



## **AValiação DO DESEMPENHO DE MÁSCARAS NA RETENÇÃO DE PARTÍCULAS DE LÁTEX E NaCl**

TAYANNA C. P. PEREIRA<sup>1\*</sup>, BRUNO A. LIMA<sup>1</sup>, MÔNICA L. AGUIAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química  
\*e-mail: tayannapereira@estudante.ufscar.br

**RESUMO** - No início do ano de 2020, o vírus SARS-CoV-2 causou uma doença denominada COVID-19 que provocou uma pandemia mundial. Com os números cada vez mais alarmantes de infectados pelo mundo, a OMS recomendou que a população também usasse máscaras para a sua proteção, aumentando o consumo deste EPI, levando a escassez de máscaras no mercado mundial. Dentro deste contexto, o entendimento sobre a diferença entre os tipos de máscaras e as normas que vigoram sobre a caracterização destas é muito importante. O presente trabalho visa avaliar a interferência do tipo de partícula utilizada no teste de Eficiência de Filtração de Partículas (EFP) indicado para máscara cirúrgica. Os resultados obtidos neste trabalho comprovam que tanto as partículas de Látex quanto as de NaCl podem ser utilizadas na geração de aerossóis para testar máscaras cirúrgicas. E que o parâmetro que interfere diretamente nos resultados é a vazão/velocidade superficial de realização do teste. Além disso, foi possível comprovar que as máscaras cirúrgicas utilizadas na realização deste trabalho não atingiram a EFP esperada e padronizada pelas normas técnicas e isto está relacionado há vários fatores como: vazão/velocidade superficial, equipamento utilizado na realização dos testes, tamanho das partículas na realização dos testes etc.

### **INTRODUÇÃO**

O mundo inteiro foi atingido pelo coronavírus (COVID-19), uma síndrome respiratória aguda grave (SARS-CoV-2), com uma alta taxa de transmissão (Konda et al., 2020). Essa doença foi descoberta na China e espalhou-se de país em país seguindo rotas de viagens. O primeiro relato na Organização Mundial da Saúde (OMS) foi em 31 de dezembro de 2019 e rapidamente se tornou uma pandemia (Morawska & Cao, 2020).

Os equipamentos de proteção individual (EPI's) são essenciais para proteger os profissionais de saúde que atendem pacientes com COVID-19, sendo eles: máscara facial ou respirador, roupa de proteção, avental, luvas, óculos de proteção, protetor facial (*face shield*), botas (Huang et al., 2020; Lepelletier et al., 2020). A Organização Mundial da Saúde (OMS) elaborou algumas recomendações de

quais EPI's devem ser utilizados de acordo com o ambiente que os profissionais estarão, por tipo de pessoa que irão atender e procedimentos que serão realizados. Além disso, a população começou a utilizar máscaras no intuito de diminuir a taxa de transmissão do vírus (Huang et al., 2020).

A contaminação deste vírus pode ocorrer através do contato com gotículas ou aerossóis gerados durante a fala e espirro (Blachere et al., 2022; Chand et al., 2021; Prather et al., 2020). As gotículas por serem maiores e mais pesadas, tendem a se depositar em superfícies, já os aerossóis permanecem mais tempo no ar, locomovendo-se por uma maior distância, permitindo contaminação através do ar (transmissão aérea) (Li et al., 2022; Tang et al., 2021). Por tanto, a OMS recomenda medidas de prevenção como: evitar aglomeração, utilização de máscaras e ter os cuidados de higiene necessários (Aydin et al., 2020; Morawska & Cao, 2020).

O uso de máscara facial durante uma pandemia envolvendo agente transmissível pelo ar é muito importante, pois impede a inalação de gotículas infecciosas diminuindo a disseminação da doença. Além de impedir a inalação, previne a contaminação do ambiente em que as pessoas se encontram (Davies et al., 2013). Existem diferentes tipos de máscaras faciais e respiradores que oferecem diferentes níveis de proteção (Chua et al., 2020).

No início da pandemia, o fornecimento de máscaras e respiradores não conseguiu suprir as necessidades, as máscaras de tecido passaram a ser opção e foram recomendadas pelos órgãos de saúde para serem usadas pela população como forma de uma resposta antecipada a prevenção contra o vírus (Aydin et al., 2020; Lima et al., 2020).

Muitos trabalhos começaram a ser realizados para contribuir para o achatamento da curva de contaminação como, por exemplo, melhorar a eficiência dos equipamentos de proteção individual (Lockhart et al., 2020). Neste sentido, Aydin et al. (2020) e Konda et al. (2020) realizaram estudos para avaliar a eficiência de filtração de diferentes tecidos utilizados na fabricação de máscaras caseiras. Outros estudos estão sendo realizados referente a vacina e algumas já foram aprovadas pela OMS como a Pfizer, Moderna, Janssen, AstraZeneca/Oxford entre outras (World Health Organization, 2021). Os resultados obtidos até o momento têm demonstrado que as vacinas para COVID-19 têm reduzido o número de morte pela doença.

Analisando todos esses contextos, este trabalho tem como objetivo avaliar a diferença da utilização de partículas de NaCl e de Látex no teste de eficiência de filtração para aerossóis. Além disso, avaliar os resultados obtidos durante a realização dos testes e comparar com os parâmetros estabelecidos pelas normas técnicas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As máscaras utilizadas neste estudo foram máscaras cirúrgicas adquiridas em lojas especializadas e estão descritas na Tabela 1, que apresenta as informações fornecidas pelo fabricante. Além das máscaras cirúrgicas foram

também caracterizados dois respiradores (PFF), para comparar com os resultados obtidos utilizando as máscaras cirúrgicas.

Tabela 1: Máscaras utilizadas durante os testes.

| Máscaras | Descrição na caixa                        |
|----------|---|
| A95%     | 95% de EFP                                |
| A98%     | 98% de EFP                                |
| B        | 99% EFB                                   |
| C1       | 95% EFB e 98% EFP                         |
| C2       | Máscara de uso não profissional           |
| D        | EFB $\geq$ 98,5%                          |
| E        | Máscara de proteção PFF2/S-KN95, EFB >95% |
| F        | Máscara PFF2                              |

## Estabilização das partículas

Foram realizados experimentos para comparar a estabilidade da geração de partículas de Látex e de NaCl. O procedimento experimental consiste em preparar a solução de Látex, que é utilizada para os testes de eficiência de filtração, adicioná-la no gerador de partículas e então ligar a bomba para iniciar a geração de partículas. A vazão foi ajustada para 28 L/min e após 5 minutos, tempo para que houvesse a estabilização de partículas no sistema, iniciou-se a contagem 24 vezes de 60 segundos para partículas de 98,2 e 101,8 nm. O mesmo procedimento foi repetido para a solução de NaCl de 0,1 g/L. A concentração da solução de NaCl foi definida de acordo com a quantidade de partículas que deveriam ser geradas para comparar com a quantidade de partículas geradas com a solução de Látex, para partículas de 100 nm.

## Queda de Pressão

O princípio da determinação de pressão diferencial consiste em medir a diferença de pressão antes e depois do material filtrante colocado em uma corrente de ar a uma vazão de ar controlada e conhecida.

O procedimento consiste em conectar o manômetro eletrônico na linha de testes de filtração, onde a amostra da máscara a ser caracterizada está devidamente ajustada a um suporte do sistema de filtração, e ligá-lo. É

muito importante garantir que não existam vazamentos no sistema de filtração, para evitar erros na medida da queda de pressão. Em seguida, a vazão de ar foi ajustada para 8 L/min, como é estabelecido pela Norma ABNT NBR 15052 (2021). A área de teste foi de 5,12 cm<sup>2</sup>, valor permitido pela norma. Após o estabelecimento da vazão pode-se medir a resistência à passagem de ar pela máscara, ou seja, a queda de pressão (ABNT NBR 15052, 2004). Estes testes foram realizados em todas as amostras de cada máscara, de acordo com que as normas estabelecem, e o valor da queda de pressão da máscara analisada foi obtido calculando-se a média dos valores encontrados para cada amostra retirada desta máscara.

### Eficiência de filtração

O teste de determinação de eficiência de filtração de partículas consiste em nebulizar nanopartículas e transferi-las para o fluxo de ar que atravessa a máscara cirúrgica com uma vazão definida. As partículas são contadas antes e depois da máscara, dessa forma é possível obter a eficiência de filtração das partículas a partir da diferença da quantidade de partículas encontradas antes e depois. O teste foi realizado no equipamento do Laboratório de Controle Ambiental de eficiência de filtração da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Inicialmente, liga-se o equipamento e em sequência realiza-se o ajuste da leitura de tamanho das partículas que se deseja analisar, para estes testes foi de 100 nm. Logo em seguida, liga-se o gerador de partículas para gerar as nanopartículas, através da solução de NaCl ou de Látex, para a realização dos testes de filtração. A amostra da máscara foi preparada e adicionada ao suporte. O suporte foi fechado e verificou-se se o sistema de filtração estava sem vazamento de ar. Em seguida, a vazão foi estabelecida, os equipamentos foram todos ligados, esperava-se 5 minutos para a estabilização da geração das partículas e iniciava-se os testes de filtração para determinar a eficiência daquela amostra. Devido o equipamento realizar a contagem de partículas por amostragem e não do fluxo inteiro, a coleta de dados foi realizada por 60 segundos antes da máscara e por mais 60 segundos depois da máscara, sendo amostradas,

de forma alternada, três coletas antes e três coletas após o suporte com a máscara. Estes testes foram realizados com 4 amostras que foram cortadas de cada máscara.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estabilização das partículas

O resultado do teste de estabilização de partículas está apresentado na Figura 1. Nota-se que a partícula de látex começou com uma concentração de 633,9 #/cm<sup>3</sup> e terminou com a concentração de 511,7 #/cm<sup>3</sup>, obtendo uma variação de 19,3%. É possível verificar que a geração das partículas de látex vai diminuindo com o passar do tempo, não apresentando estabilidade na geração das partículas. A partir do desvio da concentração de partículas, foi possível calcular a porcentagem da variação com o tempo. Observa-se que o desvio padrão para a partícula de Látex foi de 35,4, correspondendo a 6,2% da média das concentrações encontradas. Verifica-se então uma grande variação da concentração das partículas de Látex, influenciando diretamente nos resultados de eficiência de filtração.

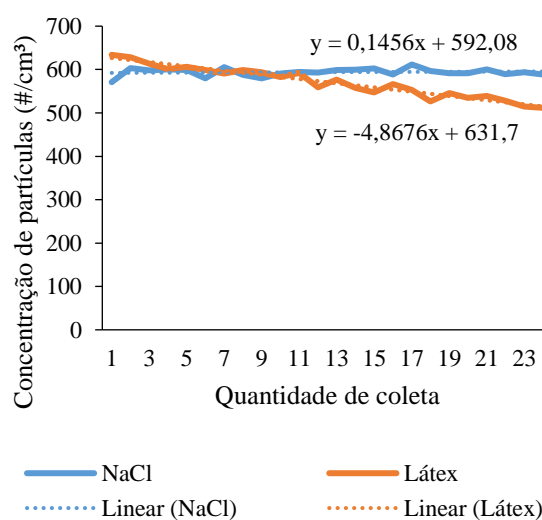


Figura 1: Representação da variação da concentração das partículas de Látex e NaCl a cada coleta.

Analisando as concentrações da solução de NaCl, observa-se uma boa estabilidade na geração de partículas. A variação da geração das partículas de NaCl foi muito menor do que a variação da geração das partículas de látex. Nota-se que, para as partículas de NaCl, a

concentração começou em 570,9 #/cm<sup>3</sup> e terminou em 588,4 #/cm<sup>3</sup>, com variação de 3,1% entre o maior e menor valor de concentração. A partir do desvio da concentração de partículas, foi possível calcular a porcentagem da variação com o tempo. Observa-se que o desvio padrão para as partículas de NaCl foi de 9,0 correspondendo a 1,5% da média das concentrações encontradas.

Comparando os resultados encontrados para as nanopartículas utilizadas, verifica-se que para as partículas de NaCl a concentração manteve-se mais estável durante a geração do que quando foram geradas partículas de Látex, levando a valores de eficiência de filtração mais consistentes. Isto também pode ser verificado na Figura 1, que é possível observar claramente que as partículas vão diminuindo com o aumento das coletas. Isto ocorreu porque durante a geração das nanopartículas de Látex a concentração caía constantemente, ocasionando em resultados instáveis. Este comportamento das partículas de Látex ocorre independente da concentração de partículas, o que pode justificar é a instabilidade da solução de Látex.

### Queda de pressão (respirabilidade)

Este teste verifica o conforto que a máscara proporciona ao usuário. A combinação dos resultados da eficiência de filtração e da queda de pressão é muito importante, porque a máscara deve ser eficiente e confortável para proporcionar uma melhor proteção ao usuário. Deve-se ressaltar que quanto menor a queda de pressão, melhor é a respirabilidade do tecido da máscara, o que torna a máscara mais confortável para o usuário.

A Figura 2 apresenta os resultados de queda de pressão por unidade de área obtidos para as máscaras que foram submetidas ao teste de acordo com a norma brasileira ABNT NBR 15052 (2004), em que a máscara deveria obter um valor de queda de pressão inferior ou igual a 4 mmH<sub>2</sub>O/cm<sup>2</sup> (39,2 Pa/cm<sup>2</sup>).

Na Figura 2 está apresentado um gráfico com os valores de queda de pressão por unidade de área das máscaras que foram testadas segundo a Norma ABNT NBR 15052 (2004). É possível observar que as máscaras A95%, A98% e C1 apresentaram os valores de queda

de pressão por unidade de área próximos ao limite estabelecido pela norma (4 mmH<sub>2</sub>O/cm<sup>2</sup>). Já a máscara C2 (máscara de uso não profissional) apresentou o menor valor de queda de pressão por unidade de área, de 0,11 mmH<sub>2</sub>O/cm<sup>2</sup> para vazão de 8 L/min. Nota-se que a máscara B apresentou um valor de queda de pressão por unidade de área 3 vezes maior ao permitido pela norma. Por fim, a máscara D ultrapassou o limite de queda de pressão por unidade de área.

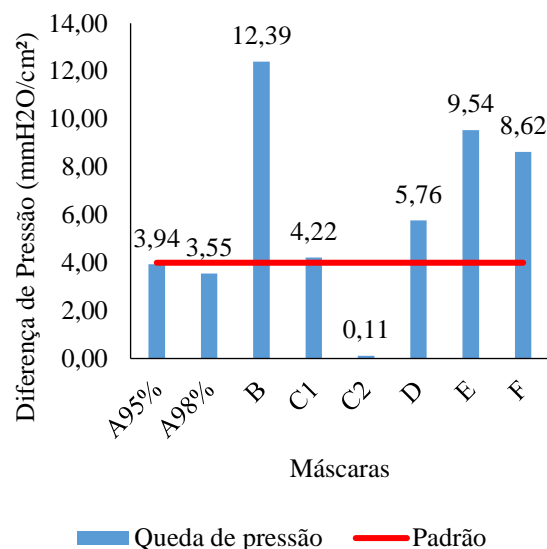


Figura 2: Queda de Pressão das máscaras segundo a norma brasileira ABNT NBR 15052 (2004).

As máscaras denominadas de E e F são os respiradores e são classificados como PFF2, logo são máscaras que proporcionam maior proteção quando comparado com a máscara cirúrgica. Ela é própria para proteger contra aerossóis e particulados muito finos, diferentemente da máscara cirúrgica. Devido a isso, é normal para este tipo de máscara apresentar valores de queda de pressão por unidade de área superior ao que é permitido para máscaras cirúrgicas. As máscaras (respiradores) E e F apresentaram valores de queda de pressão por unidade de área de 9,54 mmH<sub>2</sub>O/cm<sup>2</sup> (93,56 Pa/cm<sup>2</sup>) e de 8,62 (84,56 Pa/cm<sup>2</sup>), respectivamente. Estes resultados são considerados adequados para o tipo de EPI que eles representam. Ao comparar estes valores de quedas de pressões por unidade de área com os das outras máscaras, constata-se que a máscara B, mesmo sendo uma máscara cirúrgica, obteve o maior valor de queda de pressão por unidade

de área, do que as máscaras (respiradores) E e F.

Testar respiradores nas condições das máscaras cirúrgicas foi importante, porque permitiu observar que mesmo sendo mais eficientes eles podem apresentar valores de queda de pressão por unidade de área menores do que os obtidos por algumas máscaras cirúrgicas disponíveis no mercado, como foi o caso da máscara B, por exemplo.

### Eficiência de Filtração de Partículas (EFP)

As partículas utilizadas para determinar a eficiência das máscaras foram as nanopartículas de látex de 100 nm e os resultados obtidos estão apresentados na Figura 3.

Segundo Torloni e Vieira (2003) a atividade respiratória de uma pessoa que está realizando trabalho médio é de 29,2 L/min, ou seja, apesar da vazão de 28 L/min ser estabelecida devido a uma condição do equipamento que recomendam ser utilizado está próximo a um valor de atividade de trabalho médio (Torloni & Vieira, 2003).

Verifica-se na Figura 3 que as máscaras da Empresa A (A95%; A98%), que têm suas especificações dos produtos descritas na caixa com eficiências de 95% e de 98% para partículas de 100 nm. No entanto, os resultados obtidos de eficiência foram de 52,76% e 55,96%, respectivamente. A máscara C1 (95%EFB e 98%EFP) também apresentou uma eficiência de filtração de 53,79%, resultado bem próximo dos resultados atingidos para as máscaras da empresa A. A máscara da empresa B foi a que apresentou o melhor resultado de eficiência de filtração, dentre as máscaras cirúrgicas investigadas aqui, com o valor máximo de 65,23%. Já a máscara C2, de uso não profissional, apresentou resultado de eficiência de filtração muito baixo, sendo apenas de 1,76%, e foi a máscara que obteve a menor queda de pressão por unidade de área. Por fim, também foram testados dois respiradores (denominados de máscaras E e F) para análise de comparação. É possível verificar que o respirador E e F apresentaram o maior desempenho, 64,34% e 79,45%, respectivamente. Este resultado não era o esperado, por serem respiradores e deveriam

apresentar uma melhor eficiência, ou seja, acima de 95% para partículas de 100 nm.

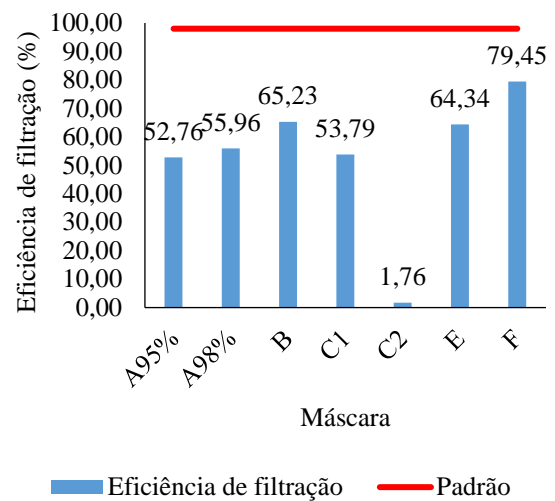


Figura 3: Testes de eficiência de filtração utilizando partícula de Látex e vazão de 28 L/min.

Avaliando os resultados na Figura 3, as máscaras A95%, A98% e C1 apresentaram valores de eficiência de filtração próximo a 50% e valores de quedas de pressão por unidade de área (respirabilidade) também foram próximos, em torno de 4 mmH<sub>2</sub>O/cm<sup>2</sup>. Porém, analisando os resultados de eficiência e de respirabilidade, observa-se que a máscara A98% foi a que apresentou melhor desempenho nos dois testes. Já a máscara C2 foi a que obteve menor valor de eficiência de filtração e de queda de pressão por unidade de área. Já a máscara B foi a que apresentou o maior valor de eficiência de filtração entre as máscaras cirúrgicas, sendo até mesmo superior ao do respirador E, porém, a queda de pressão por unidade de área foi 3 vezes maior que o estabelecido pela norma.

Verifica-se também que o melhor valor de eficiência de filtração foi para o respirador F, apresentou queda de pressão superior ao que é permitido pela norma de máscaras cirúrgicas, mas por ser uma respirador a queda de pressão ser superior é esperado. Dessa forma, o respirador F foi o que alcançou maior proteção contra partículas de 100 nm e maior conforto para o usuário.

Os testes utilizando nanopartículas de NaCl (100 nm), vazão de ar de 28 L/min, foram realizados para comparar com os resultados obtidos utilizando as nanopartículas de Látex. Também foram utilizadas vazões de 7 e 4



L/min, para avaliar a influência da vazão de ar nos resultados de eficiência de filtração, e por estas vazões ser as estabelecidas, para os testes de eficiência de filtração, pela Norma Americana (ASTM F2299, 2017), e, assim, comparar as normas Brasileira e Americana. Os resultados obtidos utilizando nanopartículas de NaCl para as 3 vazões estão apresentados na Figura 4.

Comparando os resultados apresentados na Figura 3 com a Figura 4, para a vazão de 28 L/min, verifica-se que utilizando as nanopartículas de Látex a eficiência de filtração foi um pouco superior às obtidas quando as nanopartículas de NaCl foram utilizadas. Como já comprovado na Figura 1 que a geração das partículas de Látex diminui com o tempo, logo os testes realizados com nanopartículas de Látex podem apresentar aumento na eficiência de filtração.

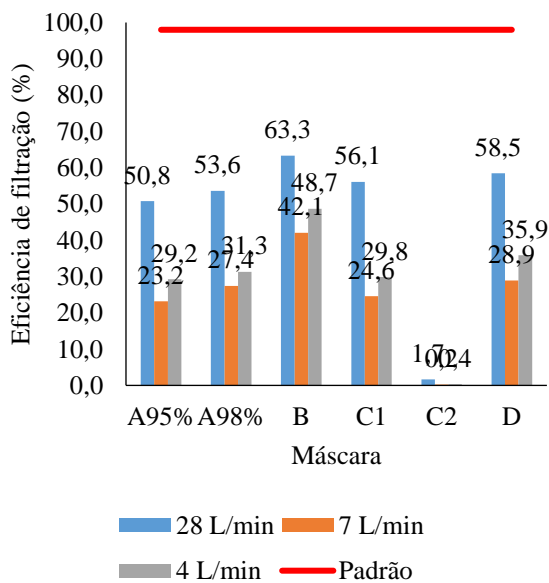


Figura 4: Eficiência de filtração de nanopartículas de NaCl de acordo com a norma ABNT NBR 15052 (2004).

Sabe-se que a respiração humana de uma pessoa que se encontra em repouso é de 6 L/min (Hyldgård, 1994) a vazão de 7 L/min é a que mais se aproxima. Analisando os resultados de eficiência para as nanopartículas de NaCl, nota-se que ao diminuir a vazão de ar para 7 L/min eficiência de filtração caiu consideravelmente. Para as máscaras das empresas C, D e A95% esta queda na eficiência de filtração foi de aproximadamente de 50%. Novamente, a máscara da empresa B foi a que

obteve o melhor resultado de eficiência de filtração, bem como a menor redução de eficiência de filtração com a variação das vazões de ar. As eficiências de filtração para a máscara da empresa B foram em torno de 63% para a vazão de 28 L/min, de 42% para a vazão de 7 L/min e de 49% para a vazão de 4 L/min, com redução de aproximadamente 21% na eficiência de filtração. Já a máscara da empresa C2, de uso não profissional, a eficiência de filtração foi muito baixa para as vazões testadas, praticamente estas máscaras não apresentaram eficiência de filtração, sendo assim uma máscara ineficiente para partículas de 100 nm. A máscara que obteve o segundo melhor resultado foi a máscara da empresa D, em que a eficiência de filtração foi em média de 58% para a vazão proposta pela Norma Brasileira.

Verificou-se que a eficiência de filtração para as máscaras cirúrgicas analisadas foi muito baixa, mesmo para a menor vazão de ar, que pode ser considerada, quando a pessoa está em repouso e/ou realizando trabalho leve. Este teste foi realizado avaliando apenas partículas de 100 nm. No entanto, a máscara cirúrgica são indicadas para proteção contra patógenos transmitidos por gotículas à curta distância e pela projeção de sangue ou de fluido corpóreo (ANVISA, 2009), logo, para esta finalidade, considerando a realização de testes utilizando gotículas na faixa micrométrica, estas máscaras cirúrgicas sejam adequadas para serem utilizadas.

Verifica-se na Figura 4 que os resultados de eficiência de filtração atingidos para a vazão de 4 L/min e, conseqüentemente, velocidade superficial de filtração menor, a eficiência de filtração aumentou quando a vazão de ar foi de 7 L/min para 4 L/min, para quase todas as máscaras das diferentes empresas aqui investigadas, exceto para a máscara C2, de uso não profissional, que diminuiu. Para explicar este comportamento foi calculado o número de Reynolds para cada vazão e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2. Segundo a Norma Americana ASTM F2299 (2017) é importante manter o número de Reynolds inferior a 1000 para manter o escoamento em regime laminar. Dessa forma, determinou-se, para a vazão de 28 L/min, o número de Reynolds, sendo o valor

obtido de 1596,7, superior ao que é proposto na Norma Americana. Esse alto número de Reynolds pode interferir nos mecanismos de coleta das partículas, que passam a se movimentarem de forma mais aleatória,

facilitando o choque entre as partículas e as fibras, aumentando assim a eficiência de filtração, o que pode justificar a queda da eficiência de filtração quando a vazão diminui de 28 L/min, para 7 L/min.

Tabela 2: Reynolds para cada vazão utilizado durante os testes.

| Vazão (L/min) | Velocidade de face (m/s) | Viscosidade (kg/ms) | Diâmetro (m) | Densidade (kg/m <sup>3</sup> ) | Reynolds |
|---------------|--------------------------|---------------------|--------------|--------------------------------|----------|
| 28            | 0,9553                   |                     |              |                                | 1596,7   |
| 7             | 0,2388                   | 0,000184            | 0,02494      | 1,2922                         | 399,2    |
| 4             | 0,0682                   |                     |              |                                | 114,1    |

A justificativa, para as máscaras investigadas neste estudo não alcançar eficiências de filtração próximas às que são exigidas pelas normas, pode estar relacionada ao equipamento utilizado para determinar a eficiência de filtração para partículas de 100 nm. O contador de partículas que foi utilizado, do Laboratório de Controle Ambiental da UFSCar, é o Ultrafine Condensation Particles Counter (model 3776), possui uma eficiência bem superior ao contador de partículas que a norma brasileira sugeria. O contador de partículas proposto pela norma é o Contador de Partículas de Aerossol (lasair III 110), que possui uma eficiência de contagem de 50% para partículas de 100 nm (PMS LPC-110, 2016), enquanto que o contador utilizado aqui (TSI 3776, 2006) possui uma eficiência de filtração próximo a 100% para partículas de 100 nm. Dessa forma, devido a este fator de eficiência de aproximadamente 100% do contador Ultrafine Condensation Particles Counter, torna os resultados de eficiência de filtração encontrados neste estudo mais precisos e próximos da realidade.

### Interferência da quantidade de partículas geradas

Para avaliar a influência da quantidade de partículas que são geradas, foi realizado testes com a máscara A98%, variando a concentração das partículas. Foi realizado o teste com duas concentrações, para as partículas de látex e NaCl e os resultados estão apresentados na Figura 5 e Figura 6, respectivamente. O teste utilizando Látex foi realizado da mesma forma que o teste 1 foi realizado, avaliando partículas de látex com 100 nm, na vazão de 28 L/min. E

o teste com NaCl foi realizado da mesma forma que o teste 5, avaliando partículas de NaCl com tamanho de 8,2 a 289 nm, nas vazões de 7, 4 e 2 L/min.

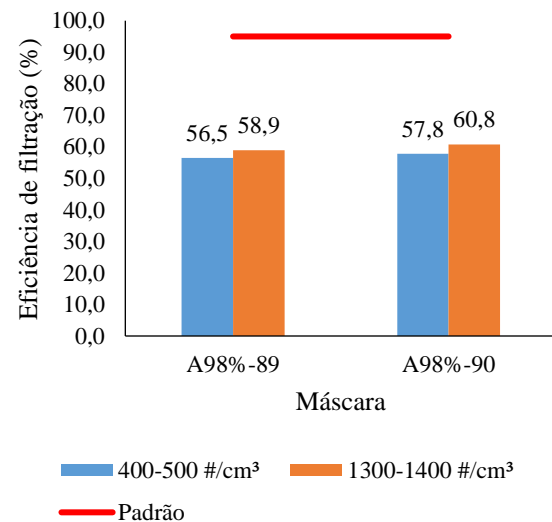


Figura 5: Resultado com a variação da geração das partículas de Látex.

A concentração 2 foi 2,5-3 vezes maior que a concentração 1, para avaliar a real interferência da quantidade de partículas no desempenho da máscara. Nota-se que para as duas partículas os resultados de eficiência de filtração foram muito próximos, mesmo com a variação da concentração. Este resultado mostra que a essa variação da concentração de partículas não interfere diretamente nos testes de eficiência realizados para as máscaras. Nota-se que os resultados encontrados aqui foram próximos aos resultados para as máscaras A98%, que foram submetidas as mesmas condições experimentais.

Porém, vale ressaltar que durante um teste, no início dos estudos, observou-se que houve uma alta geração das partículas e isso provocou um aumento da pressão do sistema e da eficiência de filtração de partículas rapidamente. A grande geração de partículas obstruiu os poros do meio filtrante, aumentando cada vez mais a retenção das partículas, devido às interações entre as partículas. Esta situação acarretou o aumento da eficiência de filtração e da queda de pressão do sistema durante a realização dos testes.

Devido a este ocorrido, foi avaliado o que estava causando esta grande geração de partículas e ajustou-se o sistema para que os testes fossem realizados de forma a não ter este tipo de interferência.

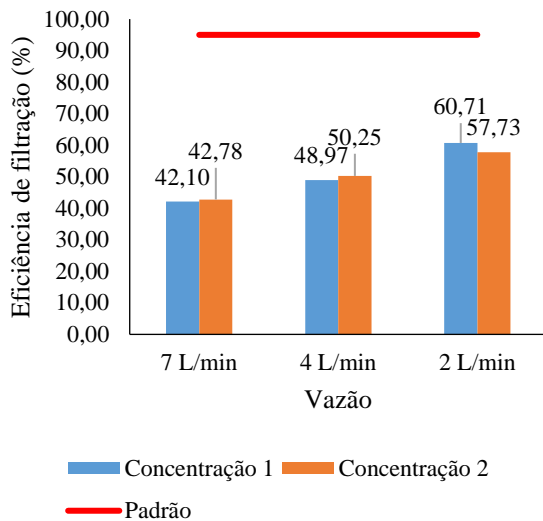


Figura 6: Resultado com a variação da geração das partículas de NaCl.

## CONCLUSÃO

Os resultados apresentados neste trabalho comprovam que as máscaras testadas não atingiram os resultados de Eficiência de Filtração de Partículas devido há vários fatores como: tamanho da partícula analisada, alta eficiência de contagem do equipamento utilizado, vazão de teste estabelecida. Comprovando que a norma brasileira vigente no início da pandemia apresentava gargalos que precisavam ser revistos.

Comparando os resultados de Eficiência de filtração de Partículas para a vazão de 28 L/min, comprova que a partícula utilizada não interfere diretamente no teste. E pelo teste de estabilidade de partículas comprova que utilizar

partículas de NaCl tornam os resultados mais estáveis e confiáveis, por manter a geração estável com pequena variação na concentração de partículas. Dessa forma, vale ressaltar que as duas partículas podem ser utilizadas, apesar da partícula de látex apresentar maior instabilidade sendo mais difícil trabalhar. Porém, sabe-se que na leitura de alguns equipamentos a forma da partícula interfere no resultado. Nestes casos, se as partículas de Látex favorecer na contagem das partículas, elas podem ser utilizadas, mas deve-se tomar maior cuidado com durante a realização dos testes.

Sendo assim, a escolha de partícula deve ser feita de acordo com o equipamento que será utilizado e de acordo com a facilidade da realização do teste. Por fim, este trabalho permitiu avaliar que variação na concentração de partículas não interfere diretamente nos resultados.

## REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 15052. (2004). Artigos de não tecido de uso odonto-médico-hospitalar - Máscaras cirúrgicas - Requisitos. *Associação Brasileira de Normas Técnicas*, 19. <https://doi.org/01.080.10; 13.220.99>
- ANVISA. (2009). *Cartilha de Proteção Respiratória contra Agentes Biológicos para Trabalhadores de Saúde*.
- ASTM F2299. (2017). Standard Test Method for Determining the Initial Efficiency of Materials Used in Medical Face Masks to Penetration by Particulates Using Latex Spheres. *American Society for Testing and Materials*, 03(Reapproved), 1–8. <https://doi.org/10.1520/F2299>
- Aydin, O., Emon, B., Cheng, S., Hong, L., & Chamorro, L. P. (2020). Performance of fabrics for home-made masks against the spread of COVID-19 through droplets: A quantitative mechanistic study. *Extreme Mechanics Letters*, 40, 100924. <https://doi.org/10.1016/j.eml.2020.100924>
- Blachere, F. M., Lemons, A. R., Coyle, J. P., Derk, R. C., Lindsley, W. G., Beezhold, D. H., Woodfork, K., Duling, M. G., Boutin, B., Boots, T., Harris, J. R., Nurkiewicz, T., & Noti, J. D. (2022). Face mask fit



- modifications that improve source control performance. *American Journal of Infection Control*, 50(2), 133–140. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2021.10.041>
- Chand, A. A., Lal, P. P., Prasad, K. A., & Mamun, K. A. (2021). Practice, benefits, and impact of personal protective equipment (PPE) during COVID-19 pandemic: Envisioning the UN sustainable development goals (SDGs) through the lens of clean water sanitation, life below water, and life on land in Fiji. *Annals of Medicine and Surgery*, 70(August), 102763. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.102763>
- Chua, M. H., Cheng, W., Goh, S. S., Kong, J., Li, B., Lim, J. Y. C., Mao, L., Wang, S., Xue, K., Yang, L., Ye, E., Zhang, K., Cheong, W. C. D., Tan, B. H., Li, Z., Tan, B. H., & Loh, X. J. (2020). Face Masks in the New COVID-19 Normal: Materials, Testing, and Perspectives. *Research*, 1–40. <https://doi.org/10.34133/2020/7286735>
- Davies, A., Thompson, K.-A., Giri, K., Kafatos, G., Walker, J., & Bennett, A. (2013). Testing the Efficacy of Homemade Masks: Would They Protect in an Influenza Pandemic? *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 7(4), 413–418. <https://doi.org/10.1017/dmp.2013.43>
- Huang, H., Fan, C., Li, M., Nie, H. L., Wang, F. B., Wang, H., Wang, R., Xia, J., Zheng, X., Zuo, X., & Huang, J. (2020). COVID-19: A Call for Physical Scientists and Engineers. *ACS Nano*. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c02618>
- Hyldgård, C.-E. (1994). Humans as a source of heat and air pollution. *Dept. of Building Technology and Structural Engineering*, R9414.
- Konda, A., Prakash, A., Moss, G. A., Schmoltd, M., Grant, G. D., & Guha, S. (2020). Aerosol Filtration Efficiency of Common Fabrics Used in Respiratory Cloth Masks. *ACS Nano*, 14(5), 6339–6347. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c03252>
- Lepelletier, D., Grandbastien, B., Romano-bertrand, S., & Aho, S. (2020). What face mask for what use in the context of the COVID-19 pandemic? The French guidelines. *Journal of Hospital Infection*, 105, 414–418. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.04.036>
- Li, X., Ding, P., Deng, F., Mao, Y., Zhou, L., Ding, C., Wang, Y., Luo, Y., Zhou, Y., MacIntyre, C. R., Tang, S., Xu, D., & Shi, X. (2022). Wearing time and respiratory volume affect the filtration efficiency of masks against aerosols at different sizes. *Environmental Technology and Innovation*, 25(7), 102165. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102165>
- Lima, M. M. de S., Cavalcante, F. M. L., Macêdo, T. S., Galindo-neto, N. M., Caetano, J. Á., & Barros, L. M. (2020). Máscaras de tecido para a prevenção da COVID-19 e outras infecções respiratórias \* Introdução Método. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 28(e3353). <https://doi.org/10.1590/1518-8345.4537.3353>
- Lockhart, S. L., Duggan, L. V., Wax, R. S., Saad, S., & Grocott, H. P. (2020). Personal protective equipment (PPE) for both anesthesiologists and other airway managers: principles and practice during the COVID-19 pandemic. *Canadian Journal of Anesthesia*, 67(8), 1005–1015. <https://doi.org/10.1007/s12630-020-01673-w>
- Morawska, L., & Cao, J. (2020). Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. *Environment International*, 139, 105730. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105730>
- PMS LPC-110. (2016). Lasair III 110 - Contador de partículas de Aerossol. *Ficha Técnica*.
- Prather, B. K. A., Wang, C. C., & Schooley, R. T. (2020). Reducing transmission of SARS-CoV-2. *Science*, 368(6498), 1422–1424. <https://doi.org/10.1126/science.abc6197>
- Tang, S., Li, X., Ding, P., Mao, Y., Deng, F., Cha, Y., Zhuang, S., Ding, C., Wang, J., Wang, Y., Zhao, X., Jones, R. M., Kan, B., MacIntyre, C. R., Xu, D., & Shi, X. (2021). Filtration efficiency of face masks against aerosolized surrogate SARS-CoV-2 at different social distances. *Science Bulletin*, xxxx.

<https://doi.org/10.1016/j.scib.2021.12.017>

Torloni, M., & Vieira, A. V. (2003). *Manual de Proteção Respiratória* (M. Torloni (ed.); 1ª Edição). ABHO.

TSI 3776. (2006). Ultrafine Condensation Particle Counter, Model 3776. *Operation and Service Manual*, 137.

World Health Organization. (2021). *WHO lists additional COVID-19 vaccine for emergency use and issues interim policy recommendations*.

<https://www.who.int/news/item/07-05-2021-who-lists-additional-covid-19-vaccine-for-emergency-use-and-issues-interim-policy-recommendations>