

# Avaliação da resposta das vias aéreas humanas às diversas condições de operação dos respiradores mecânicos por meio de fluidodinâmica computacional

**Palavras-Chave:** Mecânica dos fluidos computacional, deposição de partículas, sistema respiratório humano.

**Autores:**

Thamara Kristina Cardoso [Unicamp]

Prof. Dr. Sávio Souza Vanancio Vianna (orientador) [Unicamp]

---

## INTRODUÇÃO:

O estudo da deposição de partículas no trato respiratório é de extrema relevância uma vez que as partículas podem ser responsáveis por doenças respiratórias, como enfisemas ou carcinomas (AUGUSTO, 2014). Além disso, doenças respiratórias como a COVID-19, responsável pela pandemia mundial no início de 2020, tem alta taxa de propagação pelo ar uma vez que o vírus causador da doença é transmitido por gotículas de saliva (Governo do Estado de São Paulo). Dessa forma, torna-se importante estudar e compreender a deposição das gotículas de saliva no ar expelidas através de espirros ou tosses sem o uso adequado de máscara para se estudar a deposição dessas partículas no trato respiratório.

Visto isso, utilizou-se o programa de fluidodinâmica computacional ANSYS Fluent para estudar a deposição das gotículas de saliva no ar após um espirro e, posteriormente, foi analisado a entrada de partículas na traqueia e brônquios.

## METODOLOGIA:

Para a simulação do espirro, utilizou-se o domínio computacional segundo mostrado na Figura 1, na qual simula uma sala de 2 m de comprimento, sendo a boca aproximada como um cilindro de diâmetro igual a 0,1 m.

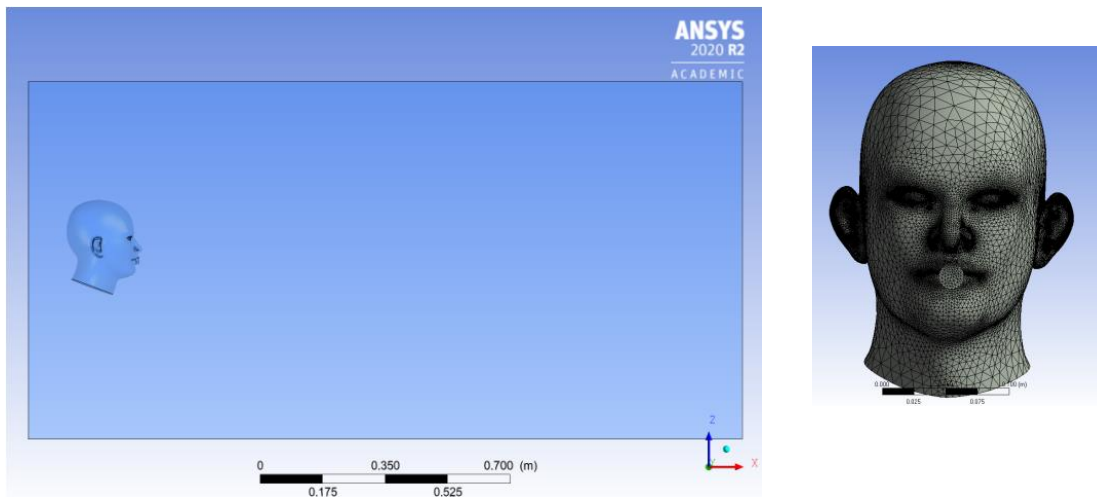


Figura 1. Domínio computacional para simulação do espirro.

A malha computacional foi definida em 417 mil elementos, sendo esse o número limite para esta malha na versão estudante do ANSYS Fluent utilizada. Para as condições físicas, utilizou-se o modelo de energia e de turbulência *Realizable k- $\epsilon$* , além de considerar a gravidade como 9,81 m/s<sup>2</sup>.

Utilizando uma mistura de gases (oxigênio, nitrogênio e vapor de água), simulou-se o espirro como um spray supondo que o mesmo dura 0,2 s com taxa de vazão de 0,01 kg/s, na qual os *droplets* (partículas suspensas no ar) possuem diâmetro de 10<sup>-5</sup> m a uma temperatura de 300 K (27 °C).

Para a simulação da entrada de partículas no trato respiratório (traqueia e brônquios), utilizou-se o domínio computacional apresentado na Figura 2. Assim, foi simulado a aspiração de partículas suspensas no ar, na qual foi considerado que a entrada ocorre pela traqueia, que possui 12,5 mm de diâmetro, e a saída do ar ocorre nos brônquios, sendo esses representados por 31 faces de saída de ar.

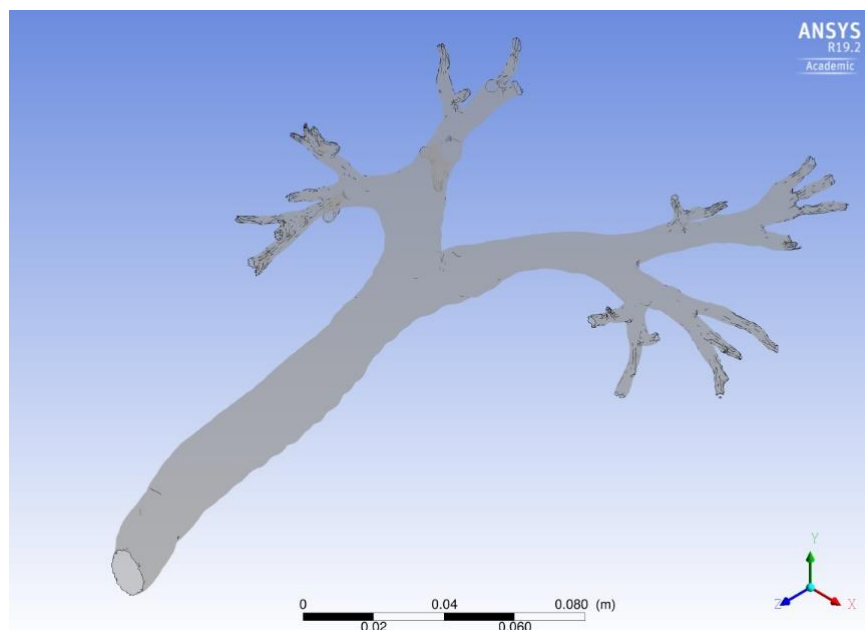


Figura 2. Domínio computacional para simulação da deposição das partículas.

Foi feita uma abordagem Euler-Lagrange considerado que: o escoamento é laminar (AUGUSTO, L.; GONÇALVES, J.; LOPES, G., 2016); a velocidade na entrada da traqueia possui um valor de 1 m/s, que corresponde a uma vazão de aproximadamente 13 L/min (SRIVASTAV, V. *et al.*, 2016); a pressão relativa de saída é 0 Pa; as paredes do sistema respiratório são definidas com condição de não-deslizamento, o que garante que as partículas irão se depositar nas paredes do trato respiratório; as partículas possuem diâmetro de 10  $\mu\text{m}$  e; o tempo de inspiração é de 1s.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os resultados para o espirro estão apresentados nas Figuras 3a e 3b, que representa a deposição das partículas no ar depois de 0,05 s e 1 s, respectivamente. Assim, é possível observar que as gotículas de saliva após o espirro se depositam na frente da cabeça do indivíduo e decaem devido à ação da gravidade.

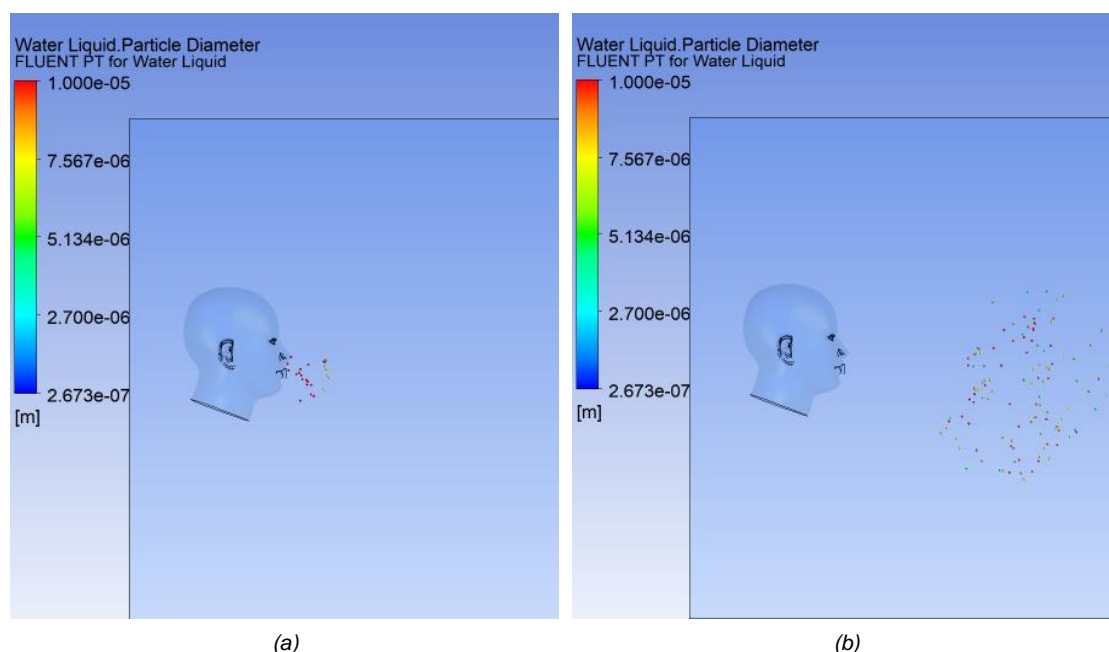


Figura 3. Deposição das partículas de espirro depois de (a) 0,05 s e (b) 1 s.

Considerando que 65% de uma gotícula de saliva exalada é composta pelo vírus causador da COVID-19 e sabendo que o diâmetro do vírus em questão é aproximadamente 0,1  $\mu\text{m}$ , é possível realizar a estimativa de que cada partícula possui aproximadamente 15 mil destes microrganismos. Analisando esses resultados, é possível definir que a deposição das gotículas de saliva estudada pode contaminar outro indivíduo que inalá-las.

Assim, o estudo da entrada de partículas no trato respiratório obteve os resultados apresentados na Figura 4, na qual é possível analisar que, em 1 s de inspiração, as partículas permanecem por aproximadamente 0,3 s no trato respiratório, onde sua trajetória segue até os brônquios.

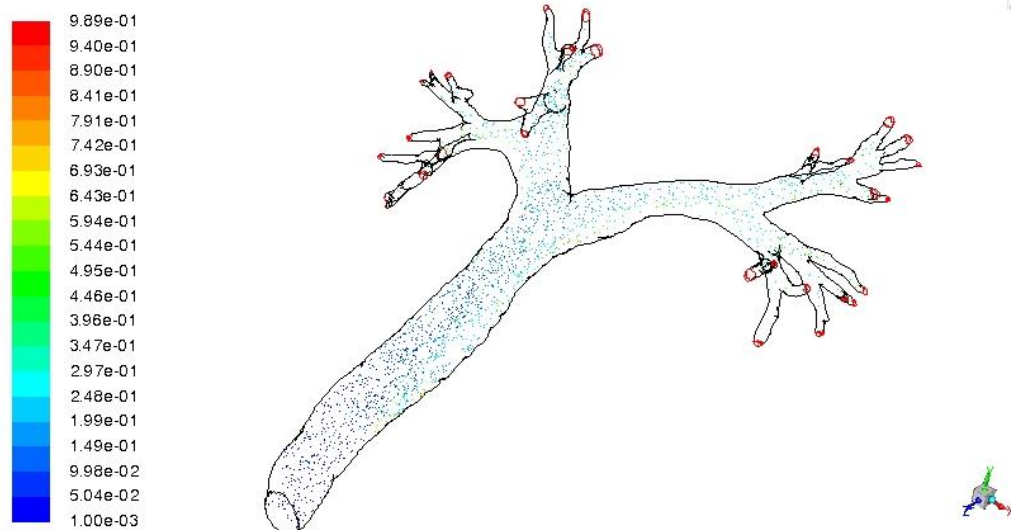


Figura 4. Tempo de residência em segundos das partículas na inspiração.

Segundo (DUARTE, 2003), as partículas de saliva, se contaminadas e depositadas em certas regiões do trato respiratório, podem infectar um indivíduo saudável. Dessa forma, é viável assumir que o espirro e a posterior deposição de partículas de saliva no sistema respiratório podem adoecer outra pessoa que as aspira. Visto isso, é de extrema importância o uso correto da máscara facial para evitar a proliferação de uma doença altamente contagiosa, como a COVID-19.

## CONCLUSÕES:

A partir da simulação do espirro, foi observado que ocorre a deposição das gotículas de saliva no ar que, se estiverem contaminadas pelo vírus da COVID-19, podem infectar um outro indivíduo que passe pelo local dessa deposição e aspire essas partículas.

Dessa forma, a simulação da entrada das partículas no trato respiratório mostram que as gotículas de saliva expelidas no espirro e acumuladas no ar podem ser aspiradas por outra pessoa. Essas partículas circulam pelo trato respiratório e podem se depositar nas paredes da traqueia e brônquios, infectando um outro indivíduo, o que mostra a importância do uso da máscara facial para impedir a proliferação da doença.

---

## BIBLIOGRAFIA

AUGUSTO, Liliana de Luca Xavier. **Aplicação da fluidodinâmica computacional (CFD) no estudo do escoamento de ar e deposição de partículas em vias aéreas pulmonares.** Orientador: Prof. Dr. José Antônio Silveira Gonçalves. 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2014.

AUGUSTO, L. L. X.; GONÇALVES, J. A. S.; LOPES, G. C. **CFD evaluation of the influence of physical mechanisms, particle size, and breathing condition on the deposition of particulates in a triple bifurcation airway.** *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 227, n. 2, p. 56, 2016.

DUARTE, Raimundo Nonato Calazans *et al.* **Um modelo para a transmissão de doenças em interiores via aerossóis respiratórios.** 2003. 213 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

Governo do Estado de São Paulo. **SP contra o novo Coronavírus.** Disponível em: <<https://www.saopaulo.sp.gov.br/coronavirus/>>. Acesso em: 9 ago. 2021.

SRIVASTAV, Vivek *et al.* **A Computational Study on Airflow in Human Respiratory Tract at Normal and Heavy Breathing Conditions.** In: Proceedings of the 6th International and 43rd National Conference on Fluid Mechanics and Fluid Power (FMFP2016). p. 15-17.