

A ENGENHARIA MECÂNICA NO COMBATE A PANDEMIA – RENOVAÇÃO DE AR EM AMBIENTES

Andrei Hudson Guedes Braga<sup>(1)</sup> - [andreihudson@ipojuca.ifpe.edu.br](mailto:andreihudson@ipojuca.ifpe.edu.br)

Instituto Federal de Pernambuco, Rodovia PE 060, Bairro Jardim Califórnia, Ipojuca – PE<sup>(1)</sup>

F2 – Qualidade Ambiental Interna

**Resumo:** *A humanidade está atravessando um momento delicado, a pandemia pegou os países e governantes de surpresa e, mesmo com os indicativos da China sobre as características do vírus, os governos não conseguiram evitar a entrada nos seus países. A falta de informações mais detalhadas sobre o vírus, seus mecanismos de propagação e contágio deixaram as populações do mundo desprotegidas e desafiaram cientistas de todo o planeta a buscar soluções para os mais diversos problemas decorrentes da pandemia, desde questões diretas, como a criação de uma vacina até às econômicas. O problema ao qual tentamos dar uma contribuição está relacionado a limpeza do ar, especialmente em hospitais onde a recirculação do ar possibilita com que o vírus seja mantido no ar dos ambientes. Os condicionadores de ar, do tipo central, são projetados e montados de forma a permitir que uma parcela do ar seja lançado fora dos ambientes, conforme descrito nas normas brasileira e internacionais, contudo a maior parcela é recirculada entre o ambiente ou ambientes e o trocador de ar, passando pelo sistema de dutos e casa de máquinas. Além da recirculação do ar contaminado dentro dos ambientes, a parcela do ar lançada fora dos ambientes se mistura ao ar exterior, podendo fazer com que o ar contaminado circule nos arredores. Algumas publicações trazem a indicação de pesquisas que mostram ar contaminado nas áreas dos entornos dos hospitais. A proposta desse artigo é realizar um estudo dos tipos de ventilação mais adequados, dos quantitativos das massas de ar de renovação, comparando o custo benefício em relação ao aumento da renovação de ar. Analisaremos ainda a desinfecção de parte do ar de insuflamento e de retorno em equipamentos dos diversos tipos de climatizadores. Para que todas essas análises sejam realizadas, é necessário realizar um estudo de caso com a modelagem matemática de um ambiente para realizar simulações da performance da temperatura do ar e do aumento do consumo devido ao aumento da vazão de renovação. Esses parâmetros serão alterados em função dos quantitativos de massa de ar renovada. O estudo também pretende analisar até quanto a vazão de renovação pode ser aumentada, sem comprometer a eficiência de climatização. Isso para uma instalação convencional e cujo o projeto de climatização esteja adequado.*

**Palavras-chave:** *Climatização, Infecção de Ambientes, Renovação de ar, Pandemia.*

## 1. INTRODUÇÃO

A realidade atual tem se assemelhado a um filme de ficção, onde um vírus obriga populações a se isolarem e evitar de sair às ruas, trabalho, escolas e demais locais públicos. Certamente, a humanidade não estava preparada para algo dessa natureza, contudo, a ciência também não estava preparada para dar uma resposta mais efetiva e, ao que pese as previsões de que um vírus poderia causar uma pandemia, a criação e testagem de uma vacina, efetiva e segura, ainda não chegou para o grande público. Enquanto não existe uma vacina disponível à população, é preciso construir procedimentos e dispositivos preventivos, como a utilização de máscaras em público, utilização de produtos de limpeza para as mãos, manter distância de outras pessoas e aderir ao isolamento social, quando possível. Essas medidas ajudaram a frear a disseminação do vírus, desacelerando o crescimento do número de infectados e dando maior segurança as pessoas quando precisam circular em público.

As normas para circulação de pessoas em vias públicas e prédios públicos, na maioria dos países, atendem as orientações da Organização Mundial da Saúde (OMS), que criou diretrizes preventivas baseadas na experiência e em experimentos ou simulações numéricas, contudo, até julho de 2020, a OMS não considerava a transmissão do vírus pelo ar como uma possibilidade em potencial, o que demonstra a necessidade de mais estudos e melhoramentos em normas e dispositivos de proteção e prevenção. Segundo a OMS (2020), existem procedimentos médicos que possibilitam a produção de gotículas pequenas, tipo aerossol, que podem se manter no ar e, por conseguinte, contaminar outras pessoas, desde que essas gotículas estejam contaminadas. Ainda informa sobre relatos de surtos do novo vírus em locais fechados como restaurantes, boates, locais de culto e de trabalho, ressaltando que, em locais com baixa ventilação, a transmissão não pode ser descartada.

As condições de transmissão em locais de pouca ventilação podem ser estendidas a ambientes climatizados, especialmente com utilização de equipamentos ambientes, como climatizadores tipo Split, VRF ambientes ou ar condicionado de janela. Entende-se que uma carga viral, sendo lançada continuamente em um ambiente sem renovação de ar, tende a contaminar o ambiente. Conforme afirma a OMS, partículas maiores passam pouco tempo em suspensão, caindo em seguida, o que inviabilizaria a contaminação do ar, contudo é necessário compreender a dinâmica de movimentação dessas partículas em locais climatizados, onde o retorno de ar tende a manter as partículas em suspensão. Essa questão ainda não foi esclarecida e precisa de estudos para determinar a carga viral de ambientes climatizados por condicionadores ambientes. Já os equipamentos de climatização dutados possuem outros mecanismos de movimentação e tratamento do ar, uma vez que possuem renovação de ar forçada, onde parte do ar é lançado fora do ambiente e a mesma parcela de ar

externo é introduzido no ambiente. Esse tipo de climatização é, a princípio, mais segura que quando da utilização dos climatizadores ambientes, uma vez que parte da massa de ar será lançada fora e uma nova massa de ar será admitida do exterior. Contudo, será necessário dimensionar essa massa de ar de renovação para garantir que a carga viral no ar seja baixa, de forma a não possuir potencial de infecção. Além disso, deve-se garantir que os dutos de insuflamento e retorno de ar não sejam comprometidos, bem como a casa de máquinas.

Outra questão de interesse está associada a troca de massas de ar entre ambientes, onde os contaminantes inseridos nessas massas de ar passam de um ambiente para o outro. Existe um interesse em evitar contaminação de outros ambientes, dessa forma é necessário introduzir pressões diferenciais entre os recintos, deixando o ambiente contaminado com pressão negativa, evitando assim que o vírus se espalhe por outros ambientes.

O objetivo desse trabalho é o de realizar um levantamento das condições do ar de ambientes climatizados, dos diversos tipos de climatizadores e suas dinâmicas, considerando a carga viral teórica do ar circulante e propor o desenvolvimento de sistemas eficazes quando da retirada de parte dessa carga viral de ambientes fechados, especialmente ambientes hospitalares, considerando os custos para implantação e operação das modificações. Observa-se que os sistemas propostos devem atender não apenas ao período de pandemia, mas a qualquer tempo, de forma a mitigar os riscos de contaminações com vírus mais comuns. Também como sistema de prevenção no caso de ocorrência de futura pandemia, conforme apontam alguns pesquisadores.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A relação entre o vírus e a transmissão através de ambientes climatizados é sustentada por diversos relatos e experiências, que veem sendo investigadas desde o início do ano. Em um dos casos mais notáveis, relatado e estudado pelos chineses, dez pessoas de três famílias que comeram no mesmo restaurante, chamado Guangzhou, na China, foram infectadas pelo vírus (Jianyun Lu, 2020). Segundo o estudo, uma das famílias havia estado em Wuhan, o primeiro e principal epicentro da pandemia naquele país. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Centro de Controle e Prevenção de Doenças de Guangzhou, tendo sido publicado pelo *Emerging Infectious Diseases* (EID Journal). De acordo com o estudo, um membro da família “A” foi infectado durante a viagem (paciente 0) e almoçou com outros três integrantes da família, que também foram infectados. Além desses, três membros da família “B” e dois membros da família “C”, que sentaram nas mesas ao lado, também foram infectados. O infectado mais distante do paciente 0, estava a mais 4 metros. As investigações mostraram que as famílias passaram até 73 minutos no recinto, de forma comomitante. Também observaram que o insuflamento e retorno do ar climatizado estavam acima da mesa da família “C”, conforme mostra a figura 1. É possível observar que as pessoas das famílias “A”, “B” e “C”, foram afetadas, enquanto as pessoas das famílias “D” e “E”, não foram afetadas. Observa-se que as famílias afetadas estão submetidas ao fluxo direto do ar condicionado, enquanto as demais pessoas estão distantes do fluxo direto. Não obstante ao fato de que outros fatores são determinantes para a infecção, como têm mostrado os estudos, é factível que o fluxo de ar direto fluindo através das mesas tenham propiciado a contaminação descrita. No restaurante havia noventa pessoas, contudo, as nove pessoas contaminadas estavam diante do fluxo de ar do climatizador. O depósito de partículas contaminadas sobre as mesas e objetos, ou até sobre a pele, podem ter sido os vetores responsáveis pela disseminação do vírus naquele ambiente. Isso coaduna com outras pesquisas desenvolvidas, tal como o estudo realizado por Mohamed et al. (2020), na Universidade do Novo México (EUA), sobre a contaminação em uma sala de aula. Nesse estudo, foi realizada uma simulação numérica de uma sala de aula de 81 m<sup>2</sup> com 3 metros de altura, com um afastamento de 2,4 metros entre os alunos, acima do que tem sido recomendado. O estudo mostrou que, mesmo com esse afastamento, partículas conseguem ser transmitidas entre as mesas dos alunos e em quantidade suficiente para que ocorra a infecção. Contudo, segundo o estudo, que foi publicado na revista *Physics of Fluids*, do Instituto Americano de Física, a abertura de portas e janelas, mesmo com o ar condicionado ligado, reduz em até 38% a quantidade de partículas que deixam a sala e reduz em, até 80%, a deposição de partículas nas superfícies. A pesquisa mostrou ainda que a utilização de barreiras entre as cadeiras reduz até 92% da transmissão de aerossóis de 1 micron. Outra observação relevante é a de que, para condicionadores do tipo central, com renovação de ar, o aluno do centro da sala transmite maior quantidade de partículas, enquanto os do fundo da sala, próximo a parede, receberiam menor quantidade de partículas, estando assim mais protegidos.

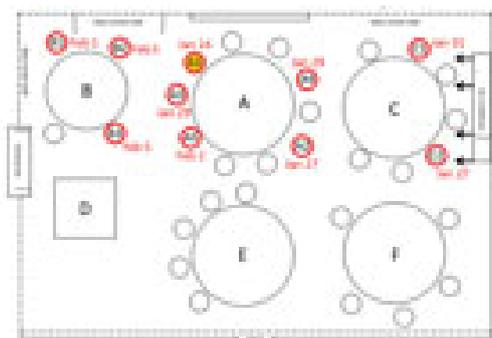


Figura 1. Disposição das Mesas e do Condicionador de Ar. (Fonte: EID Journal).

Um estudo realizado por Mangili (2005), analisou a transmissão de vírus em aeronaves devido a vários fatores, inclusive a ventilação. Também analisa as taxas de renovação necessárias em durante um voo. O estudo mostra que uma ventilação adequada no espaço da cabine pode reduzir a concentração de organismos transportados pelo ar de forma logarítmica, também que uma troca de ar completo remove 63% dos organismos transportados pelo ar. Ainda que, a transmissão se difunde em todas as áreas da cabine de passageiros quando o sistema de ventilação não está operacional. Outros estudos indicam a transmissão do vírus em aeronaves, como o conduzido por Murphy (2020), que analisou a disseminação do vírus no trânsito aéreo.

Os ambientes hospitalares que atendem a pacientes infectados são, provavelmente, os de maiores riscos para a propagação e transmissão do vírus, dada a quantidade de pessoas infectadas nos ambientes. Combinado a isso, está a circulação de contaminantes no ar climatizado, especialmente em ambientes sem renovação ou com baixa taxa de ventilação. Contudo, mesmo em ambientes hospitalares que não oferecem atendimentos a pessoas com COVID – 19, existe o risco da transmissão durante procedimentos como cirurgias. A OPAS (Organização Pan-Americana de Saúde) indicou que, durante alguns procedimentos, pode ocorrer a liberação de gotículas (aerossóis) que podem permanecer no ar durante longos períodos. De acordo com a OMS, que admitiu recentemente a infecção por vias aéreas, as gotículas dispersas no ar podem infectar pessoas diretamente. Também podem se depositar em outras superfícies, contaminando-as. A falta ou deficiência de renovação pode facilitar com que esses aerossóis fiquem por mais tempo no ar ou sejam mais facilmente depositadas nas superfícies. Um sistema de renovação adequado tende a eliminar parte das partículas suspensas no ar.

O Center for Disease Control (CDC) do governo dos EUA oficializou as recentes algumas evidências científicas sobre a transmissão do vírus e categorizou os riscos. Em uma das análises classificou como “muito alto” o risco de reuniões em espaços confinados, como cinemas, teatros, locais de cultos ou escritórios.

Os aspectos de infecção apresentam dados que, a princípio, podem auxiliar no controle da transmissão. Segundo Stadnytskyi (2020), a carga viral necessária para iniciar a doença é aproximadamente 1000 partículas virais (vp). Durante a respiração, exalamos em média 20 vp a cada minuto, enquanto emitimos 200 vp por minuto durante a fala. Dessa forma, uma pessoa infectada necessitaria de, em média, cerca de 50 minutos para lançar 1000 partículas virais no ar, enquanto que em uma conversa são cerca de 5 minutos. Estando em um ambiente climatizado com renovação, parte dessas partículas serão eliminadas para o ar exterior, onde serão dissipadas. Contudo, em um ambiente sem renovação de ar, as partículas devem se acumular, sendo lançadas sobre as superfícies. Outros dados apontam para a carga viral durante tosse ou espirro, chegando a 200 milhões de vp. Essa alta carga poderá permanecer no ar durante horas.

De forma geral, a questão de infecções em hospitais é complexa. Segundo relatório da ANVISA, citado por Barros (2018), cerca de 50.000 pessoas por ano morrem devido a essas infecções. Urasaki (2008), estima que a transmissão de infecção pelo ar é responsável por cerca de 10% a 20% de todas as infecções hospitalares.

## 2.1. Renovação de ar

A renovação de ar é obrigatória para os ambientes climatizados, de forma a garantir a qualidade do ar nos mesmos. A Norma Brasileira 16401 dispõe sobre as características necessárias para manutenção da qualidade do ar interior, dentre outros parâmetros.

Grande parte das instalações mais comuns utilizam equipamentos tipo Split, sem nenhum tipo de renovação do ar interior. A maior parte dos ambientes escolares climatizados, ambientes comerciais e, até mesmo, ambientes hospitalares são atendidos por equipamentos que não possibilitam a renovação de ar adequada. Grandes instalações, de forma geral, são atendidos por sistemas de climatização compostas por sistemas de renovação de ar, onde a tomada de ar exterior é realizada pela casa de máquinas, através de uma veneziana de tomada de ar exterior, dotada de registro de ar. Durante o projeto do sistema de climatização, é comum que os projetistas selecionem vazões mais baixas, dentro da faixa utilizável, considerando que uma menor taxa de renovação resulta em menor consumo de energia e, conseqüentemente, maior vida útil do equipamento. Ao longo do tempo, quando o rendimento do sistema tende a cair, a equipe de manutenção pode acabar fechando ainda mais o registro de tomada de ar exterior e reduzindo a taxa de renovação.

A manutenção de uma carga viral baixa ou nula, dentro de um ambiente climatizado, passa por uma renovação adequada, cujo estudo será necessário, uma vez que a alta taxa de renovação concorre para a minimização do rendimento do sistema e, conseqüentemente, para o aumento do consumo de energia. Além disso, o aumento excessivo da ventilação pode causar a inoperância do sistema, quando não conseguirá manter o ambiente dentro das condições de conforto, conforme estabelecidos em norma.

Em um ambiente com pessoas contaminadas, respirando e tossindo ou espirando, a carga viral tende a subir, assim o aumento da renovação é uma necessidade, especialmente em ambientes hospitalares para tratamento do coronavírus, que estão submetidos continuamente aos fatores contaminantes. Segundo Schnirring (2020), A OMS indica uma taxa de 6 trocas de ar por hora, correspondente a, em média, cerca de 25% de renovação em relação a vazão total de ar de insuflamento para uma instalação comum, e 12 trocas por hora para ambientes com pressão negativa.

Um estudo recente, realizado no Hospital da Universidade da Flórida em Gainesville (EUA), em um quarto de hospital, com um paciente com o coronavírus, foi detectada uma carga viral de 74 vp, mesmo com uma renovação de 6 trocas por hora (Lednický, 2020). Essa carga viral é bem menor que 1000 vp, contudo, a permanência de uma pessoa nesse ambiente pode ser determinante para a infecção. Ainda segundo o estudo, durante o processo da fala, tosse ou espirro, quantidades diferentes de cargas virais são expelidos. A maior parte está contida em gotículas maiores, que caem

rapidamente, em alguns minutos, contudo, partículas menores, podem ficar um maior tempo em suspensão. Além disso, a gotícula pode sofrer um efeito de evaporação e as partículas virais se dispersarem em aerossóis, que podem se manter por horas em suspensão. Isso é um problema especial em ambientes climatizados, onde a umidade é reduzida, o que favorece uma maior evaporação e, conseqüentemente, quantidade maior de aerossóis em suspensão.

Considere um ambiente com uma taxa de renovação viral de 1000 partículas virais (vp) por hora por m<sup>3</sup> de área ocupada, considere também que 5% dessas partículas estão em aerossóis e se mantêm por 4 horas em suspensão. Admitindo uma distribuição uniforme ao longo do ambiente, também que a uma pessoa adulta, em repouso, admite no processo de respiração uma vazão média de 0,36 m<sup>3</sup>/h, sendo 0,5 litros de ar por ciclo, com 12 ciclos por minuto. Nessas condições, quando o ambiente entrar em regime permanente, ou seja, com 200 vp, um indivíduo exposto por 5 horas ou mais estaria exposto a uma carga com potencial de infecção. Dentro dessa análise, é importante considerar que a maior concentração de partículas virais está próxima a fonte, sendo mais rarefeita em locais mais distantes. Contudo, é necessário levar em consideração os fluxos de ar climatizado de insuflamento e retorno, que podem lançar quantidades maiores de partículas nas áreas mais periféricas do ambiente.

Diante da análise, fica evidente o potencial de infecção para pessoas expostas por um maior tempo no ambiente infectado. Para evitar a alta concentração de partículas virais em um ambiente, é necessário um bom sistema de ventilação para renovação do ar. Contudo, a ampliação da renovação implica em aumento de custo, redução da vida útil do equipamento e queda do rendimento de climatização. Isso é um problema para algumas instalações que encontram-se no limite da carga de climatização, uma vez que seria necessária a instalação de novos equipamentos, junto ao sistema de renovação. No entanto, essas são medidas absolutamente necessárias para diversas instalações, especialmente as que utilizam equipamentos Split, como restaurantes, supermercados, agências bancárias e, até, ambientes hospitalares.

A tabela 1, abaixo, mostra uma proposta que relaciona a carga viral a renovação adequada para manter um baixo nível de infecção, em função da quantidade de pessoas infectadas. Esse levantamento considera que uma pessoa infectada mantém uma carga viral de 500 vp em um ambiente padrão de 50 m<sup>3</sup>. Os dados foram estimados em função do trabalho de Lednický (2020), que mostra uma carga de 74 vp em um quarto hospitalar com 06 trocas de ar por hora.

Tabela 1. Renovação de ar x Carga Viral

TROCAS DE AR POR HORA	500vp	1000vp	1500vp	2000vp	2500vp
	Carga Viral				
3	166	332	498	662	830
6	74	148	222	296	370
12	41	82	123	164	205

### 3. ESTUDO DE CASO

#### 3.1. Renovação em Ambientes.

O estudo de caso foi realizado com um ambiente padrão de 48 m<sup>2</sup>, que recebe calor através da condução, convecção e radiação, sendo modelado matematicamente, conforme mostra a equação 1. A modelagem foi realizada através da técnica caixa preta, utilizando os dados experimentais. As condições climáticas externas variavam em torno de 29 °C para a temperatura de bulbo seco e 70% de umidade relativa. Para a coleta de dados, foram instalados sensores conectados ao computador, em seguida os equipamentos, dois climatizadores de 22.000 btus/h, cada, foram colocados em funcionamento até a estabilização. Os dados foram utilizados para a realização do modelo matemático.

$$G_p(S) = \frac{-1,8725}{160608S^2 + 1546S + 1} \quad (1)$$

A equação 1 foi utilizada para simular uma variação na vazão do ar de 10% a 50% do valor da renovação. O estudo tem por objetivo observar como o aumento da vazão de renovação afeta o tempo gasto para o conforto do ambiente, bem como o aumento no consumo dos climatizadores. A figura 2 apresenta a performance da climatização para cinco situações de vazão, indo de um acréscimo de 10% a 50% da vazão de renovação. A curva amarela representa o acréscimo de 10%, enquanto que a curva verde representa 50% de acréscimo. As curvas lilás, azul e vermelha representam acréscimos de 20%, 30% e 40%, respectivamente. Observa-se que o aumento desse acréscimo resulta em um tempo maior para a estabilização. A figura 3 mostra as mesmas curvas de forma ampliada, para a faixa de 1000 a 1500 segundos. Nessa figura é possível observar a faixa próxima ao regime permanente, onde também é possível verificar que o decaimento da variação da curva amarela (10% de acréscimo) é maior que das demais curvas.

As curvas da figura 4 mostram os tempos de funcionamento dos compressores para as condições de vazão de renovação dadas. A curva azul corresponde ao acréscimo de 10% na vazão de renovação, enquanto as linhas laranja, amarela, lilás e verde, correspondem aos acréscimos de 20%, 30%, 40% e 50% da vazão de renovação. Observa-se que, para

as condições adotadas, o consumo de energia é maior quanto maior for o acréscimo da vazão de renovação. Assim, para 10% de acréscimo, o compressor se mantém em funcionamento ininterruptamente até próximo de 1100 segundos, enquanto para um acréscimo de 20%, o compressor funciona cerca de 35 segundos a mais que no caso anterior. Já para um acréscimo de 30% tem-se um aumento de 75 segundos no tempo de funcionamento do compressor, em relação ao primeiro. Os acréscimos de vazão de renovação de 40% e 50%, resultam em acréscimos de funcionamento do compressor de 120 segundos e 170 segundos, respectivamente.

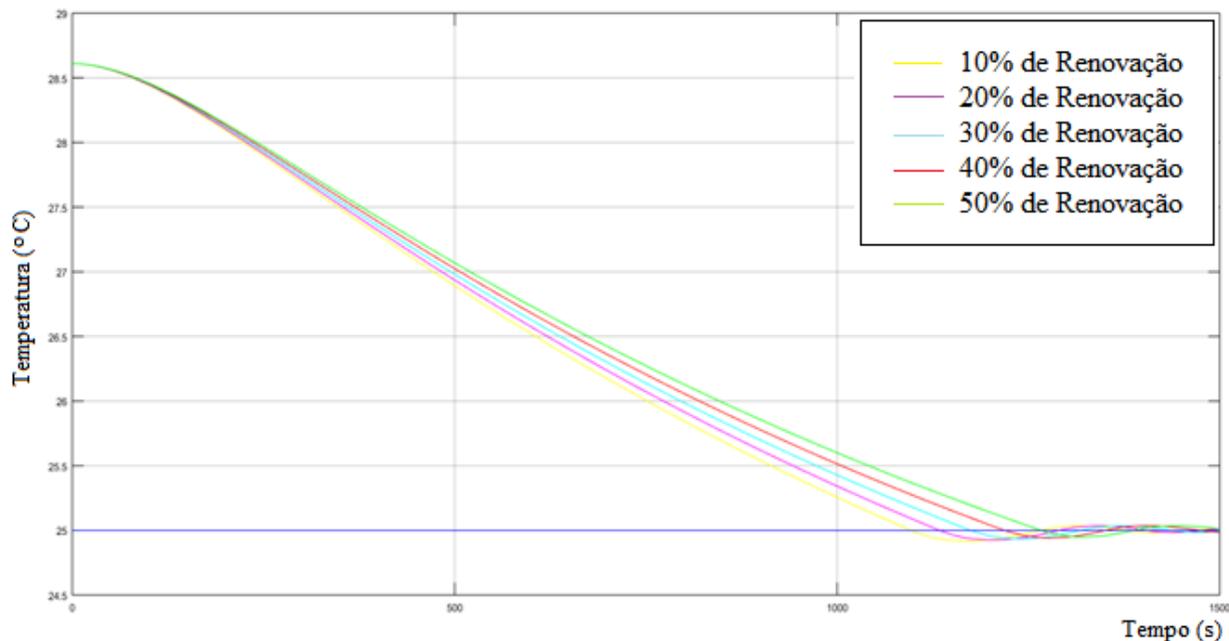


Figura 2. Curvas de Performance da Temperatura (TBS) em Função da Vazão de Renovação

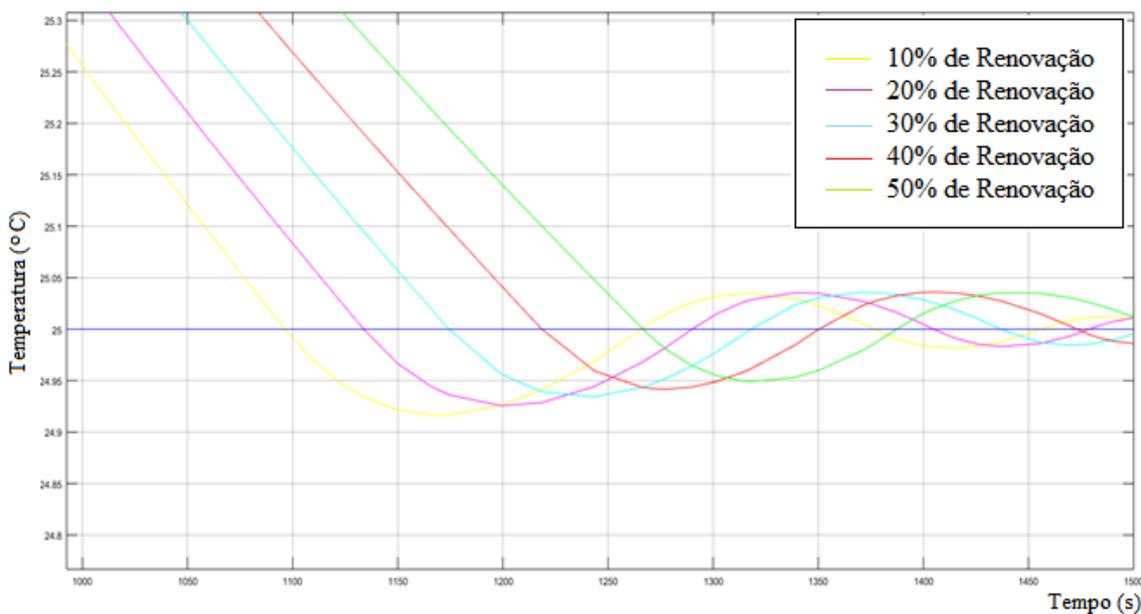


Figura 3. Gráficos Ampliados de Performance da Temperatura (TBS) em Função da Vazão de Renovação Próxima ao Regime Permanente.

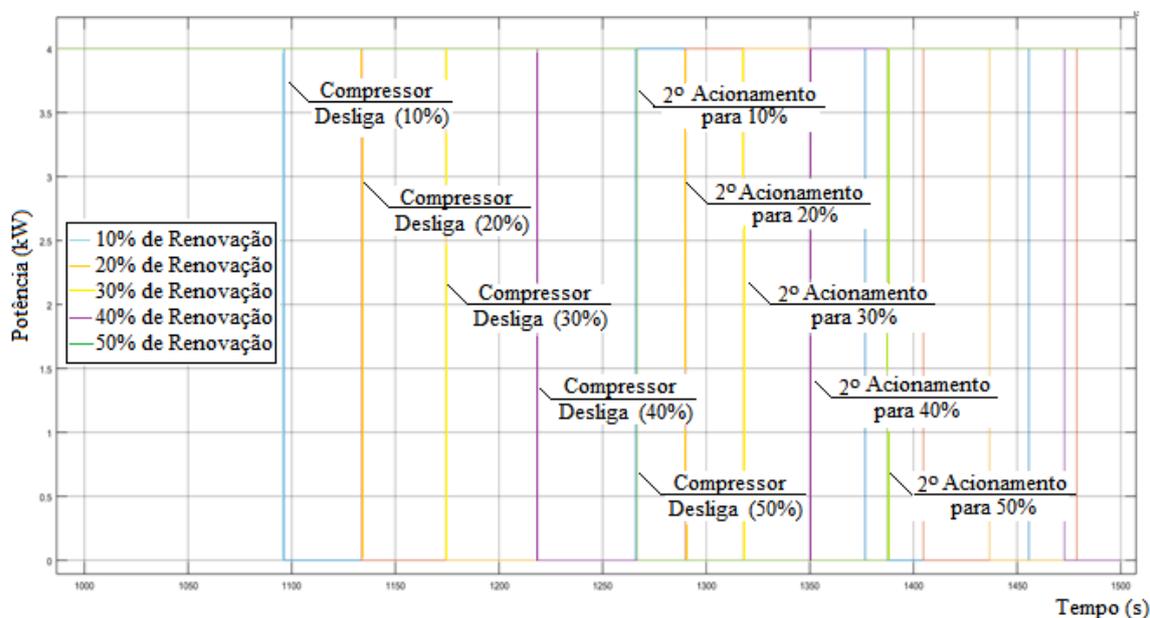


Figura 4. Tempo de Funcionamento dos Compressores em Função da Vazão de Renovação

Os resultados anteriores mostraram as curvas de funcionamento e de energia para acréscimos de 10% a 50% em relação a vazão de renovação, que foi calculada em  $375 \text{ m}^3/\text{h}$ . Contudo, para algumas instalações especiais, as vazões de renovação podem variar em até 100% da vazão total de insuflamento. Para esse estudo de caso, a vazão de insuflamento foi calculada em  $3408 \text{ m}^3/\text{h}$ , assim iremos variar a vazão total para analisar os resultados das temperaturas e dos consumos de energia. A figura 5 mostra as curvas de resposta para vazões de renovação correspondentes a 25%, 50% e 75% da vazão total de insuflamento.

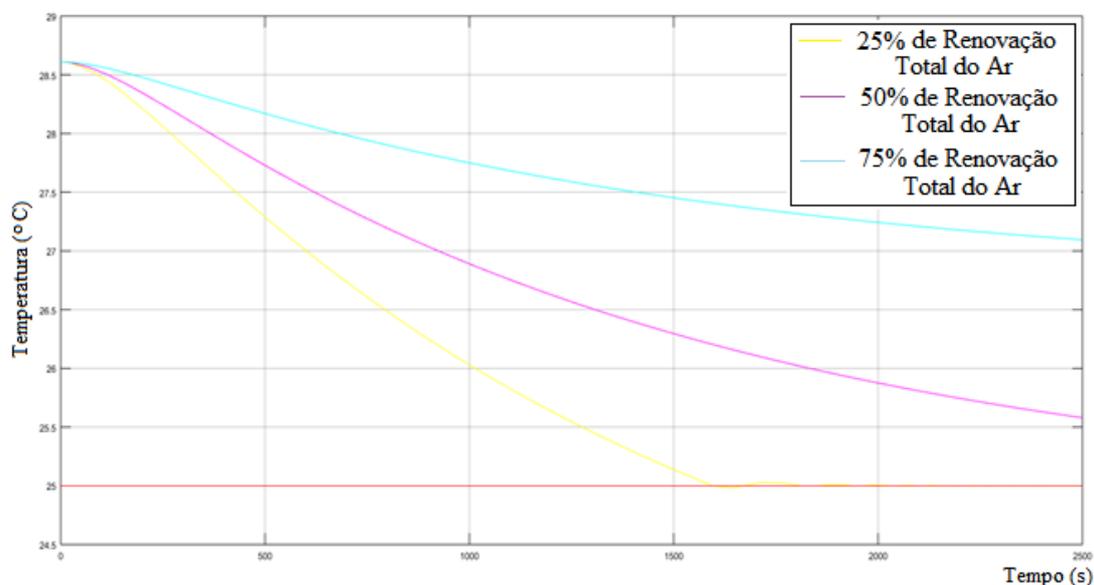


Figura 5. Performance das Temperaturas (TBS) em Função das Renovações de Ordens Superiores

Observa-se que para um acréscimo de 25% da vazão total na vazão de renovação, o tempo para alcançar a temperatura desejada aumentou para aproximadamente 1600 segundos e, conseqüentemente, o compressor permaneceu em funcionamento contínuo pelo mesmo tempo. Para acréscimos de 50% e 75%, o sistema não consegue alcançar a temperatura desejada, além disso, devido à alta carga térmica, os compressores ficariam permanentemente em funcionamento.

Sistemas de climatização com grandes vazões de renovação, como centros cirúrgicos, aplicam a carga excedente, devido à renovação, no cálculo da carga térmica total.

Muitos sistemas de climatização existentes não contam com renovação adequada, enquanto que sistemas atendidos por climatizadores ambientes não possuem renovação por ventilação, no entanto alguns realizam a renovação por infiltração, contudo, não sendo suficiente para manter a qualidade do ar. Esses ambientes contemplam os casos mais críticos para a transmissão da infecção por vias aéreas, uma vez que o ar recircula continuamente. Para esses tipos de ambientes, se faz necessária a instalação de um sistema de exaustão que promova a renovação do ar.

De maneira geral, uma forma de reduzir o acréscimo do consumo de energia elétrica devido à renovação, bem como alcançar as condições de conforto, é a utilização de rotores dessecantes. Esses equipamentos são empregados para que ocorra uma troca de calor sensível e latente entre as massas de ar da entrada e da saída. Assim, é possível aumentar a vazão de renovação e evitar resultados como os apresentados nos gráficos acima. Outra forma de reduzir o acréscimo de carga térmica desnecessariamente, é a utilização de controladores para dosar a taxa de renovação, de acordo com a quantidade de pessoas nos ambientes. A instalação de um sistema com sensor de CO<sub>2</sub> e controlador pode minimizar a renovação em função da quantidade de pessoas, o que reflete a variação da probabilidade de contaminação do ar.

Um problema de contaminação que pode ser recorrente está relacionado a transição de massas de ar entre ambientes. Considere um ambiente onde se tratam pacientes com o coronavírus e que seja cercado por outros ambientes mais comuns, como corredores e esperas. Parte da massa de ar deixará os ambientes contaminados e serão espalhados em outros ambientes, podendo contaminar pessoas diretamente ou através de superfícies. A forma correta de climatização desses ambientes seria através da técnica de pressão negativa, evitando com que a massa de ar da sala contaminada passe para outros ambientes.

#### 4. CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido é uma pequena contribuição para a discussão sobre o combate ao COVID-19, bem como outros vírus que podem ser minimizados em ambientes climatizados, através da renovação de ar.

As poucas informações científicas sobre os conteúdos abordados se constituem em uma grande dificuldade na formação de uma teoria mais concisa. O vírus da SARS Cov 2 foi descoberto muito recentemente e a quantidade de estudos concluídos é muito limitada, dessa forma, para o desenvolvimento da nossa teoria, tomamos como base alguns estudos de maior relevância.

Observamos que, segundo os dados disponíveis e os nossos desenvolvimentos, a infecção por via aérea é uma possibilidade em potencial, que precisa ser considerada e tratada, de forma a evitar a contaminação. Dentro desse contexto, a renovação do ar vem a ser a forma mais eficaz para eliminar parte dos aerossóis, controlando a quantidade de partículas virais. Mostramos a relação entre as trocas e a quantidade de partículas no ambiente, bem como o aumento do custo para faixas de renovação, revelado pelo excedente de tempo que os compressores precisam trabalhar para alcançar as condições desejadas. Também apresentamos a performance da temperatura de bulbo seco do ar em função da variação da vazão de renovação. Em função desses parâmetros, concluímos que, para um sistema bem projetado, é possível realizar uma renovação de até 25% da vazão total de insuflamento sem comprometer o desempenho do sistema. Também que, para sistemas comuns, essa parcela de renovação corresponde a cerca de 6 trocas por hora. Contudo, o aumento da quantidade de trocas pode comprometer a climatização, conforme mostra o gráfico 5. Todavia, a renovação é altamente desejável e deve ser implementada, mesmo que seja necessária uma complementação da capacidade frigorígena do sistema.

Concluimos ainda que, em regiões secas, a utilização dos resfriadores evaporativos são amplamente desejáveis, especialmente porque promove renovação total do ar, com capacidade de eliminar por completo os aerossóis em suspensão nos ambientes.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, M. M. A. et al. O enfermeiro na prevenção e controle das infecções relacionadas à assistência à saúde. *Universitas: ciências da saúde*, Brasília, v. 14, n. 1, p. 15-21, jan./jun. 2016. Disponível em: . Acesso em: 2 ago. 2018.

Braga, A. H. Guedes, *Modelagem Matemática de um Resfriador Evaporativo com Projeto de Controladores Clássicos*. CONEM 2016.

Covid-19: OMS reconhece transmissão pelo ar durante procedimentos que geram aerossóis

<https://pebmed.com.br/covid-19-oms-reconhece-transmissao-pelo-ar-durante-procedimentos-que-geram-aerossóis/>

Lednický, John A. , Lauzardo, M., Fan, Z. Hugh., Cherabuddi, K., Morris Jr., J. Glenn., Wu, Chang-Yu. SARS-CoV-2 viável no ar de um quarto de hospital com pacientes COVID-19. *International Journal of Infectious Diseases*, 2020.

Lu J, Gu J, Li K, Xu C, Su W, Lai Z, et al. Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou,, China, 2020. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(7):1628-1631. [https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0764\\_article](https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0764_article)

Mangili, A., Gendreau, Mark A., Transmissão de doenças infecciosas durante viagens aéreas comerciais. *The Lancet* - volume 365, ISSUE 9463, P989-996, 12 de março de 2005. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)71089-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)71089-8). [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(05\)71089-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(05)71089-8/fulltext)

Mohamed Abuhegazy , Khaled Talaat , Osman Anderoglu; Svetlana V. Poroseva. **Numerical investigation of aerosol transport in a classroom with relevance to Covid-19**, *Revista Physics of Fluids*, do Instituto Americano de Física (API, volume 32, Edição 10 (2020), <https://doi.org/10.1063/5.0029118>

Murphy, N., Boland, M., , Bambury, N., Fitzgerald, M., Comerford, L., Dever, N., O'Sullivan, Margaret B., Petty-Saphon, N., Kiernan, R. Jensen, M., O'Connor, L. Um grande surto nacional de COVID-19 relacionado a viagens aéreas, Irlanda, 2020. EUROSURVEILLANCE - Jornal europeu sobre vigilância de doenças infecciosas, epidemiologia, prevenção e controle. [https://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/1560-917.ES.2020.25.42.2001624#html\\_fulltext](https://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/1560-917.ES.2020.25.42.2001624#html_fulltext)

Neoprospecta - Aerossóis e transmissibilidade na prática endoscópica: a dúvida que paira no ar <https://endoscopiaterapeutica.com.br/artigoscomentados/aerossóis-e-transmissibilidade-na-pratica-endoscopica-a-duvida-que-paira-no-ar/>

OMS – Organização Mundial de Saúde - Transmissão do SARS-CoV-2: implicações para as precauções de prevenção de infecções – 2020 - <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions>

OPAS - Organização Pan-Americana de Saúde (<https://www.paho.org/pt/covid19>)

Pan, M., Lednicky, J.A., Wu, C.-Y. Coleta, dimensionamento de partículas e detecção de vírus transportados pelo ar. Journal of Applied Microbiology. 2020. <https://doi.org/10.1111/jam.14278>

Schnirring, Lisa. CIDRAP – Center for Infectious Disease Research and Policy - As mensagens de transmissão COVID-19 devem depender da ciência. 2020.

STADNYTSKY, V. The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 117, n. 22, p. 11875-11877, 2020.

Urasaki, Israel Belletti M., Júnior, Silas A. G. Sistemas de tratamento de ar em salas cirúrgicas: Estudo numérico e experimental do escoamento e distribuição de partículas – EPUSP 2008. [http://sites.poli.usp.br/d/pme2600/2008/Trabalhos%20finais/TCC\\_001\\_2008.pdf](http://sites.poli.usp.br/d/pme2600/2008/Trabalhos%20finais/TCC_001_2008.pdf)

**Abstract.** *Humanity is going through a delicate moment, the pandemic has taken countries and government officials by surprise and, even with China's indications about the characteristics of the virus, governments have been unable to prevent entry into their countries. The lack of more detailed information about the virus, its mechanisms of propagation and contagion left the populations of the world unprotected and challenged scientists from all over the planet to seek solutions to the most diverse problems arising from the pandemic, from direct questions, such as the creation of a vaccine to economic ones. The problem to which we try to make a contribution is related to air cleaning, especially in hospitals where air recirculation allows the virus to be kept in the air of the environments. Air conditioners, of the central type, are designed and assembled in order to allow a portion of the air to be released outside the environments, as described in Brazilian and international standards, however the largest portion is recirculated between the environment or environments and the exchanger of air, passing through the duct system and engine room. In addition to the recirculation of the contaminated air inside the environments, the portion of the air released outside the environments mixes with the outside air, which can cause the contaminated air to circulate in the surroundings. Some publications indicate research that shows contaminated air in the areas surrounding the hospitals. The purpose of this article is to carry out a study of the most appropriate types of ventilation, of the quantities of renewal air masses, comparing the cost benefit in relation to the increase in air renewal. We will also analyze the disinfection of part of the supply and return air in equipment of the different types of air conditioners. For all of these analyzes to be carried out, it is necessary to carry out a case study with the mathematical modeling of an environment to perform simulations of the performance of the air temperature and of the increase in consumption due to the increase in the flow of renovation. These parameters will be changed according to the quantity of renewed air mass. The study also intends to analyze how much the renovation flow can be increased, without compromising the efficiency of air conditioning. This for a conventional installation and whose air conditioning project is adequate.*

**Keywords:** Climatization, Infection of Environments, Air renewal, Pandemic.