

ESTUDO CFD DA PROPAGAÇÃO DA COVID-19 EM UM AMBIENTE DE SALA DE AULA

Withor Farias de Carvalho Menezes ¹, Rodrigo Bernardello Unzueta

² Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI
withor.farias@gmail.com, rbunzueta@fei.edu.br

Resumo: Com a retomada das atividades acadêmicas presenciais após a epidemia causada pela COVID-19, preocupações sobre como fazer esse retorno da maneira mais segura possível se tornaram cada vez mais presentes. Dessa forma, este trabalho busca investigar, por meio de análises CFD, as dinâmicas de escoamento que se estabelecem em uma sala de aula dentro do Centro Universitário da FEI, examinando o fluxo de ar e seu comportamento quando há a presença de uma pessoa infectada.

1. Introdução

Em dezembro de 2019, os primeiros casos de COVID-19 foram identificados na cidade de Wuhan, localizada na China, e desde então sua incidência aumentou de maneira exponencial em todo o mundo, se transformando na maior pandemia da história recente.

De maneira geral, o vírus se mostrou bastante disseminável e impactou significativamente diversas atividades mundiais. Entretanto, com o avanço da vacinação e do controle sobre a pandemia, as atenções se voltaram para a retomada dessas atividades, incluindo também atividades acadêmicas presenciais, fortemente impactadas pelo distanciamento. Entretanto, muitas preocupações surgiram em relação à segurança dessa retomada, pois muitas questões sobre a transmissão dessa doença ainda são incertas.

Uma sala de aula, objeto de estudo deste artigo, apresenta-se como um ambiente especialmente propenso à propagação do vírus, justamente pelas suas características com diversos estudantes confinados em um espaço muitas vezes com pouca ventilação. Assim, como estudos experimentais desse tipo de fenômeno se mostram bastante desafiadores, as simulações numéricas, como a dinâmica dos fluidos computacional (CFD), se apresentam como uma ferramenta bastante valiosa para a investigação dos aspectos da propagação de doenças, como a distribuição de gotículas carregadas de vírus, a propagação gerada pelo espirro ou tosse de uma pessoa infectada e os fluxos de ar que se estabelecem nesses ambientes. Portanto, com o uso da simulação CFD, a modelagem das mais diversas características fluidodinâmicas do ambiente de uma sala de aula pode ser realizada a fim de verificar sua segurança. Por meio da modelagem das partículas e dos cálculos do escoamento presente, características como a distribuição de gotículas no ambiente, a exaustão e zonas de recirculação podem ser verificadas, auxiliando a promover um ambiente mais seguro para todos.

2. Metodologia

As análises CFD deste estudo foram realizadas com o auxílio da ferramenta *Ansys Fluent*. Para esse caso, o escoamento foi inicialmente simulado em estado estacionário até que se atingisse os critérios de convergência em regime permanente e, após isso, a distribuição de gotículas de água - que podem conter o vírus - é liberada no ambiente, em uma simulação de uma situação de tosse com suas trajetórias calculadas pela formulação lagrangiana.

Como suposições para este estudo, as variações de temperatura e suas consequências são desconsideradas e, para as partículas, sua distribuição de tamanhos é considerada após a evaporação. Além disso, a tosse emite somente gotículas de água, estas infectadas com vírus e tratadas como partículas na simulação. Por fim, as iterações presentes no escoamento multifásico são consideradas de uma via, com somente a fase contínua ar influenciando a fase dispersa partícula. O modelo de turbulência utilizado foi o RANS $k-\omega$ SST [1]

Como pode ser visto na tabela I, oito cenários diferentes foram analisados, com seis pontos de injeção de partículas para cada, entre alunos e professor, como pode ser visto na figura 1. As velocidades do estudo foram determinadas com base nas médias de velocidades de ar na região de São Bernardo do Campo.

Tabela I – Cenários analisados

| Cenários | Entrada de ar externo | Velocidade do ar externo | Ventiladores |
|-----------|-----------------------|--------------------------|--------------|
| Cenário 1 | Janela | 5,32 | Desligados |
| Cenário 2 | Janela | 3,34 | Desligados |
| Cenário 3 | Janela | 1,99 | Desligados |
| Cenário 4 | Porta | 5,32 | Desligados |
| Cenário 5 | Porta | 3,34 | Desligados |
| Cenário 6 | Porta | 1,99 | Desligados |
| Cenário 7 | Não há | Não há | Ligados |
| Cenário 8 | Não há | Não há | Desligados |

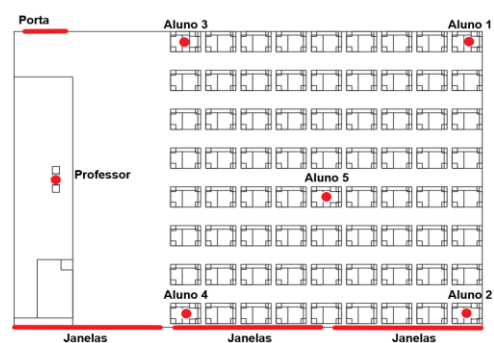


Figura 1 – Planta da sala com as posições das injeções

3. Resultados

Em todos os resultados, as partículas foram separadas em duas categorias: as que escaparam, que foram carregadas pelas correntes de ar até uma saída, e as presas, que se depositaram em alguma superfície da sala. Como pode ser observado na tabela II, para todos os casos houve uma maior tendência de partículas presas, com uma proporção bem semelhante entre os cenários de 1 a 7, com o último apresentando uma porcentagem de partículas presa um pouco maior. Além disso no cenário geral as velocidades também não influenciaram significativamente o destino das partículas, excluindo-se o caso 8 no qual a velocidade imposta foi zero.

Tabela II – Destino das partículas por caso

| Cenários | Escaparam | Presas |
|-----------|-----------|--------|
| Cenário 1 | 22438 | 42362 |
| Cenário 2 | 23459 | 41341 |
| Cenário 3 | 21123 | 43677 |
| Cenário 4 | 27277 | 37411 |
| Cenário 5 | 19867 | 44933 |
| Cenário 6 | 25813 | 38987 |
| Cenário 7 | 13353 | 51447 |
| Cenário 8 | 0 | 64800 |

Em relação ao destino das partículas por posição de injeção, nota-se também uma distribuição bastante uniforme. Como observado na tabela III, a situação do aluno 1 espirrando se mostrou a mais propensa ao acúmulo de partículas na sala, uma vez que é o caso em que menos gotículas escaparam do ambiente, com a posição do aluno 3 logo atrás. Já um espirro na posição do professor é o que mais ocorre o escape, com a menor quantidade de partículas presas. Entretanto, com exceção do caso do professor, a quantidade de partículas presas foi sempre maior que a de partículas que escaparam.

Tabela III – Destino das partículas por posição na sala

| Cenários | Escaparam | Presas |
|-----------|-----------|--------|
| Aluno 1 | 8918 | 77482 |
| Aluno 2 | 10235 | 60164 |
| Aluno 3 | 25437 | 60851 |
| Aluno 4 | 10499 | 75901 |
| Aluno 5 | 33571 | 52829 |
| Professor | 48669 | 37731 |

Um exemplo desses resultados pode ser observado na figura II, no qual temos o caso 3 com ejeção de partículas pelo aluno 5.

De maneira geral, esses resultados são observados também por outros autores, como Mahshid et al. [2] e Foster e Kinzel [3], que apontaram também como as dinâmicas de escoamento são bastante sensíveis às condições do ambiente, com grande tendência de deposição de partículas em locais com ventilação natural.

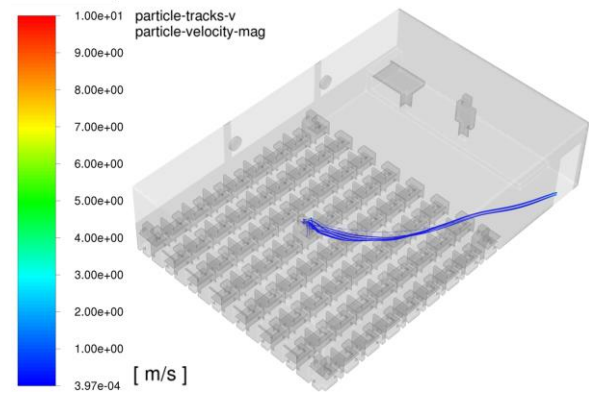


Figura 2 – Exemplo do caso 3, com ejeção de partículas pelo aluno 5

4. Conclusões

O estudo mostra também que há uma grande tendência de deposição de gotículas em diferentes cenários, uma vez que em muitos casos o escoamento não é capaz de retirar completamente as partículas infectadas do ambiente, principalmente as maiores que possuam mais massa, o que se torna um fator de grande risco de infecção. Isso mostra a importância da higienização regular desses ambientes, já que o vírus da COVID-19 pode sobreviver mais de 24 horas dependendo da superfície depositadas.

Além disso, embora as dinâmicas de escoamento se alterem de acordo com o cenário, algumas medidas apresentaram menor possibilidade de infecção para a maioria dos casos. Primeiro, os resultados mostraram que é preferível manter o ambiente o maior aberto possível, com janelas e portas, para possibilitar um escoamento constante que carrega parte das partículas para fora. Isso evita condições como as do cenário 8, em que praticamente todas as partículas ficam depositadas na própria sala, elevando as chances de contaminação. Segundo, como mostra o cenário 7, é preferível evitar o uso do ventilador nesses casos, uma vez que torna o escoamento extremamente caótico e aumenta a dispersão das gotículas por todo o ambiente.

5. Referências

- [1] LUMLEY JOHN L. TENNEKES, Hendrik. A First Course in Turbulence. [S.l.]: Mit Press, 1972.
- [2] MAHSHID, Mirzaie et al. COVID-19 spread in a classroom equipped with partition – A CFD approach. Journal of Hazardous Materials, 2021.
- [3] FOSTER, Aaron; KINZEL, Michael. Estimating COVID-19 exposure in a classroom setting: A comparison between mathematical and numerical models. Physics of Fluids, 2021.

Agradecimentos

À FEI pelo auxílio financeiro e por toda a infraestrutura necessária para a realização do projeto.

¹Aluno de IC do Centro Universitário FEI (programa PBIC). Projeto com vigência de 10/2021 a 07/2022.