

Reutilização de respiradores N95: revisão sistemática sobre efetividade e segurança ocupacional para profissionais de saúde

Reuse of N95 respirators: a systematic review on effectiveness and occupational safety for healthcare professionals

Reutilización de respiradores N95: revisión sistemática sobre efectividad y seguridad ocupacional para profesionales de salud

Viviane Lopes Vimieiro^a 

Claysson Bruno Santos Vimieiro^{b,c} 

Adriana Cristina De Oliveira^a 

Como citar este artigo:

Vimieiro VL, Vimieiro CBS, De Oliveira AC. Reutilização da máscara N95: revisão sistemática sobre efetividade e segurança ocupacional para profissionais de saúde. Rev Gaúcha Enferm. 2025;46:e20240312. <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2025.20240312.pt>

RESUMO

Objetivo: Analisar as evidências sobre a eficácia dos protocolos de uso estendido e reutilização das máscaras N95, com foco na segurança ocupacional dos profissionais de saúde.

Método: Revisão sistemática de artigos publicados entre 2003 e 2024, nas bases de dados Medline/PubMed, Web of Science, SCOPUS, Embase e CENTRAL. Foram incluídos estudos experimentais, quase-experimentais e observacionais. A qualidade metodológica foi avaliada por meio da ferramenta do Joanna Briggs Institute. Síntese narrativa foi utilizada para a apresentação dos resultados.

Resultados: A revisão abrangeu 21 artigos. O aspecto mais investigado foi vedação (71,4%), seguido da integridade estrutural (33,3%), eficiência de filtração (19,0%) e, por fim, ensaio de tração das tiras de fixação (4,8%). Foram observados danos como sujidade, quebras do clipe nasal e rompimento das tiras de fixação, além da degradação da resistência elástica, resultando em ajuste inadequado e perda da capacidade de filtração. Quatro estudos foram classificados como de alta qualidade e 17 como de qualidade moderada.

Conclusão: Uso estendido e reutilização das máscaras N95 são contraindicados, pois aumentam o risco ocupacional. Embora mantenham a eficiência de filtração adequada em diferentes contextos, isso não é suficiente para garantir a proteção ao usuário. Quando inevitáveis, protocolos rigorosos baseados em evidências devem ser seguidos.

Descritores: Respiradores N95. Reutilização de equipamentos; Pessoal de saúde; Saúde ocupacional.

ABSTRACT

Objective: To analyze the evidence on the effectiveness of extended use and reuse protocols of N95 respirators, with a focus on the occupational safety of healthcare professionals.

Method: Systematic review of articles published between 2003 and 2024 in the Medline/PubMed, Web of Science, SCOPUS, Embase, and CENTRAL databases. Experimental, quasi-experimental and observational studies were included. Methodological quality was assessed using the Joanna Briggs Institute tool. Narrative synthesis was used to present the results.

Results: The review encompassed 21 articles. The most investigated aspect was sealing (71.4%), followed by structural integrity (33.3%), filtration efficiency (19.0%), and, finally, tensile testing of the fastening straps (4.8%). Damage such as dirt accumulation, broken nose clips, and strap breakage, as well as degradation of elastic resistance, were observed, leading to inadequate fit and reduced filtration capacity. Four studies were classified as high quality, while 17 were of moderate quality.

Conclusion: Extended use and reuse of N95 respirators are not recommended, as they increase occupational risk. Although they maintain adequate filtration efficiency in different contexts, this is not sufficient to ensure user protection. When unavoidable, strict evidence-based protocols must be followed.

Descriptors: N95 respirators; Equipment reuse; Health personnel; Occupational health.

^a Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Enfermagem. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

^b Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

^c Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la evidencia sobre la eficacia de los protocolos de uso prolongado y reutilización de respiradores N95, con el foco en garantizar la seguridad ocupacional de los profesionales de la salud.

Método: Revisión sistemática de artículos publicados entre 2003 y 2024 en *Medline/PubMed*, *Web of Science*, *SCOPUS*, *Embase* y *CENTRAL*. Se incluyeron estudios experimentales, cuasiexperimentales y observacionales. La calidad metodológica fue evaluada con la herramienta del *Joanna Briggs Institute*. Se utilizó una síntesis narrativa para presentar los resultados.

Resultados: Se identificaron 21 artículos. El aspecto más investigado fue el ajuste (71,4%), seguido de la integridad estructural (33,3%), eficiencia de filtración (19,0%) y ensayo de tracción de tiras de sujeción (4,8%). Se observaron daños como suciedad, rotura del clip nasal y de las tiras, además de degradación de la resistencia elástica, lo que resultó en un ajuste inadecuado y una reducción de la capacidad de filtración. Cuatro estudios fueron clasificados como de alta calidad y 17 de calidad moderada.

Conclusión: El uso prolongado y la reutilización de respiradores N95 están desaconsejados, ya que aumentan el riesgo ocupacional. Aunque mantienen adecuada eficiencia de filtración, esto no garantiza la protección. Cuando sea inevitable, deben seguirse protocolos rigurosos basados en evidencia.

Descriptores: Respiradores N95; Equipo reutilizado; Personal de salud; Salud laboral.

■ INTRODUÇÃO

Patógenos respiratórios, como o *Mycobacterium tuberculosis* (causador da tuberculose) e o vírus do sarampo, são transmitidos pelo ar. Durante procedimentos que geram aerossóis, outros vírus, como a influenza H1N1 e o coronavírus da síndrome respiratória aguda grave (SARS-CoV-2), também podem se disseminar por essa via⁽¹⁻³⁾. Esses agentes representam uma ameaça no cenário epidemiológico, evidenciando a vulnerabilidade dos profissionais de saúde às infecções respiratórias e a necessidade de medidas eficazes de proteção⁽⁴⁻⁵⁾.

A máscara N95 é um equipamento de proteção individual (EPI) fundamental para reduzir o risco ocupacional, especialmente no atendimento de pacientes com doenças de transmissão aérea e em procedimentos que geram aerossóis⁽¹⁻³⁾. O *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) recomenda seu uso único, seguido de descarte imediato⁽⁶⁾. No entanto, crises sanitárias, como a epidemia de SARS em 2003, a pandemia de influenza H1N1 em 2009, a emergência do coronavírus da síndrome respiratória do Oriente Médio (MERS-CoV) em 2012 e a recente pandemia de COVID19, resultaram em uma escassez global desses dispositivos devido à alta demanda e à capacidade limitada de produção⁽⁶⁻⁹⁾.

O *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) aprovou diretrizes propostas pelo CDC, orientando os serviços de saúde a implementarem protocolos de uso estendido (utilização da mesma máscara N95 por um período prolongado, atendendo a vários pacientes antes do descarte) e reutilização limitada

(reuso do dispositivo em múltiplos atendimentos ou plantões, seguido de armazenamento para uso posterior)^(10,11). Esses protocolos não se restringem a períodos de crise para mitigar a escassez de equipamentos. Em países com alta incidência de doenças respiratórias, como tuberculose e sarampo, sua adoção contribuiu para reduzir custos e garantir a proteção dos profissionais de saúde em diferentes contextos de risco^(4,11,12).

A falta de evidências que comprovem a integridade e a funcionalidade das máscaras N95 após o uso estendido ou a reutilização levanta preocupações sobre a segurança ocupacional. Essas práticas podem aumentar o risco de exposição dos profissionais de saúde a agentes infecciosos durante atividades como paramentação, desparamentação, ajuste e reposicionamento do dispositivo⁽¹²⁾. Além disso, com o uso prolongado e sucessivos reusos, as máscaras N95 tornam-se mais suscetíveis à degradação estrutural, incluindo dobras, rasgos, furos, estiramento ou ruptura dos componentes de fixação, bem como quebras do clipe nasal. Essas alterações comprometem substancialmente o desempenho do dispositivo, reduzindo sua capacidade de manter uma vedação adequada⁽¹³⁾.

As recomendações sobre o tempo de reutilização das máscaras N95 variam entre as instituições de saúde. O CDC estabelece um limite máximo de cinco vezes, ou seja, cinco ciclos de paramentação e desparamentação⁽¹¹⁾. No entanto, não há consenso entre os órgãos sanitários de diferentes países quanto ao número seguro de reutilizações, seja em relação aos dias ou às horas de uso⁽⁸⁾.

A eficácia das máscaras N95 deve ser avaliada considerando sua integridade estrutural, incluindo os componentes de fixação, e sua funcionalidade, com ênfase na vedação, essencial para um ajuste adequado ao rosto para proteção da boca e do nariz. Além disso, a eficiência do material filtrante deve ser suficiente para bloquear pelo menos 95% das partículas transportadas pelo ar, com diâmetro médio de 0,3 microns (μm)⁽¹⁴⁾.

Antes de iniciar esta revisão sistemática, foi realizada uma pesquisa preliminar nas principais bases de dados recomendadas pelo *Joanna Briggs Institute* (JBI), incluindo *Cochrane Database of Systematic Reviews* e *International Prospective Register of Ongoing Systematic Reviews* (PROSPERO), com o intuito de identificar revisões sistemáticas e metanálises existentes ou em andamento sobre o tema⁽¹⁵⁾. Esse levantamento revelou lacunas importantes, especialmente quanto à avaliação abrangente da integridade estrutural, vedação, resistência elástica das tiras de fixação e eficiência de filtração das máscaras N95 submetidas a protocolos de uso estendido e reutilização na prática clínica.

A identificação dessas lacunas justifica a realização desta revisão, cujo propósito é fundamentar protocolos para garantir a segurança ocupacional dos profissionais de saúde. Assim, este estudo tem como objetivo analisar as evidências sobre a eficácia dos protocolos de uso estendido e reutilização das máscaras N95, com foco na segurança ocupacional dos profissionais de saúde.

■ MÉTODO

Trata-se de uma revisão sistemática de efetividade, conduzida conforme as diretrizes do *Joanna Briggs Institute* e reportada de acordo com o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA)⁽¹⁶⁾. O estudo foi registrado no PROSPERO sob o número CRD42024574896. As etapas metodológicas abrangeram a formulação da questão norteadora, a busca na literatura, a seleção dos estudos, a extração dos dados, a análise do nível de evidência e da qualidade metodológica, a síntese narrativa dos dados, além da redação e publicação dos resultados⁽¹⁷⁾.

A questão de pesquisa foi desenvolvida utilizando a estratégia PICO, definida como: P (População): máscaras N95; I (Intervenção): uso estendido/reutilização das máscaras N95; C (Comparação): integridade estrutural,

eficiência de filtração (capacidade de retenção de partículas aéreas) e vedação (ajuste adequado) das máscaras N95 novas; O (Desfecho): manutenção da integridade, filtração e vedação das máscaras N95, visando à segurança ocupacional dos profissionais de saúde. Assim, formulou-se a seguinte pergunta: Protocolos de uso estendido e reutilização das máscaras N95 são eficazes na manutenção da integridade estrutural, eficiência de filtração e vedação, em comparação com máscaras N95 novas, garantindo a segurança ocupacional dos profissionais de saúde?

A busca foi realizada nas bases de dados *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE) via *PubMed*, *SCOPUS*, *Web of Science Core Collection*, *Cochrane Central Register of Controlled Trials* (CENTRAL) e *Excerpta Medica Database* (EMBASE) via *Elsevier*.

Foram utilizados descritores controlados no idioma inglês, conforme a base de dados correspondente, incluindo *Medical Subject Headings* (MeSH) no MEDLINE/*PubMed* e *Emtree* exclusivamente no EMBASE, além de descritores não controlados (palavras-chave) para ampliar a recuperação dos estudos. Os termos foram combinados utilizando os operadores booleanos OR e AND.

A estratégia de busca, exceto na EMBASE, foi: [(“N95 Respirators” OR Masks OR “Respiratory Protective Devices” OR “N95 Respirator” OR “Respirators” OR “N95 Face Masks” OR “N95 Face Mask” OR “N95 Masks” OR “N95 Mask” OR Filtering facepiece respirators) AND (“Equipment Reuse” OR “Equipment Recycling” OR “Product Recycling” OR Reuse OR Reusability OR Reusable OR Reusing OR Usability OR Reliably) AND (“Occupational Health” OR “Health Personnel” OR “Health Care Professional” OR “Health Care Professionals” OR “Health Professionals” OR “Healthcare Worker” OR “Healthcare Workers” OR “Occupational Safety” OR Respiratory Protection)]. Na EMBASE, utilizou-se a seguinte estratégia: [(mask OR n95 OR “minimally 94 percent efficient filtering facepiece respirator” OR “PFF2 mask”) AND (recycling OR reuse) AND (“occupational health” OR “health care personnel”)]. Os termos de busca foram desenvolvidos com auxílio de um bibliotecário especializado em busca bibliográfica, e uma revisão manual das referências dos artigos encontrados foi realizada para identificar estudos adicionais relevantes.

Os critérios de inclusão abrangeram apenas publicações disponíveis em periódicos científicos indexados, revisadas por pares (*peer-reviewed*) e acessíveis na íntegra para extração de dados. Foram considerados estudos publicados entre 1º de janeiro de 2003 e 15 de outubro de 2024, que avaliaram a eficácia dos protocolos de uso estendido e reutilização das máscaras N95, analisando sua integridade estrutural, eficiência de filtração e vedação em comparação com máscaras N95 novas, com foco na segurança ocupacional dos profissionais de saúde.

Não houve restrição de idioma. A busca incluiu estudos experimentais, como ensaios clínicos randomizados, além de estudos quase-experimentais e observacionais. O período de seleção foi definido com base no início das recomendações de uso estendido e reutilização das máscaras N95, formuladas em resposta à epidemia SARS em 2003 e à pandemia de H1N1 em 2009.

Foram excluídos artigos que não abordavam protocolos de reutilização ou uso estendido das máscaras N95, assim como cartas ao editor, opiniões sem embasamento científico e estudos disponíveis exclusivamente em formato *preprint*.

A seleção dos estudos foi realizada de forma independente por dois pesquisadores, utilizando o *software Rayyan*®. Inicialmente, foram removidos os artigos duplicados identificados nas bases de dados. Em seguida, procedeu-se à análise dos títulos e resumos para a pré-seleção. Na etapa subsequente, os textos completos dos artigos pré-selecionados foram lidos integralmente por ambos os revisores para confirmação da elegibilidade final, com base nos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos. Eventuais discordâncias foram resolvidas por consenso entre os revisores, não sendo necessária a intervenção de um terceiro pesquisador.

A extração de dados foi realizada de forma independente por dois revisores, utilizando um formulário estruturado com base nas recomendações do *JBIM*⁽¹⁵⁾. O formulário incluiu as seguintes informações: autor, ano de publicação, idioma, país, delineamento do estudo, tamanho amostral, tempo de uso estendido, número de paramentações, métodos empregados para avaliação (testes aplicados) e danos identificados como desfechos. Não foi necessário contatar os autores dos estudos para obtenção de informações adicionais.

Os dados extraídos foram organizados em uma planilha do *Microsoft Excel 2019* para análise subsequente.

Esta revisão sistemática adotou uma abordagem de síntese narrativa, considerando a heterogeneidade dos estudos incluídos. A classificação dos níveis de evidência seguiu as diretrizes da *Agency for Healthcare Research and Quality* (AHRQ), sem, no entanto, serem utilizadas como critério de exclusão. Os estudos foram categorizados da seguinte forma: Nível 1: metanálises de ensaios clínicos randomizados controlados; Nível 2: estudos experimentais, como ensaios clínicos randomizados; Nível 3: estudos quase-experimentais, sem randomização; Nível 4: estudos descritivos ou com abordagem qualitativa, incluindo os observacionais; Nível 5: relatos de caso ou experiências práticas; e Nível 6: opiniões ou consensos de especialistas⁽¹⁸⁾.

A qualidade metodológica foi avaliada utilizando os instrumentos do *JBIM*. Para os estudos quase-experimentais, aplicou-se o *Critical Appraisal for Quasi-Experimental Studies*, e, para os estudos observacionais, o *Critical Appraisal Checklist for Studies Reporting Prevalence Data*^(19,20). As pesquisas com todas as respostas “sim” foram classificadas como de alta qualidade; aquelas com uma a três respostas negativas (“não”, “incerto” ou “não aplicável”) como de qualidade moderada; e aquelas com quatro ou mais respostas negativas, de baixa qualidade. A pontuação não foi utilizada como critério de exclusão, mas auxiliou na síntese e interpretação dos resultados.

Por se tratar de uma revisão sistemática da literatura, não foi necessária a submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). Todos os estudos citados foram devidamente referenciados em conformidade com os princípios éticos.

■ RESULTADOS

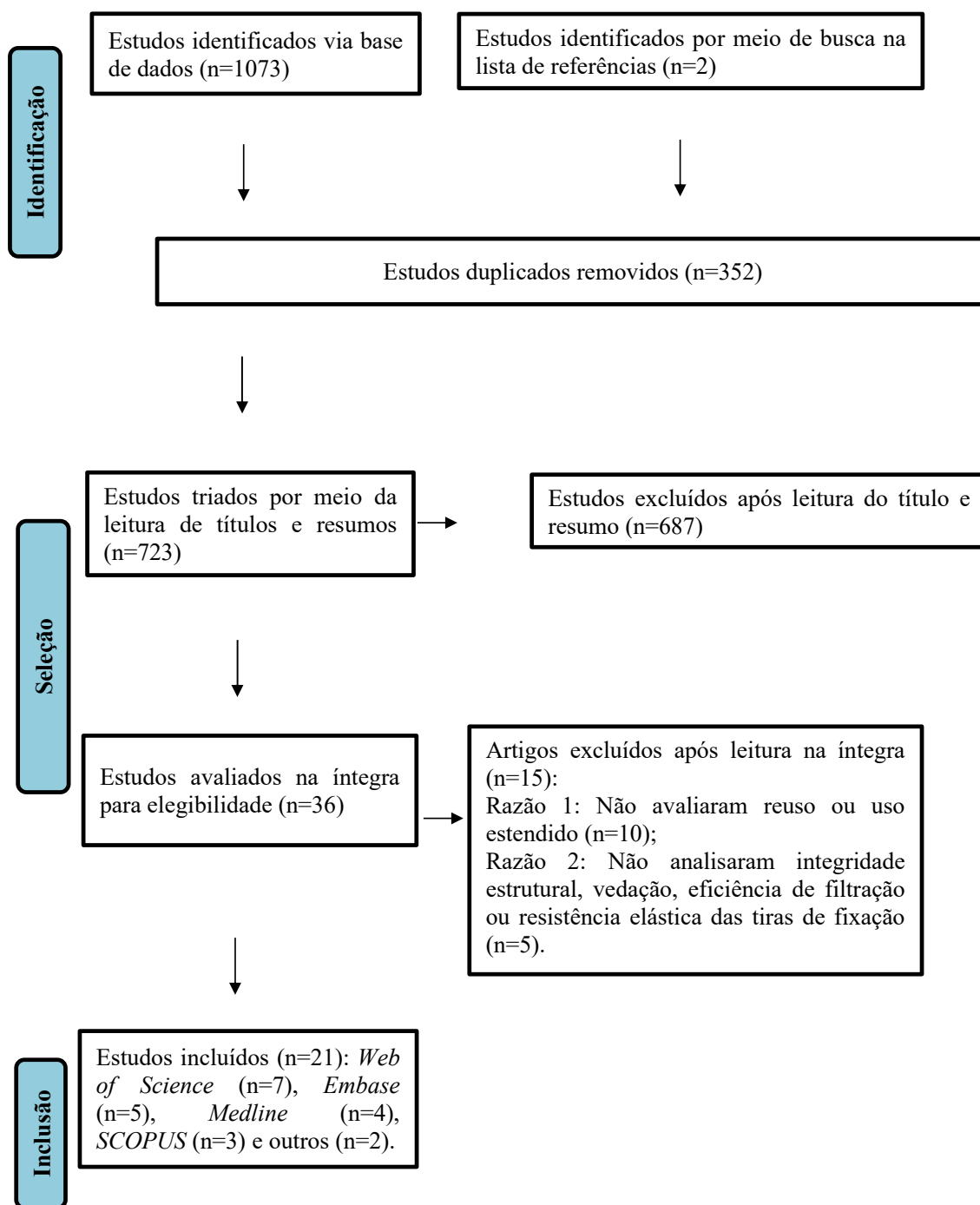
Foram identificadas 1.073 publicações nas seguintes bases de dados: *MedLine* (n=477), *Embase* (n=270), *Web of Science* (n=220), *CENTRAL* (n=56) e *SCOPUS* (n=50), além de dois artigos adicionais obtidos a partir das referências dos estudos selecionados. Após a remoção de duplicadas (n=352), 723 artigos foram triados com base nos títulos e resumos, resultando na seleção de 36 artigos para leitura completa. Durante essa fase, ocorreram divergências mínimas entre os revisores,

que foram resolvidas por consenso, sem necessidade de intervenção de um terceiro revisor.

Na análise integral, 15 artigos foram excluídos por não atenderem aos critérios previamente definidos, seja por não avaliarem protocolos de uso estendido ou reutilização das máscaras N95, seja por não analisarem

os desfechos estabelecidos (integridade estrutural, eficiência de filtração, vedação e resistência elástica das tiras de fixação). Dessa forma, 21 artigos foram considerados elegíveis e incluídos na síntese final das evidências. A Figura 1 apresenta o fluxograma detalhado da seleção dos artigos nas bases de dados analisadas.

Figura 1. Fluxo de identificação, seleção e inclusão de estudos. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2024.



Fonte: Adaptado de Page et al (2021)⁽¹⁶⁾

Todos os artigos incluídos na revisão foram publicados em inglês nos anos 2010⁽²¹⁾, 2012^(13,22), 2017⁽²³⁾, 2019⁽²⁴⁾, 2020⁽²⁵⁻²⁸⁾, 2021⁽²⁹⁻³⁴⁾, 2022⁽³⁵⁾, 2023⁽³⁶⁾ e 2024⁽³⁷⁻⁴⁰⁾. As publicações originaram-se nos Estados Unidos^(13,23,25,26,29-34,37,40), Inglaterra^(22,24,27,28), Brasil^(21,38), Holanda⁽³¹⁾, Taiwan⁽³⁶⁾ e Austrália⁽³⁹⁾.

Os estudos foram classificados de acordo com o delineamento e o nível de evidência. Do total, 12 eram quase-experimentais, correspondendo ao Nível 3 de

evidência^(13,22-24,26-29,32,35,36,40), enquanto nove eram observacionais (coorte e transversais), conduzidos em serviços de saúde e classificados como Nível 4^(21,25,30,31,33,34,37-39). A qualidade metodológica foi avaliada com base nos critérios do JBI, e os resultados detalhados estão apresentados no Quadro 1.

Entre os 12 estudos quase-experimentais, quatro atenderam a todos os nove itens da ferramenta, sendo classificados como de alta qualidade^(28,35,36,40).

Quadro 1. Avaliação da qualidade metodológica por meio dos instrumentos do *Joanna Briggs Institute: Critical Appraisal for Quasi-Experimental Studies* (n=12) e *Checklist for Studies Reporting Prevalence Data* (n=9). Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2024.

Estudos	Qualidade metodológica dos estudos quase-experimentais								
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
Estudo 1 (2012) ⁽¹³⁾	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Estudo 2 (2012) ⁽²²⁾	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Estudo 3 (2017) ⁽²³⁾	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Estudo 4 (2019) ⁽²⁴⁾	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Estudo 5 (2020) ⁽²⁶⁾	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Estudo 6 (2020) ⁽²⁷⁾	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Estudo 7 (2020) ⁽²⁸⁾	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Estudo 8 (2021) ⁽²⁹⁾	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Estudo 9 (2021) ⁽³²⁾	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Estudo 10 (2022) ⁽³⁵⁾	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Estudo 11 (2023) ⁽³⁶⁾	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Estudo 12 (2024) ⁽⁴⁰⁾	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Estudos	Qualidade metodológica dos estudos observacionais								
Estudo 13 (2010) ⁽²¹⁾	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	–
Estudo 14 (2020) ⁽²⁵⁾	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	–

Quadro 1. Cont.

Estudos	Qualidade metodológica dos estudos quase-experimentais								
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
Estudo 15 (2021) ⁽³⁰⁾	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	–
Estudo 16 (2021) ⁽³¹⁾	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	–
Estudo 17 (2021) ⁽³³⁾	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	–
Estudo 18 (2021) ⁽³⁴⁾	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	–
Estudo 19 (2024) ⁽³⁷⁾	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	–
Estudo 20 (2024) ⁽³⁸⁾	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	–
Estudo 21 (2024) ⁽³⁹⁾	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	–

Nota: Q1 a Q9 para estudos quase-experimentais: Q1: A relação de “causa” e “efeito” foi definida claramente? Q2: Os participantes dos grupos eram semelhantes? Q3: Os participantes dos grupos receberam tratamento semelhante, além da intervenção ou exposição de interesse? Q4: Houve um grupo controle? Q5: Foram realizadas medições antes e depois da intervenção para comparação dos resultados? Q6: O seguimento foi completo ou, em caso de perdas, as diferenças entre os grupos foram descritas e analisadas? Q7: Os resultados foram medidos de maneira uniforme entre os grupos? Q8: Os desfechos foram mensurados de forma válida e confiável? Q9: A análise estatística foi adequada? Q1 a Q9 para estudos observacionais: Q1: A amostra é representativa da população-alvo? Q2: A seleção dos participantes foi apropriada? Q3: O tamanho da amostra foi adequado? Q4: Os participantes foram descritos detalhadamente? Q5: Uma parcela suficiente da amostra foi incluída na análise? Q6: Foram utilizados métodos válidos para identificar a condição de interesse? Q7: A análise estatística foi adequada? Q8: A taxa de resposta foi apropriada? Em caso de resposta baixa, isso foi devidamente tratado?

Sete estudos obtiveram “sim” em oito itens^(13,23,24,26,27,29,32), e um estudo obteve “sim” em sete itens⁽²²⁾, sendo classificados como de qualidade moderada. Nenhuma pesquisa utilizou randomização, mas todas descreveram similaridade entre os grupos na linha de base, reduzindo o viés de seleção. Apenas quatro estudos^(28,35,36,40) incluíram grupo controle, o que fortalece a análise comparativa.

As pesquisas quase-experimentais tiveram avaliação positiva na mensuração dos desfechos, utilizando testes padronizados, como ensaio de tração, eficiência de filtração e teste de vedação. No entanto, nenhum estudo relatou estratégias adicionais para minimizar o viés de aferição, como o cegamento dos avaliadores, o que pode comprometer a reprodutibilidade e a validade interna dos estudos.

Na avaliação dos estudos de coorte e transversais, todos apresentaram qualidade metodológica moderada, com sete itens marcados como “sim”^(21,25,30,31,33,34,37-39). Esse resultado deve-se à exclusão parcial da amostra

na análise, o que pode impactar a representatividade dos achados.

O risco geral de viés foi considerado moderado, principalmente devido à ausência de randomização e à falta de cegamento. Embora os métodos aplicados tenham sido padronizados, a interpretação dos achados deve ser feita com cautela. Além disso, a qualidade metodológica foi influenciada pela ausência de cegamento dos avaliadores, uma vez que essa não é uma prática comum em estudos observacionais.

A análise da integridade e funcionalidade das máscaras N95 é apresentada no Quadro 2, abrangendo as principais características dos estudos: ano e país de publicação, delineamento, tamanho da amostra, tempo de uso estendido, número de paramentações, método de avaliação e desfechos observados.

A seguir, são apresentados todos os estudos de acordo com os testes aplicados e os danos identificados em relação à segurança ocupacional dos profissionais de saúde, em conformidade com a estratégia PICO.

Quadro 2. Descrição dos estudos de acordo com ano de publicação, país, delineamento, tamanho da amostra, tempo de uso estendido, número de paramentações, método de avaliação (incluindo testes aplicados) e desfechos (n=21). Belo Horizonte, MG, Brasil, 2024.

Estudo (Ano/País)	Tipo estudo Amostra	Uso estendido	Número de paramentações	Método avaliação	Danos identificados (desfecho)
Estudo 1 (2010) ⁽²¹⁾ Brasil	Transversal (n=551)	1, 5, 15 e 30 plantões (6-12 h)	Não avaliado	Inspeção visual	Marcas de identificação pessoal em 100% após 1 dia. Sujidade ou manchas em 100% e dobras em 80% (n=441) após 5 dias. Maior sujidade na face interna, especialmente após 12 horas versus 6 horas de uso ($p < 0,05$).
Estudo 2 (2012) ⁽¹³⁾ EUA	Quase-experimental (n=60)	5-25min 30-50min 55-75min 80-100min	1-5 6-10 11-15 16-20	Inspeção visual Teste de vedação	Rompimentos das tiras de fixação em 8 casos: 1 após 15, 20, 40 e 90 minutos; 2 após 25 e 85 minutos. Quebra de clipe nasal em 5 casos: 2 após 40 minutos e 3 entre 80-90 minutos, todos associados a 3 falhas consecutivas no teste de ajuste. Taxa de aprovação no teste de ajuste: 81-93% (≤ 25 minutos), reduzindo para 53-75% (80-100 minutos).
Estudo 3 (2012) ⁽²²⁾ Inglaterra	Quase-experimental (n=45)	2,5h	5 (1 a cada 15min)	Ensaio de tração	Degradação da resistência elástica das tiras de fixação foi progressiva ao longo do uso, com maior perda após a 1ª paramentação, correspondendo a 15 minutos de uso.
Estudo 4 (2017) ⁽²³⁾ EUA	Quase-experimental (n=120)	10min	Não avaliado	Teste de vedação	Falha no ajuste em 33,3% (n=40) após 10 minutos do procedimento de enfermagem. Redução do fator de ajuste médio de 184,8 para 134,7.
Estudo 5 (2019) ⁽²⁴⁾ Inglaterra	Quase-experimental (n=25)	30min	6 (1 a cada 5min)	Inspeção visual Teste de vedação	Nenhum dano identificado nos componentes de fixação. Falha no ajuste em 48% (n=12). Redução do fator de ajuste após a 1ª e a 6ª paramentação (195 versus 150; $p = 0,0271$).
Estudo 6 (2020) ⁽²⁵⁾ EUA	Transversal (n=68)	1-5 plantões (mediana 12h)	8-15 (mediana)	Teste de vedação	Falha no ajuste em 38,2% (n=26), associada ao aumento de plantões (mediana 4 versus 2; $p < 0,001$), paramentações (mediana 15 versus 8; $p < 0,001$) e horas de uso (14 horas versus 12 horas; $p \leq 0,05$).

Quadro 2. Cont.

Estudo (Ano/País)	Tipo estudo Amostra	Uso estendido	Número de paramentações	Método avaliação	Danos identificados (desfecho)
Estudo 7 (2020) ⁽²⁶⁾ EUA	Quase-experimental (n=44)	~ 15min	Não avaliado	Inspeção visual Teste de vedação	Afrouxamento das tiras de fixação em 18% (n=8). Falha no ajuste em 73% (n=32) em pelo menos uma das 3 simulações de reanimação cardiopulmonar.
Estudo 8 (2020) ⁽²⁷⁾ Inglaterra	Quase-experimental (n=104)	10min	Não avaliado	Teste de vedação Filtração	Falha no ajuste em 33,7% (n=35), após o procedimento de enfermagem simulado. Redução do fator de ajuste médio de 185,1 para 135,5 ($p > 0,05$). Eficiência de filtração de 99,0% mantida em 100% (n=20).
Estudo 9 (2020) ⁽²⁸⁾ Inglaterra	Quase-experimental (n=7)	30,25h (5 plantões de 6,25h)	19 (~ 4 por plantão)	Inspeção visual Teste de vedação	Rompimento das tiras de fixação em 28,6% (n=2): 1 após 19,25 horas (3ª paramentação) e outro após 25,67 horas (4ª paramentação). Degradação da elasticidade relatada pela maioria dos usuários. Delaminação na camada interna em 14,3% (n=1) ~ 30h (5 plantões). Falha no ajuste em 85,7% (n=6) após 30,25 horas. Redução do fator de ajuste , ficando menor que o inicial após a 18ª e a 19ª paramentações ($p < 0,05$).
Estudo 10 (2021) ⁽²⁹⁾ EUA	Quase-experimental (n=50)	4h, 1-7 e 14 plantões (8h)	Não avaliado	Filtração	Eficiência de filtração média de 97% após 3 plantões, reduzindo para 80,4% após 14 plantões (112 horas).
Estudo 11 (2021) ⁽³⁰⁾ EUA	Transversal (n=127)	1 a ≥ 5 plantões (6-12h)	Não avaliado	Teste de vedação	Aumento da taxa de falha no ajuste após 2 dias: 33,3% no 3º dia, 42,9% no 4º dia, e 50% no 5º dia ou mais. Incidência maior após 2 dias (41,8% ≥ 3 dias versus 8,3% ≤ 2 dias; $p < 0,0001$).
Estudo 12 (2021) ⁽³¹⁾ EUA	Transversal (n=92)	2,5h (mediana)	40 (mediana)	Inspeção visual Teste de vedação	Nenhuma máscara N95 apresentou danos estruturais. Falha no ajuste em 17% (n=16) após mediana de 40 paramentações.

Quadro 2. Cont.

Estudo (Ano/País)	Tipo estudo Amostra	Uso estendido	Número de paramentações	Método avaliação	Danos identificados (desfecho)
Estudo 13 (2021) ⁽³²⁾ EUA	Quase-experimental (n=10)	1h, 2h, 3h	~ 4	Teste de vedação	Falha no ajuste em 60% (n=6), 70% (n=7) e 90% (n=9) após a 2ª, 3ª e 4ª paramentações, respectivamente, após 1 hora. Após 3 horas, 50% (n=5) falharam após a 1ª paramentação e 70% (n=7) após a 2ª. Após 1 hora de uso, 50% (n=5) falharam; após 2 horas, 30% (n=3).
Estudo 14 (2021) ⁽³³⁾ EUA	Transversal (n=41)	6h (3 plantões de 2h)	Não avaliado	Teste de vedação	Falha no ajuste em 14,6% (n=6).
Estudo 15 (2021) ⁽³⁴⁾ EUA	Coorte (n=127)	1 a ≥ 5 plantões (8-12h)	Não avaliado	Teste de vedação	Ajuste aprovado em 61,2% (n=19) após ≥ 2h de uso. Entre as que passaram no teste inicial e foram usadas em > 5 plantões, 88% (n=45) mantiveram o ajuste. Maior taxa de falha no uso > 2 plantões em comparação a ≤ 2 plantões (p < 0,0001).
Estudo 16 (2022) ⁽³⁵⁾ Holanda	Quase-experimental (n=60)	8h, 16h, 24h, 32h e 40h	19 (~ 4 por plantão)	Filtração	Eficiência de filtração mantida em 100% das amostras após 24 horas, reduzindo de 98% para 92% após 32h.
Estudo 17 (2023) ⁽³⁶⁾ Taiwan	Quase-experimental (n=30)	36h (3 plantões de 12h)	Não avaliado	Filtração	Eficiência de filtração de 97% mantida em 100% das amostras.
Estudo 18 (2024) ⁽³⁷⁾ EUA	Coorte (n=803)	1-5 plantões (8-12h)	~ 5 por plantão	Teste vedação	Falha no ajuste em 38,7% (n=309) após um plantão e 92,8% (n=745) após 5 plantões.

Quadro 2. Cont.

Estudo (Ano/País)	Tipo estudo Amostra	Uso estendido	Número de paramentações	Método avaliação	Danos identificados (desfecho)
Estudo 19 (2024) ⁽³⁸⁾ Brasil	Transversal (n=10)	7 e 15 plantões (12h)		Inspeção visual	Marcas de identificação pessoal e sujidade na camada externa em 40% (n=2), sujidade interna em 60% (n=3). Afrouxamento/rompimento das tiras de fixação em 20% (n=1). Danos nos cliques nasais em 100% (n=5) após sete plantões. Sujidade, danos nos cliques nasais e tiras frouxas em 100% (n=5); dobras em 80% (n=4); delaminação interna das camadas em 20% (n=2) após 15 plantões.
Estudo 20 (2024) ⁽³⁹⁾ Austrália	Coorte (n=45)	2h10min (mediana); IIQ: 2h07-2h20min	Não avaliado	Teste vedação	Falha no ajuste em 31,1% (n=14) após mediana de 2 horas e 10 minutos de uso.
Estudo 21 (2024) ⁽⁴⁰⁾ EUA	Quase- experimental (n=10)	Não avaliado	5	Teste vedação	Falha no ajuste em 50% (n=5) após cinco paramentações/desparamentações (p > 0,05).

Nota: EUA: Estados Unidos da América; IIQ: Intervalo interquartil
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Integridade da estrutura e dos componentes da máscara N95

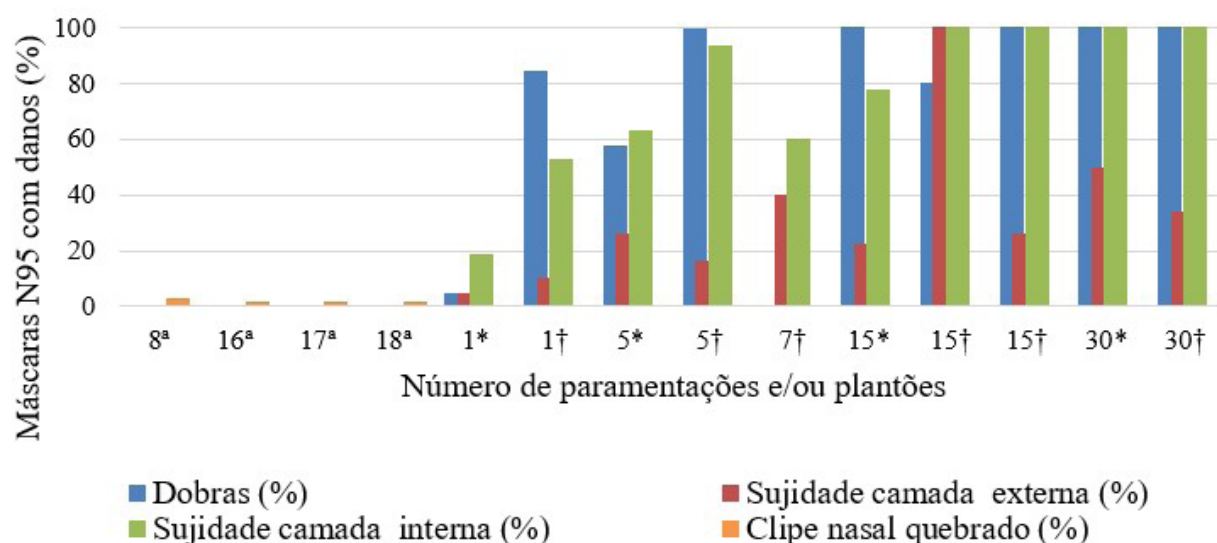
Sete artigos (33,3%) avaliaram, por meio de inspeção visual, o comprometimento da integridade estrutural e dos componentes de fixação das máscaras N95 após a aplicação de diferentes protocolos^(13,21,24,26,28,31,38). Esses estudos abrangeram de um a 30 plantões, com durações variando entre seis e doze horas e até 19 paramentações por turno^(21,28,38). Também foram analisados períodos mais curtos de uso, como: cinco a 25 minutos para uma a cinco paramentações; 30 a 50 minutos para seis a 10 paramentações; 55 a 75 minutos para 11 a 15 paramentações; e 80 a 100 minutos para 16 a 20 paramentações⁽¹³⁾. Em um protocolo específico, a máscara N95 foi utilizada por 30 minutos, com paramentações realizadas a cada cinco minutos⁽²⁴⁾. Outra pesquisa relatou o uso de máscara por cerca de 15 minutos em simulações de reanimação cardiopulmonar, enquanto

outra investigação descreveu uma mediana de 2,5 horas de uso estendido, com 40 paramentações^(26,31).

A ausência de danos visíveis nas estruturas das máscaras N95 foi relatada, incluindo sujidade, rasgos, dobras, furos, quebra do clipe nasal ou rompimento das tiras de fixação, após 30 minutos de uso com seis paramentações, realizadas a cada cinco minutos, e uma mediana de 2,5 horas de uso [intervalo interquartil (IIQ), 1-2 horas] com 40 paramentações (IIQ, 17-100), respectivamente^(24,31).

Por outro lado, quatro estudos identificaram danos nas máscaras N95, como dobras e sujidade das camadas, além de comprometimento dos componentes de fixação, incluindo quebra do clipe nasal. Essas análises foram realizadas por inspeção visual, considerando o número de paramentações e a duração dos plantões^(13,21,28,38). Os resultados detalhados podem ser encontrados na Figura 2.

Figura 2. Danos identificados na integridade estrutural e nos componentes de fixação da máscara N95, avaliados por inspeção visual conforme o número de paramentações e a duração dos plantões (n =4). Belo Horizonte, MG, Brasil, 2024.



Nota: *Turno de seis horas; †Turno de 12 horas.

Quatro estudos identificaram comprometimento na integridade das tiras de fixação das máscaras N95 durante o uso estendido ou reutilização^(13,27,28,38). Em uma simulação com 20 episódios consecutivos de paramentação, representando um turno de 10 horas, 13,3% (8/60) dos dispositivos apresentaram rupturas nas tiras, com incidentes ocorrendo em momentos variados:

dois rompimentos na quinta e na 17ª paramentação, e um na terceira, quarta, oitava e 18ª⁽¹³⁾. Após cinco turnos, com duração de aproximadamente 6,25 horas e até quatro paramentações diárias, 28,6% (2/7) das tiras de fixação romperam nos dias três e quatro de uso, e a maioria dos usuários (4/7) relatou perda de elasticidade ao longo de cinco plantões⁽²⁸⁾. Após simulações

de compressões torácicas de 15 minutos, 18% (8/44) das máscaras N95 apresentaram afrouxamento das tiras de fixação⁽²⁶⁾. Além disso, em inspeções visuais de máscaras N95 reutilizadas em protocolos de sete e 15 plantões, 20% (1/5) e 100% (5/5), respectivamente, exibiram afrouxamento e/ou rompimento das tiras⁽³⁸⁾.

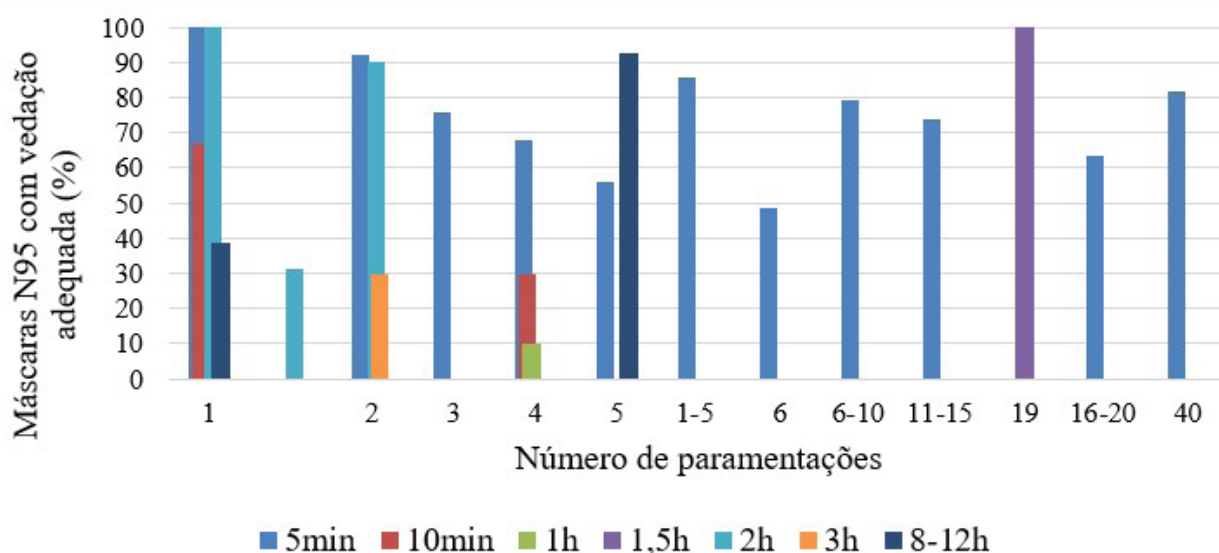
A delaminação parcial da camada interna foi observada em 14,3% (1/7) das máscaras N95 após cinco turnos de aproximadamente seis horas cada, totalizando 19 paramentações⁽²⁸⁾. Esse aspecto também foi notado em 20% (2/5) dos dispositivos reutilizados em protocolos de 15 dias⁽³⁸⁾.

■ VEDAÇÃO

Dos estudos avaliados, 71,4% (15/21) analisaram a funcionalidade das máscaras N95, com foco na vedação adequada à face do usuário, por meio do *fit test*^(13,23,24-28,30-34,37,39,40). Dentre eles, nove aplicaram o teste de ajuste quantitativo e seis utilizaram o método qualitativo.

A Figura 3 apresenta a proporção de máscaras N95 que mantiveram vedação adequada, conforme avaliada pelo *fit test*, em relação ao tempo total de uso e ao número de paramentações e desparamentações.

Figura 3. Frequência com que as máscaras N95 mantiveram vedação adequada, conforme avaliação pelo *fit test* nos estudos analisados (n=21), em relação ao tempo total de uso e ao número de paramentações (n=14). Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2024.



A capacidade das máscaras N95 de manter vedação adequada, avaliada por meio do *fit test* em relação ao número de plantões, foi analisada em cinco estudos^(25,30,33,34,37). Uma das pesquisas demonstrou que, após um turno de oito a 12 horas, 100% das máscaras N95 (11/11) mantiveram a vedação adequada; no entanto, essa proporção diminuiu para 91,7% após dois turnos, 76,9% após três turnos, e apenas 33,3% mantiveram vedação satisfatória após mais de três turnos, evidenciando uma associação significativa entre o tempo de uso e a perda de vedação ($p < 0,001$)⁽²⁵⁾. Outro estudo relatou que 90,6% (29/32) dos dispositivos permaneceram eficazes no primeiro plantão, 92,9% (26/28) no

segundo, declinando para 66,7% (18/27) no terceiro turno, 57,1% (8/14) no quarto e 50% (13/26) a partir do quinto⁽³⁰⁾.

Investigações complementares reforçam esses resultados. Em uma delas, 100% das máscaras N95 (41/41) mantiveram vedação satisfatória no primeiro turno, reduzindo para 90% (37/41) no segundo e 85,4% (35/41) no terceiro⁽³³⁾. De maneira semelhante, outro estudo indicou que o ajuste foi mantido em 95% (37/39) dos dispositivos após dois turnos, mas a eficácia caiu para 86,2% (25/29) após três ou mais turnos, com aumento significativo da falha da vedação com o uso estendido ($p < 0,0001$)⁽³⁴⁾. Por fim, constatou-se que 38,7% (309/802)

das máscaras N95 falharam no ajuste após um turno, e 92,8% (745/802) apresentaram falhas após cinco turnos consecutivos⁽³⁷⁾. Quando analisado apenas o número de paramentações, observou-se que 50% (5/10) das máscaras N95 falharam no ajuste após cinco ciclos de paramentação e desparamentação⁽⁴⁰⁾.

Eficiência de filtração

Quatro artigos (19,0%; 4/21) investigaram a manutenção da funcionalidade das máscaras N95 após uso estendido e reutilização, com foco na capacidade de retenção de partículas de até 0,3 µ, apresentando uma eficiência mínima de 95%^(27,29,35,36). Todos os testes foram conduzidos em conformidade com as normas estabelecidas pelo NIOSH. As análises da eficiência de filtração, tanto em ambientes simulados quanto após o uso das máscaras N95 em procedimentos de 10 minutos (n=104), em até sete plantões de oito horas (n=19) e em dispositivos reutilizados por três plantões de 12 horas (n=30) no Centro de Material de Esterilização (CME), evidenciaram um elevado desempenho na filtragem das partículas aerossolizadas, variando entre 94% e 99%^(27,35,36). No entanto, foi registrado que uma única máscara N95, quando reutilizada por 14 dias em turnos também de oito horas, apresentou uma eficiência de filtração de 80,7%⁽²⁹⁾.

Integridade/degradação da resistência elástica das tiras de fixação

Apenas um estudo (4,8%), conduzido pelo *National Institute for Occupational Safety and Health*, avaliou a degradação da resistência elástica das tiras de fixação (superior e inferior) das máscaras N95⁽²²⁾. Esta pesquisa empregou o ensaio de tração para simular o reuso do dispositivo em um período de 2,5 horas, com cinco paramentações, cada uma seguida de 15 minutos de uso⁽²²⁾. Os achados mostraram que a partir da primeira paramentação ocorreu um declínio progressivo na resistência elástica desses componentes, sendo o maior decréscimo registrado após os primeiros 15 minutos⁽²²⁾.

Recomendações sobre tempo total de uso e/ou número de paramentações das máscaras N95, visando à segurança ocupacional dos profissionais de saúde

As recomendações sobre o uso das máscaras N95 para a segurança ocupacional dos profissionais de saúde variam quanto ao tempo total de uso e ao número de paramentações. Seis estudos sugerem evitar tanto a reutilização quanto o uso prolongado, mesmo em períodos curtos, destacando a necessidade de cautela^(23,26,27,32,39,40). Outras evidências indicam que o reuso pode ser viável em intervalos limitados, com duração de até 30 minutos e número de paramentações variando entre duas e seis^(22,24).

Os limites de turno para o reuso seguro também apresentam discrepâncias. O mínimo recomendado inclui um plantão de 12 horas ou uma mediana de 2,5 horas, com até 40 paramentações^(21,31). O máximo indicado é de cinco plantões, com cerca de quatro paramentações ou até 8 horas de duração^(28,35). Em outra recomendação, a reutilização segura é sugerida por até cinco turnos de 8 a 12 horas, desde que as máscaras N95 sejam aprovadas no teste de vedação inicial⁽³⁴⁾. Alternativamente, três artigos indicam que o reuso é adequado por até dois turnos de 6 a 12 horas ou até três turnos de 8 ou 12 horas^(29,30,36). Além disso, há orientações que sugerem o uso estendido por três plantões de 2 horas⁽³³⁾. Em termos de paramentações, o limite máximo recomendado é de cinco ciclos, embora alguns estudos não estabeleçam um tempo específico^(22,23,37,38).

■ DISCUSSÃO

Os resultados desta revisão sistemática, baseados em inspeções visuais, indicam que as máscaras N95 podem apresentar sinais de degradação do clipe nasal e das tiras de fixação, além de formação de dobras e acúmulo de sujeira, tanto após protocolos de uso estendido e reutilização quanto durante um único uso^(13,21,28). Além disso, dispositivos utilizados em turnos de

12 horas demonstraram maior deterioração da camada interna em comparação aos utilizados por seis horas ($p \leq 0,05$)⁽²¹⁾. Esses achados são corroborados por um estudo clínico realizado em um hospital terciário na Índia durante a pandemia de COVID-19, no qual 9% dos profissionais de saúde relataram afrouxamento das tiras de fixação após cinco reutilizações em turnos de oito horas, sendo esse um dos principais fatores para o descarte precoce das máscaras N95⁽⁴¹⁾.

As normativas recomendam o descarte imediato de máscaras N95 que apresentem sinais de sujidade, umidade, rasgos, amassados ou vincos^(1,11). Contudo, a implementação dessas orientações na rotina clínica revela-se complexa, sobretudo devido à falta de treinamentos regulares voltados à inspeção visual e à verificação da vedação desses dispositivos antes de cada uso^(25,42). Essa situação se agrava durante crises de saúde pública e em períodos de longas jornadas de trabalho dos profissionais de saúde, quando a demanda e a necessidade de substituição frequente desses dispositivos aumentam os custos e impõem desafios à gestão eficiente dos recursos disponíveis⁽⁴³⁾.

Uma lacuna importante identificada em muitos dos estudos analisados foi a ausência de informações sobre o acondicionamento das máscaras N95 após o uso. A falta de infraestrutura e de ações efetivas de conscientização dos profissionais de saúde sobre essa prática tem resultado em armazenamentos improvisados e inadequados, com os dispositivos sendo mantidos em mochilas ou bolsas individuais^(21,31,38).

Estudos corroboram esses achados. Um deles identificou máscaras N95 com vedação insuficiente e odores de mofo ou químicos, sugerindo más condições de armazenamento⁽⁴⁴⁾. Ademais, uma revisão sistemática sobre o uso estendido e a reutilização das máscaras N95 durante a pandemia de COVID-19 reforçou a necessidade de protocolos rigorosos de armazenamento e rotulagem dos EPIs entre os usos, prevenindo compartilhamento inadequado entre profissionais de saúde⁽⁴⁵⁾.

A preservação das características e da eficácia das máscaras N95 depende diretamente de um armazenamento adequado, preferencialmente em envelopes de papel pardo ou sacos plásticos porosos, em locais designados dentro das instituições hospitalares⁽¹⁾. O ambiente deve ter controle de temperatura entre 21 e 23 °C e umidade relativa de 40%⁽⁴⁶⁾. Caso contrário,

a retenção de umidade nas máscaras N95, associada ao tempo insuficiente de secagem, pode favorecer a proliferação de microrganismos, aumentando os riscos de contaminação e comprometendo a segurança ocupacional no ambiente hospitalar^(12,47).

Nos protocolos de uso estendido e reutilização, o risco de transmissão cruzada de patógenos entre pacientes e profissionais de saúde é elevado⁽¹⁴⁾. Esse fenômeno ocorre principalmente durante a paramentação e desparamentação, bem como nos momentos de ajuste da máscara N95, quando os usuários inevitavelmente tocam as superfícies externas e internas do equipamento, facilitando a transferência de microrganismos para as mãos e promovendo a disseminação de patógenos⁽¹²⁾. Neste contexto, a adoção de protocolos padronizados para paramentação e desparamentação, aliados a treinamentos baseados em simulação ou demonstração por especialistas em controle de infecção, é fundamental para minimizar esses riscos⁽⁴⁸⁾.

A reutilização das máscaras N95 é particularmente crítica em unidades de terapia intensiva (UTI), onde procedimentos geradores de aerossóis, como traqueostomias, intubações e ressuscitações cardiopulmonares, são frequentes em pacientes com quadros mais graves, que apresentam cargas virais mais altas nas secreções respiratórias^(1-3,47). Além disso, a exposição prolongada e a ventilação inadequada nesses ambientes aumentam a concentração de partículas virais no ar, elevando o risco de contaminação por aerossóis^(49,50). Essas condições tornam os profissionais de enfermagem particularmente vulneráveis, uma vez que representam uma parcela significativa do corpo clínico e mantêm contato prolongado com pacientes infectados^(51,52).

Durante a pandemia de COVID-19, a *National Nurses United* (NNU), dos Estados Unidos, expressou fortes objeções às diretrizes do CDC sobre reutilização e uso estendido das máscaras N95, destacando a falta de evidências científicas suficientes para garantir a segurança dessas práticas⁽⁵³⁾. Paralelamente, no Brasil, no auge da pandemia, em março de 2021, a cada três mil pessoas que faleciam devido às complicações da COVID-19, cinco eram profissionais de saúde, evidenciando os desafios enfrentados e reforçando as preocupações da NNU quanto à segurança das medidas de proteção implementadas⁽⁵⁴⁾.

Na revisão sistemática, a maioria dos estudos avaliou a eficiência das máscaras N95 por meio de testes de vedação, demonstrando que falhas no ajuste aumentam conforme o número de turnos de trabalho e paramentações realizadas^(25,30,34). Também foi observada uma redução progressiva no fator de ajuste à medida que o tempo de uso ou a frequência de paramentações aumentava^(24,27,28). Falhas nos testes de vedação superiores a 5% são consideradas inaceitáveis, uma vez que o vazamento lateral permite a entrada de partículas em aerossol contendo agentes infecciosos, mesmo quando o material filtrante possui alta eficiência^(12,55,56). Em contextos clínicos, esses problemas se agravam, pois variações anatômicas entre os usuários, a repetição dos ciclos de paramentação e desparamentação, além da necessidade frequente de ajustes ou reposicionamentos das máscaras N95, motivados pelo desconforto ou necessidade de comunicação, comprometem ainda mais a vedação^(12,14,56-58).

O *National Institute for Occupational Safety and Health* recomenda a realização periódica do *fit test*, tanto quantitativo quanto qualitativo, para garantir que as máscaras N95 se adaptem corretamente ao rosto do usuário⁽⁵⁹⁾. No entanto, a adoção sistemática desse teste nos serviços de saúde enfrenta desafios, especialmente em países de baixa e média renda, devido à falta de regulamentação que torne sua realização obrigatória, à indisponibilidade de máscaras N95 em diferentes tamanhos e à carência de equipes clínicas capacitadas para conduzir treinamentos especializados⁽⁵⁵⁾.

Essa lacuna também foi evidenciada na revisão sistemática, na qual a maioria dos estudos analisou a vedação por meio de testes laboratoriais, sem a aplicação consistente na prática clínica. Organizações sanitárias internacionais destacam a importância da capacitação contínua dos profissionais de saúde em estratégias como a verificação de vedação pelo próprio usuário, uma medida que minimiza falhas de ajuste e garante a segurança ocupacional^(1,11).

O ensaio de tração, que avaliou a resistência elástica das tiras de fixação das máscaras N95, revelou um declínio progressivo após 2,5 horas de uso, distribuídas em cinco paramentações de 15 minutos cada⁽²²⁾. Embora pequenas alterações isoladas possam não comprometer diretamente o desempenho das máscaras N95, em virtude das variações naturais no comprimento e no posicionamento da cabeça, o desgaste repetido ao longo

de uma jornada de trabalho acentua a deterioração das tiras, reduzindo a vedação e, consequentemente, a eficácia do dispositivo^(56-58,60).

A capacidade de filtração das máscaras N95, projetadas para filtrar partículas de até 0,3 µm com uma eficiência mínima de 95%, manteve-se elevada em diversas situações clínicas. Em procedimentos que envolvem a inserção e sucção de sonda nasogástrica por 10 minutos, assim como na reutilização durante cinco plantões consecutivos de 8 a 12 horas, a capacidade de filtração desses dispositivos manteve-se alta, variando entre 94% e 99%^(27,35,36). No entanto, durante o uso prolongado por até 14 dias, observou-se uma redução da eficácia para 80%⁽²⁹⁾. Essa divergência sublinha a necessidade urgente de avaliar simultaneamente outros atributos das máscaras N95, especialmente em protocolos de uso estendido ou reutilização.

A microscopia eletrônica de varredura tem sido utilizada para análises objetivas da morfologia das fibras das máscaras N95, identificando danos como porosidade, fissuras e microfuros não visíveis a olho nu⁽⁶¹⁾. Entretanto, apenas um estudo incluído nesta revisão, conduzido em unidades de terapia intensiva com protocolos de reutilização de sete e 15 dias, confirmou essas alterações, evidenciando o impacto dessa prática na integridade das fibras⁽³⁸⁾. A escassez de recursos para esse tipo de análise pode justificar a ausência de mais estudos com essa abordagem, o que limita a compreensão das possíveis alterações morfológicas decorrentes desses protocolos.

A ausência de análises microscópicas, embora relevante, não é o único fator que dificulta a determinação de um número máximo seguro de reutilizações. As diretrizes nacionais e internacionais apresentam divergências e, em muitos casos, não estabelecem limites claros para o reuso ou o uso estendido, o que intensifica a incerteza⁽⁸⁾. A maioria dos protocolos adota inspeções visuais e testes de vedação, medidas importantes, porém insuficientes para avaliar a eficiência das máscaras N95 ao longo do tempo de uso.

Diante desse cenário, a reutilização segura das máscaras N95 requer a implementação de protocolos rigorosos de mitigação e controle de infecções, que incluam diretrizes precisas sobre inspeção visual para a verificação da integridade estrutural, testes de vedação antes de cada uso, armazenamento seguro, critérios definidos para descarte e limitação do número

de reutilizações com base em evidências. Além dessas diretrizes, a capacitação contínua dos profissionais é essencial para garantir o uso correto da máscara N95 e a execução adequada das técnicas de paramentação e desparamentação. No entanto, a falta de diretrizes padronizadas, aliada à escassez de EPIs e aos altos custos, tem levado à reutilização indiscriminada desses dispositivos, aumentando os riscos ocupacionais⁽⁶²⁾.

Este estudo apresenta algumas limitações. A maioria das pesquisas foi conduzida em ambientes laboratoriais, o que pode não refletir com precisão a prática clínica. Ademais, o número reduzido de amostras em alguns artigos analisados pode comprometer a generalização dos resultados. Outro fator a considerar é que a revisão se fundamentou exclusivamente em bases de dados amplamente reconhecidas na área da saúde, como *PubMed*, *Embase* e *SCOPUS*, sem a inclusão de literatura cinzenta, o que pode restringir a abrangência das evidências analisadas.

■ CONCLUSÃO

As máscaras N95 devem ser de uso único, uma vez que o uso estendido e a reutilização comprometem atributos essenciais à segurança dos profissionais de saúde, como integridade estrutural e vedação, aumentando o risco ocupacional. Embora a eficiência de filtração tenha se mantido elevada em algumas situações clínicas, garantindo a retenção de pelo menos 95% das partículas transportadas pelo ar com diâmetro médio de 0,3 µm, isso, isoladamente, não é suficiente para assegurar a proteção adequada do usuário. Portanto, caso o uso estendido e a reutilização sejam inevitáveis, torna-se imprescindível implementar protocolos rigorosos para monitoramento contínuo desses atributos críticos.

As instituições de saúde devem garantir infraestrutura adequada para o armazenamento seguro das máscaras N95, além de promover treinamentos periódicos sobre práticas seguras de uso. Essas medidas são fundamentais para conscientizar os profissionais de saúde sobre os riscos da reutilização inadequada e assegurar a adoção correta dos protocolos.

Este estudo fornece subsídios para o aprimoramento de políticas públicas no Sistema Único de Saúde, reforçando a necessidade de diretrizes baseadas em evidências para o uso seguro das máscaras N95. A implementação de protocolos padronizados, aliada a

investimentos em capacitação e infraestrutura, é essencial para garantir a segurança ocupacional e otimizar a gestão dos EPIs no sistema público de saúde.

■ REFERÊNCIAS

1. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Nota Técnica GVIMS/GGTES/ANVISA Nº 04/2020: Orientações para serviços de saúde: medidas de prevenção e controle que devem ser adotadas durante a assistência aos casos suspeitos ou confirmados de COVID-19: atualizada em 24/06/2024 [Internet]. Brasília: ANVISA; 2024 [cited 2024 Sep 18]. Available from: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/notas-tecnicas/notas-tecnicas-vigentes/NOTATCNICAGVIMS0420covid1925.06.2024.pdf>
2. Centers for Disease Control and Prevention (US). COVID-19 Infection Control Guidance: SARS-CoV-2 [Internet]. Atlanta: CDC; 2024 [cited 2024 Sep 18]. Available from: https://www.cdc.gov/covid/hcp/infection-control/?CDC_AAref_Val=https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/infection-control-recommendations.html
3. Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, Chiarello L; Healthcare infection control practices advisory committee. guideline for isolation precautions: preventing transmission of infectious agents in healthcare settings 2007: last update: september 2024 [Internet]. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention; 2007 [cited 2024 Sep 18]. Available from: <https://www.cdc.gov/infection-control/media/pdfs/Guideline-Isolation-H.pdf>
4. World Health Organization (WHO). Global tuberculosis report 2022 [Internet]. Geneva: WHO; 2022 [cited 2024 Sep 18]. Available from: <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2022>
5. World Health Organization (WHO). Managing epidemics: key facts about major deadly diseases. [Internet]. 2nd ed. Geneva: WHO; 2023 [cited 2024 Sep 18]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240083196>
6. Cohen J, Rodgers YVM. Contributing factors to personal protective equipment shortages during the COVID-19 pandemic. *Prev Med*. 2020;141:106263. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2020.106263>
7. Jain U. Risk of COVID-19 due to shortage of personal protective equipment. *Cureus*. 2020;12(6):e8837. <https://doi.org/10.7759/cureus.8837>
8. Kobayashi LM, Marins BR, Costa PCS, Perazzo H, Castro R. Extended use or reuse of N95 respirators during COVID-19 pandemic: An overview of national regulatory authority recommendations. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2020;41(11):1364-6. <https://doi.org/10.1017/ice.2020.173>
9. Nogueira D, Tomassoni AJ. Covid-19 and the N95 respirator shortage: closing the gap. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2020;41(8). <https://doi.org/10.1017/ice.2020.124>
10. National Institute for Occupational Safety and Health (US). Filtering out confusion: frequently asked questions about respiratory protection, respirator reuse and extended use: DHHS (NIOSH) Publication 2018-128 [Internet]. Atlanta: CDC; 2018 [cited 2024 Sep 18]. Available from: <https://doi.org/10.26616/NIOSH-PUB2018128>

11. National Institute for Occupational Safety and Health (US). Strategies for Optimizing the Supply of N95 Respirators [Internet]. Atlanta: CDC; 2023 [cited 2024 Sep 18]. Available from: https://archive.cdc.gov/www_cdc_gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/respirators-strategy/index.html
12. Fisher EM, Shaffer RE. Considerations for recommending extended use and limited reuse of filtering facepiece respirators in health care settings. *J Occup Environ Hyg.* 2014;11(8):D115-28. <https://doi.org/10.1080/15459624.2014.902954>
13. Bergman MS, Viscusi DJ, Zhuang Z, Palmiero AJ, Powell JB, Shaffer RE. Impact of multiple consecutive donnings on filtering facepiece respirator fit. *Am J Infect Control.* 2012;40(4):375-80. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2011.05.003>
14. D'Alessandro MM, Cichowicz JK. Proper N95 respirator use for respiratory protection preparedness. *In: Centers for Disease Control and Prevention (US). NIOSH Science Blog [Internet]. Atlanta: CDC; 2020 [cited 2024 Sep 18]. Available from: <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2020/03/16/n95-preparedness/>*
15. Aromataris E, Lockwood C, Porritt K, Pilla B, Jordan Z, editors. JBI Manual for Evidence Synthesis [Internet]. JBI; 2024[cited 2024 Sep 18]. Available from: <https://synthesismanual.jbi.global>. <https://doi.org/10.46658/JBIMES-24-01>
16. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
17. Araújo WCO. Recuperação da informação em saúde construção, modelos e estratégias. *ConCi.* 2020;3(2):100-34. <https://doi.org/10.33467/conci.v3i2.13447>
18. Stetler CB, Morsi D, Rucki S, Broughton S, Corrigan B, Fitzgerald J, *et al.* Utilization-focused integrative reviews in a nursing service. *Appl Nurs Res.* 1998;11(4):195-206. [https://doi.org/10.1016/S0897-1897\(98\)80329-7](https://doi.org/10.1016/S0897-1897(98)80329-7)
19. Barker TH, Habibi N, Aromataris E, Stone JC, Leonardi-Bee J, Sears K, *et al.* The revised JBI critical appraisal tool for the assessment of risk of bias for quasi-experimental studies. *JBI Evid Synth.* 2024;22(3):378-88. <https://doi.org/10.11124/JBIES-23-00268>
20. Munn Z, Moola S, Lisy K, Riitano D, Tufanaru C. Systematic reviews of prevalence and incidence. *In: Aromataris E, Munn Z, editors. JBI reviewer's manual. Australia: JBI; 2020. p. 177-217. https://doi.org/10.46658/JBIMES-20-06*
21. Duarte LR, Miola CE, Cavalcante NJ, Bammann RH. Maintenance status of N95 respirator masks after use in a health care setting. *Rev Esc Enferm USP.* 2010;44(4):1011-6. <https://doi.org/10.1590/S0080-62342010000400022>
22. Roberge R, Niezgoda G, Benson S. Analysis of forces generated by n95 filtering facepiece respirator tethering devices: a pilot study. *J Occup Environ Hyg.* 2012;9(8):517-23. <https://doi.org/10.1080/15459624.2012.695962>
23. Suen LKP, Yang L, Ho SSK, Fung KHK, Boost MV, Wu CST, *et al.* Reliability of N95 respirators for respiratory protection before, during, and after nursing procedures. *Am J Infect Control.* 2017;45(9):974-8. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2017.03.028>
24. Vuma CD, Manganyi J, Wilson K, Rees D. The Effect on Fit of Multiple Consecutive Donning and Doffing of N95 Filtering Facepiece Respirators. *Ann Work Expo Health.* 2019;63(8):930-6. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxz060>
25. Degesys NF, Wang RC, Kwan E, Fahimi J, Noble JA, Raven MC. Correlation Between N95 Extended Use and Reuse and Fit Failure in an Emergency Department. *JAMA.* 2020;324(1):94-6. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.9843>
26. Hwang SY, Yoon H, Yoon A, Kim T, Lee G, Jung KY, *et al.* N95 filtering facepiece respirators do not reliably afford respiratory protection during chest compression: A simulation study. *Am J Emerg Med.* 2020;38(1):12-7. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.03.041>
27. Suen LKP, Guo YP, Ho SSK, Au-Yeung CH, Lam SC. Comparing mask fit and usability of traditional and nanofibre N95 filtering facepiece respirators before and after nursing procedures. *J Hosp Infect.* 2020;104(3):336-43. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2019.09.014>
28. Duncan S, Bodurtha P, Bourgeois C, Dickson E, Jensen C, Naqvi S. The impact of extreme reuse and extended wear conditions on protection provided by a surgical-style N95 filtering facepiece respirator. *J Occup Environ Hyg.* 2020;17(11-12):546-59. <https://doi.org/10.1080/15459624.2020.1829633>
29. Du J, Zhang L, Liu Y, Shu W, Ma Y, Gao J, *et al.* Determination of the optimal time for N95 respirator for aerosol infection control. *Medicine (Baltimore).* 2020;99(50):e23709. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000023709>
30. Check R, Kelly B, McMahon K, Balakrishnan V, Rivard L, Pester J, *et al.* Failure Rates During Reuse of Disposable N95 Masks in Clinical Practice in the Emergency Department. *West J Emerg Med.* 2021;22(3):547-51. <https://doi.org/10.5811/westjem.2021.1.49960>
31. Fabre V, Cosgrove SE, Hsu YJ, Jones GF, Helsel T, Bukowski J, *et al.* N95 filtering face piece respirators remain effective after extensive reuse during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2021;42(7):896-9. <https://doi.org/10.1017/ice.2021.76>
32. Jung J, Kim J, Yang H, Lim YJ, Kwak SH, Hong MJ *et al.* Fit-failure rate associated with simulated reuse and extended use of N95 respirators assessed by a quantitative fit test. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2021;42(11):1313-17. <https://doi.org/10.1017/ice.2021.5>
33. Nakamoto K, Saraya TSr, Kurai D, Fukukawa N, Taneoka T, Shimasaki T, *et al.* Reusing N95 respirators at weekly intervals during the COVID-19 pandemic. *Cureus.* 2021;13(2): e13542. <https://doi.org/10.7759/cureus.13542>
34. Rivard L, Pester J, McMahon K, Check R, Kelly B, Balakrishnan V, *et al.* The efficacy of continuous use disposable N95 masks in clinical practice in the emergency department. *Am J Emerg Med.* 2021;44:124-7. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2021.02.003>
35. Chen H, Samet JM, Tong H, Abzhanova A, Rappold AG, Prince SE. Can disposable masks be worn more than once? *Ecotoxicol Environ Saf.* 2022;242:113908. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113908>
36. Paiva JD, Neves G, Neto PC, Portugal W, Ferreira D, Lundgren F, *et al.* Evaluation of the Microbiota and Integrity of Respirators Reused by Health Professionals in a Hospital Environment. *Aerosol Air Qual Res.* 2023;23(4):220057. <https://doi.org/10.4209/aaqr.220057>
37. Wang RC, Degesys NF, Fahimi J, Rosenthal E, Lazar AA, Yaffee AQ, *et al.* Incidence of Fit Test Failure During N95 Respirator Reuse and Extended Use. *JAMA Netw Open.* 2024;7(1):e2353631. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.53631>
38. Vimieiro VL, Vimieiro CBS, Oliveira AC. Reuse of N95/PFF2 masks in clinical practice: morphological and structural analysis. *Rev Latino-Am Enfermagem.* 2024;32:e4209. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.7045.4209>

39. Reade SJ, Bassam A, Al-Bassam W, Kadam U. N95 respirator seal integrity following extended-use by healthcare workers in the intensive care unit: a cohort study. *Aust Crit Care*. 2024;38(1):101099. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2024.07.080>
40. Moschella P, Liao W, Litwin AH, Foulk J, Anthony J, Tan X, *et al*. Fit testing failure of reprocessed “duckbill”-type N95 masks. *South Med J*. 2024;117(10):623-627. <https://doi.org/10.14423/SMJ.0000000000001738>
41. Patel KP, Carval T. Challenges of limited reuse and extended use of N95 filtering facepiece respirators: lesson learnt from COVID-19 pandemic in Mumbai, India. *Int J Occup Saf Health*. 2021;11(2). <https://doi.org/10.3126/ijosh.v11i2.37253>
42. Lawrence C, Harnish DA, Sandoval-Powers M, Mills D, Bergman M, Heimbuch BK. Assessment of Half-Mask Elastomeric Respirator and Powered Air-Purifying Respirator Reprocessing for an Influenza Pandemic. *Am J Infect Control*. 2020;48(2):289-94. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2017.06.034>
43. Rich-Edwards JW, Ding M, Rocheleau CM, Boiano JM, Kang JH, Becene I, *et al*. American Frontline Healthcare Personnel’s Access to and Use of Personal Protective Equipment Early in the COVID-19 Pandemic. *J Occup Environ Med*. 2021;63(11):913-20. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000002308>
44. Brun D, Curti C, Mekideche T, Benec A, Hounliasso I, Lamy E, Castera C, Rathelot P, Vanelle P. Stockpiled N95 respirator/surgical mask release beyond manufacturer-designated shelf-life: a French experience. *J Hosp Infect*. 2020;106(2):258-263. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.07.032>
45. Toomey E, Conway Y, Burton C, Smith S, Smalle M, Xin- Chan HS, *et al*. Extended use or reuse of single-use surgical masks and filtering face-piece respirators during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: a rapid systematic review. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2021;42(1):75-83. <https://doi.org/10.1017/ice.2020.1243>
46. Juang PSC, Tsai P. N95 Respirator Cleaning and Reuse Methods Proposed by the Inventor of the N95 Mask Material. *J Emerg Med*. 2020;58(5):817-20. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2020.04.036>
47. Heinzerling A, Stuckey MJ, Scheuer T, Xu K, Perkins KM, Resseger H, *et al*. Transmission of COVID-19 to Health Care Personnel During Exposures to a Hospitalized Patient - Solano County, California, February 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2020;69(15):472-6. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6915e5>
48. Kea B, Johnson A, Lin A, Lapidus J, Cook JN, Choi C, *et al*. An international survey of healthcare workers use of personal protective equipment during the early stages of the COVID-19 pandemic. *J Am Coll Emerg Physicians Open*. 2021;2(2):e12392. <https://doi.org/10.1002/emp2.12392>
49. Xie C, Lau EHY, Yoshida T, Yu H, Wang X, Wu H, *et al*. Detection of influenza and other respiratory viruses in air sampled from a university *campus*: a longitudinal study. *Clin Infect Dis*. 2020;70(5):850-8. <https://doi.org/10.1093/cid/ciz296>
50. Van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, *et al*. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med*. 2020;382(16):1564-7. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>
51. Al Maskari Z, Al Blushi A, Khamis F, Al Tai A, Al Salmi I, Al Harthi H, *et al*. Characteristics of healthcare workers infected with COVID-19: a cross-sectional observational study. *Int J Infect Dis*. 2021;102:32-6. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.10.009>
52. Vega EAU, Antonioli L, Macedo ABT, Pinheiro JMG, Dornelles TM, Souza SBC. Risks of occupational illnesses among health workers providing care to patients with COVID-19: an integrative review. *Rev Latino-Am Enfermagem*. 2021;29:e3455. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.4895.3455>
53. National Nurses United. Nurses: reuse, decontamination of masks endangers health care workers [Internet]. Maryland: National Nurses United; 2020 [cited 2024 Sep 18]. Available from: <https://www.nationalnursesunited.org/press/nurses-reuse-decontamination-masks-endangers-health-care-workers#main-content>
54. Machado MH, Teixeira EG, Freire NP, Pereira EJ, Minayo MCS. Deaths of doctors and nursing Staff by COVID-19 in Brazil: a sociological approach. *Cien Saude Colet*. 2023;28(2):405-19. doi: <https://doi.org/10.1590/1413-81232023282.05942022>
55. Regli A, Sommerfield A, von Ungern-Sternberg BS. The role of fit testing N95/FFP2/FFP3 masks: a narrative review. *Anaesthesia*. 2021;76(1):91-100. <https://doi.org/10.1111/anae.15261>
56. National Institute for Occupational Safety and Health (US). Community Respirators and Masks [Internet]. Atlanta: CDC; 2024 [cited 2024 Sep 18]. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/ppe/php/community-respirators-masks/index.html>
57. Grinshpun SA, Haruta H, Eninger RM, Reponen T, McKay RT, Lee SA. Performance of an N95 filtering facepiece particulate respirator and a surgical mask during human breathing: two pathways for particle penetration. *J Occup Environ Hyg*. 2009;6(10):593-603. <https://doi.org/10.1080/15459620903120086>
58. Nguyen LH, Drew DA, Graham MS, Joshi AD, Guo CG, Ma W, *et al*. Risk of COVID-19 among front-line health-care workers and the general community: a prospective cohort study. *Lancet Public Health*. 2020;5(9):e475-83. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(20\)30164-X](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(20)30164-X)
59. National Institute for Occupational Safety and Health (US). Hospital Respiratory Protection Program Toolkit: DHHS (NIOSH) Publication 2015-117 [Internet]. Atlanta: CDC; 2022 [cited 2024 Sep 18]. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2015-117/default.html>
60. Tcharkhtchi A, Abbasnezhad N, Seydani MZ, Zirak N, Farzaneh S, Shirinbayan M. An overview of filtration efficiency through the masks: mechanisms of the aerosols penetration. *Bioact Mater*. 2021;6(1):106-22. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2020.08.002>
61. Tongyam C, Potiwiput S, Tumkhanon K, Sitthiwani T, Chayanun S, Intra P, *et al*. Authenticity Screening for N95 Filtering Facepiece Respirator (FFR) by Field Emission Scanning Electron Microscope (FE-SEM) in Comparison With Particulate Filtration Efficiency (PFE) Analysis [Internet]. *Microsc Microanal Res*. 2020 [cited 2024 Sep 18];33(2):1-5. Available from: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/mmres/article/view/242567/164801>
62. Gir E, Meneguetti MG, Sousa LRM, Pereira-Caldeira NMV, Carvalho MJ, Reis RK. Reusing and/or reprocessing the N95 face respirator mask or equivalent: an integrative review. *Rev Latino-Am Enfermagem*. 2021;29:e3492. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.5135.3492>

■ Disponibilidade de dados e material

<https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/view/CRD42024574896>

■ Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - Brasil (FAPEMIG), Código de Financiamento APQ-00415-22. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

■ Contribuição de autoria

Conceitualização: Viviane Lopes Vimieiro, Claysson Bruno Santos Vimieiro, Adriana Cristina de Oliveira.

Curadoria de dados: Viviane Lopes Vimieiro, Claysson Bruno Santos Vimieiro, Adriana Cristina de Oliveira.

Aquisição de financiamento: Viviane Lopes Vimieiro, Claysson Bruno Santos Vimieiro, Adriana Cristina de Oliveira.

Redação do manuscrito original: Viviane Lopes Vimieiro, Claysson Bruno Santos Vimieiro, Adriana Cristina de Oliveira.

Redação - revisão e edição: Viviane Lopes Vimieiro, Claysson Bruno Santos Vimieiro, Adriana Cristina de Oliveira.

Os autores declaram que não existe nenhum conflito de interesses.

■ Autor correspondente

Viviane Lopes Vimieiro

E-mail: vivianevimieiro@gmail.com

Recebido: 16.10.2024

Aprovado: 18.03.2025

Editor associado:

Carlise Rigon Dalla Nora

Editor-chefe:

João Lucas Campos de Oliveira