

# ANÁLISE QUIMIOMÉTRICA A PARTIR DE ESPECTROS GAMA DE PROTETORES RESPIRATÓRIOS SEMIFACIAIS PFF2 SUBMETIDOS A RADIAÇÃO UVC

Edson W. da Silva<sup>1</sup>; Thiago P. M. de Medeiros<sup>1</sup>; Ana C. de Paiva<sup>1</sup>; Brígida G. A. Schirmer<sup>1</sup>; Elvis J. de França<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE), Recife, Brasil.

**Palavras-Chave:** Pandemia, EPI respiratório, Descontaminação

## Introdução

A pandemia de COVID-19, além da emergência de saúde pública internacional devido à alta transmissibilidade, rápida evolução e letalidade da doença (World Health Organization, 2020), resultou em uma crise no fornecimento de equipamentos de proteção individual, principalmente protetores respiratórios semifaciais do tipo PFF2 e N95. Conforme os protocolos sanitários, o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), especialmente as Peças Faciais Filtrantes com Filtro tipo 2 (PFF2), tornou-se a principal forma de proteção contra o vírus, não apenas para os profissionais da saúde, mas também para todos aqueles que precisavam sair em público, sobretudo após o início da vacinação dos profissionais de saúde.

Essa alta demanda gerou uma escassez global desses equipamentos e o reuso passou a ser considerado uma alternativa, o que, por sua vez, apresentou riscos à segurança dos profissionais, devido à possibilidade de contaminação durante o processo de colocação e retirada dos EPIs (CDC, 2020). Diante disso, métodos de descontaminação como o uso de peróxido de hidrogênio, vapor gerado por plasma, radiação gama e ultravioleta começaram a ser utilizados com o objetivo de reduzir a carga microbiana e garantir a segurança dos profissionais de saúde durante a pandemia (Heimbuch et al., 2011; Lindsley et al., 2015; Schwartz et al., 2020;).

Dentre esses métodos, a radiação ultravioleta (UV) se apresentou como uma alternativa eficiente, porém sua aplicação exige cautela, pois doses inadequadas podem comprometer a estrutura dos respiradores e reduzir sua eficácia de filtração. Por isso, é crucial controlar a dose de UV para preservar a integridade estrutural dos EPIs e garantir sua funcionalidade (Heimbuch et al., 2011; Lindsley et al., 2015).

Para reduzir as taxas de infecção pela COVID-19, a OMS implementou diversas medidas preventivas como práticas de etiqueta respiratória, higienização das mãos e o uso de máscaras, mas principalmente a suspensão de atividades sociais e laborais (Pereira et al., 2020). Neste contexto, houve limitação das técnicas disponíveis para análise de modificações físicas em EPIs, por isso, o Centro Regional de Ciências Nucleares desenvolveu uma ferramenta quimiométrica para a detecção de mudanças físicas ao material dos protetores respiratórios a partir de radiação gama de baixíssima intensidade (menor que  $1 \text{ kBq cm}^{-2}$ ) conforme Bezerra (2022).

Desse modo, o presente estudo teve como objetivo aplicar ferramenta quimiométrica para a detecção de mudanças físicas no tecido não tecido de respiradores PFF2 submetidos a ciclos crescentes de descontaminação por radiação ultravioleta. a partir da radiação gama. Embora o tema seja de grande relevância, existem poucos estudos na literatura a respeito. Um trabalho similar, conduzido por Alves et al. (2021), analisou a eficiência da descontaminação com luz UV-C em um equipamento de fluxo unidirecional horizontal (capela de fluxo laminar), demonstrando a eficácia do processo. No entanto, não houve uma análise mais detalhada sobre a integridade das máscaras após a descontaminação.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório Emergencial de Combate à COVID-19 (LECC) localizado no CRCN/NE na cidade do Recife, após aprovação dispensa do Comitê de Ética com número de parecer 4.539.579. Os protetores respiratórios PFF2 utilizados neste experimento foram

- Protetor respiratório modelo 1: fabricado por FLAVORS OF AMERICAS S.A® pertencentes ao lote 20201201MM;
- Protetor respiratório modelo 2: Descarpack® Pertencentes ao lote SMNDAA0013,
- Protetor respiratório modelo 3: TA INDÚSTRIA E FACÇÃO pertencentes ao lote TA112020RE002-001.

### *Descontaminação por radiação ultravioleta*

Para a descontaminação das máscaras por UV, foram submetidos três modelos de máscaras em triplicata para até 30 ciclos no UVCLEAN para cada face dos protetores respiratórios. A cada 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30, amostras foram reservadas para cada modelo para a avaliação da integridade das máscaras após a descontaminação. Cada ciclo correspondeu a 30 segundos predefinidos pelo próprio equipamento por meio de um PH7-800-95U BIVOLT, em que os reatores determinam o tempo de ativação da lâmpada e a potência utilizada, em que as lâmpadas utilizadas apresentam uma potência de radiação UV de 95 W (Benevides et al, 2022).

### *Preparação de amostras para análise*

As amostras foram obtidas a partir das secções na posição oro nasal e dispostos em seis fragmentos numerados de 1 a 6, da esquerda para direita. Esses fragmentos foram desmembrados em Camada Externa (E), Material Filtrante (F) e Camada Interna (I), correspondendo a cada uma das 3 camadas das máscaras. Desse modo, pôde-se identificar e localizar os fragmentos dispostos para estes tratamentos. As amostras foram minimamente manipuladas para evitar destruição ou estresse das fibras de tecido não tecido, principal componente das máscaras, para a obtenção dos espectros gama. Para a proteção, as amostras foram fixadas em duas lâminas de vidro, sobrepostas e fixadas com fita adesiva nas laterais. Nesse procedimento, não houve tração ou até mesmo algum tipo de estresse entre as fibras que pudessem causar quaisquer danos adicionais a amostra. Em seguida, as amostras foram armazenadas em caixas de lâminas.

### *Obtenção dos espectros*

Para a obtenção por espectros por EGAR relacionados à interação com as camadas das máscaras, utilizou-se uma fonte puntiforme (5 mm de diâmetro) de Eu-152 com atividade de 8,3 kBq, possibilitando incidências de raios gama, podendo variar a energia entre 100 a 1500 keV, posicionada num aparato cilíndrico. Foi alocado um castelo de chumbo no topo do suporte servindo para conter a fonte radioativa. Sendo ofertado dois furos nas peças para a colimação do feixe de radiação. Estas lâminas contendo as amostras das máscaras foram posicionadas entre o detector e a fonte e sua radioatividade foi configurada em 2.000 segundos, evitando a exposição excessiva.

### *Análise quimiométrica*

Os arquivos das amostras foram convertidos em planilha Excel para a análise quimiométrica utilizando o programa de computador The Unscrambler (Camo, 2006) para a Análise por Componentes Principais com rotação Varimax. A região de interesse dos espectros gama foi delimitada entre 40 e 1200 keV referentes aos canais de 49 a 4600, aproximadamente.

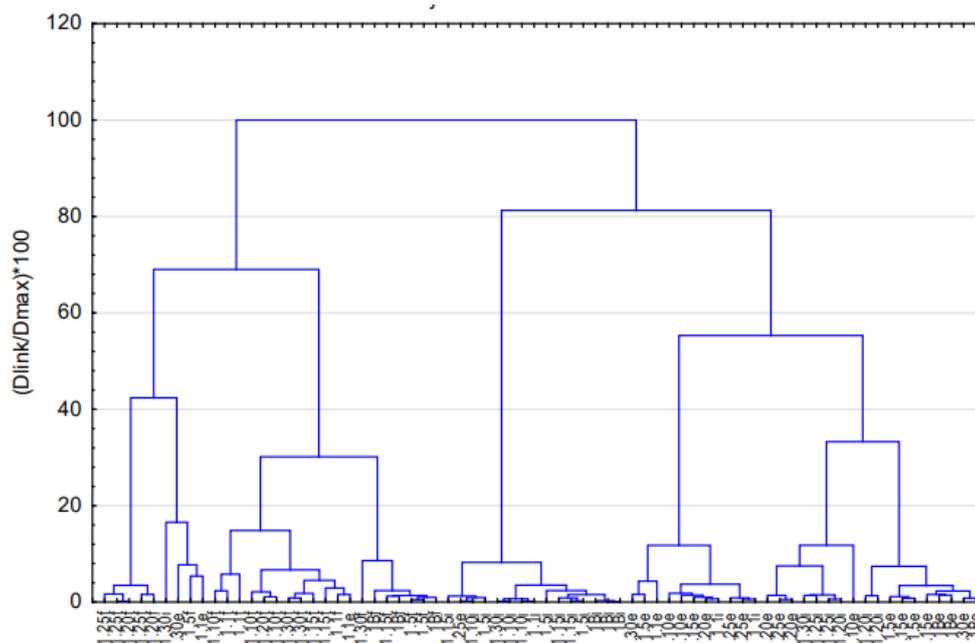
## Resultados e Discussão

No presente estudo, a avaliação da integridade física desses equipamentos foi realizada a partir das medições de radioatividade gama relacionadas com a atenuação da radiação gama de amostras de respiradores PFF2 descontaminados por radiação ultravioleta (UV).

Os resultados da Análise de Agrupamento após a Análise por Componentes Principais (Figuras 1, 2 e 3) mostraram os dados obtidos nos ensaios realizados sobre as camadas internas, externas e os filtros de três modelos de protetores respiratórios, submetidos a ciclos sucessivos no UVCLEAN. Para todas as camadas, houve divergências com relação ao grupo de brancos analíticos conforme o aumento do número de ciclos para todos os modelos testados. Com base na análise estatística das amostras, observou-se uma segregação dos grupos com relação às camadas dos respiradores. A dispersão dos brancos analíticos entre as amostras tratadas indicou a integridade física, entretanto, fragmentos divergentes dos grupos de brancos sugeriram uma possível alteração nas camadas externas, internas e nos filtros.

O dendrograma da Figura 1 destacou o processo de separação das camadas por meio da análise de agrupamento. Um grupo de filtros, nos ciclos 5 e 15, foi agrupado com os brancos analíticos dos filtros (Bf), indicando aumento da suscetibilidade a alterações estruturais com a aplicação da UV-C após 15 ciclos.

**Figura 1.** Dendrograma da dispersão dos ciclos das máscaras para o modelo 1



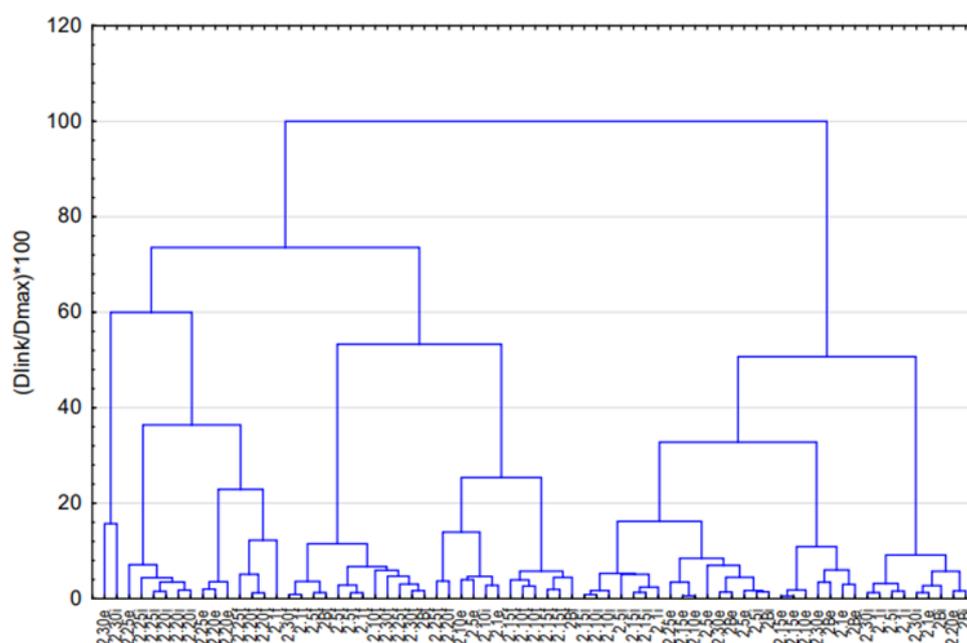
Fonte: O autor (2024)

Dentro desse grupo, uma amostra de filtro submetida a 30 ciclos também foi incluída, mas não houve uma explicação clara para tal agrupamento, visto que todas as amostras foram tratadas de forma semelhante. O agrupamento dos brancos da camada externa (Be) com os ciclos 5, 15 e 30 indicou que não ocorreram alterações em algumas amostras tratadas. Já o agrupamento dos brancos da camada interna (Bi) com os ciclos 1, 5, 10 e 30 mostrou que nem todos os tratamentos se mantiveram no grupo, com algumas amostras apresentando alterações. No geral, observou-se uma coesão na formação dos grupos para as camadas interna, externa e filtros desse modelo de protetor respiratório.

O dendrograma da Figura 2 demonstrou divergência de alguns resultados, em que foi observada a dispersão dos brancos analíticos (Be) entre os diversos grupos de amostras. Contudo, uma amostra de branco analítico da camada interna desse protetor respiratório foi mal classificada no grupo de camadas externas, possivelmente relacionado com a densidade do

TNT. Os filtros desse modelo foram os que mais apresentaram um grupo homogêneo, sendo que os filtros dos ciclos 1, 5, 10, 15, 20, e 30 permaneceram no mesmo grupo. Os Bi foram agrupados em um pequeno grupo para os ciclos de 1, 5 e 30, porém demonstraram que foram afetados quando expostos a 20 e 25 ciclos, sofrendo alteração estrutural dado o distanciamento entre os grupos.

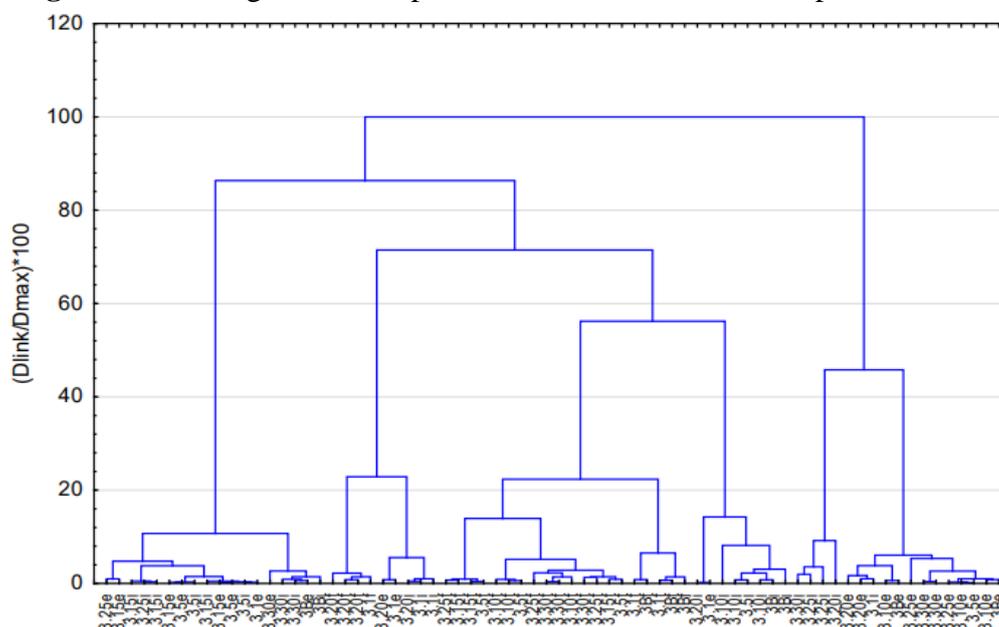
**Figura 2.** Dendrograma da dispersão dos ciclos das máscaras para o modelo 2



Fonte: O autor (2024)

Na Figura 3, os agrupamentos resultantes foram inconclusivos, em que Bf foi agrupado com determinados ciclos (1, 5, 10, 15 e 30), porém houve uma discrepância de amostras de outros ciclos, evidenciado por um grupo de filtros agrupados com as camadas externas e internas.

**Figura 3.** Dendrograma da dispersão dos ciclos das máscaras para o modelo 3



Fonte: O autor (2024)

Os Be apresentam divergência para um branco, em que foi classificado em grupo com uma amostra Bi, porém duas amostras Be se mantiveram em um grupo com os ciclos 10, 25 e 30. Dois Bi mantiveram-se no grupo com apenas duas amostras referentes ao ciclo 25. O resultado dessa máscara apresentou maiores divergências quanto à sua interpretação.

### Conclusões

Com a quimiometria utilizando os espectros gama foi possível discriminar entre as camadas dos tecidos não tecido utilizados e os materiais filtrantes de todos os modelos de protetores respiratórios estudados. Ainda mais, houve alterações físicas e estruturais com os ciclos de descontaminação UV-C para os materiais filtrantes dos protetores respiratórios dos modelos 2 e 3, enquanto o modelo 1 mostrou-se mais resistentes aos ciclos de radiação UV-C. Com isso, recomenda-se a utilização de, no máximo, 15 ciclos de descontaminação, aumentando a vida útil do EPI, além da economia de recursos.

### Referências

- ALVES, D. B. P. et al. Efetividade dos métodos de descontaminação em máscaras de tecido com luz ultravioleta e gás ozônio. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15, p. e138101522846-e138101522846, 2021.
- BENEVIDES, C. A., PEDROSA, T. L., MOURA, D. S. et al. Desenvolvimento e avaliação de cabine de radiação ultravioleta para desinfecção de máscaras hospitalares descartáveis, durante a pandemia da COVID-19. 2022.
- BEZERRA, L. C. S. Integridade e funcionalidade de máscaras PFF2 após reutilização em ambiente hospitalar gerador de aerossóis. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2022.
- CAMO. The Unscrambler User Manual. Camo Software AS, 2006.
- CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). Recommended Guidance for Extended Use and Limited Reuse of N95 Filtering Facepiece Respirators in Healthcare Settings. 2020.
- HEIMBUCH, B. K. et al. A pandemic influenza preparedness study: use of energetic methods to decontaminate filtering facepiece respirators contaminated with H1N1 aerosols and droplets. *American journal of infection control*, v. 39, n. 1, p. e1-e9, 2011.
- LINDSLEY, W. G. et al. Effects of ultraviolet germicidal irradiation (UVGI) on N95 respirator filtration performance and structural integrity. *Journal of occupational and environmental hygiene*, v. 12, n. 8, p. 509- 517, 2015.
- PEREIRA, F. M. V., LAM, S. C., GÓES, F. G. B., GIR, E. et al. Factores asociados a la utilización y reutilización de máscaras entre brasileños durante la pandemia del COVID19. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*. 28, e3360. 2020.
- RANNEY, M. L.; GRIFFETH, V.; JHA, A. K. Critical supply shortages—the need for ventilators and personal protective equipment during the Covid-19 pandemic. *New England Journal of Medicine*, v. 382, n. 18, p. e41, 2020.
- SCHWARTZ, A. et al. Decontamination and reuse of N95 respirators with hydrogen peroxide vapor to address worldwide personal protective equipment shortages during the SARS-CoV-2(COVID-19) pandemic. *Applied Biosafety*, v. 25, n. 2, p. 67-70, 2020.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Statement on the second meeting of the International Health Regulations (2005) Emergency Committee regarding the outbreak of novel coronavirus (2019-nCoV). 2020.