

VENTILAÇÃO NÃO INVASIVA COM INTERFACE CAPACETE NA COVID-19 - ASPECTOS FISIOPATOLÓGICOS, BIOMECÂNICOS E CLÍNICOS: REVISÃO DE ESCOPO

NONINVASIVE VENTILATION WITH HELMET INTERFACE IN COVID-19 - PATHOPHYSIOLOGICAL,
BIOMECHANICAL, AND CLINICAL ASPECTS: A SCOPING REVIEW

DOI: 10.16891/2317-434X.v14.e1.a2026.id3370

Recebido em: 09.09.2025 | Aceito em: 17.04.2026

**Samuel Freire Feitosa^{a*}, Estelita Lima Cândido^a, Suianne Ferreira Soares Alencar^a,
Maria Tais da Silva Santos^a, Francisco Costa de Sousa^b, Maria Elinete Alberto Silva^c,
Vanessa Raquel Melo de Alencar^d, Ana Patrícia de Moraes Silva^e,
Francisco Roberto de Azevedo^a**

Universidade Federal do Cariri – UFCA, Barbalha – CE, Brasil^a

Universidade Regional do Cariri – URCA, Crato – CE, Brasil^b

Faculdade de Medicina Estácio de Juazeiro do Norte, Juazeiro do Norte – CE, Brasil^c

Centro Universitário Doutor Leão Sampaio – UNILEÃO, Juazeiro do Norte – CE, Brasil^d

Universidade Salgado de Oliveira – UNIVERSO, Recife – PE, Brasil^e

RESUMO

A insuficiência respiratória aguda hipoxêmica constitui uma das principais complicações da COVID-19. Nesse contexto, a ventilação não invasiva (VNI) por meio de interface tipo capacete tem se mostrado uma alternativa promissora no manejo desses pacientes. O presente estudo teve como objetivo revisar os aspectos fisiopatológicos e biomecânicos da COVID-19 e suas implicações clínicas para a aplicação da VNI com interface capacete. Trata-se de uma revisão de escopo conduzida conforme as diretrizes do PRISMA-ScR. A busca foi realizada nas bases de dados PubMed Central e MEDLINE, incluindo estudos publicados nos últimos cinco anos, nos idiomas português, inglês e espanhol. Foram identificados 1.149 registros, dos quais 10 estudos foram incluídos na síntese final. Desses, quatro abordaram aspectos relacionados à fisiopatologia, mecânica respiratória e lesão pulmonar autoinfligida pelo paciente (P-SILI), enquanto seis investigaram o uso da VNI, com ênfase na interface capacete. Os achados indicam maior tolerância ao dispositivo, redução da necessidade de intubação e menor incidência de complicações. Estudos nacionais com o dispositivo ELMO demonstraram resultados favoráveis, inclusive em cenários com recursos limitados. Conclui-se que a compreensão dos aspectos fisiopatológicos e biomecânicos da COVID-19 é essencial para orientar a escolha da estratégia ventilatória, sendo a VNI com interface capacete uma alternativa segura e eficaz no suporte ventilatório desses pacientes.

Palavras-chave: Insuficiência respiratória aguda hipoxêmica; Mecânica respiratória; Pressão positiva contínua nas vias aéreas.

ABSTRACT

Hypoxemic acute respiratory failure is one of the main complications of COVID-19. In this context, noninvasive ventilation (NIV) delivered via helmet interface has emerged as a promising alternative in the management of these patients. The present study aimed to review the pathophysiological and biomechanical aspects of COVID-19 and their clinical implications for the application of NIV using a helmet interface. This is a scoping review conducted in accordance with the PRISMA-ScR guidelines. The search was performed in the PubMed Central and MEDLINE databases, including studies published in the last five years, in Portuguese, English, and Spanish. A total of 1,149 records were identified, of which 10 studies were included in the final synthesis. Of these, four addressed aspects related to pathophysiology, respiratory mechanics, and patient self-inflicted lung injury (P-SILI), while six investigated the use of NIV, with emphasis on the helmet interface. The findings indicate greater tolerance to the device, reduced need for intubation, and lower incidence of complications. National studies using the ELMO device demonstrated favorable results, including in resource-limited settings. It is concluded that understanding the pathophysiological and biomechanical aspects of COVID-19 is essential to guide the selection of ventilatory strategies, with helmet-based NIV representing a safe and effective alternative for noninvasive ventilatory support in these patients.

Keywords: Hypoxemic acute respiratory failure; Respiratory mechanics; Continuous positive airway pressure.

INTRODUÇÃO

A COVID-19, causada pelo novo coronavírus SARS-CoV-2, foi identificada inicialmente em Wuhan, na China, em dezembro de 2019 (Lu *et al.*, 2020). Sua rápida disseminação levou a Organização Mundial da Saúde (OMS) a declarar a doença como emergência de saúde pública internacional em 30 de janeiro de 2020 e, posteriormente, como pandemia em 11 de março do mesmo ano. A rápida evolução da COVID-19 para uma crise sanitária global sem precedentes impôs desafios clínicos significativos, especialmente no manejo de pacientes com insuficiência respiratória aguda (Singhal *et al.*, 2020; Salehi *et al.*, 2020; Gupta *et al.*, 2021).

Estudos demonstram que aproximadamente 20% dos pacientes infectados pelo SARS-CoV-2 evoluem com Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG), com necessidade de suporte respiratório avançado (Buszko *et al.*, 2020). A infecção, que ainda não tem seus mecanismos fisiopatológicos totalmente esclarecidos, pode levar ao desenvolvimento da Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA), marcada por hipoxemia severa e uma resposta inflamatória exacerbada (Galambos & Bush, 2021; Camporota *et al.*, 2022).

No início da pandemia, optou-se pela intubação precoce como forma de proteção da equipe de saúde frente ao risco de aerossolização dos vírus com métodos não invasivos. No entanto, evidências subsequentes mostraram que a intubação precoce está associada a piores desfechos, incluindo maior mortalidade e tempo de ventilação mecânica (Wunsch *et al.*, 2020). Nesse contexto, as modalidades de suporte respiratório não invasivo, ganharam protagonismo como estratégias para evitar a intubação orotraqueal, quando utilizados de forma criteriosa e monitorada (Aswanetmanee *et al.*, 2023; Miguel *et al.*, 2024).

A ventilação não invasiva com capacete (*Helmet*) tem sido utilizada em pacientes com COVID-19, principalmente devido à sua potencial superioridade em relação às interfaces convencionais, no que diz respeito a oferecer uma melhor vedação, minimizando dispersão de aerossóis, além de proporcionar um melhor conforto e adaptação. Esses fatores favorecem tratamentos mais prolongados e permitem a manutenção de pressões positivas mais elevadas nas vias aéreas. Entretanto, apesar dessas vantagens, a abordagem não está isenta de

limitações, exigindo cuidados específicos no manejo e na aceitação pelos pacientes (Grieco *et al.*, 2021; Avari *et al.*, 2021).

Alguns estudos preliminares exploram o potencial clínico dessa modalidade utilizada no tratamento da insuficiência respiratória hipoxêmica aguda em pacientes com COVID-19 (Aliberti *et al.*, 2020; Radovanovic *et al.*, 2020). Mais recentemente o desenvolvimento da interface ELMO-CPAP, um capacete nacional criado especificamente para o manejo da insuficiência respiratória aguda (IRpA) por COVID-19, reforçou a viabilidade e a eficácia do uso dessa tecnologia. Evidências nacionais têm demonstrado resultados promissores, especialmente na melhora da oxigenação e na redução da necessidade de intubação (Pinheiro *et al.*, 2022; Beliero *et al.*, 2024).

Apesar dos estudos prévios, ainda existe heterogeneidade nas evidências quanto à efetividade dessa modalidade, especialmente no que se refere à redução da mortalidade (Arabi *et al.*, 2022). Além disso, há riscos de falha da VNI e desenvolvimento de P-SILI em pacientes com drive ventilatório elevado (Battaglini *et al.*, 2021; Gattinoni *et al.*, 2020). Dessa forma, é imprescindível reunir e integrar o conhecimento existente sobre os mecanismos fisiopatológicos da COVID-19, suas repercussões na mecânica respiratória e as implicações clínicas do uso da interface capacete. Esse escopo pode contribuir para orientar decisões terapêuticas mais seguras e embasadas, visando à melhora dos desfechos clínicos e à otimização do uso racional dos recursos em contextos de crise sanitária.

O presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão de escopo para mapear e integrar as evidências científicas disponíveis sobre os aspectos fisiopatológicos e biomecânicos da COVID-19 e sua fundamentação teórica para a aplicação da ventilação não invasiva por meio da interface tipo capacete em pacientes com IRpA por COVID-19.

MÉTODOS

Este estudo consiste em uma revisão de escopo, estruturada conforme as orientações do PRISMA-ScR (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews) (Tricco *et al.*, 2018).

Foram incluídos estudos publicados nos últimos cinco anos, disponíveis na íntegra, nos idiomas português, inglês e espanhol, que abordaram a fisiopatologia e a biomecânica respiratória da COVID-19 e as modalidades de suporte ventilatório não invasivo utilizadas no tratamento da insuficiência respiratória aguda pelo SARS-CoV-2. Foram excluídos trabalhos com delineamento metodológico inadequado para responder às questões do escopo, investigações em modelos animais e estudos em populações pediátricas.

A busca foi realizada nas bases de dados PubMed Central (PMC) e MEDLINE, no período de 1 de dezembro de 2024 a 31 de maio de 2025. Foram utilizados os descritores em Ciências da Saúde (DeCS), combinados por meio de operadores booleanos (AND, OR), incluindo os termos em português e inglês: “COVID-19”, “SARS-CoV-2”, “síndrome do desconforto respiratório agudo”, “mecânica respiratória”, “insuficiência respiratória aguda hipoxêmica”, “ventilação não invasiva” e “pressão positiva contínua nas vias aéreas”. O qualificador “fisiopatologia” foi combinado a alguns descritores, com o objetivo de refinar a busca por estudos que abordassem os mecanismos fisiopatológicos relacionados à doença.

Foram estruturadas duas estratégias de busca

independentes: uma voltada aos aspectos fisiopatológicos e mecânicos da doença e outra direcionada ao uso da ventilação não invasiva com interface capacete, conforme a tabela 1.

A seleção dos estudos foi realizada de forma independente por dois revisores, de acordo com os critérios de elegibilidade, inicialmente a partir dos títulos e resumos e, posteriormente, por meio da leitura do texto completo. Os estudos foram selecionados quanto à relevância, sendo priorizados ensaios clínicos, estudos observacionais com maior rigor metodológico e aqueles que abordavam diretamente os aspectos fisiopatológicos, biomecânicos e clínicos da utilização da VNI com interface capacete na COVID-19. Conforme as diretrizes do PRISMA-ScR, não foi realizada avaliação formal da qualidade metodológica, considerando a natureza exploratória das revisões de escopo.

Após a inclusão final, os dados foram extraídos utilizando um formulário padronizado, contemplando: autor, ano de publicação, objetivo, tipo de estudo, população/contexto, principais achados e implicações clínicas. Os estudos foram organizados por categorias temáticas, visando organizar e sistematizar os principais eixos identificados na literatura.

Tabela 1. Estratégias de busca utilizadas nas bases de dados.

Base de dados / Período de cobertura	Estratégia de busca / Search strategy
PubMed Central / MEDLINE	ESTRATÉGIA 1 – FISIOPATOLOGIA E MECÂNICA RESPIRATÓRIA Português: (COVID-19 OR SARS-CoV-2 OR coronavírus) AND ("insuficiência respiratória aguda" OR hipoxemia OR "síndrome do desconforto respiratório agudo" OR SDRA OR ARDS) AND (fisiopatologia OR "mecânica respiratória" OR "respiratory mechanics" OR pathophysiology) Inglês: (COVID-19 OR SARS-CoV-2 OR coronavirus) AND ("acute respiratory failure" OR hypoxemia OR "acute respiratory distress syndrome" OR ARDS) AND (pathophysiology OR "respiratory mechanics")
Dezembro de 2024 a maio de 2025	ESTRATÉGIA 2 – VNI COM INTERFACE CAPACETE Português: (COVID-19 OR SARS-CoV-2 OR coronavírus) AND ("ventilação não invasiva" OR VNI OR CPAP OR "pressão positiva contínua nas vias aéreas") AND (capacete OR "interface capacete" OR "helmet interface" OR helmet) Inglês: (COVID-19 OR SARS-CoV-2 OR coronavirus) AND ("non-invasive ventilation" OR NIV OR CPAP OR "continuous positive airway pressure") AND (helmet OR "helmet interface")

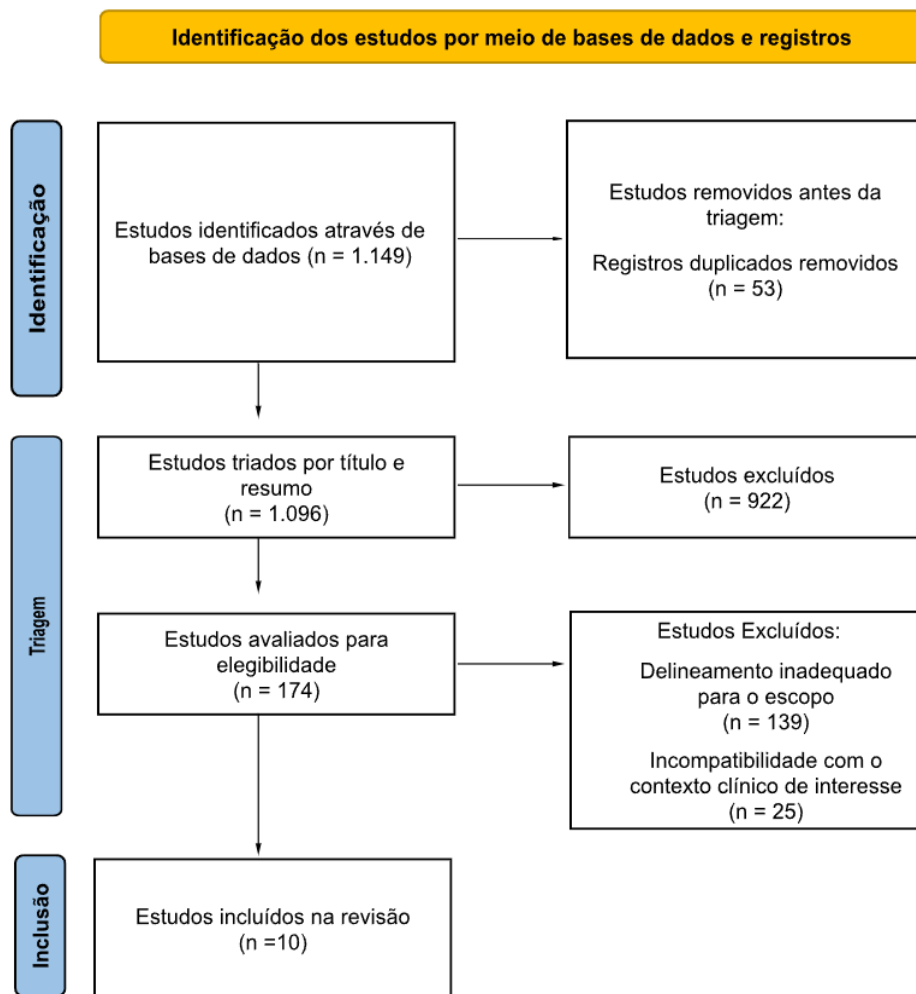
RESULTADOS

A busca nas bases de dados resultou em 1.149 registros identificados. Após a remoção de 53 registros duplicados, 1.096 registros foram submetidos à triagem

por título e resumo, dos quais 922 foram excluídos. 174 relatórios foram avaliados para elegibilidade por meio da leitura na íntegra, sendo 164 excluídos, devido à delineamento inadequado para o escopo da revisão e incompatibilidade com contexto clínico de interesse. Ao

final, 10 estudos foram incluídos na síntese desta revisão, onde o processo de seleção é apresentado por meio de fluxograma na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma de seleção dos estudos conforme as recomendações do PRISMA.



Fonte: Adaptado para revisão de escopo de Page MJ *et al.* *The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews.*

Os estudos incluídos, com base nos critérios metodológicos previamente estabelecidos, tiveram seus principais achados sintetizados na Tabela 2. Desses, quatro abordaram aspectos fisiopatológicos e biomecânicos da doença, ressaltando os fenótipos da SDRA por COVID-19, a variabilidade da biomecânica pulmonar e o risco de lesão pulmonar autoinfligida (P-SILI). Os seis estudos restantes avaliaram o uso da VNI, com ênfase na interface capacete, evidenciando maior tolerância, menor necessidade de intubação e redução de

complicações. Destacam-se dois estudos nacionais com o dispositivo ELMO-CPAP, que demonstraram melhora na oxigenação, aumento da sobrevida e eficácia fora da UTI, especialmente em cenários com limitações de recursos.

Os achados foram organizados em cinco eixos temáticos para a análise: (1) aspectos fisiopatológicos e biomecânicos; (2) ventilação não invasiva na COVID-19; (3) lesão pulmonar autoinfligida pelo paciente (P-SILI); (4) utilização da interface capacete na ventilação não invasiva; e (5) ELMO-CPAP: interface capacete para

aplicação de VNI na IRpA hipoxêmica por COVID-19.

Tabela 2. Principais estudos que fundamentam o uso do suporte ventilatório não invasivo com interface capacete em pacientes com IRpA por COVID-19

Autor (Ano)	Objetivo / Tipo do Estudo	População / Contexto	Principais Achados	Implicações Clínicas
Gattinoni <i>et al.</i> (2020)	Descrever fenótipos respiratórios da COVID-19. Série de casos e opinião especializada	Pacientes com SDRA por COVID-19	Identificação dos fenótipos L (complacência preservada) e H (complacência reduzida)	Necessidade de individualizar o suporte respiratório.
Pan <i>et al.</i> (2020)	Descrever a mecânica respiratória e a capacidade de recrutamento alveolar. Estudo observacional retrospectivo	Pacientes com SDRA por COVID-19. 35 leitos de UTI em um Hospital de Wuhan/China	Maior <i>driving pressure</i> e menor complacência do sistema respiratório; Baixa capacidade de recrutamento com PEEP elevada.	A avaliação da capacidade de recrutamento alveolar é factível à beira do leito, sendo mais limitada em pacientes com SDRA por COVID-19.
Haudebourg <i>et al.</i> (2020)	Comparar mecânica respiratória na SDRA-COVID vs. SDRA tradicional. Estudo de coorte	30 pacientes (15 com SDRA COVID-19 e 15 não COVID)	Não houve diferenças significativas na Mecânica Respiratória; Pacientes com SDRA relacionada à COVID-19 apresentaram uma maior recrutabilidade.	Recomenda avaliação sistemática da mecânica respiratória e da recrutabilidade à beira do leito; Evidencia que os ajustes ventilatórios devem ser individualizados.
Battaglini <i>et al.</i> (2021)	Descrever a fisiopatologia da P-SILI e o papel do suporte respiratório não invasivo na pneumonia por COVID-19. Revisão narrativa	IRpA grave por COVID-19 com esforço ventilatório vigoroso	Esforço ventilatório intenso pode gerar P-SILI; Recomendado monitoramento rigoroso dos esforços respiratórios em VNI.	Necessidade de melhor compreensão da fisiopatologia da COVID-19 por parte dos intensivistas; Importância de monitorar o drive ventilatório e avaliar precocemente a falha.
Forrest <i>et al.</i> (2021)	Comparar os efeitos da VNI e ventilação mecânica invasiva (VMI). Coorte retrospectiva	1.060 pacientes com hipoxemia por COVID-19	VNI associada a menor mortalidade, redução do tempo de internação e diminuição dos sintomas graves relacionados à COVID-19.	Apoia uso precoce da VNI em pacientes com hipoxemia de leve a moderada, relacionada com o aumento da sobrevida.
Arabi <i>et al.</i> (2022)	Avaliar o efeito da VNI por Capacete em comparação com o suporte respiratório usual. Ensaio clínico multicêntrico	320 pacientes com IRpA por COVID-19	Sem redução significativa de mortalidade em comparação com suporte usual; Maior redução da necessidade de intubação.	Interface capacete é segura e viável em pacientes com IRpA por COVID-19; Alternativa prática ao suporte respiratório convencional.

Autor (Ano)	Objetivo / Tipo do Estudo	População / Contexto	Principais Achados	Implicações Clínicas
Grieco <i>et al.</i> (2021)	Comparar os efeitos da VNI com Capacete vs. CNAF na IRpA por COVID-19. Ensaio clínico randomizado multicêntrico	109 pacientes com COVID-19 e hipoxemia moderada a grave	Taxa de intubação significativamente menor no grupo Capacete; Sem diferenças significativas para mortalidade e dias livres de VMI.	A VNI com Capacete em modo pressão de suporte é superior em evitar intubação, diminuindo a taxa de falência do suporte não invasivo.
Coppadoro <i>et al.</i> (2021)	Revisar evidências do uso de interfaces do tipo capacete. Revisão narrativa	Estudos clínicos e experiências hospitalares	Capacete oferece melhor tolerância, menor vazamento e maior eficácia com CPAP; Interface eficaz para uso prolongado e com PEEP mais elevada.	A interface capacete promove melhor oxigenação e melhora os desfechos clínicos, sendo especialmente útil em contextos de escassez de recursos, como os vivenciados durante a pandemia de COVID-19.
Beliero <i>et al.</i> (2024)	Avaliar se o ELMO, Interface Capacete brasileira, impacta no prognóstico de pacientes com IRpA grave por COVID-19. Estudo retrospectivo observacional	50 pacientes críticos com COVID-19	Melhora significativa na oxigenação, menor necessidade de intubação, maior sobrevida, menor incidência de lesão renal aguda e redução no tempo de internação.	O ELMO-CPAP mostrou-se promissor no manejo da SDRA por COVID-19, associando-se à melhora clínica; Ferramenta potencialmente eficaz, especialmente em contextos de sobrecarga hospitalar.
MATOS <i>et al.</i> (2024)	Descrever os desfechos e os preditores de intubação e mortalidade em pacientes tratados com ELMO-CPAP com sedação leve. Estudo de coorte retrospectivo	180 pacientes com SDRA moderada a grave por COVID-19 em uma enfermaria de pneumologia	Sucesso foi associado a um índice ROX > 4,88 e a menor idade. A mortalidade foi significativamente menor nos não intubados (3,0%) em comparação aos intubados (61,2%).	Uso de ELMO-CPAP com sedação leve é eficaz na prevenção de intubação em (72,8%); Fatores clínicos precoces podem prever sucesso; Idade e intubação associam-se à maior mortalidade.

Legenda: Driving pressure – pressão de distensão; CPAP (*Continuous Positive Airway Pressure*) – pressão positiva contínua nas vias aéreas; ELMO – interface do tipo capacete para ventilação não invasiva; FiO₂ – fração inspirada de oxigênio; IRpA – insuficiência respiratória aguda hipoxêmica; PaO₂ – pressão parcial de oxigênio no sangue arterial; PaO₂/FiO₂ – relação entre a pressão arterial de oxigênio e a FiO₂; PEEP (*Positive End-Expiratory Pressure*) – pressão positiva ao final da expiração; P-SILI (*Patient Self-Inflicted Lung Injury*) – lesão pulmonar autoinfligida pelo paciente; ROX – índice frequência respiratória/oxigenação; SDRA – síndrome do desconforto respiratório agudo; SpO₂ – saturação periférica de oxigênio; TC – tomografia computadorizada; UTI – unidade de terapia intensiva; VMI – ventilação mecânica invasiva; VNI – ventilação não invasiva.

DISCUSSÃO

Aspectos fisiopatológicos e biomecânicos

A Covid-19 é caracterizada por possuir uma fisiopatologia distinta em relação aos quadros convencionais de insuficiência respiratória hipoxêmica aguda previamente estudados. A infecção pelo vírus induzir uma forma "atípica" de síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), caracterizada por uma elevada fração de shunt pulmonar, porém com uma complacência do sistema respiratório preservada (Gattinoni *et al.*, 2020).

Notavelmente, uma característica marcante da

forma atípica de SDRA por COVID-19 é a discrepância entre a preservação relativa da mecânica pulmonar e a gravidade da hipoxemia. Uma hipótese para explicar essa hipoxemia acentuada nos pulmões com a complacência preservada é o surgimento de mecanismos fisiopatológicos adicionais da doença, como a perda da regulação da perfusão pulmonar e do mecanismo de vasoconstrição hipóxica, levando à disfunção da relação ventilação/perfusão e, conseqüentemente, piora do grau de hipoxemia (Gattinoni *et al.*, 2020; Radovanovic *et al.*, 2020).

Em contrapartida, o estudo conduzido por Pan *et al.* (2020), em uma UTI de 35 leitos no Hospital de

Wuhan, evidenciou em uma amostra considerável de pacientes com SDRA por COVID-19 com alteração da mecânica pulmonar, redução da complacência do sistema respiratório, aumento da driving pressure e baixa recrutabilidade alveolar. De forma complementar, Haudebourg *et al.* (2020), ao comparar pacientes com SDRA associada à COVID-19 com aqueles com SDRA de outras etiologias, não observaram diferenças significativas na complacência do sistema respiratório entre os grupos, indicando que, apesar das particularidades fisiopatológicas da COVID-19, a mecânica pulmonar pode se comportar de maneira semelhante à SDRA tradicional.

Nesse contexto, buscando integrar essas aparentes divergências, Gattinoni *et al.* (2020) propuseram que a interação entre fatores como gravidade da infecção, resposta imunológica, reserva fisiológica, presença de comorbidades, resposta ventilatória à hipoxemia e o tempo de evolução da doença pode resultar em dois fenótipos principais: tipo L (baixa elastância) e tipo H (alta elastância). O tipo L (low elastance) é caracterizado por alta complacência do sistema respiratório, relação ventilação/perfusão (V/Q) diminuída, menor peso pulmonar e baixa recrutabilidade; enquanto o tipo H (high elastance) apresenta baixa complacência, aumento do shunt direita-esquerda, maior peso pulmonar e maior potencial de recrutabilidade alveolar.

Dessa forma, os achados aparentemente divergentes entre os estudos podem refletir diferentes estágios da doença ou perfis fisiopatológicos distintos dentro do espectro da COVID-19. Por isso, os próprios autores reforçam a necessidade de avaliação individualizada da mecânica respiratória e da recrutabilidade alveolar à beira do leito, a fim de direcionar de forma mais precisa os ajustes ventilatórios e otimizar o manejo clínico desses pacientes.

Lesão pulmonar autoinfligida pelo paciente (P-SILI)

Apesar dos resultados evidenciados com a utilização da VNI, evidências recentes indicam que seu uso em pacientes hipoxêmicos com drive ventilatório exacerbado e esforço respiratório elevado pode resultar em lesão pulmonar autoinfligida (P-SILI), decorrente do aumento excessivo da pressão transpulmonar (Menga *et al.*, 2022). No início da pandemia de COVID-19, a P-SILI

foi amplamente utilizada como argumento para a intubação precoce, em detrimento do uso de suporte respiratório não invasivo (Gattinoni *et al.*, 2020).

Diante desse cenário, torna-se essencial a avaliação criteriosa do risco-benefício do suporte não invasivo, uma vez que a falha dessa estratégia pode estar associada a piores desfechos clínicos, particularmente quando a intubação ocorre de forma tardia. Para a manutenção de uma estratégia de proteção pulmonar e prevenção da evolução entre os fenótipos, é crucial a identificação de preditores de falha do suporte respiratório não invasivo, a fim de minimizar a lesão pulmonar adicional pelo drive exacerbado (Battaglini *et al.*, 2021; Menga *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a ventilação não invasiva com interface capacete surge como uma estratégia terapêutica promissora que vem ganhando espaço em virtude de seus benefícios fisiológicos e clínicos, apresentando peculiaridades que influenciam na interação paciente-ventilador, com potencial efeito protetor pulmonar, ao favorecer a prevenção de padrões de insuflação lesivos e, consequentemente, a lesão pulmonar autoinfligida decorrente do esforço respiratório excessivo (Rosà *et al.*, 2026).

Ventilação não invasiva no contexto da COVID-19

No contexto da pandemia, caracterizado por altas taxas de intubação orotraqueal e mortalidade, a ventilação não invasiva (VNI) foi utilizada emergencialmente como estratégia para reduzir a necessidade de ventilação mecânica invasiva em pacientes com COVID-19. Contudo, seu uso inicial foi restrito devido ao receio de geração de aerossóis e risco de contaminação, porém com o surgimento de novas evidências, sua prática passou a ser amplamente utilizada nesse cenário. (Beliero *et al.*, 2024; Dos Santos *et al.*, 2024).

Em uma coorte multicêntrica conduzida por Forrest *et al.* (2021), observou-se que em comparação com a ventilação mecânica invasiva, o uso da VNI esteve associado a menores taxas de mortalidade, melhora dos sintomas respiratórios, redução do tempo de internação e melhor oxigenação em pacientes com COVID-19. No entanto, os índices de sobrevida variaram conforme a gravidade da hipoxemia, com desfechos mais favoráveis em pacientes com grau de hipoxemia de leve a moderada,

não havendo diferenças significativas em pacientes com hipoxemia grave.

Esses resultados são coerentes com o racional fisiológico da VNI, que constitui uma estratégia promissora para o tratamento da insuficiência respiratória. Seus efeitos podem otimizar a ventilação pulmonar, melhorar a oxigenação, reduzir as disfunções da relação ventilação/perfusão (V/Q), diminuir a dispneia e o trabalho ventilatório, estando intimamente associada à redução da necessidade de intubação traqueal e das complicações relacionadas à VMI (Aswanetmanee *et al.*, 2023).

Utilização da interface capacete na ventilação não invasiva

Embora a ventilação não invasiva (VNI) seja um conceito conhecido há décadas, o uso de interfaces mais sofisticadas, como o capacete, passou a se destacar a partir dos anos 2000, especialmente na Itália (Coppadoro *et al.*, 2021). Nesse período, estudos pioneiros (Antonelli *et al.*, 2002; Bellani *et al.*, 2008; Crimi, 2011) buscaram avaliar sua eficácia em comparação às interfaces tradicionais, já apontando vantagens relacionadas à melhor tolerância e à possibilidade de aplicação mais estável de pressão positiva. Desde então, essa inovação tem demonstrado resultados promissores, proporcionando maior conforto e eficácia em pacientes submetidos à ventilação mecânica não invasiva.

Nessa perspectiva, ensaios clínicos mais recentes reforçam esse racional. Arabi *et al.* (2022), em um ensaio clínico multicêntrico com 320 pacientes com insuficiência respiratória aguda por COVID-19, a VNI por capacete foi avaliada em comparação ao suporte respiratório usual. Embora não tenha sido observada redução significativa na mortalidade, houve menor necessidade de intubação no grupo capacete, demonstrando que a interface é segura, viável e uma alternativa prática ao suporte respiratório convencional.

Em consonância a esses achados, o ensaio clínico randomizado multicêntrico de Grieco *et al.* (2021), com 109 pacientes com COVID-19 e hipoxemia moderada a grave, demonstrou que a taxa de intubação endotraqueal foi significativamente menor no grupo do capacete em comparação ao grupo do oxigênio nasal de alto fluxo (30% vs. 51%; $p = 0,03$), sem diferenças significativas para

mortalidade. Em conjunto, esses estudos convergem ao demonstrar benefício consistente na redução da falência do suporte não invasivo, com redução significativa na necessidade de intubação e ventilação mecânica invasiva.

Esses achados podem ser explicados, em parte, pelas características mecânicas da interface capacete. Em comparação às máscaras convencionais, esse sistema oferece vantagens ao permitir a aplicação de níveis mais elevados de PEEP, minimizando os vazamentos e a dispersão de aerossóis. Essa característica favorece o recrutamento alveolar, previne o colapso pulmonar, promove uma insuflação mais homogênea, reduz o esforço inspiratório e melhora a relação ventilação/perfusão, resultando em trocas gasosas mais eficazes (Hong *et al.*, 2021).

Dessa forma, a superioridade observada na redução das taxas de intubação parece estar diretamente relacionada à maior eficiência fisiológica e melhor tolerância da interface, reforçando seu papel como estratégia relevante no manejo da insuficiência respiratória aguda por COVID-19.

ELMO-CPAP: capacete para aplicação de VNI na IRpA por COVID-19

No ano de 2021, durante a segunda onda da COVID-19, o Brasil enfrentou um cenário caótico, com alta mortalidade, colapso do sistema de saúde e escassez de equipamentos e insumos, além da sobrecarga dos profissionais de saúde (Freitas *et al.*, 2023). Nesse contexto, estratégias promissoras de suporte respiratório não invasivo para evitar a intubação orotraqueal não estavam amplamente disponíveis para o grande número de pacientes graves, agravando os desafios para o sistema público (Beliero *et al.*, 2024).

O ELMO é uma interface do tipo capacete desenvolvida no Ceará, em julho de 2020, como resposta à emergência causada pela pandemia. Seu protótipo, concebido como um novo sistema para administração de pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP), foi desenvolvido em tempo recorde por uma equipe multidisciplinar em parceria público-privada que envolveu governo, indústria, universidades e a Escola de Saúde Pública do Ceará. Uma das principais vantagens desse sistema é a capacidade de permitir a aplicação de VNI sem a necessidade de um ventilador mecânico

(Pinheiro; Gomes; Carvalho, 2022).

Um estudo inicial teve como propósito testar a viabilidade do uso do sistema ELMO-CPAP, contribuindo para sua validação e desenvolvimento no Brasil. Os ensaios clínicos mostraram que a interface foi bem tolerada por longos períodos, sem efeitos adversos relevantes, confirmando sua aplicabilidade na prática assistencial. Além disso, demonstrou eficácia na oferta de pressão positiva contínua, com sucesso em seis dos dez participantes avaliados em um estudo piloto (Tomaz *et al.*, 2022).

Pesquisas subsequentes de maior rigor metodológico reforçam esses achados. Em estudo de coorte realizado em unidade de terapia intensiva, o ELMO apresentou sucesso em 56% dos casos (28/50), promovendo melhora significativa na oxigenação e na troca gasosa (Beliero *et al.*, 2024). Resultados similares foram observados por Matos *et al.* (2024), que relataram taxa de sucesso de 72,8% (131/180) com o uso do dispositivo, associado à sedação leve, em pacientes com SDRA moderada a grave por COVID-19 atendidos em enfermaria de pneumologia.

Nesse contexto, a utilização da interface capacete, especialmente o ELMO-CPAP, deve ser compreendida como uma estratégia alinhada aos princípios fisiopatológicos e biomecânicos da insuficiência respiratória na COVID-19. Ao permitir a administração de níveis mais elevados e sustentados de pressão expiratória final positiva (PEEP) durante períodos prolongados, melhorando a oxigenação e reduzindo padrões de insuflação lesivos associados à heterogeneidade pulmonar, contribuindo, assim, para a prevenção da lesão pulmonar autoinfligida pelo paciente (Rosà *et al.*, 2026).

Limitações do estudo

Apesar de sua relevância, esta revisão apresenta limitações, incluindo a restrição temporal à busca, e a heterogeneidade dos delineamentos e desfechos dos estudos, o que pode ter reduzido a abrangência das

evidências e limitando a comparabilidade dos resultados. Além disso, muitos estudos foram conduzidos no contexto da pandemia por Covid-19, sob condições assistenciais emergenciais e variáveis, o que pode ter influenciado na consistência e generalização dos achados. Adicionalmente, parte das evidências disponíveis é baseada em estudos observacionais e dados fisiológicos, com número ainda restrito de ensaios clínicos randomizados, especialmente no que se refere ao uso do sistema ELMO-CPAP.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão de escopo permitiu mapear e integrar as evidências científicas disponíveis sobre os aspectos fisiopatológicos e biomecânicos da COVID-19, bem como sua fundamentação teórica e prática para a aplicação da VNI por meio da interface tipo capacete. Os estudos analisados destacam a complexidade da fisiopatologia da SDRA associada à COVID-19, evidenciando fenótipos distintos, variações na complacência pulmonar e o risco de lesão pulmonar autoinduzida (P-SILI), o que reforça a necessidade de uma abordagem individualizada no manejo ventilatório.

Do ponto de vista clínico, a utilização da VNI com interface capacete mostrou-se uma alternativa segura e eficaz no suporte ventilatório não invasivo de pacientes com IRpA por COVID-19, podendo contribuir para minimizar mecanismos associados à P-SILI, além de oferecer benefícios como maior conforto e menor taxa de intubação. Evidências nacionais com o dispositivo ELMO-CPAP corroboram esses achados, demonstrando eficácia clínica, melhora da oxigenação e viabilidade de uso fora do ambiente de terapia intensiva, sobretudo em cenários com recursos limitados. Pesquisas futuras, incluindo ensaios clínicos randomizados e análises de custo-efetividade, são recomendados para consolidar a compreensão dos mecanismos fisiopatológicos subjacentes e ampliar a aplicação dessa tecnologia em diferentes contextos assistenciais.

REFERÊNCIAS

ALIBERTI, S. *et al.* Helmet CPAP treatment in patients with COVID-19 pneumonia: a multicentre cohort study. **European Respiratory Journal**, v. 56, n. 4, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1183/13993003.01935-2020>.

ANTONELLI, M. *et al.* New treatment of acute hypoxemic respiratory failure: noninvasive pressure support ventilation through helmet. **Annals of Intensive Care**, v. 6, p. 1–13, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13613-016-0214-0>.

ARABI, Y. M. *et al.* Effect of helmet noninvasive ventilation vs usual respiratory support on mortality among patients with acute hypoxemic respiratory failure due to COVID-19: the HELMET-COVID randomized clinical trial. **JAMA**, v. 328, n. 11, p. 1063–1072, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2022.15599>.

ASWANETMANEE, P. *et al.* Noninvasive ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 8283, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35323-0>.

AVARI, H. *et al.* Avaliação quantitativa da dispersão viral associada a dispositivos de suporte respiratório em um ambiente de tratamento intensivo simulado. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 203, n. 9, p. 1112–1118, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.202008-3070OC>.

BATTAGLINI, D. *et al.* Noninvasive respiratory support and patient self-inflicted lung injury in COVID-19: a narrative review. **British Journal of Anaesthesia**, v. 127, n. 3, p. 353–364, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.05.024>.

BELIERO, A. M. *et al.* ELMO CPAP: an innovative type of ventilatory support for COVID-19-related acute respiratory distress syndrome. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 49, n. 6, p. e20230227, 2024. DOI: <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20230227>.

BELLANI, G. *et al.* The use of helmets to deliver non-invasive continuous positive airway pressure in

hypoxemic acute respiratory failure. **Minerva Anestesiologica**, v. 74, n. 11, p. 651–656, 2008.

BUSZKO, M. *et al.* The dynamic changes in cytokine responses in COVID-19: a snapshot of the current state of knowledge. **Nature Immunology**, v. 21, n. 10, p. 1146–1151, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41590-020-0779-1>.

CAMPOROTA, L. *et al.* Pathophysiology of coronavirus-19 disease acute lung injury. **Current Opinion in Critical Care**, v. 28, n. 1, p. 9–16, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000911>.

COPPADORO, A. *et al.* The use of head helmets to deliver noninvasive ventilatory support: a comprehensive review of technical aspects and clinical findings. **Critical Care**, v. 25, n. 1, p. 327, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03746-8>.

CRIMI, C. *et al.* Pesquisa de práticas de ventilação não invasiva: um instantâneo da prática italiana. **Minerva Anestesiologica**, v. 77, n. 10, p. 971–978, 2011.

DOS SANTOS, A. C. S. *et al.* Ventilação não invasiva na unidade de terapia intensiva: insuficiência respiratória aguda por COVID-19. **Fisioterapia Brasil**, v. 25, n. 2, p. 1344–1354, 2024.

FORREST, I. S. *et al.* Non-invasive ventilation versus mechanical ventilation in hypoxemic patients with COVID-19. **Infection**, v. 49, n. 5, p. 989–997, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s15010-021-01633-6>.

FREITAS, C. M. D. *et al.* Observatório COVID-19 Fiocruz: uma análise da evolução da pandemia de fevereiro de 2020 a abril de 2022. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 28, n. 10, p. 2845–2855, 2023.

GALAMBOS, C.; BUSH, D.; ABMAN, S. H. Intrapulmonary bronchopulmonary anastomoses in COVID-19 respiratory failure. **European Respiratory Journal**, v. 58, n. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1183/13993003.04397-2020>.

GATTINONI, L. *et al.* COVID-19 does not lead to a “typical” acute respiratory distress syndrome. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 201, n. 10, p. 1299–1300, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.202003-0817LE>.

GATTINONI, L. *et al.* COVID-19 pneumonia: different respiratory treatments for different phenotypes? **Intensive Care Medicine**, v. 46, n. 6, p. 1099–1102, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06033-2>.

GRIECO, D. L. *et al.* Effect of helmet noninvasive ventilation vs high-flow nasal oxygen on days free of respiratory support in patients with COVID-19 and moderate to severe hypoxemic respiratory failure: the HENIVOT randomized clinical trial. **JAMA**, v. 325, n. 17, p. 1731–1743, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2021.4682>.

GUPTA, P. A review: epidemiology, pathogenesis and prospect in developing vaccines for novel coronavirus (COVID-19). **Indian Journal of Tuberculosis**, v. 68, n. 1, p. 92–98, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijtb.2020.09.021>.

HAUDEBOURG, A. F. *et al.* Respiratory mechanics of COVID-19- versus non-COVID-19-associated acute respiratory distress syndrome. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 202, n. 2, p. 287–290, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.202004-1226LE>.

HONG, S. *et al.* The roles of noninvasive mechanical ventilation with helmet in patients with acute respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. **PLoS One**, v. 16, n. 4, p. e0250063, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250063>.

LU, H.; STRATTON, C. W.; TANG, Y.-W. Outbreak of pneumonia of unknown etiology in Wuhan, China: the mystery and the miracle. **Journal of Medical Virology**, v. 92, n. 4, p. 401–402, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmv.25678>.

MATOS, I. M. *et al.* CPAP delivered via a helmet interface in lightly sedated patients with moderate to

severe ARDS: predictors of success outside the ICU. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 50, n. 5, p. e20240299, 2024.

MENGA, L. S. *et al.* Noninvasive respiratory support for acute respiratory failure due to COVID-19. **Current Opinion in Critical Care**, v. 28, n. 1, p. 25–50, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000902>.

MIGUEL, E. A. *et al.* Suporte respiratório não invasivo por capacete de oxigenação em insuficiência respiratória aguda: uma revisão de escopo. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 10, p. 01–23, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.10-138>.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.

PAN, C. *et al.* Lung recruitability in COVID-19-associated acute respiratory distress syndrome: a single-center observational study. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 201, n. 10, p. 1294–1297, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.202003-0527LE>.

PINHEIRO, B. V.; GOMES, E. P.; CARVALHO, E. V. ELMO: an innovative interface for noninvasive ventilation. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 48, n. 1, p. e20220005, 2022. DOI: <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20220005>.

RADOVANOVIC, D. *et al.* Helmet CPAP to treat acute hypoxemic respiratory failure in patients with COVID-19: a management strategy proposal. **Journal of Clinical Medicine**, v. 9, n. 4, p. 1191, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm9041191>.

ROSÀ, T. *et al.* Safe spontaneous breathing with helmet noninvasive ventilation in acute hypoxemic respiratory failure. **Current Opinion in Critical Care**, v. 32, n. 1, p. 1–8, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000001345>.

SALEHI, S. *et al.* Coronavirus disease 2019 (COVID-19): a systematic review of imaging findings in 919 patients.

American Journal of Roentgenology, v. 215, n. 1, p. 87–93, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2214/AJR.20.23034>.

SINGHAL, T. A review of coronavirus disease-2019 (COVID-19). **Indian Journal of Pediatrics**, v. 87, n. 4, p. 281–286, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12098-020-03263-6>.

TOMAZ, B. S. *et al.* ELMO, uma nova interface do tipo capacete para CPAP no tratamento da insuficiência respiratória aguda hipoxêmica por COVID-19 fora da UTI: estudo de viabilidade. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 48, p. e20210349, 2022.

TRICCO, A. C. *et al.* PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. **Annals of Internal Medicine**, v. 169, n. 7, p. 467–473, 2018. DOI: <https://doi.org/10.7326/M18-0850>.

WUNSCH, H. Mechanical ventilation in COVID-19: interpreting the current epidemiology. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 202, n. 1, p. 1–4, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.202004-1385ED>.