



ISSN 2674-8169



Qualis B3  
CAPES 2021-2024

Latindex



DOI

Google  
Acadêmico

## **ESTRATÉGIAS PREDITIVAS DE SUCESSO NA EXTUBAÇÃO OROTRAQUEAL EM PACIENTES ADULTOS NA TERAPIA INTENSIVA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Murilo Ferreira dos Santos Neto 1<sup>1</sup>, Pedro Costa Pereira 2<sup>1</sup>, Thiago Marques Tavares 3<sup>1</sup>, Lucas Ribeiro Santos Nunes 4<sup>1</sup>, Victor Gabriel Macedo Galvão 5<sup>1</sup>, Marília de Oliveira Bomfim 6<sup>1</sup>, Gustavo Guilherme Batista de Freitas 7<sup>1</sup>, Beatriz Amaral Santana 8<sup>1</sup>, Byanka Porto Fraga 9<sup>1</sup>, Gabriela Bianchini Ribeiro 10<sup>2</sup>, Matheus Jordan Ferreira Santos 11<sup>3</sup>, Catarina Andrade Garcez Cajueiro 12<sup>1</sup>.



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2026v8n7p44-64>

Artigo recebido em 2 de Junho e publicado em 2 de Julho de 2026

### REVISÃO INTEGRATIVA

#### **RESUMO**

A descontinuação da ventilação mecânica invasiva representa um marco decisivo na trajetória clínica de pacientes críticos, todavia, a falha na extubação orotraqueal permanece como um evento adverso frequente intrinsecamente associado à elevada morbimortalidade e ao aumento dos custos assistenciais. Diante das limitações de acurácia apresentadas pelos índices preditivos tradicionais quando utilizados isoladamente, este estudo objetivou analisar as estratégias de escolha na prática clínica que indicam sucesso na extubação orotraqueal em pacientes adultos nas unidades de terapia intensiva. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura conduzida nas bases de dados MEDLINE/PubMed e BVS, estruturada conforme as recomendações PRISMA 2020 e classificada quanto ao nível de evidência pelo sistema Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. A partir da análise crítica de 20 artigos selecionados no recorte temporal de 2021 a 2025, os resultados evidenciaram uma transição paradigmática de parâmetros estáticos para uma abordagem dinâmica e multimodal, na qual a ultrassonografia point-of-care para avaliação diafragmática, a mensuração seriada do Índice de Tobin e a implementação de algoritmos de inteligência artificial demonstraram sensibilidade e especificidade superiores aos métodos convencionais. Conclui-se que não existe um preditor único universal, sendo o êxito do procedimento dependente da integração entre protocolos de desmame padronizados, monitorização funcional por imagem e vigilância clínica individualizada, especialmente em subpopulações de alto risco como os pacientes neurocríticos.

**Palavras-chave:** Extubação, Desmame do Respirador, Unidades de Terapia Intensiva, Ultrassonografia, Inteligência Artificial.

# Predictive Strategies for Successful Orotracheal Extubation in Adult Intensive Care Patients: An Integrative Review.

## ABSTRACT

Discontinuing invasive mechanical ventilation marks a pivotal moment in the clinical course of critically ill patients; however, orotracheal extubation failure remains a frequent adverse event intrinsically linked to high morbidity and mortality and increased healthcare costs. Given the accuracy limitations of traditional predictive indices when used in isolation, this study aimed to analyze clinical practice strategies indicating successful orotracheal extubation in adult intensive care patients. This integrative literature review was conducted using the MEDLINE/PubMed and BVS databases, structured according to PRISMA 2020 guidelines, and classified by level of evidence using the Oxford Centre for Evidence-Based Medicine system. A critical analysis of 20 articles selected from the 2021–2025 period revealed a paradigm shift from static parameters to a dynamic, multimodal approach; specifically, point-of-care ultrasound for diaphragmatic assessment, serial measurement of the Tobin Index, and the implementation of artificial intelligence algorithms demonstrated superior sensitivity and specificity compared to conventional methods. The study concludes that there is no single universal predictor; rather, procedural success depends on integrating standardized weaning protocols, functional imaging monitoring, and individualized clinical surveillance, particularly in high-risk subpopulations such as neurocritical patients.

**Keywords:** Extubation, Ventilator Weaning, Intensive Care Units, Ultrasonography, Artificial Intelligence.

**Instituição afiliada** – Universidade Tiradentes<sup>1</sup>, UFSM<sup>2</sup>, Universidade Federal de Alfenas<sup>3</sup>.

**Autor correspondente:** Murilo Ferreira dos Santos Neto [mfsneto@gmail.com](mailto:mfsneto@gmail.com)

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



## **INTRODUÇÃO**

A ventilação mecânica invasiva (VMI) é um dos principais recursos utilizados na terapia intensiva para garantir suporte respiratório adequado a pacientes em insuficiência respiratória grave. Em muitos casos, ela funciona como um mecanismo essencial para estabilizar o quadro clínico enquanto se busca a reversão da condição de base (SÁNCHEZ SÁNCHEZ *et al.*, 2021). No entanto, apesar de oferecer benefícios imediatos, sua permanência prolongada está associada a importantes complicações, como Pneumonia Associada à Ventilação (PAV), barotrauma e fraqueza diafragmática induzida pelo uso contínuo do ventilador. Por isso, assim que o paciente apresenta condições clínicas estáveis, inicia-se o processo de desmame e posterior extubação, etapa crítica para o avanço da recuperação (BURNS *et al.*, 2024).

Embora seja um procedimento rotineiro nas UTIs, a extubação orotraqueal demanda cautela e planejamento. Trata-se de um momento decisivo que, se conduzido de maneira inadequada, pode resultar em falha. A falha é definida como a necessidade de reintubação dentro das primeiras 24 a 72 horas após a retirada do tubo (ARCANJO; BECCARIA, 2023; TURHAN *et al.*, 2024). Mesmo com avanços tecnológicos e melhores práticas assistenciais, esse problema ainda acomete uma parcela significativa dos pacientes, mantendo-se em índices entre 10% e 20% das extubações planejadas (ARCANJO; BECCARIA, 2023). A persistência desses números evidencia que, apesar do progresso da medicina intensiva, ainda há desafios na identificação precisa do momento ideal para a retirada do suporte ventilatório.

As consequências de uma extubação mal sucedida vão além da necessidade de um novo procedimento. A reintubação interrompe o curso de melhora do paciente e desencadeia complicações que afetam diretamente o prognóstico. Estudos demonstram que a falha está associada a maior mortalidade intra-hospitalar, tempo mais longo de permanência na UTI e aumento expressivo dos custos assistenciais (ARCANJO; BECCARIA, 2023). Assim, prever adequadamente o desfecho da extubação não é apenas desejável, mas essencial para melhorar a qualidade do cuidado e reduzir riscos.

Durante muitos anos, esse processo decisório apoiou-se principalmente em índices preditivos, sendo o Índice de Respiração Rápida e Superficial (IRRS), ou Índice de

Tobin, o mais utilizado. Ele se baseia na lógica fisiológica de que padrões respiratórios rápidos e superficiais sinalizam risco de fadiga muscular. No entanto, por se tratar de uma medida pontual, obtida em um único momento, o IRRS nem sempre reflete a verdadeira capacidade do paciente de manter a respiração espontânea ao longo do tempo. Em algumas situações, principalmente após períodos prolongados de ventilação, a fadiga diafragmática se instala tardiamente, o que reduz a sensibilidade desse índice como ferramenta isolada (TURHAN *et al.*, 2024).

Além das limitações musculares, um ponto crítico frequentemente subestimado envolve a avaliação da proteção de via aérea. Em determinados grupos, como idosos frágeis e pacientes neurocríticos, a falha de extubação não decorre de problemas respiratórios, mas de comprometimentos neurológicos, disfagia ou tosse ineficaz. Nessas populações, mesmo pacientes que apresentam bom desempenho nos testes respiratórios convencionais podem evoluir com broncoaspiração e acúmulo de secreções após a retirada do tubo, demandando instrumentos avaliativos mais específicos (CHABANNE *et al.*, 2025).

Com o reconhecimento desses limites, a prática atual na medicina intensiva tem migrado para um modelo de avaliação mais amplo. Métodos multimodais e ferramentas complementares estão sendo incorporados à rotina das UTIs. Entre eles, destaca-se a ultrassonografia point-of-care (POCUS), que possibilita avaliar de forma direta e não invasiva parâmetros como espessamento e mobilidade diafragmática, oferecendo informações funcionais que o exame clínico isolado não fornece (MURALIDHARAN; HAVALDAR, 2025). Paralelamente, a crescente disponibilidade de grandes bancos de dados tem permitido o desenvolvimento de modelos preditivos baseados em inteligência artificial, capazes de integrar diversas variáveis fisiológicas e clínicas para auxiliar na tomada de decisão (FENSKE *et al.*, 2025).

Diante da variedade de ferramentas e da ausência de um consenso universal sobre o método mais eficaz, torna-se necessário revisar criticamente as evidências disponíveis. Este estudo se justifica pela necessidade de sintetizar os achados mais recentes da literatura, oferecendo um panorama claro das estratégias com melhor desempenho na prática clínica.

Assim, o objetivo desta revisão integrativa é identificar quais abordagens

demonstram maior capacidade de prever o sucesso da extubação orotraqueal em pacientes adultos internados em Unidades de Terapia Intensiva.

## **METODOLOGIA**

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, método de pesquisa que permite a síntese de múltiplos estudos publicados e possibilita conclusões gerais a respeito de uma área particular de estudo, viabilizando a incorporação da aplicabilidade de resultados significativos na prática clínica. A elaboração desta pesquisa pautou-se em seis etapas metodológicas distintas e interligadas: identificação do tema e seleção da questão de pesquisa, estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão, definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados, avaliação dos estudos incluídos, interpretação dos resultados e apresentação da revisão.

Para nortear o desenvolvimento do estudo, formulou-se a questão de pesquisa através da estratégia PICO (População, Intervenção, Comparação, Outcome), definida como: "Quais as estratégias de escolha na prática clínica que indicam sucesso na extubação orotraqueal em pacientes adultos nas unidades de terapia intensiva?" (Souza et al., 2010; Souza et al., 2021). O levantamento bibliográfico foi realizado através das bases de dados Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE), acessada via motor de busca PubMed, e na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Para a estratégia de busca, utilizaram-se os descritores controlados consultados nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Medical Subject Headings (MeSH): "Airway Extubation", "Ventilator Weaning" e "Intensive Care Units". A interação entre estes descritores ocorreu mediante a utilização do operador booleano "AND", visando refinar a recuperação de evidências específicas sobre o tema.

Foram estabelecidos como critérios de inclusão artigos originais disponíveis na íntegra (free full text), publicados no recorte temporal dos últimos 5 anos (2020 a 2025), nos idiomas português, inglês e espanhol, e que abordassem a população adulta (idade superior a 19 anos). Foram excluídos da amostra estudos realizados em modelos animais, editoriais, cartas ao editor, teses, dissertações e publicações duplicadas que não respondessem diretamente à pergunta norteadora.

A seleção e o fluxo de triagem dos artigos seguiram as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020. Na busca inicial, foram identificados 554 registros, sendo 272 na plataforma PubMed e 282 na BVS. Posteriormente, realizou-se a remoção das duplicatas com o auxílio do software de gerenciamento de referências Zotero, garantindo que cada estudo fosse computado apenas uma vez. Após a triagem preliminar por leitura de títulos e resumos, 45 artigos foram considerados elegíveis para leitura na íntegra. Deste montante, aplicaram-se os critérios de exclusão qualitativa, resultando em uma amostra final composta por 20 artigos científicos.

A busca foi estabelecida através de acesso online dos artigos relevantes durante o mês de novembro de 2025. Posteriormente, foi realizada análise criteriosa do material selecionado a fim de reunir as informações mais relevantes concernentes ao tema proposto. Nesse contexto, esta pesquisa utilizou a ferramenta Zotero com a finalidade de auxílio a aplicar a seleção e gerenciamento dos artigos utilizados. Em seguimento, houve a definição do instrumento de extração de dados desta pesquisa evidenciando título, autor, ano da pesquisa, objetivo principal, resultados principais, nível de evidência e graus de recomendação do artigo. A avaliação dos estudos quanto ao nível de evidência (NE) e grau de recomendação atendeu às definições do sistema do Oxford Centre for Evidence-Based Medicine (OXFORD CENTRE FOR EVIDENCE-BASED MEDICINE, 2009) (Quadro 1). Outrossim, a apresentação dos resultados desta revisão seguiu as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020) (PAGE *et al.*, 2021) (Figura 1).

Quadro 1 - Níveis de evidência e recomendação conforme Oxford Centre for Evidence-Based Medicine.

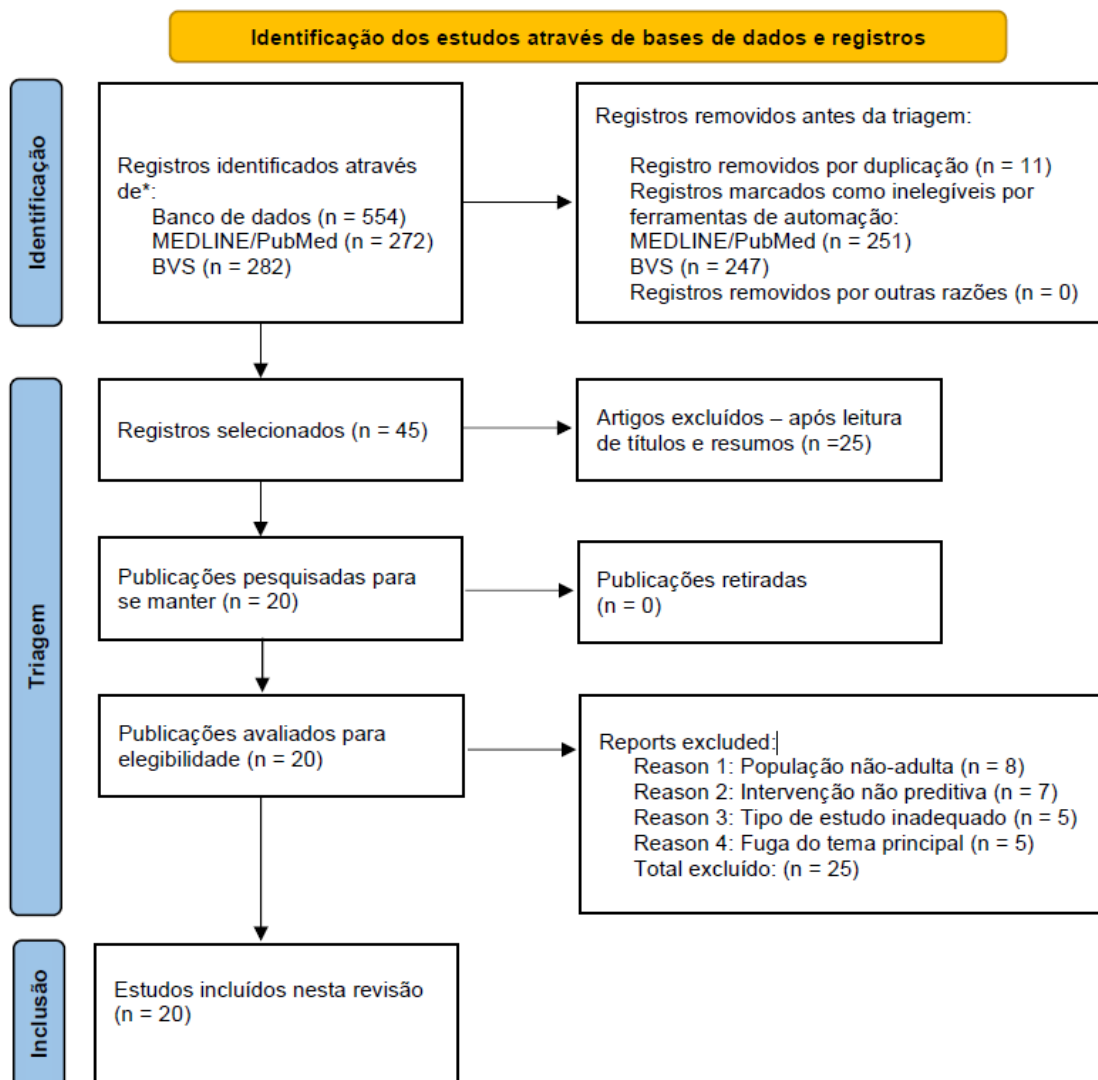
| <b>Grau de Recomendação</b> | <b>Nível de Evidência</b> | <b>Tipo de Estudo (Foco: Tratamento / Prevenção / Etiologia)</b>           |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b>                    | <b>1A</b>                 | Revisão sistemática de ensaios clínicos controlados randomizados.          |
|                             | <b>1B</b>                 | Ensaio clínico controlado randomizado com intervalo de confiança estreito. |
|                             | <b>1C</b>                 | Resultados terapêuticos do tipo "tudo ou nada".                            |

| <b>Grau de Recomendação</b> | <b>Nível de Evidência</b> | <b>Tipo de Estudo (Foco: Tratamento / Prevenção / Etiologia)</b>                                                     |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>B</b>                    | <b>2A</b>                 | Revisão Sistemática de Estudos de Coorte.                                                                            |
|                             | <b>2B</b>                 | Estudo de Coorte (incluindo Ensaio Clínico Randomizado de menor qualidade).                                          |
|                             | <b>2C</b>                 | Observação de resultados terapêuticos ( <i>outcomes research</i> ) ou Estudo Ecológico.                              |
|                             | <b>3A</b>                 | Revisão Sistemática de Estudos Caso-Controle.                                                                        |
|                             | <b>3B</b>                 | Estudo de Caso-Controle.                                                                                             |
| <b>C</b>                    | <b>4</b>                  | Relato de Casos (incluindo coorte ou caso-controle de menor qualidade) ou Série de casos.                            |
| <b>D</b>                    | <b>5</b>                  | Opinião de especialistas desprovida de avaliação crítica ou baseada em matérias básicas (fisiologia, estudo animal). |

Fonte: Adaptado de Oxford Centre for Evidence-Based Medicine (2009).

Diante disso, e em conformidade com o postulado no Quadro 1, os critérios utilizados nesta pesquisa para a definição das avaliações de nível de evidência e grau de recomendação foram rigorosamente respeitados e julgados consoante os parâmetros estabelecidos no quadro supracitado. Dessa forma, garantiu-se que a classificação hierárquica dos estudos selecionados refletisse com precisão a robustez metodológica proposta pelo Oxford Centre for Evidence-Based Medicine.

Figura 1 - Fluxograma de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão de estudos na revisão integrativa.



Fonte: dos Santos Neto, M. F. (2025).

## RESULTADOS

Nesta revisão integrativa foram incluídos 20 artigos, selecionados a partir da triagem inicial de 554 registros, após a aplicação rigorosa dos critérios de elegibilidade e remoção de duplicatas. A amostra final reflete a produção científica mais atual sobre o tema, compreendendo publicações entre os anos de 2021 e 2025. Todos os estudos foram codificados alfanumericamente (A1 a A20) com a finalidade de facilitar a identificação e a correlação dos achados durante a discussão.

O Quadro 2 dispõe das características fundamentais dos estudos selecionados, detalhando os autores, o ano de publicação, o delineamento metodológico (tipo de estudo) e a classificação quanto ao nível de evidência científica, conforme os critérios

do Oxford Centre for Evidence-Based Medicine.

Quadro 2 - Instrumento de extração de dados nos artigos selecionados.

Caracterização dos estudos segundo código A1 a A20, autores, ano de publicação, tipo de estudo e nível de evidência.

| <b>Código</b> | <b>Autor</b>               | <b>Ano</b> | <b>Tipo de Estudo</b>            | <b>Nível de Evidência</b> |
|---------------|----------------------------|------------|----------------------------------|---------------------------|
| <b>A1</b>     | Arcanjo; Beccaria          | 2023       | Estudo de Caso-Controle          | 3B                        |
| <b>A2</b>     | Balas et al.               | 2021       | Estudo Transversal (Survey)      | 4                         |
| <b>A3</b>     | Belenguer-Muncharaz et al. | 2023       | Ensaio Clínico Randomizado       | 1B                        |
| <b>A4</b>     | Bureau; Demoule            | 2022       | Revisão Sistemática / Opinião    | 2A                        |
| <b>A5</b>     | Burns et al.               | 2023       | Estudo de Coorte Retrospectivo   | 2B                        |
| <b>A6</b>     | Burns et al.               | 2024       | Ensaio Clínico Randomizado       | 1B                        |
| <b>A7</b>     | Chabanne et al.            | 2025       | Ensaio Clínico Randomizado       | 1B                        |
| <b>A8</b>     | Domínguez-Estrada et al.   | 2024       | Estudo Observacional             | 2B                        |
| <b>A9</b>     | Fenske et al.              | 2025       | Estudo de Validação (Coorte)     | 2B                        |
| <b>A10</b>    | Leung et al.               | 2021       | Estudo Transversal (Survey)      | 4                         |
| <b>A11</b>    | Martins et al.             | 2021       | Estudo Observacional             | 2B                        |
| <b>A12</b>    | Muhle et al.               | 2024       | Ensaio Clínico Randomizado       | 1B                        |
| <b>A13</b>    | Muralidharan; Havaladar    | 2025       | Estudo de Coorte Prospectivo     | 2B                        |
| <b>A14</b>    | Prazak et al.              | 2025       | Ensaio Clínico Cluster-Crossover | 1B                        |
| <b>A15</b>    | Sánchez Sánchez et al.     | 2021       | Estudo de Coorte Prospectivo     | 2B                        |
| <b>A16</b>    | Sarti et al.               | 2021       | Estudo de Coorte Retrospectivo   | 2B                        |
| <b>A17</b>    | Smits et al.               | 2025       | Estudo Fisiológico Observacional | 2B                        |
| <b>A18</b>    | Turhan et al.              | 2024       | Estudo de Coorte Prospectivo     | 2B                        |
| <b>A19</b>    | Varón-Vega et al.          | 20         | Estudo Observacional             | 2B                        |

| Código     | Autor        | Ano  | Tipo de Estudo             | Nível de Evidência |
|------------|--------------|------|----------------------------|--------------------|
|            |              | 23   |                            |                    |
| <b>A20</b> | Zheng et al. | 2022 | Análise Econômica de Saúde | 2B                 |

Fonte: dos Santos Neto, M. F. (2025).

De acordo com os resultados dos artigos selecionados, mediante o total da amostra desta revisão, que corresponde a 20 artigos (100%), observou-se uma predominância de estudos observacionais. Deste montante, 14 artigos (70%) correspondem a estudos observacionais (coortes prospectivas, retrospectivas e estudos transversais), 5 artigos (25%) são ensaios clínicos randomizados e 1 artigo (5%) refere-se a artigo de revisão/opinião de especialistas. Quanto ao nível de evidência, nota-se um rigor metodológico significativo, com 25% da amostra classificada como nível 1B (Recomendação A) e a vasta maioria (70%) situada no nível 2B (Recomendação B), conferindo robustez aos achados desta revisão.

Quadro 3 - Instrumento de extração de dados nos artigos selecionados. Caracterização dos estudos segundo código A1 a A20, obedecendo a ordem alfabética, além de objetivo, resultados e grau de recomendação.

| Código    | Objetivo                                                                       | Resultados                                                                                                              | Grau de Recomendação |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>A1</b> | Identificar fatores de risco associados à falha de extubação em UTI geral.     | Idade avançada, tempo prolongado de VMI e histórico de reintubação prévia foram associados significativamente à falha.  | B                    |
| <b>A2</b> | Avaliar barreiras e facilitadores percebidos para a extubação oportuna.        | A falta de protocolos claros e sedação excessiva foram barreiras; a comunicação interprofissional facilitou o processo. | C                    |
| <b>A3</b> | Comparar desmame protocolizado versus convencional em pacientes neurocríticos. | O uso de protocolo reduziu a duração do desmame e a taxa de reintubação em comparação ao cuidado usual.                 | A                    |
| <b>A4</b> | Discutir especificidades do desmame em pacientes com lesão cerebral.           | Enfatiza a avaliação do nível de consciência e proteção de via aérea (tosse/deglutição) como cruciais.                  | B                    |
| <b>A5</b> | Analisar diferenças nas diretrizes de extubação entre idosos e jovens.         | Idosos recebem mais ordens de não-reintubação, o que influencia as taxas de "sucesso" e mortalidade.                    | B                    |

| <b>Código</b> | <b>Objetivo</b>                                                                             | <b>Resultados</b>                                                                                                                        | <b>Grau de Recomendação</b> |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>A6</b>     | Comparar técnicas de triagem e teste de respiração espontânea (TRE).                        | Pressão Suporte e Tubo-T mostraram taxas semelhantes de reintubação, mas PSV pode acelerar a decisão.                                    | A                           |
| <b>A7</b>     | Validar um escore clínico (BIPER) para prevenção de falha em neurocríticos.                 | O escore combinando consciência, tosse e deglutição reduziu falhas em pacientes com lesão cerebral.                                      | A                           |
| <b>A8</b>     | Avaliar o Índice de Tempo de Excursão Diafrágica (DETI) como preditor.                      | O DETI mostrou-se um preditor não invasivo útil para avaliar resistência muscular pré-extubação.                                         | B                           |
| <b>A9</b>     | Desenvolver modelos de Machine Learning para prever extubação.                              | Modelos de ML usando dados eletrônicos superaram critérios tradicionais na predição de sucesso.                                          | B                           |
| <b>A10</b>    | Descrever práticas de descontinuação da ventilação na Ásia.                                 | O Índice de Tobin é o mais usado, mas há alta variabilidade no uso de <i>cuff leak test</i> e sedação.                                   | C                           |
| <b>A11</b>    | Investigar a utilidade do Peptídeo Natriurético Cerebral na predição de falha de extubação. | Níveis elevados de BNP pré-extubação predizem falha de origem cardiovascular.                                                            | B                           |
| <b>A12</b>    | Testar estimulação elétrica faríngea para reduzir falha em AVC.                             | A intervenção reduziu disfagia e taxas de reintubação em pacientes com AVC agudo.                                                        | A                           |
| <b>A13</b>    | Comparar parâmetros de ultrassom diafrágico com o Índice de Tobin.                          | A Fração de Espessamento Diafrágico superior a 30% teve sensibilidade superior ao Índice de Respiração Rápida e Superficial na predição. | B                           |
| <b>A14</b>    | Avaliar efeitos de pré-oxigenação e aspiração intratraqueal.                                | Técnicas padronizadas reduziram complicações imediatas (hipoxemia) pós-extubação.                                                        | B                           |
| <b>A15</b>    | Analisar a avaliação combinada de função respiratória.                                      | A combinação de USG pulmonar/diafrágico e força de tosse melhorou a acurácia preditiva.                                                  | B                           |
| <b>A16</b>    | Testar viabilidade de ferramenta de decisão clínica ("Extubation Advisor").                 | A ferramenta ajudou a padronizar a identificação de candidatos, mostrando-se viável.                                                     | B                           |
| <b>A17</b>    | Avaliar consumo de oxigênio (VO <sub>2</sub> ) durante o desmame.                           | Aumento excessivo do VO <sub>2</sub> no TRE foi marcador precoce de falha por baixa reserva.                                             | B                           |
| <b>A18</b>    | Investigar o valor                                                                          | Medições aos 0, 30 e 120 min                                                                                                             | B                           |

| <b>Código</b> | <b>Objetivo</b>                                                              | <b>Resultados</b>                                                                 | <b>Grau de Recomendação</b> |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
|               | preditivo de medições seriadas do Índice de Respiração Rápida e Superficial. | identificaram fadiga tardia melhor que medida única.                              |                             |
| <b>A19</b>    | Validar protocolo multimodal (TRE + Tosse + USG).                            | A integração dos três métodos reduziu a taxa de falha em população de alto risco. | B                           |
| <b>A20</b>    | Analisar viabilidade econômica de ferramentas de decisão (ML).               | O suporte à decisão baseado em dados reduziu dias de UTI, sendo custo-efetivo.    | B                           |

Fonte: dos Santos Neto, M. F. (2025).

Ademais, segundo o nível de evidência com a finalidade de análise e grau de recomendação, 5 artigos compreendem o grau de recomendação A, enquanto que 13 artigos são estudos com grau de recomendação B e 2 estudos obtiveram a classificação C do grau de recomendação. Já em relação ao nível de evidência, 5 artigos foram classificados como nível 1B, 1 artigo como nível 2A, 11 artigos como 2B, 1 artigo como 3B e 2 artigos como nível de evidência 4. Vale ressaltar que, para estas análises, foi utilizado a ferramenta da Oxford Centre Evidence-Based Medicine. (Oxford Centre for Evidence-Based Medicine: Levels of Evidence (March 2009) — Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM), University of Oxford, s.d.).

Outrossim, dentre os artigos selecionados, quanto ao recorte temporal de publicação, observou-se que os estudos são recentes na literatura com o intervalo entre 2021 e 2025, uma vez que datam dos últimos 05 anos, com uma maior concentração nos últimos dois anos. Com a presença de estudos na língua portuguesa, porém com predominância na língua inglesa.

## **DISCUSSÃO**

A análise dos vinte estudos incluídos nesta revisão evidencia que o processo de extubação em terapia intensiva está passando por uma transformação gradual, mas profunda, em relação às estratégias de avaliação. A tradicional dependência de testes isolados e da experiência subjetiva do profissional, que durante décadas orientaram a

tomada de decisão, tem se mostrado insuficiente para lidar com a complexidade dos pacientes atualmente internados em UTIs. A falha de extubação, ao contrário do que se poderia supor, não é um evento casual: ela tende a ocorrer quando existe um descompasso entre a demanda fisiológica e a capacidade efetiva do paciente de sustentar a ventilação espontânea. Os trabalhos mais recentes reforçam que reduzir essa multidimensionalidade a um único número ou parâmetro pode, inevitavelmente, resultar em erros de interpretação.

Nesse sentido, um ponto inevitável na discussão é o papel do Índice de Respiração Rápida e Superficial (IRRS), conhecido como Índice de Tobin. Apesar das limitações amplamente reconhecidas, ele continua sendo o índice preditivo mais empregado na prática clínica. O levantamento conduzido por Leung *et al.* (2021) mostrou que grande parte das UTIs ainda utiliza o IRRS como critério primário, não por ser o mais eficaz, mas pela facilidade de aplicação, custo zero e familiaridade entre os profissionais. O raciocínio por trás do índice é intuitivo: padrões respiratórios rápidos e superficiais indicariam sobrecarga muscular e risco de falência ventilatória. Contudo, a literatura incluída nesta revisão demonstra que o IRRS, quando utilizado de maneira isolada e em momento único, apresenta sensibilidade limitada.

O estudo de Turhan *et al.* (2024) aprofunda esse entendimento ao evidenciar que o problema não é necessariamente o índice em si, mas a forma como ele é tradicionalmente utilizado. Geralmente, o IRRS é medido apenas no início do teste de respiração espontânea, e valores abaixo de 105 são interpretados automaticamente como sinal de segurança para a extubação. Entretanto, Turhan e colaboradores demonstraram que a fadiga muscular respiratória é um processo progressivo, que muitas vezes não se manifesta na primeira meia hora. Ao analisarem o IRRS de maneira seriada, na admissão ao teste, aos 30 minutos e após duas horas, os autores identificaram que pacientes que futuramente falhariam na extubação apresentavam piora significativa apenas na medição tardia. Assim, o uso de uma única aferição pode gerar uma falsa sensação de segurança e favorecer decisões precipitadas, sugerindo que a abordagem seriada seria mais aderente à fisiologia real do desmame (LEUNG *et al.*, 2021; TURHAN *et al.*, 2024).

Outro debate recorrente na prática clínica diz respeito à escolha do método para

realizar o teste de respiração espontânea: pressão de suporte (PSV) ou ventilação em Tubo-T. O ensaio clínico de Burns *et al.* (2024), publicado no JAMA, avaliou essa questão clássica ao comparar os dois métodos e não identificou diferença significativa nas taxas de reintubação. À primeira vista, esse resultado poderia sugerir que a escolha do método teria pouca relevância prática, entretanto, sob a ótica da análise fisiológica de Smits *et al.* (2025), o cenário revela-se mais complexo. Smits *et al.* demonstraram que pacientes que evoluem com falha após a extubação apresentam aumento importante no consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) e no custo metabólico assim que deixam de receber suporte ventilatório. A pressão de suporte, por reduzir o esforço inspiratório, pode mascarar esse custo energético real. Dessa forma, embora os ensaios clínicos não encontrem diferenças estatísticas globais, é possível que o método Tubo-T funcione como uma “prova de esforço” mais sensível em pacientes com reserva cardiorrespiratória reduzida (BURNS *et al.*, 2024; SMITS *et al.*, 2025).

Diante das limitações dos parâmetros clássicos de mecânica ventilatória, a ultrassonografia point-of-care (POCUS) passou a ocupar um espaço de destaque como ferramenta complementar. Diferentemente dos testes tradicionais, que utilizam variáveis indiretas de ventilação e esforço, o ultrassom permite a visualização direta do músculo respiratório. O estudo de Muralidharan e Havaladar (2025) mostrou que a Fração de Espessamento Diafrágico (DTF) é um marcador funcional capaz de superar as limitações dos índices tradicionais. Segundo os autores, um aumento de espessamento inferior a 30% durante a inspiração está fortemente associado à falha de extubação. Isso ocorre porque alguns pacientes conseguem gerar volumes respiratórios aparentemente adequados utilizando musculatura acessória, o que pode enganar tanto o examinador quanto o ventilador. O ultrassom, por sua vez, evidencia diretamente a fraqueza do diafragma, oferecendo um dado mais confiável (MURALIDHARAN; HAVALDAR, 2025).

Entretanto, o uso da ultrassonografia respiratória também tem evoluído. Já não basta apenas verificar se o diafragma se contrai; a dinâmica do movimento também importa. Domínguez-Estrada *et al.* (2024) introduziram o Índice de Tempo de Excursão Diafrágica (DETI), que avalia não só a amplitude, mas também a velocidade e o padrão temporal da contração. Esse tipo de dado é relevante porque músculos fatigados podem manter amplitude, mas não sustentam o movimento ao longo do tempo. Além

disso, outros estudos reforçam que a avaliação exclusiva do diafragma é insuficiente. Sánchez Sánchez *et al.* (2021) e Varón-Vega *et al.* (2023) abordam a necessidade de protocolos multimodais que incluam ultrassom pulmonar para detectar congestão, além de avaliação estruturada da força de tosse. A combinação desses elementos cria uma abordagem mais abrangente e, sobretudo, mais fiel ao caráter multifatorial das falhas de extubação (DOMÍNGUEZ-ESTRADA *et al.*, 2024; SÁNCHEZ SÁNCHEZ *et al.*, 2021; VARÓN-VEGA *et al.*, 2023).

Dentro deste panorama, há um grupo de pacientes que merece atenção especial: os indivíduos com doenças neurológicas agudas ou crônicas. Nesses casos, a capacidade ventilatória geralmente está preservada; o grande problema é a proteção de via aérea. Bureau e Demoule (2022) destacam a discrepância entre "sucesso ventilatório" e "fracasso de via aérea", fenômeno comum entre pacientes neurocríticos. Ainda que o índice de Tobin e o ultrassom diafragmático indiquem estabilidade, a extubação pode falhar devido à incapacidade de tossir, déficit de deglutição ou redução do nível de consciência. Esse tipo de dissociação exige ferramentas avaliativas específicas que ultrapassem os parâmetros ventilatórios.

Foi nesse contexto que Chabanne *et al.* (2025) validaram o escore BIPER (Brain-Injured Patients Extubation Readiness, ou Prontidão para Extubação de Pacientes com Lesão Cerebral), construído para avaliar exclusivamente fatores neurológicos e bulbares. Este instrumento quantifica a proteção de via aérea atribuindo pontos específicos a quatro domínios funcionais: a eficácia da tosse (4 pontos, se presente), o reflexo de vômito (4 pontos), a integridade da deglutição (3 pontos) e a interação visual (3 pontos). Com uma pontuação total que varia de 0 a 14, define-se que um resultado superior a 9 indica uma via aérea segura, permitindo separar com precisão os pacientes realmente aptos daqueles que ainda estão em risco de aspiração. Belenguer-Muncharaz *et al.* (2023) demonstraram que protocolos específicos para neurocríticos reduzem a mortalidade e o tempo de ventilação, reforçando a importância de uma avaliação personalizada. Além disso, Muhle *et al.* (2024) investigaram intervenções ativas, como a estimulação elétrica faríngea, capazes de melhorar a função bulbar e diminuir as taxas de falha, mostrando que existe um potencial terapêutico ainda pouco explorado (BUREAU; DEMOULE, 2022; CHABANNE *et al.*, 2025; BELENGUER-MUNCHARAZ *et al.*, 2023; MUHLE *et al.*, 2024).

Outro ponto emergente nos estudos é o uso da inteligência artificial e dos modelos de Machine Learning como suporte à tomada de decisão. A sobrecarga de informações na UTI é grande, e a interpretação manual de variáveis fisiológicas contínuas é limitada por fatores humanos. Fenske et al. (2025) demonstraram que algoritmos treinados com dados clínicos conseguem identificar padrões sutis de instabilidade que frequentemente passam despercebidos à avaliação tradicional. Em uma aplicação prática, Sarti et al. (2021) mostraram que o software Extubation Advisor ajudou a padronizar a tomada de decisão e reduziu discrepâncias entre diferentes profissionais. Além da melhoria assistencial, Zheng et al. (2022) destacam que o uso de ferramentas automatizadas pode ser economicamente vantajoso, já que a redução de dias de internação compensa o custo inicial da tecnologia. Contudo, Balas et al. (2021) chamam atenção para um entrave importante: a resistência de parte das equipes em incorporar sistemas de IA ao seu fluxo rotineiro, muitas vezes por insegurança ou falta de familiaridade (FENSKE et al., 2025; SARTI et al., 2021; ZHENG et al., 2022; BALAS et al., 2021).

Por fim, aspectos clínicos tradicionais continuam exercendo papel determinante. Pacientes idosos ou com múltiplas comorbidades mantêm risco elevado, independentemente do desempenho em testes objetivos. Arcanjo e Beccaria (2023) destacam que fatores como idade avançada e histórico de falhas prévias são essenciais na estratificação de risco. Burns et al. (2023) discutiram ainda que, em pacientes muito frágeis, a decisão de reintubar assume uma dimensão ética, inserindo temas como limitação de suporte e cuidados paliativos. Além disso, questões cardiológicas não podem ser subestimadas. A retirada da pressão positiva imposta pelo ventilador aumenta a pré-carga cardíaca, podendo precipitar edema pulmonar em indivíduos com disfunção ventricular esquerda. Martins et al. (2021) validaram o uso do BNP (Peptídeo Natriurético Cerebral) como ferramenta útil para identificar esse subgrupo. Este biomarcador é uma substância liberada pelo coração quando o músculo cardíaco sofre estiramento excessivo; portanto, níveis elevados funcionam como um sinal de alerta de que o coração está com dificuldade para bombear o sangue adequadamente, aumentando o risco de falha assim que o ventilador for retirado. Já Prazak et al. (2025) reforçaram a importância da técnica: medidas simples, como padronizar pré-oxigenação e aspiração adequada, reduzem complicações imediatas pós-extubação (ARCANJO;

BECCARIA, 2023; BURNS *et al.*, 2023; MARTINS *et al.*, 2021; PRAZAK *et al.*, 2025). Explicar um pouco sobre o BNP (peptídeo natriurético cerebral) e sua relação com a insuficiência cardíaca (falar apenas para o leitor que não é da área entender).

Em síntese, os estudos analisados apontam para a inexistência de um método universal ou perfeito para prever sucesso na extubação. A abordagem ideal depende do perfil clínico do paciente. Em indivíduos com possível fraqueza muscular, técnicas como ultrassonografia diafragmática e IRRS seriado parecem ser as mais indicadas. Nos neurocríticos, a avaliação da proteção de via aérea deve ser prioritária, com uso de protocolos como o BIPER. Em cardiopatas, parâmetros como o BNP ganham relevância. Cada grupo exige um conjunto de estratégias específicas, e a tendência atual é integrar múltiplas ferramentas dentro de protocolos bem estruturados, utilizando recursos tecnológicos como aliados para aumentar a segurança e reduzir a variabilidade clínica.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise dos estudos selecionados mostra que a compreensão sobre como prever o sucesso da extubação em adultos evoluiu de maneira significativa nos últimos anos. Os métodos tradicionais, baseados quase exclusivamente em índices matemáticos aplicados de forma isolada, como a medição pontual do Índice de Tobin, já não conseguem, sozinhos, captar toda a complexidade envolvida na transição da ventilação mecânica para a respiração espontânea. A literatura atual evidencia que a avaliação precisa ser mais ampla e, sobretudo, acompanhar a dinâmica do esforço respiratório ao longo do tempo. Nesse cenário, abordagens como a medição seriada do IRRS e o uso da ultrassonografia point-of-care ganharam protagonismo ao demonstrar maior precisão na identificação da reserva muscular e da capacidade funcional do diafragma.

Outro ponto essencial revelado pelos estudos é que a decisão de extubar não pode ser conduzida da mesma forma para todos os pacientes. A fisiologia da falha de extubação é diferente em cada grupo clínico, e isso exige estratégias específicas. Pacientes com suspeita de fraqueza muscular respiratória se beneficiam de avaliações voltadas para o desempenho do diafragma, enquanto nos indivíduos neurocríticos o principal determinante de sucesso é a proteção da via aérea, e não a capacidade ventilatória isolada. Ferramentas como o escore BIPER, por exemplo, mostram que uma análise direcionada ao nível de consciência e ao reflexo de deglutição é fundamental

para esse perfil de paciente.

Além disso, os estudos apontam para o potencial crescente da inteligência artificial como suporte à tomada de decisão. Modelos preditivos têm demonstrado capacidade de analisar tendências fisiológicas e integrar diferentes variáveis clínicas com uma precisão que supera a interpretação manual isolada. Embora ainda existam barreiras relacionadas à aceitação e ao uso cotidiano desses sistemas, os resultados sugerem que a tecnologia deverá se consolidar como uma aliada importante no processo de extubação nas UTIs.

Em conjunto, os achados desta revisão mostram que não existe um único preditor capaz de responder, de forma universal, se um paciente está ou não pronto para ser extubado. O que se observa é a necessidade de integrar ferramentas complementares dentro de protocolos estruturados, combinando avaliação clínica criteriosa, recursos de imagem à beira do leito e análises individualizadas conforme o perfil do paciente. Portanto, a redução das taxas de falha de extubação depende da capacidade da equipe de abandonar abordagens simplificadas e adotar uma estratégia mais completa, personalizada e sustentada por múltiplas fontes de evidência.

## REFERÊNCIAS

ARCANJO, R. A.; BECCARIA, L. M. Factors associated with extubation failure in an intensive care unit: a case-control study. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 31, e3890, 2023.

BALAS, M. C. et al. Evaluation of the Perceived Barriers and Facilitators to Timely Extubation of Critically Ill Adults. **Journal of Intensive Care Medicine**, v. 36, n. 10, 2021.

BELENGUER-MUNCHARAZ, A. et al. Protocol-directed weaning versus conventional weaning from mechanical ventilation for neurocritical patients: a randomized controlled trial. **Critical Care**, v. 27, n. 1, 2023.

BUREAU, C.; DEMOULE, A. Weaning from mechanical ventilation in neurocritical care. **Current Opinion in Critical Care**, v. 28, n. 2, 2022.

BURNS, K. E. A. et al. Differences in directives to limit treatment and discontinue mechanical ventilation between elderly and younger patients. **Acta Anaesthesiologica Scandinavica**, v. 67, n. 8, 2023.

BURNS, K. E. A. et al. Frequency of Screening and Spontaneous Breathing Trial

Techniques: A Randomized Clinical Trial. **JAMA**, v. 332, n. 21, 2024.

CHABANNE, R. et al. Prevention of extubation failure in neurocritical care patients with residual disorder of consciousness. **Annals of Intensive Care**, v. 15, n. 1, 2025.

DOMÍNGUEZ-ESTRADA, A. et al. Diaphragmatic excursion time index as a predictor of extubation in intensive therapy. **Medicina Crítica**, v. 38, n. 1, 2024.

FENSKE, S. et al. Developing and validating machine learning models to predict next-day extubation. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, 2025.

LEUNG, Y. et al. Mechanical Ventilation Discontinuation Practices in Asia: A Multinational Survey. **Annals of the American Thoracic Society**, v. 18, n. 8, 2021.

MARTINS, H. et al. Assessment of clinical and laboratorial parameters and the usefulness of the Brain Natriuretic Peptide. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 33, n. 2, 2021.

MUHLE, P. et al. Pharyngeal Electrical Stimulation prior to extubation - Reduction of extubation failure rate in acute stroke patients. **Critical Care**, v. 28, n. 1, 2024.

MURALIDHARAN, J.; HAVALDAR, P. V. Role of ventilator and ultrasound parameters in predicting extubation success. **Indian Journal of Critical Care Medicine**, v. 29, n. 1, 2025.

**OXFORD CENTRE FOR EVIDENCE-BASED MEDICINE.** Levels of Evidence (March 2009). Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM), University of Oxford, 2009. Disponível em: <https://www.cebm.ox.ac.uk/resources/levels-of-evidence/oxford-centre-for-evidence-based-medicine-levels-of-evidence-march-2009>. Acesso em: 20 nov. 2025.

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

PRAZAK, B. et al. Effects of Preoxygenation With Intratracheal Suctioning During Extubation: An Alternating Cluster-Crossover Trial. **Critical Care Medicine**, v. 53, n. 2, 2025.

**PRISMA STATEMENT.** PRISMA 2020 flow diagram. [S. l.], 2021. Disponível em: <http://www.prisma-statement.org/prisma-2020-flow-diagram>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SÁNCHEZ SÁNCHEZ, M. et al. Comprehensive assessment of respiratory function, a step towards early weaning from the ventilator. **Medicina Intensiva**, v. 45, n. 6, 2021.

SARTI, A. J. et al. Feasibility of implementing Extubation Advisor, a clinical decision support tool to improve extubation decision-making. **Journal of Critical Care**, v. 64, 2021.

SMITS, M. et al. Oxygen consumption, effort, and weaning in the mechanically ventilated patient in the intensive care unit. **Annals of Intensive Care**, v. 15, n. 1, 2025.

TURHAN, S. et al. Predictive Value of Serial Rapid Shallow Breathing Index



Measurements for Extubation Success in Intensive Care Units. **Journal of Intensive Care Medicine**, v. 39, n. 3, 2024.

VARÓN-VEGA, F. et al. Utilization of spontaneous breathing trial, objective cough test, and diaphragmatic ultrasound results. **Medicina Intensiva**, v. 47, n. 5, 2023.

ZHENG, B. et al. Economic feasibility of a novel tool to assist extubation decision-making: an early health economic analysis. **Journal of Medical Economics**, v. 25, n. 1, 2022.