

Proteção respiratória: estudo de microscopia eletrônica de varredura dos filtros das máscaras

Respiratory protection: scanning electron microscopy study of mask filters

Protección respiratoria: estudio de microscopía electrónica de barrido de filtros de máscaras

Recebido: 16/02/2022 | Revisado: 22/02/2022 | Aceito: 22/03/2022 | Publicado: 04/04/2022

Helenize Ferreira Lima Leachi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7792-3407>
Universidade Estadual de Londrina, Brasil
E-mail: nizeflima@hotmail.com

Aryane Apolinario Bieniek

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8622-1741>
Universidade Estadual de Londrina, Brasil
E-mail: aryanebieniek@gmail.com

Tiago Severo Peixe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3188-2339>
Universidade Estadual de Londrina, Brasil
E-mail: tiago@uel.br

Renata Perfeito Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7821-9980>
Universidade Estadual de Londrina, Brasil
E-mail: perfeitorenata@gmail.com

Resumo

Objetivo: analisar por meio da microscopia eletrônica de varredura, a morfologia dos filtros das máscaras N95/PFF2 com e sem carvão ativado. Método: estudo analítico, realizado no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise de uma universidade localizada no norte do Paraná. Para compor as amostras foram adquiridas máscaras de marcas conhecidas no mercado que estavam disponíveis no hospital universitário no momento do estudo: máscara PFF2 com carvão ativado, máscara PFF2/equivalente N95. No laboratório, as amostras foram preparadas e avaliadas no aparelho de Microscopia Eletrônica de Varredura. Resultados: todas as máscaras apresentaram quatro camadas de fibras sintéticas de polipropileno. A diferença apresentada, está no tamanho das fibras, as fibras da camada filtrante possuem de 1 a $5\mu\text{m}$ e as fibras das camadas estruturais medem de 15 a $20\mu\text{m}$. Foi possível observar aberturas nas tramas da camada filtrante, com variações entre as máscaras. Conclusão: pode-se analisar a morfologia dos filtros das máscaras N95/PFF2, através da análise de tamanho, distribuição e conformação das fibras, os resultados indicam que os trabalhadores que utilizarem uma máscara de alta eficiência tipo N95/PFF2, com carvão ativado, durante a exposição diária a fumaça cirúrgica, diminui a inalação de materiais particulados que são prejudiciais a saúde a longo prazo.

Palavras-chave: Dispositivos de proteção respiratória; Equipamento de proteção individual; Respiradores N95; Exposição ocupacional; Saúde do trabalhador.

Abstract

Objective: to analyze, through scanning electron microscopy, the morphology of filters in N95/PFF2 masks with and without activated carbon. Method: analytical study, carried out at the Laboratory of Electronic Microscopy and Microanalysis of a university located in northern Paraná. To compose the samples, masks from known brands that were available at the university hospital at the time of the study were acquired: PFF2 mask with activated charcoal, PFF2/equivalent N95 mask. In the laboratory, the samples were prepared and evaluated in the Scanning Electron Microscopy device. Results: All masks had four layers of synthetic polypropylene fibers. The difference presented is in the size of the fibers, the fibers in the filtering layer have from 1 to $5\mu\text{m}$ and the fibers in the structural layers measure from 15 to $20\mu\text{m}$. It was possible to observe openings in the meshes of the filtering layer, with variations between the masks. Conclusion: it is possible to analyze the morphology of the filters of the N95/PFF2 masks, through the analysis of size, distribution and conformation of the fibers, the results indicate that workers who use a high-efficiency mask type N95/PFF2, with activated carbon, during daily exposure to surgical smoke, it decreases the inhalation of particulate materials that are harmful to health in the long term.

Keywords: Respiratory protective devices; Personal protective equipment; N95 Respirators; Occupational exposure; Occupational health.

Resumen

Objetivo: analizar, mediante microscopía electrónica de barrido, la morfología de filtros de máscaras N95/PFF2 con y sin carbón activado. Método: estudio analítico, realizado en el Laboratorio de Microscopía Electrónica y Microanálisis de una universidad ubicada en el norte de Paraná. Para componer las muestras se adquirieron mascarillas de marcas reconocidas en el mercado que estaban disponibles en el hospital universitario en el momento del estudio: mascarilla PFF2 con carbón activado, mascarilla PFF2/equivalente N95. En el laboratorio, las muestras fueron preparadas y evaluadas en el aparato de Microscopía Electrónica de Barrido. Resultados: todas las máscaras tenían cuatro capas de fibras sintéticas de polipropileno. La diferencia que se presenta está en el tamaño de las fibras, las fibras de la capa filtrante tienen de 1 a 5 μ m y las fibras de las capas estructurales miden de 15 a 20 μ m. Fue posible observar aberturas en las tramas de la capa filtrante, con variaciones entre las máscaras. Conclusión: se puede analizar la morfología de los filtros de las mascarillas N95/PFF2, a través del análisis del tamaño, distribución y conformación de las fibras, los resultados indican que los trabajadores que utilizan una mascarilla de alta eficiencia tipo N95/PFF2, con carbón activado, durante la exposición diaria al humo quirúrgico, reduce la inhalación de material particulado nocivo para la salud a largo plazo.

Palabras clave: Dispositivos de protección respiratoria; Equipo de protección personal; Respiradores N95; Exposición profesional; Salud laboral.

1. Introdução

Uma das medidas universais que tem por objetivo formar uma barreira de proteção e segurança ao trabalhador é a utilização de uma proteção respiratória, ou seja, a utilização de um equipamento de proteção respiratória. A fim de determinar o tipo de proteção respiratória a ser utilizado é realizado uma avaliação do risco em que o trabalhador está exposto, como levar em consideração a natureza do risco, o tipo de agente de risco, características, concentração no ambiente, efeitos fisiológicos no organismo, entre outros (Fiocruz, 2021).

No centro cirúrgico (CC), é utilizado um aparelho chamado eletrocautério, o qual realiza cortes e coagulação de vasos sanguíneos para diminuição de sangramento, melhor visualização do campo operatório e menor tempo cirúrgico. Essas características que este aparelho apresenta, são coadjuvantes para o sucesso de uma cirurgia.

Porém, o mesmo quando utilizado, libera no ar a fumaça cirúrgica (Radge et al, 2016), expondo os trabalhadores a poluição ocupacional do ar, caracterizando-se como um risco químico para esses profissionais expostos.

Essa fumaça, contém partículas microscópicas que podem se depositar no sistema respiratório e penetrar no sistema cardiovascular, causando vários problemas de saúde a quem está exposto a esse tipo de material (Neupane et al, 2019), pois, é composta por 95% de vapor e 5% de material particulado sólido. Dependendo do tipo de tecido que é cauterizado ou cortado, a duração do uso e aplicação de energia no eletrocautério, este material liberado pode medir menos que 1 μ m de diâmetro (Karsai & Däschlein, 2012).

Frente ao tamanho dessas partículas, para a proteção dos trabalhadores expostos a esta poluição ocupacional, indica-se a utilização de máscaras de proteção respiratória como as máscaras N95/PFF2 (Aorn, 2021), pois as mesmas têm a capacidade de filtração acima de 95%, o que as capacita para filtrar partículas de tamanho submicrométrico (Georgesén & Lipner, 2018), mas não possuem filtros eficazes na filtração de moléculas químicas. Portanto, se a equipe da sala de cirurgia estiver exposta à fumaça cirúrgica é necessário a utilização de uma máscara que contenha um filtro específico para vapores químicos (Wambier et al, 2019).

Hoje, no trabalho no CC, os expostos a esse risco químico, utilizam a máscara cirúrgica, a qual tem uma eficiência de filtração de 91,53%, filtrando partículas que medem 5 μ m ou maiores. Além disso, possui pontos soltos em relação ao rosto do usuário, o que dificulta a proteção adequada (Georgesén & Lipner, 2018), e ainda, essas máscaras não possuem filtro químico necessário para proteção à exposição a fumaça cirúrgica.

Mas sobre estas afirmações, ainda se tem dúvida sobre o uso das máscaras N95/PFF2 para a proteção dos trabalhadores expostos a fumaça cirúrgica, pois recomenda-se estas máscaras para este tipo de proteção (Aorn, 2021).

Portanto, o objetivo deste estudo foi analisar por meio da microscopia eletrônica de varredura, a morfologia dos filtros das máscaras N95/PFF2 com e sem carvão ativado.

2. Metodologia

Estudo analítico, observacional, que tem por objetivo ser realizada a coleta de dados sem que os pesquisadores interfiram sobre os fenômenos existente (Polit & Beck, 2019). Estudo realizado no período de abril e maio do ano de 2020. Esta pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise (LMEM) de uma universidade localizada no norte do Paraná.

Para compor as amostras foram adquiridas máscaras de marcas conhecidas no mercado que estavam disponíveis no hospital universitário no momento do estudo: máscara PFF2 com carvão ativado, máscara PFF2/equivalente N95.

No laboratório foram recortadas as amostras em tamanho de 9mm² para serem avaliadas no aparelho de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) (FEI Quanta 200, FEI Company, Holanda).

Para tal análise, as amostras foram montadas nos suportes de alumínio com fita de carbono e então, foram pulverizadas com filme de ouro (BALTEC SDC 050, Sputter Coater, Alemanha). Após, foram analisadas no MEV, que liberou eletromicrografias geradas em modo topográficos a 20kV em alto vácuo. Assim, foi empregado a técnica de Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) para determinar a composição química dos materiais que estavam sendo analisados. Para isso, essas amostras foram colocadas nos suportes de alumínio com fita de carbono, e após foram cobertas por carbono (BALTEC SDC 050, Sputter Coater, Alemanha) e assim, foram analisadas por MEV, pelo grupo de pesquisadores que fazem parte desse estudo.

3. Resultados e Discussão

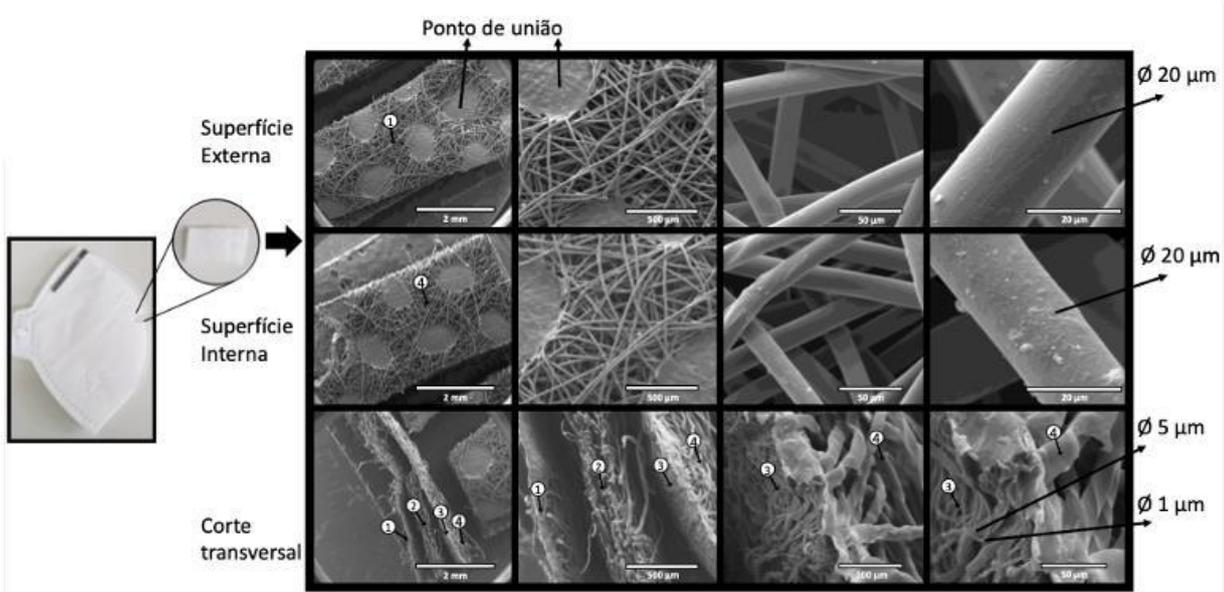
As análises microscópicas realizadas nas amostras das máscaras de alta filtração PFF2/N95 estão apresentadas nas Figuras 2, 3 e 4.

Figura 1 - Preparo do material para análise em aparelho de Microscopia Eletrônica de Varredura.



Fonte: Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise.

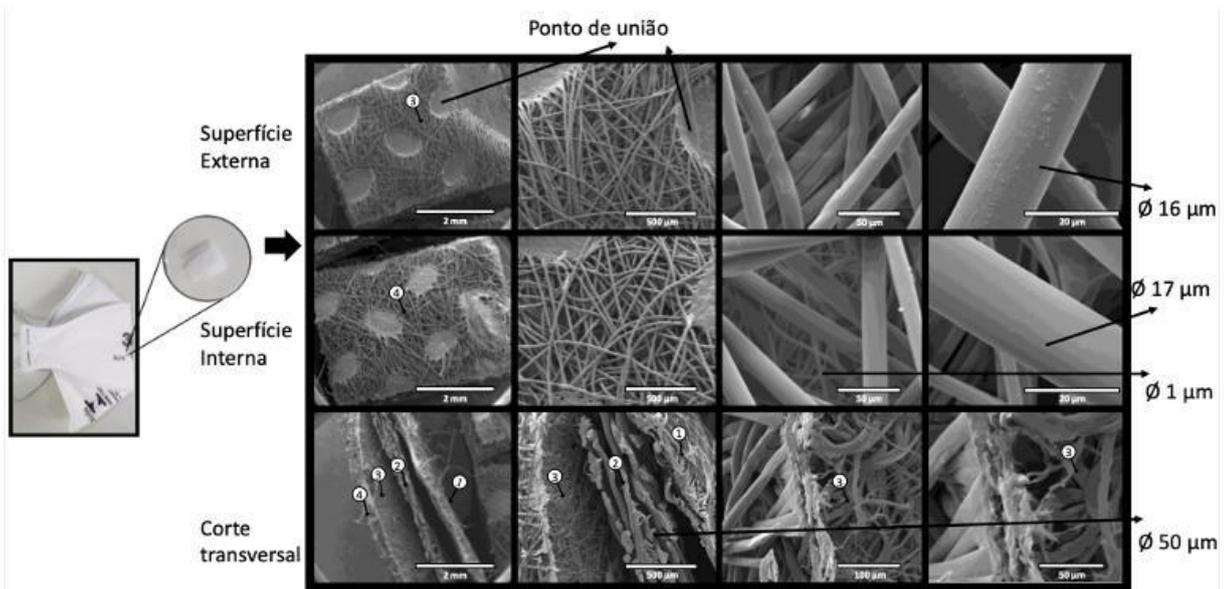
Figura 2 - Microscopia Eletrônica de Varredura da máscara hospitalar PFF2.



Composição: Quatro camadas de fibras sintéticas de polipropileno: 1) camada externa de contato com o ambiente; 2) camada meio estrutural; 3) camada filtrante; 4) camada interna de contato facial.

Fonte: Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise

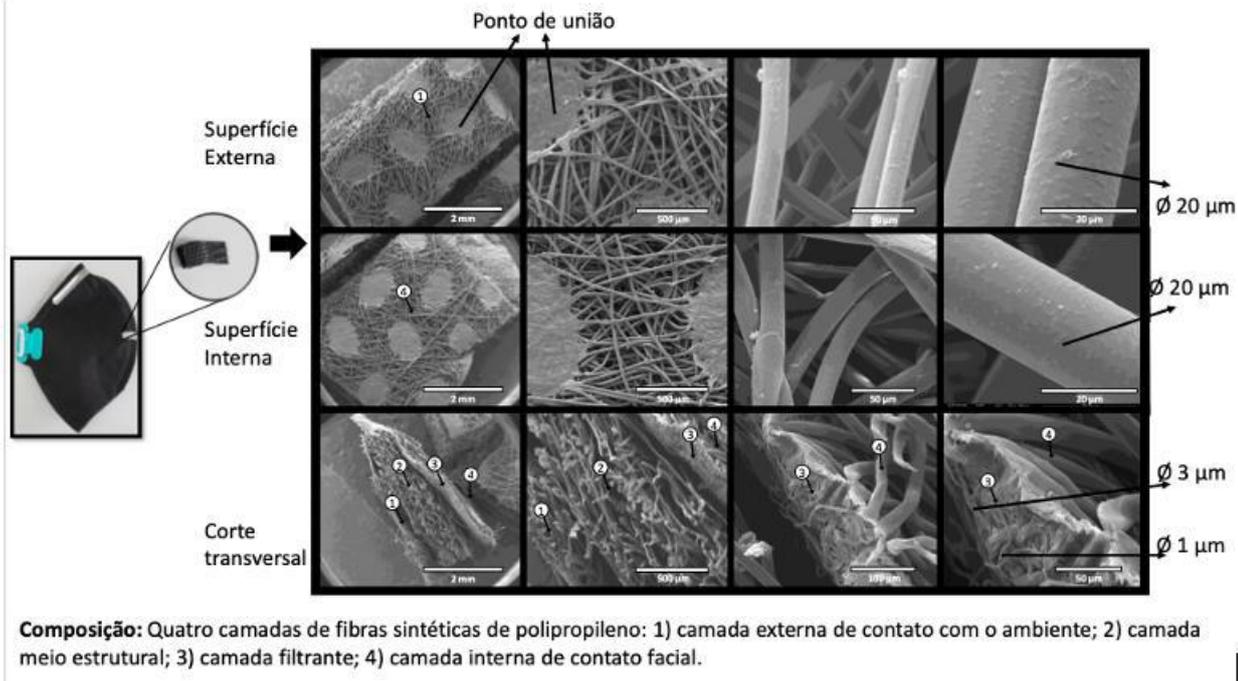
Figura 3 - Microscopia Eletrônica de Varredura da máscara hospitalar PFF2.



Composição: Quatro camadas de fibras sintéticas de polipropileno: 1) camada externa de contato com o ambiente; 2) camada meio estrutural; 3) camada filtrante; 4) camada interna de contato facial.

Fonte: Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise.

Figura 4 – Microscopia Eletrônica de Varredura da máscara hospitalar PFF/N95 com impregnação de carvão ativado.



Fonte: Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise.

Todas as máscaras apresentaram as mesmas características com quatro camadas de fibras sintéticas de polipropileno, distribuídas em camada externa, a qual está em contato com o meio ambiente, camada estrutural, camada filtrante e camada interna, a qual está em contato com a face do usuário.

Pode-se verificar que, a diferença apresentada, está no tamanho das fibras (fibras da camada filtrante possuem de 1 a $5\mu\text{m}$ e as fibras das camadas estruturais medem de 15 a $20\mu\text{m}$).

Com base nas imagens apresentadas, foi possível observar aberturas nas tramas da camada filtrante, com variações entre as máscaras. Pode-se sugerir que existam porosidades nas camadas das máscaras, mas ao mesmo tempo, as fibras são finas e dispostas de forma irregular e em várias direções e em camadas.

Entre as máscaras estudadas, há uma que possui em sua estrutura a impregnação do carvão nas fibras.

4. Discussão

A fumaça cirúrgica, produzida durante os procedimentos realizados no CC, devido a utilização do eletrocautério, é de relevância para ambientes de saúde pública, devido a liberação de pequenas partículas como compostos orgânicos e inorgânicos, potencialmente perigosos aos trabalhadores que se encontram expostos a essa poluição ocupacional (Bree et al, 2017).

A composição da fumaça cirúrgica é influenciada por alguns fatores, como a duração e o tipo de procedimento realizado, tipo de tecido que está sendo cauterizado e até mesmo a presença de vírus e bactérias no local cirúrgico. Assim, o material particulado presente na fumaça cirúrgica pode variar de tamanho, sendo apresentado de $0,01$ a $6\mu\text{m}$ (Aorn, 2021).

A inalação de material particulado, pode causar diversas consequências como efeitos adversos no sistema circulatório, respiratório e pulmonar. As partículas menores que $10\mu\text{m}$ podem causar irritações e complicações a longo prazo, as maiores se depositam no sistema respiratório superior, as de tamanho aproximado de $2,5\mu\text{m}$, se depositam nos bronquíolos e alvéolos, e as de $0,1\mu\text{m}$ ou menores, penetram no sistema circulatório e causam o estresse oxidativo sistêmico. Assim, o trabalhador exposto

a esse tipo de material, pode desenvolver doenças arteriais coronarianas, insuficiência cardíaca, asma e doença pulmonar obstrutiva crônica (Limchantra et al, 2019).

Foi verificado nesse estudo, que os filtros das máscaras possuem poros com tamanhos variados. Essa variação pode aumentar a sua capacidade de retenção de partículas, pois esses filtros possuem camadas de fibras bem finas, distribuídas de forma não uniforme, bem emaranhadas. Características estas, que diminuem a porosidade do filtro.

Porém, os tamanhos das partículas encontradas na fumaça cirúrgica, são muito pequenas, menores que $1\mu\text{m}$ e representam um grande problema, pois as mesmas, podem penetrar pelos filtros das máscaras. A máscara N95/PFF2 é um tipo de máscara que filtra partículas maiores que $0,3\mu\text{m}$ (Limchantra et al, 2019).

Entre os compostos químicos pequenos, encontrados na fumaça cirúrgica, estão aqueles apresentados na fase gasosa: Compostos Orgânicos Voláteis (COV) e os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA). Esses gases são considerados tóxicos e tornam a fumaça cirúrgica citotóxica, genotóxica e mutagênica (Limchantra et al, 2019, Alp et al, 2006).

A máscara N95/PFF2, é projetada para impedir a penetração de 95% de material particulado, entre os quais, incluem os detritos celulares, vírus e bactérias, porém, gases e vapores não são capturados por esse tipo de filtro (Wambier et al, 2019).

Em uma das máscaras estudada, havia a impregnação de carvão nas fibras, esse tipo de combinação de filtro de material particulado de alta eficiência com a impregnação de carvão ativado é denominado de filtros de adsorção de gás de alta eficiência, pois o carvão, faz a adsorção de compostos químicos (Rozzi et al, 2012).

Assim, se faz necessário, que toda a equipe que está rotineiramente em exposição à fumaça cirúrgica, faça uso de uma máscara com um filtro específico, como as que contém uma camada de carvão ativado (Wambier et al, 2019).

Entre as práticas seguras para reduzir a exposição da equipe à fumaça cirúrgica está a utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI), como a máscara N95/PFF2 (Spruce, 2018). O uso desse tipo de máscara, com a impregnação de carvão ativado, é um procedimento simples e de fácil acesso, que pode ser adotado por toda a equipe, incentivada pela instituição de saúde, para evitar o risco da inalação química durante a exposição à fumaça cirúrgica e o desenvolvimento de doenças relacionadas a exposição ocupacional (Wambier et al, 2019).

Esse estudo foi verificado as imagens morfológicas das máscaras N95/PFF2, porém não foi estudado juntamente as técnicas de micro/nano filtração para a confirmação da eficácia de filtração das máscaras, configurando uma limitação do estudo.

5. Conclusão

Com este estudo pode-se analisar a morfologia dos filtros das máscaras N95/PFF2, através da análise de tamanho, distribuição e conformação das fibras.

Os resultados desse estudo indicam que os trabalhadores que utilizarem uma máscara de alta eficiência tipo N95/PFF2, com carvão ativado, durante a exposição diária a fumaça cirúrgica, diminui a inalação de materiais particulados que são prejudiciais a saúde a longo prazo.

Referências

- Fiocruz. (2021). Proteção Respiratória. <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/bis/virtual%20tour/hipertextos/up1/respiradores.html>
- Ragde, S. F.; Jorgensen, R. B. & Foreland, S. (2016). Characterization of exposure to ultrafine particles from surgical smoke by use of a fast mobility particle sizer. *Ann Occup Hyg.* 60(7), 860-74.
- Neupane, B. B.; Mainali, S.; Sharma, A. & Giri, B. (2019). Optical microscopic study of surface morphology and filtering efficiency of face masks. *Peer J.* 26(7), e7142.
- Karsai, S. & Däschlein, G. (2012). "Smoking guns": hazards generated by laser and electrocautery smoke. *J Dtsch Dermatol Ges.* 10(9), 633-6.

- Aorn .(2021). Management of surgical smoke. <https://www.aorn.org/guidelines/clinical-resources/tool-kits/non-member-tool-kits/management-of-surgical-smoke-tool-kit-nonmembers>
- Georgeses, C. & Lipner, S. R. (2018). Surgical smoke: risk assessment and mitigation strategies. *J Am Acad Dermatol.* 79(4), 746-55.
- Wambier, C. G.; Lee, K. C.; Oliveira, P. B.; Wambier, S. P .F. & Beltrame, F. L. (2019). Comment on “Surgical smoke: risk assessment and mitigation strategies” and chemical adsorption by activated carbon N95 masks. *J Am Acad Dermatol.* 80(4), e79-e80.
- Polit, F. D. & Beck, C. T. (2019). Fundamentos de Pesquisa em Enfermagem: Avaliação de evidências para a prática da enfermagem. Porto Alegre: Artmed.
- Bree, K.; Barnhill, S. & Rundell, W. (2017). The dangers of electrosurgical smoke to operating room personnel: a review. *Workplace Health Saf.* 65(11), 517-26.
- Limchantra, I. V.; Fong, Y. & Melstrom, K. A. (2019). Surgical smoke exposure in operating room personnel: a review. *JAMA Surg.* 154(10), 960-67.
- Alp, E.; Bijl, D.; Bleichorodt, R. P.; Hansson, B. & Voss, A. (2006). Surgical smoke and infection control. *J Hosp Infect.* 62(1), 1-5.
- Rozzi, T.; Snyder, J. & Novak, D. (2012). Pilot study of aromatic hydrocarbon adsorption characteristics of disposable filtering facepiece respirators that contain activated carbon. *J Occup Environ Hyg.* 9(11), 624-9.
- Spruce L. (2018). Back to basics: protection from surgical smoke. *Aorn J.* 108(1), 24-32.