

# Cantar em coros e fazer música com instrumentos de sopro - Isso é seguro durante a pandemia de SARS-CoV-2?

Prof. Dr. Christian J. Kähler e Dr. Rainer Hain

Instituto de Mecânica dos Fluidos e Aerodinâmica, <sup>1</sup>Universität der Bundeswehr München  
Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg, Alemanha, christian.kaehler@unibw.de

## 1. Introdução

Cantar e fazer música são atividades maravilhosas que encantam muitas pessoas, seja em um pequeno círculo de amigos, na igreja com a comunidade, em eventos festivos ou em grandes concertos. Em tempos de SARS-CoV-2, no entanto, os tempos tranquilos para o fazer musical terminaram. Não podem ocorrer concertos, não é permitido cantar junto em igrejas e até mesmo celebrações em pequenos círculos são proibidas em alguns lugares. Essas restrições foram aplicadas pois, no início de março de 2020, muitos cantores dos EUA [1], da Alemanha [2], dos Países Baixos [3] e da França [4] foram presumivelmente infectados durante ensaios de coros. Devido à correlação entre canto e infecção, uma conexão causal foi suspeitada, embora a mesma não tenha sido comprovada. Contudo, como muitos músicos trabalham como artistas autônomos (freelancers) e muitas vezes vivem de pequenas rendas, essa profissão é particularmente afetada pelas regras aplicadas.

Além dos aspectos financeiros, outro grande problema para esse grupo profissional é que não são mais permitidos ensaios coletivos e ensaios gerais de grandes orquestras e *ensembles*. No entanto, a interação perfeita dos artistas requer muito trabalho na preparação para um concerto, a fim de torná-lo um sucesso e uma experiência para o público. Pode-se supor que esses preparativos não acontecem nos grandes salões, mas sim em pequenas salas não ventiladas no subsolo dos edifícios dos eventos. O espaço, muitas vezes limitado nas galerias de órgão das igrejas ou nos fossos de orquestra de casas de ópera, ilustra a realidade da situação espacial e a necessidade do desenvolvimento de conceitos que permitam uma atuação segura durante a pandemia.

No momento, é completamente vago quando e sob quais circunstâncias as operações culturais poderão ser retomadas. O fato é que não é possível usar máscaras respiratórias adequadas ao cantar e tocar instrumentos de sopro. Portanto, a proteção contra a infecção por gotícula deve ser proporcionada por meio de distâncias de segurança e métodos de controle de fluxo. Contudo, enquanto não está disponível informação confiável sobre como os cantores ou instrumentos de sopro fortemente distribuem as gotículas no ambiente e sobre a influência que os fluxos de ar interno têm sobre o transporte das gotículas, não é possível estabelecer regras de distanciamento significativas. Portanto, não surpreende que, até recentemente, as exigências vigentes para distâncias eram, em parte, absurdas. Em 27 de abril, por exemplo, o <sup>2</sup>*Verwaltungs-Berufsgenossenschaft* (VBG) exigiu, para ensaios, uma distância de segurança de 6 m para canto ou fala excessiva e para instrumentos de sopro, uma distância de pelo menos 12 m na direção do vento.

Devido a essa situação insatisfatória, o objetivo deste estudo científico foi realizar medições quantitativas com métodos experimentais, a fim de obter um banco de dados confiável que permitisse uma definição mais apropriada de distâncias de segurança. Além disso, queríamos entender quais

---

<sup>1</sup> Universidade das Forças Armadas Federais de Munique, Alemanha.

<sup>2</sup> Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG) é uma corporação profissional alemã de seguro contra acidentes.

instrumentos apresentam um risco particularmente alto e se existem maneiras de reduzi-lo. Alguns dos resultados principais são mostrados em: <https://youtu.be/BYo3wIWUDDM>.

## 2. Experimentos

Para responder a essas perguntas, foram conduzidos estudos experimentais detalhados com uma cantora profissional e vocal coach da Universidade Mozarteum em Salzburg (Marion Spingler), dois coralistas amadores, cinco músicos profissionais da orquestra do teatro *Staatstheater am Gärtnerplatz* em Munique (Michael Meinel (clarinete), Uta Sasgen (flauta), Ursula Ens (oboé), Cornelius Rinderle (fagote), Michael Herdemerten (trompete)) e um instrumentista de metais amador (Max Schaefer (trompete, trombone, eufônio)).

Para completar, examinamos tanto a propagação do tipo cuspida (balística) de gotículas maiores ao cantar e falar quanto a propagação relacionada ao fluxo de pequenas gotículas (aerossol) ao cantar e tocar instrumentos de sopro. Para tanto, as gotículas que escapam da boca e dos instrumentos de sopro durante a expiração bem como o ar posto em movimento foram iluminados com um laser e gravados com câmeras digitais. As séries de imagens gravadas foram avaliadas em um programa de computador para determinar quantitativamente o movimento do fluxo de ar [5]. Essas medições quantitativas são necessárias para determinar o volume que pode ser contaminado pelas gotículas.

## 3 A que distância o canto se torna perigoso?

Os experimentos mostram claramente que, ao cantar, o ar é posto em movimento apenas nas imediações da boca. No caso da cantora profissional, os experimentos mostraram que, a uma distância de cerca de 0.5 m, quase nenhum movimento de ar pôde ser detectado, independentemente de quão intenso o som era e em qual frequência foi entoado. Portanto, é improvável que o vírus possa se espalhar além desse limite via fluxo de ar criado durante o canto. Músicos amadores que não usam a respiração diafragmática mais comumente usada por cantores profissionais, mas sim a respiração torácica natural, também não vão além dessa faixa. Ao cantar uma sequência longa da mesma nota, em aproximadamente 2 Hz, e em um volume muito alto, uma propagação ligeiramente maior do movimento do ar poderia ser alcançada.

A baixa propagação do movimento do ar não é surpreendente, uma vez que o canto não expele um grande volume de ar em jatos como ocorre ao tossir ou espirrar [6, 7]. Pelo contrário, a arte de cantar é mover a menor quantidade de ar possível e, ainda, produzir um som bonito e potente. Isso requer que o espaço à frente do cantor vibre por ressonância sem perder muito ar. Experimentos mostraram que, mesmo quando se canta uma nota grave, com duração de aproximadamente 12 segundos, apenas cerca de meio litro de ar é expirado; para notas agudas, a mesma quantidade de ar é deslocada em menos de 5 segundos. No entanto, para produzir notas agudas, o ar é frequentemente inalado, de modo que, neste caso, o risco de propagação de aerossol ou gotícula é baixo. Mesmo ao expirar para entoar notas agudas, a velocidade do fluxo é comparativamente baixa, porque a abertura da boca tende a aumentar com o aumento da frequência da nota e, assim, a velocidade do fluxo diminui. Tecnicamente falando, fortes movimentações do ar durante o canto podem ser consideradas como perdas indesejáveis que os cantores tentam evitar, visto que a propagação do som não requer fluxo de ar - este é apenas necessário para produzir uma nota. Ao aquecer e cantar, isso pode ser diferente e, portanto, recomenda-se ter cuidado. Essas preparações não devem ser realizadas em um grupo grande sem precauções de segurança adicionais.

Para provar que o ar que está em frente à boca dificilmente é movido, pode-se segurar uma vela acesa em frente à boca, então cantar ou falar e, ao mesmo tempo, remover lenta e calmamente a chama de perto da boca [8]. Logo que a chama parar de piscar, é determinada a distância à qual o movimento do fluxo também é desprezível. O mesmo experimento pode, naturalmente, ser realizado com instrumentos de sopro. É importante notar que o falar acentuado e em volume muito alto de sons peculiares - que poderiam ser descritos como sons de sopro e de cuspidas - influencia o ar sobre uma maior extensão. Contudo, experimentos mostraram que mesmo esses sons não fazem com que o ar seja redemoinhado muito mais do que 1 m. No entanto, é possível que gotículas maiores sejam ainda mais cuspidas antes de caírem no chão devido a sua massa. Portanto, alguns mecanismos de proteção para controle de gotículas e de fluxo podem ser aconselháveis, conforme explicado abaixo.

## 4. Recomendações de proteção ao cantar

### 4.1 Distância de segurança

Embora os experimentos mostrem que a propagação de aerossol e gotículas durante o canto é relativamente pequena, em nossa opinião, uma distância de segurança de pelo menos 1.5 m deve ser mantida em um coro. Isso é necessário para proporcionar proteção eficaz contra a infecção por gotícula, mesmo que outras pessoas tussam sem seguir a etiqueta de higiene (tossir na dobra interna do braço e desviar de outras pessoas). No caso de uma simples tosse convulsa, as gotículas podem ser transportadas para mais de um metro e no caso de tosse com expectoração, para mais de 2 metros. Os autores já provaram isso em um outro estudo [9, 10]. Por esse motivo, a adesão rigorosa à etiqueta de higiene é muito importante ao cantar. Entretanto, se não houver canto, recomendamos usar um protetor nasobucal ou, melhor ainda, uma máscara respiratória com filtragem de partículas.

### 4.2 Pop shield

Para limitar efetivamente o vôo balístico de grandes gotículas e conter a propagação de aerossóis devido ao movimento do ar durante o canto, um <sup>3</sup>*pop shield* pode ser usado na frente do cantor. Esses *pop shields* são muito eficazes na limitação da propagação do ar expirado e das gotículas expelidas e, portanto, aumentam a segurança. Além disso, eles não influenciam na propagação e na qualidade do som quando estão a, aproximadamente, 0.2 m em frente à boca. No entanto, se nenhum *pop shield* for utilizado e sons cuspidos extremos devem ser falados, a cabeça deve pelo menos ser inclinada um pouco para que as gotas de vôo balístico cheguem mais rapidamente ao chão e não sejam cuspidas na área da cabeça das pessoas em frente. Mas, mesmo que isso não seja feito, o risco de infecção por essas gotas grandes será bastante baixo se as pessoas estiverem posicionadas corretamente, pois, na pior das hipóteses, as gotas atingiriam a parte de trás da cabeça da pessoa que está à frente delas, onde as mesmas evaporariam. Conversas nas quais você olha diretamente para seu parceiro, no rosto, são muito mais arriscadas em relação a uma infecção por gotícula do que uma aglomeração como em um coro. Portanto, você deve ter mais cuidado durante as conversas nos intervalos e usar uma máscara.

### 4.3 Disposição escalonada

Para aumentar a distância em relação à pessoa imediatamente à frente, uma disposição escalonada dos cantores é sempre recomendada do ponto de vista da Mecânica dos Fluidos, caso o coro seja constituído de várias fileiras. Essa disposição é também recomendada ao público das igrejas para proteger as outras pessoas e a si mesmo de infecção por gotícula. Se as igrejas são bem frequentadas e

---

<sup>3</sup> *Pop shield* ou *pop screen* é um filtro de proteção contra ruído para microfones, normalmente utilizado em estúdios de gravação.

as distâncias de segurança não mais podem ser mantidas, então apenas as máscaras N95/ FFP2/ KN95, ou melhor, máscaras faciais com filtragem de partículas ajudam como autoproteção e proteção externa [9, 10].

#### 4.4 Comportamento social e evaporação de gotículas

Em relatórios que citam o canto como uma explicação para a infecção de grandes partes de um coral [1, 2, 3, 4], deveria-se questionar se o comportamento social não é a origem real da infecção. Se pessoas particularmente sociáveis cumprimentam outros membros do coro com abraços e beijos, têm uma conversa animada durante o intervalo, jantam em uma atmosfera convivial depois do ensaio ou bebem um vinho uns com os outros antes de despedirem-se calorosamente, pode-se supor que esse comportamento social é mais crítico no caso de uma infecção do que o próprio cantar. Os músicos que foram questionados confirmaram que o comportamento social descrito acima não é incomum em sua experiência.

O fato é que as gotículas de 1  $\mu\text{m}$  no aerossol já evaporaram completamente depois de frações de segundo [11, 12]. Gotículas com um diâmetro de 10  $\mu\text{m}$  são completamente evaporadas após cerca de 1 segundo (em umidade relativa de 50%) e gotículas muito grandes caem rapidamente no chão e evaporam [13, 14, 15]. É muito importante entender que esses experimentos, nos quais foi estudada a capacidade de reprodução dos vírus nos aerossóis, foram realizados em uma condição laboratorial que é completamente irrealista na prática [16]. Lá, a taxa de evaporação estava em equilíbrio com a taxa de condensação. Essas condições podem ser aplicadas no banho de vapor, no chuveiro e em algumas cozinhas sem extração de vapor adequada e, portanto, em alguns restaurantes pequenos, mas não no nosso ambiente natural. Estudos numéricos, nos quais foi analisada a dispersão de gotículas na sala, sugerem que as mesmas podem se espalhar por todo o espaço e causar infecções [17]. Porém, a suposição de que as gotículas não evaporam está errada e, assim, os resultados são equivocados. Mesmo os estudos que simularam a dispersão de partículas ao praticar *jogging* e andar de bicicleta não consideram o efeito da evaporação e, desta forma, podem preocupar massivamente a população [18].

Recentemente, foi publicado um estudo interessante [19] que também recebeu grande atenção da imprensa. No estudo, a carga viral provável é estimada teoricamente como uma função do tamanho da gotícula. Assumindo que existam 7 milhões de vírus por ml de líquido, a probabilidade de encontrar um vírus em uma gota de 3  $\mu\text{m}$  é de 0.01%. A probabilidade de encontrar pelo menos um vírus em uma gota de 10  $\mu\text{m}$  é de 0.37% e, para uma gota de 50  $\mu\text{m}$ , 37%. Considerando que o número mínimo de partículas virais infecciosas necessárias para causar infecção está, provavelmente, entre algumas centenas ou milhares de partículas [20,21], essa estimativa mostra quantas gotículas precisam ser inaladas para ser altamente provável de se infectar. Como o líquido evapora em alguns segundos, permanece um resíduo sólido formado por sal, células sanguíneas e, possivelmente, vírus. Os autores mostram em [19] que as gotículas mensuráveis com um diâmetro de mais de 12  $\mu\text{m}$  permanecem no ar estável por vários minutos. Contudo, este é um fato bem conhecido e de forma alguma surpreendente ou digno de ser mencionado em um artigo científico. Então, é medido o quão rápido esses restos sólidos caem no ar imóvel. O resultado é conhecido fisicamente desde Stokes (1851) e, portanto, é trivial. Na prática, esse caso é completamente irrelevante, porque partículas de dimensão de alguns micrômetros se movem com o fluxo [5].

Na situação atual, é claro que gotículas não evaporadas são infecciosas [16]. Portanto, o foco de nossas investigações está na distribuição mecânica do fluido dessas gotículas. No entanto, até onde sabemos, não foi comprovado cientificamente se os resíduos sólidos que permanecem após a evaporação da fase líquida das gotículas são infecciosos. De acordo com [22] há uma possibilidade de os aerossóis serem infecciosos em circunstâncias especiais.

Mesmo que as gotículas sejam duradouras porque a umidade é próxima a 100%, também deve ser considerado que a carga viral de uma pessoa infectada seria muito diluída em uma sala ampla, de modo que a carga viral normalmente necessária não seria suficiente para infectar outras pessoas. Uma ventilação fraca poderia causar a infecção de pessoas nas imediações e um ventilador seria capaz de infectar pessoas que encontram-se na sequência de uma pessoa infectada. Porém, não está fisicamente claro como 102 de 130 pessoas de um grupo puderam ser infectadas por esses efeitos, como aconteceu em Amsterdã [3]. Um cantor do coro de Amsterdã disse [3]: "Talvez sejamos muito ingênuos juntos." [...] "Mas isso não era uma questão no momento, o perigo do coronavírus. Na terça-feira, 25 de fevereiro, tivemos nosso ensaio normalmente". Nos ensaios de coral na Alemanha, onde se diz que 60 de 80 cantores foram infectados no dia 9 de março, os ensaios foram realizados em uma sala de 120 metros quadrados [2]. Esse tamanho de sala é, definitivamente, muito pequeno para 80 pessoas manterem as regras de distanciamento social em prática. Não se sabe quão amplo era o volume da sala, se a troca de ar era suficiente e quão alta era a umidade do ar, mas pode-se supor que, neste caso, não o canto em si, mas as circunstâncias eram muito problemáticas. No caso dos EUA, na Igreja Presbiteriana de Mount Vernon, afirmam que "estavam fazendo música e tentando manter uma certa distância entre cada um." [1]. É incerto, no entanto, quão bem as regras foram seguidas no início de março, quando a noção da pandemia nos EUA estava apenas começando a se desenvolver. O fato é que existe uma alta correlação entre canto e infecção, mas é questionável se há também uma conexão causal entre uma pessoa que canta em um local fixo na sala e dezenas de infecções em um raio grande. Nos últimos 25 anos, investigamos cientificamente, com profundidade, a geração de aerossóis, seu transporte em fluxos laminares, transitórios e turbulentos, a mistura turbulenta em fluxos da camada limite e efeitos de arrasto bem como a evaporação de pequenas gotículas, utilizando as mais avançadas técnicas de medição óptica a laser. Escrevemos inúmeras publicações reconhecidas em todas as áreas supramencionadas. Mesmo com esse conhecimento e com os resultados quantitativos discutidos neste estudo, não é compreensível para nós como, na prática, uma única pessoa em um local fixo pode infectar dezenas de pessoas em um ambiente distante simplesmente por cantar, sem nunca chegar próximo da outra pessoa e estando em conformidade com as regras de distanciamento.

#### **4.5 Ventilação**

Além de aderir às regras de distanciamento e às recomendações de posicionamento, também é muito importante garantir uma ventilação boa e adequada nas salas de ensaio, a fim de minimizar o risco de infecção por movimentos lentos do ar do ambiente. Para assegurar isso, por um lado, a taxa de troca de ar deve ser aumentada significativamente em tempos de pandemia e, por outro lado, com uma ventilação ideal do espaço, o ar deve ser fornecido de baixo, através do chão, e ser extraído diretamente pelo teto. A remoção lateral do ar pode fazer com que o ar contaminado com vírus flua para pessoas não infectadas, o que pode levar à infecção até mesmo a distâncias maiores na direção do fluxo, sob condições desfavoráveis. Por esse motivo, ventiladores na sala de ensaio também não são recomendados caso eles transportem o ar em baixa velocidade (menos de 0.3 m/ s) de pessoa para pessoa. Com o aumento da velocidade, esse perigo é reduzido porque o volume de ar expirado é diluído por um fluxo tangencial e por movimentos de fluxo fortemente turbulentos reduzindo, assim, a carga viral. No entanto, velocidades superiores a 0.3 m/ s são consideradas desagradáveis.

#### **4.6 Convecção**

Há um outro ponto a considerar: um fluxo de convecção ascendente geralmente se forma ao redor e acima das pessoas, uma vez que o ar aquecido pela pele e o ar expirado são mais leves que o ar na área circundante. Esse efeito também é favorável à extração do ar da sala através do teto.

## **4.7 Tamanho do espaço**

O tamanho do espaço também é importante, como já mencionado. Se as salas forem suficientemente altas, então um tempo de permanência mais longo das gotículas acima das pessoas fará com que as gotículas evaporem se a umidade não for extremamente alta (isso é garantido pelo fornecimento de ar fresco). Mesmo se os vírus permanecerem infecciosos sem gotículas, o risco de infecção será mais reduzido devido à mistura nas camadas superiores de ar da sala, desde que a altura do teto seja suficiente. Portanto, para uma atividade musical segura, não apenas as regras de distanciamento e posicionamento são importantes, mas também o condicionamento do ar e o tamanho do espaço.

## **5 Quão perigosos são os instrumentos de sopro?**

### **5.1 Instrumentos de metal**

Experimentos com um trompete, um trombone e um eufônio mostraram que quanto menor a campana do instrumento, mais intenso o som e quanto mais impulsiva a sequência de sons, maior a área de ar em movimento em frente aos instrumentos. No geral, a área posta em movimento é, também neste caso, menor que 0.5 m. Esses resultados também são compreensíveis em termos da Mecânica dos Fluidos. O som real nos instrumentos de metal é principalmente produzido estimulando-se os lábios, levemente pré-tensionados, através dos quais o ar flui e vibra. O design dos instrumentos, então, muda apenas o timbre e o volume do som. Assim como no canto, o objetivo dos instrumentos de metal não é soprar o máximo de ar possível em um curto período de tempo - como acontece ao tossir e espirrar - mas permitir que os lábios vibrem da forma mais relaxada possível de acordo com a altura da nota desejada. Quanto mais bem sucedido isso for, mais clara e nítida a nota soará.

Contudo, ainda recomendamos manter uma distância de segurança de pelo menos 1.5 m e organizar um posicionamento escalonado dos músicos para os proteger da infecção por gotícula através da tosse. É importante, também, considerar as orientações dadas abaixo.

### **5.2 Sopros de madeira e flautas**

Com um clarinete, um oboé e um fagote podem ser produzidos movimentos de fluxo maiores do que com os instrumentos de metal analisados. Isso se deve às aberturas de sopro menores e à menor resistência ao fluxo devido ao design retilíneo. Especialmente notas graves e de longa duração podem levar a movimentos de fluxo na faixa de, aproximadamente, 1 m para o clarinete e para o oboé e acima de 1 m para o fagote. No entanto, esses instrumentos não sopram o ar horizontalmente para outras pessoas, o que é favorável em relação às distâncias de segurança.

Uma faixa ainda maior poderia ser alcançada com uma flauta transversal ao emitir notas longas e graves. Com esse instrumento, o ar é soprado rapidamente pela boca, ligeiramente aberta, sobre o bocal arqueado com o orifício de sopro. Isso permite que o ar entre no espaço quase como um jato livre. Porém, devido à curvatura do bocal, o ar é desviado para baixo até que se separe devido a um efeito aerodinâmico chamado Efeito Coandă. Uma vez que o ar não é desacelerado pela resistência do instrumento ao fluxo, o risco de infecção decorrente deste instrumento é muito maior do que o de qualquer outro instrumento analisado. Do ponto de vista da Saúde e Segurança Ocupacional faria sentido, portanto, posicionar as flautas na primeira fila durante ensaios ou concertos. No entanto, como isso não é desejado, são necessários métodos de controle de fluxo para conter a propagação de gotículas e o transporte de aerossol por movimento aéreo.

### **5.3 Quais medidas de proteção são eficazes?**

Para limitar efetivamente o vôo balístico de gotículas grandes e conter a propagação de aerossóis devido ao movimento do ar, é aconselhável fixar firmemente um tecido de seda bem fino ou um papel toalha em frente à abertura da campana. Um *pop screen* denso, como os utilizados na frente de microfones de estúdio, também é muito adequado. Estes são vendidos comercialmente com um braço flexível e uma braçadeira para fixação. No entanto, deve-se tomar cuidado para garantir que eles possam ser bem desinfetados após o uso, sem danificar o material. Se gotículas muito grandes voam balisticamente, elas podem ser efetivamente interceptadas com essas simples medidas de proteção. A propagação do aerossol é também efetivamente dificultada conforme a propagação do ar expirado é impedida. O princípio é o mesmo quanto à simples proteção da boca e do nariz, que impede a propagação do ar expirado ao tossir devido à resistência ao fluxo [9, 10]. Basicamente, a resistência do material ao fluxo faz com que um movimento de ar rápido e direcionado seja convertido em um movimento de ar lento e não direcionado.

Se a proteção estiver localizada a uma distância de cerca de 0.1-0.2 m abaixo da campana do instrumento (trompete, clarinete, oboé, fagote) ou do orifício de sopro da flauta, nem a resistência ao fluxo nem a propagação do som é afetada e, portanto, nem a experiência sonora, como mostram os experimentos. Não foi observado vazamento de líquido balístico na forma de grandes gotículas atrás do trombone e do eufônio. Isso é fisicamente compreensível devido à resistência ao fluxo causada pelo comprimento e pelo design dos instrumentos e à baixa velocidade do fluxo nos tubos. Neste caso, o líquido é coletado no instrumento e, então, liberado de uma forma controlada. Aqui também, naturalmente, a higiene deve ser observada. Como o sabão é considerado nocivo para o SARS-CoV-2, pode ser aconselhável esvaziar a água condensada em uma bacia com detergente.

Para garantir que o líquido que foi acumulado no instrumento devido à condensação não escape como um filme líquido ou gotículas em altas velocidades de sopro, o líquido deve ser drenado mais frequentemente do que o habitual. Isso é importante porque o perigo desses efeitos físicos aumenta com o volume de líquido. Instrumentos de sopro sem escape para líquido devem ser limpos o mais frequentemente possível para evitar tais efeitos.

### **5.4 Considerações adicionais importantes sobre tocar no ambiente interno**

Assim como com os cantores, o tamanho e a altura das salas devem ser apropriados para os músicos do grupo, as salas devem ter ventilação adequada e as condições de fluxo devem ser levadas em consideração, como já mencionado nas seções 3.5–3.7. Se a sala de ensaio normal não atender a esses requisitos, não deverá ser utilizada para performances coletivas. Neste caso, uma outra sala que garanta que a música possa ser executada com segurança deve ser encontrada.

### **5.5 Quão perigoso é fazer música ao ar livre?**

Fazer música ao ar livre pode ser considerado, em grande parte, seguro se as regras de distanciamento e de posicionamento forem seguidas - a menos que haja um vento lateral leve e constante que transporte o ar contaminado para uma distância maior, sem reduzir a carga viral por turbulência ou alongar consideravelmente a nuvem de gotículas após a expiração. No entanto, há outro ponto muito importante a considerar: se a música tende a ser tocada como um plano de fundo, por exemplo para criar uma atmosfera acolhedora, não deve ser muito alta. A música em volume alto faz com que as pessoas que gostam de conversar falem muito alto e também se aproximem. Ambos os casos são fatais tendo em vista o perigo iminente de infecção por gotícula, já que o número e o tamanho das gotículas que são produzidas ao falar aumentam consideravelmente com o volume [23,24]. Além

disso, a carga viral aumenta significativamente quando a distância em relação a uma pessoa infectada é reduzida. Portanto, os organizadores não devem ter em mente apenas a segurança dos músicos, mas também a do público. E não são apenas as distâncias, o posicionamento, o condicionamento do ar e o tamanho do espaço que importam, mas também o comportamento das pessoas quando a música é alta. Celebrações sociáveis, por exemplo durante o carnaval ou a *Oktoberfest* bem como em discotecas e bares, devem ser classificadas como situações críticas em relação à música alta. Os músicos, ao trabalharem em festas, devem moderar seu volume até o final da pandemia, a fim de não induzir as pessoas a comportamentos de risco.

## 6 Resumo e conclusão

Nossos resultados de medição quantitativa mostram que a dispersão de gotículas ao cantar e tocar instrumentos de sopro é, em geral, relativamente pequena. Assim, uma distância de segurança de 12 m é completamente exagerada.

Contudo, ao cantar, a distância de segurança deve, em qualquer caso, ser superior a 1.5 m, a fim de ser consideravelmente seguro mesmo quando as pessoas nas proximidades tossirem sem cumprir as regras de higiene (tossir na dobra interna do braço e desviar de outras pessoas).

Além disso, recomenda-se um posicionamento escalonado das pessoas, uma vez que isso aumenta ainda mais a distância em relação à pessoa que está na direção do fluxo.

Para garantir que a propagação de gotículas e aerossol seja contida, *pop screens* são altamente recomendáveis para o canto.

Em nossa opinião, o *pop screen* é absolutamente necessário para a flauta transversal, a fim de permitir tocá-la com segurança a distâncias moderadas.

Para oboé, clarinete e fagote, também recomendamos o uso de um *pop screen* por razões de segurança.

De acordo com nossas medições, os grandes instrumentos de metal não são capazes de influenciar o fluxo sobre uma grande área e, portanto, podem ser tocados sem proteção.

No entanto, considerando as normas de higiene, recomendamos deixar sair a água de condensação com mais frequência e limpar os instrumentos de sopro de madeira o mais frequentemente possível.

Além dessas medidas de proteção, que cada músico pode controlar por si próprio, também é muito importante assegurar que a sala seja suficientemente ampla, bem ventilada e provida de ar fresco suficiente. O fornecimento automático de ar fresco deve ser aumentado significativamente em comparação com os requisitos legais a fim de manter baixa a carga viral no espaço. Uma janela aberta não pode substituir um fornecimento automático de ar fresco de alta qualidade.

Se as constatações e recomendações derivadas das nossas medições quantitativas forem levadas em conta, o fazer musical em coletividade será relativamente seguro. No entanto, é claro que não há uma certeza absoluta de que infecções por gotícula ou por aerossóis sejam completamente excluídas por essas medidas. Grupos de risco e indivíduos com doenças prévias relevantes devem, portanto, proteger a si mesmos tanto quanto possível.

Gostaríamos de salientar que consideramos importante o cumprimento de todas as recomendações a fim de minimizar a probabilidade de infecção. Se as recomendações individuais não puderem ser



seguidas, por exemplo porque não há espaço apropriado disponível, o que deve ser feito? É melhor encontrar um outro espaço que atenda aos requisitos ou parar de cantar no coral do que o fazer sem as medidas de proteção individuais.

## 7 Observações finais para tomadores de decisão

Os fenômenos de fluxo desempenham um papel central em inúmeras áreas da pandemia de COVID 19. Esses fenômenos incluem a geração de gotículas respiratórias carregadas de vírus em uma pessoa infectada, o transporte das gotículas dos pulmões e da garganta para a atmosfera, seu transporte pelo ar e os processos de mistura molecular e turbulenta e de diluição que ocorrem através do arrasto bem como grandes movimentações do ar da sala através do condicionamento do ar, a evaporação das gotículas a caminho de outra pessoa e o fenômeno de inalação e deposição dentro do corpo. O caimento de gotículas maiores, o umedecimento de superfícies por gotículas e a subsequente evaporação também são tópicos de pesquisa em Mecânica dos Fluidos. Mesmo a prevenção eficiente da propagação do fluxo por meio de máscaras respiratórias ou de um *pop screen* somente pode ser analisada com um profundo conhecimento de Mecânica dos Fluidos. Devido a esse fato, recomendamos considerar a mesma na discussão vigente. Além disso, a Mecânica dos Fluidos fornece resultados quantitativos que podem assegurar e legitimar decisões políticas importantes.

## Bibliografia

- [1] <https://www.latimes.com/world-nation/story/2020-03-29/coronavirus-choir-outbreak>, called on May 14, 2020
- [2] <https://www.ndr.de/kultur/musik/Wie-riskant-ist-Chorsingen-in-Zeiten-von-Corona,coronasingen100.html>, called on May 14, 2020
- [3] <https://www.trouw.nl/verdieping/die-ene-passion-die-wel-doorging-met-rampzalige-gevolgen~b4ced33e/?referer=https%3A%2F%2Fwww.br-klassik.de%2Faktuell%2Fnews-kritik%2Fchor-amsterdam-corona-tote-nach-konzert-concertgebouw-100.html>, called on May 14, 2020
- [4] [https://actu.fr/grand-est/hombourg-haut\\_57332/norbert-ott-chef-choeur-dune-chorale-lorraine-est-mort-coronavirus\\_32579768.html](https://actu.fr/grand-est/hombourg-haut_57332/norbert-ott-chef-choeur-dune-chorale-lorraine-est-mort-coronavirus_32579768.html), called on May 14, 2020
- [5] Raffel M, Willert CE, Scarano F, Kähler C, Wereley ST, Kompenhans J (2018) Particle Image Velocimetry. Springer International Publishing AG.
- [6] Nishimura H, Sakata S, Kaga A (2013) A new methodology for studying dynamics of aerosol particles in sneeze and cough using a digital high-vision, high-speed video system and vector analyses. PLoS ONE 8:e80244
- [7] Lok C (2016) Where sneezes go. Nature 534:24–26
- [8] Richter B (2013) Die Stimme: Grundlagen, künstlerische Praxis, Gesunderhaltung. Henschel Verlag
- [9] <https://youtu.be/AHGtpBBc9k>, called on May 14, 2020

- [10] [https://www.unibw.de/lrt7/report\\_mask-investigation\\_unibw\\_lrt7\\_06\\_04\\_2020.pdf](https://www.unibw.de/lrt7/report_mask-investigation_unibw_lrt7_06_04_2020.pdf), called on May 14, 2020
- [11] Rensink D (2004) Verdunstung akustisch levitierter schwingender Tropfen aus homogenen und heterogenen Medien. Dissertation, Erlangen, Germany
- [12] Liu F, Qian H, Zheng X, Song J, Cao G, Liu Z (2019) Evaporation and dispersion of exhaled droplets in stratified environment. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 609:042059
- [13] Rossi M, Marin A, Kähler CJ (2019) Interfacial flows in sessile evaporating droplets of mineral water. *Physical Review E* 100:033103
- [14] Marin A, Karpitschka S, Noguera-Marín D, Cabrerizo-Vílchez MA, Rossi M, et al. (2019) Solutal Marangoni flow as the cause of ring stains from drying salty colloidal drops. *Physical review fluids* 4:041601
- [15] Marin A, Liepelt R, Rossi M, Kähler CJ (2016) Surfactant-driven flow transitions in evaporating droplets. *Soft Matter* 12:1593-1600
- [16] van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, Tamin A, Harcourt JL, Thornburg NJ, Gerber SI, Lloyd-Smith JO, de Wit E, Munster VJ (2020) Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* 382:1564- 1567
- [17] <https://www.aalto.fi/en/news/researchers-modelling-the-spread-of-the-coronavirus-emphasise-the-importance-of-avoiding-busy>, called on May 14, 2020
- [18] [http://www.urbanphysics.net/Questions\\_and\\_Answers.pdf](http://www.urbanphysics.net/Questions_and_Answers.pdf), called on May 14, 2020
- [19] Stadnytskyia V, Baxb CE, Baxa A, Anfinruda P (2020) The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. *PNAS*, May 13, <https://doi.org/10.1073/pnas.2006874117>
- [20] Geddes L (2020) Does a high viral load or infectious dose make covid-19 worse? *NewScientist*, Magazine issue 3276, <https://www.newscientist.com/article/2238819-does-a-high-viral-load-or-infectious-dose-make-covid-19-worse/>
- [21] <https://www.erinbromage.com/post/the-risks-know-them-avoid-them>
- [22] [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Steckbrief.html#doc13776792bodyText5](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html#doc13776792bodyText5), called on May 15, 2020
- [23] Lee J, Yoo D, Ryu S et al. (2019) Quantity, size distribution, and characteristics of cough generated aerosol produced by patients with an upper respiratory tract infection. *Aerosol and Air Quality Research* 19:840–853
- [24] Johnson GR, Morawska L, Ristovski, ZD, et al. (2011) Modality of human exposed aerosol size distributions. *Journal of Aerosol Science* 42:839-851

Tradução realizada por Regina M. Amaral em julho de 2020.