Sala de Desenho 04	Aula / Pratica	46 Pessoas	1242
Sala de Desenho 05	Aula / Pratica	46 Pessoas	1242
Sala de Desenho 06	Aula / Pratica	46 Pessoas	1242
Modulo 2 - 1º Andar			
Sala 08	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 09	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 10	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 11	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 12	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 13	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 14	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 15	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 16	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 17	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 18	Aula	46 Pessoas	1242
Sala 19	Aula	46 Pessoas	1242
Auditório 1	Aula / Palestra	50 Pessoas	1350
Auditório 2	Aula / Palestra	63 Pessoas	1701

Fonte: Elaboração dos autores (2023)

De acordo com estudos, a taxa de renovação é uma grandeza que está diretamente relacionada ao conforto e bem-estar do ambiente. Por isso, o assunto é tema de diversas pesquisas que avaliam os impactos da qualidade do ar na produtividade e saúde dos colaboradores.

A renovação de ar não está ligada somente ao conforto térmico, mas principalmente a medidas sanitárias e de saúde pois em um ambiente onde o ar não

é renovado, há o risco de se contrair uma série de doenças respiratórias, muitos vírus

CONCLUSÃO

A renovação de ar não está ligada somente ao conforto térmico, mas principalmente a medidas sanitárias e de saúde, por isso, o assunto é tema de diversas pesquisas que avaliam os impactos da qualidade do ar na produtividade e saúde dos colaboradores.

Após analisar a pesquisa e comparar os resultados com os cálculos é notório que a renovação de ar está ligada diretamente com a saúde e rendimento dos indivíduos, apesar das salas serem climatizadas pode-se concluir que através de dados qualitativos e quantitativos a falta dos insufladores faz uma grande diferença onde há o risco de se contrair uma série de doenças respiratórias, muitos vírus e bactérias são transmitidos pelo ar, portanto é muito importante garantir a sua renovação.

Através dos cálculos podemos dimensionar a vazão adequada de renovação de ar de acordo com as normas vigentes com a vazão necessária para atender a necessidade de cada sala. Como exemplo para dimensionar a renovação de ar da “Sala 01” que conta com 4 exaustores dando a exaustão total de $744m^3/h$ para o dimensionamento é necessário os cálculos de acordo com a norma ABNT NBR 16401-3:2008 que demanda uma renovação mínima de $959,22m^3/h$ e a ANVISA de $1242m^3/h$ para este ambiente, utilizando assim o maior valor, pode-se utilizar o Insuflador da marca Sicflux modelo “Maxx Ion 200”, que de acordo com a tabela do fabricante tem a vazão de $902m^3/h$ e o modelo “Maxx Ion 150” que de acordo com a tabela do fabricante tem a vazão de $552m^3/h$.

A instalação deve ser realizada ao longo de um duto onde serão ligados em série ou em paralelo para aumentar a capacidade, que, de acordo com a norma deve-se utilizar um modelo “Maxx Ion 200” e um “Maxx Ion 150”, garantindo assim uma insuflação total de $1452m^3/h$, sendo a ideal para o ambiente em exemplo, que conta com a insuficiência de renovação.

Após a adequação das normas o ambiente estará garantindo assim o melhor desempenho dos indivíduos e menores riscos de contaminações ou transições de vírus e bactérias pelo ar.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, J. R. P. A energia na construção civil: melhoria de uso e redução de consumo a partir da produção de apostila para o curso de técnico em edificações. TCC (Licenciatura em Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro, 2019.

ARENHARDT, NILMAR LUÍS. Análise das condições de conforto térmico e a influência da renovação de ar em salas de aula de estudantes universitários. maio de 2017. www.repositorio.jesuita.org.br, <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/6483>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-3:Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitário, parte 3: Qualidade do ar interior**. Rio de Janeiro, p. 5-11. 2008.

ESTRELA, A. R. L. Projeto de renovação de ar com split das salas de aula do andar superior do bloco de aulas 6 da UFERSA. 21 mar. 2019.

FICOU MASSA BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº3.523, de 28 de agosto de 1998**. Brasília, 1998.

FERREIRA, ANA MARIA DA C. C. MassanoIndoor air quality and health in schools* * Study carried out at the Coimbra School of Health Technology, Coimbra, Portugal. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* [online]. 2014, v. 40, n. 03 [Acessado 27 Maio 2022], pp. 259-268. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-37132014000300009>. ISSN 1806-3756. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132014000300009>.

JURADO, S. R. et al. Qualidade do ar interior em hospitais, aeronaves, navios de cruzeiros e o risco de transmissão aérea pelo Coronavírus. *Saúde Coletiva* (Barueri), v. 10, n. 53, p. 2376–2393, 6 ago. 2020.

QUADROS, M. E. et al. Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: estudo de caso e análise crítica dos padrões atuais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 14, p. 431–438, set. 2009.

QUADROS, BIANCA M DE, E MARTIN O. M. “Conforto térmico em ambientes de internação hospitalar naturalmente ventilados”. *Ambiente Construído*, vol. 20, maio de 2020, p. 113–34. SciELO, <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000200391>.

Renovação do Ar e o Ar Condicionado. Blog da Climátis Ar Condicionado e Refrigeração, 22 jun. 2021. Disponível em: <https://www.climatis.com.br/Blog/renovacao-do-ar-e-o-ar-condicionado/>. Acesso em: 27 maio. 2022

SPLIT E SPLIT HI WALL: Qual a diferença entre eles? | Blog CentralAr.com. , 9 mar. 2022. Disponível em: <<https://blog.centralar.com.br/qual-a-diferenca-entre-split-e-split-hi-wall/>>. Acesso em: 23 nov. 2022

SANTANA, W.; HTTP://WWW.PESCAMADORA.COM.BR, D. BY W. S. |. Sistema Dutado. Disponível em: <<https://www.msarcondicionado.com.br/sistema-dutado/>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

SCHIRMER, WALDIR N, et al. “QUALIDADE DO AR INTERNO EM AMBIENTES CLIMATIZADOS – VERIFICAÇÃO DOS PARAMETROS FÍSICOS E CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO EM AGÊNCIA BANCÁRIA”. Tecno-Lógica, vol. 13, no 1, janeiro de 2009, p. 41–45. online.unisc.br, <https://doi.org/10.17058/tecnolog.v13i1.686>.

Voitille. Conforto Térmico: Ar condicionado e Climatizador - Clique Arquitetura | Seu portal de Ideias e Soluções. Disponível em: <<https://www.cliquearquitetura.com.br/MVITP/public/artigo/conforto-termico-ar-condicionado-e-climatizador.html>>. Acesso em: 18 fev. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Natural Ventilation for Infection Control in Health Care Settings. World Health Organization, 2009. apps.who.int, <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44167>.

WIRZ, Dick. Refrigeração Comercial - Para técnicos em ar-condicionado - Tradução da 2ª edição norte-americana. Cengage Learning Brasil, 2012. 9788522113316. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522113316/>. Acesso em: 04 jun. 2022.