



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS EM ENGENHARIA – FCTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

**REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE TECNOLOGIAS BIOMÉDICAS EM INTUBAÇÃO  
OROTRAQUEAL: AVANÇOS, DESAFIOS E IMPACTOS CLÍNICOS**

**JOELMA ALVES FIRMINO DE ARAÚJO**

ORIENTADOR: DR. RONNI GERALDO GOMES DE AMORIM



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS EM ENGENHARIA - FCTE



**REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE TECNOLOGIAS BIOMÉDICAS  
EM INTUBAÇÃO OROTRAQUEAL: AVANÇOS, DESAFIOS E  
IMPACTOS CLÍNICOS**

**JOELMA ALVES FIRMINO DE ARAÚJO**

**ORIENTADOR: DR. RONNI GERALDO GOMES DE AMORIM**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM  
ENGENHARIA BIOMÉDICA

PUBLICAÇÃO: 193A/2024  
BRASÍLIA/DF, 05 DEZEMBRO DE 2024

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS EM ENGENHARIA – FCTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

**REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE TECNOLOGIAS BIOMÉDICAS  
EM INTUBAÇÃO OROTRAQUEAL: AVANÇOS, DESAFIOS E  
IMPACTOS CLÍNICOS**

**JOELMA ALVES FIRMINO DE ARAÚJO**

DISSERTAÇÃO DE Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica.

APROVADA POR:

---

DR. RONNI GERALDO GOMES DE AMORIM  
(ORIENTADOR / PRESIDENTE)

---

DRA. VERA REGINA FERNANDES DA SILVA MARAES (EXAMINADORA  
INTERNA)

---

DRA. MARIA LIZ CUNHA DE OLIVEIRA (EXAMINADORA EXTERNA)

BRASÍLIA/DF, 05 DE DEZEMBRO DE 2024

## FICHA CATALOGRÁFICA

ARAÚJO, JOELMA ALVES FIRMINO DE

Revisão sistemática sobre tecnologias biomédicas em intubação orotraqueal: avanços, desafios e impactos clínicos.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica  
[Distrito Federal], 2024.

64p., (FCTE/UnB Gama, Mestrado em Engenharia Biomédica, 2024).

Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, Faculdade de Ciências e Tecnologias em Engenharia – FCTE, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

- |                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| 1. Intubação orotraqueal | 2. Complicações         |
| 3. Intercorrências       | 4. Engenharia biomédica |
| I. FCTE                  | II. Título (série)      |

## REFERÊNCIA

DE ARAUJO, Joelma Alves de Firmino. (2024). Revisão sistemática sobre tecnologias biomédicas em intubação orotraqueal: avanços, desafios e impactos clínicos. Dissertação de mestrado em Engenharia Biomédica, Publicação 193A/2024, Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Ciências e Tecnologias em Engenharia - FCTE, Universidade de Brasília, Brasília, DF, -4p.

## CESSÃO DE DIREITOS

Autor: Joelma Alves de Firmino de Araújo

Título: Revisão sistemática sobre tecnologias biomédicas em intubação orotraqueal: avanços, desafios e impactos clínicos

Grau: Mestre

Ano: 2024

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender essas cópias somente para

propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

enfermeirajoelmaalves@gmail.com

Brasília, DF – Brasil

*Dedicatória:*

*Dedico este trabalho à Deus criador de tudo e de todos, o nosso bem maior, Pai da eternidade, outro Deus não há. Aos meus pais, esposo, filhos e família*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida e por Ele sempre estar comigo nesta caminhada. Agradeço aos meus pais Maria do Carmo e João Firmino por todo apoio a todo tempo ao meu lado, as palavras de sabedoria e afeto. Agradeço meu esposo Thiago, aos meus filhos Maria Eduarda e Bernardo por todo apoio e companheirismo, todo carinho em meio a tantas dificuldades e grandes vitórias, obrigada por toda ajuda que me deram neste caminhar. Ao meu irmão por todas as palavras de confiança e fé. Ao meu orientador Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim que nunca desistiu de mim e como ele mesmo disse “vou com você até o final” e juntos concluímos este trabalho, muito obrigada por todo apoio, força, garra, luta e esta vitória linda, meu muito obrigada, sem palavras para agradecer. A todos os professores, corpo docente e servidores desta Faculdade, muito obrigada.

“É justo que muito custe o que muito vale”

– Santa Teresa D'Ávila.

## RESUMO

A intubação orotraqueal (IOT) é essencial para garantir a via aérea em pacientes críticos. A intubação endotraqueal é uma técnica essencial em ambientes de pronto-socorro e internação, e crítica em situações de emergência, parada respiratória e procedimentos cirúrgicos, onde a manutenção da via aérea patente é vital. Há diversas técnicas para realizar a intubação endotraqueal, cada uma com suas indicações específicas e vantagens. Uma revisão sistemática guarda-chuva considerando um período de dez anos (2014 a 2024) selecionando periódicos nas bases de dados do PubMed/MEDLINE, Science Direct, IEEE e Cochrane Database of Systematic Reviews (COCHRANE) com restrição para revisões sistemáticas com ou sem meta-análises com elegibilidade para os que houve abordagem de técnicas, equipamentos ou soluções tecnológicas diversas para minimizar a chance de intercorrências ou complicações durante a intubação orotraqueal que investigaram intercorrências e complicações associadas à intubação orotraqueal. Foi utilizada a técnica do Prisma 2020 e o acrônimo PICO para formular a pergunta de pesquisa “Revisão sistemática do Estado da arte (O) das técnicas de intubação orotraqueal (I) em pacientes (P) e suas complicações (C)”. A análise permitiu identificar como principais a dor de garganta, tosse, rouquidão, disfagia, disfonia, lesões graves e aspiração silenciosa. Para mitigar esses problemas, foram identificadas revisões que avaliaram posições como rampa, olfativa, de farejamento, de inalação e posição elevada da cabeça. Dispositivos de suporte, como bougie, estilete, videolaringoscópio/laringoscópio, dispositivos supraglóticos, HFNC e fibra ótica, mostraram-se eficazes. Medicamentos como lidocaína intravenosa e intracuff, sulfato de magnésio, sedativos, corticosteroides e agentes bloqueadores neuromusculares também foram avaliados para minimizar complicações. A revisão sistemática evidenciou avanços significativos nas tecnologias de intubação orotraqueal, que contribuiriam para reduzir complicações e aumentar a eficácia dos procedimentos. Apesar dessas inovações, desafios persistem, como lesões e complicações em intubações prolongadas ou difíceis.

Palavras-chave: intubação orotraqueal, revisão guarda-chuva, intercorrências, complicações

## ABSTRACT

Orotracheal intubation (OTI) is essential for securing the airway in critically ill patients. Endotracheal intubation is a crucial technique in emergency room and inpatient settings, and critical in emergency situations, respiratory arrest, and surgical procedures where maintaining a patent airway is vital. There are various techniques for performing endotracheal intubation, each with specific indications and advantages. A systematic umbrella review covering a ten-year period (2014 to 2024) selecting journals from the PubMed/MEDLINE, Science Direct, IEEE, and Cochrane Database of Systematic Reviews (COCHRANE) databases, restricted to systematic reviews with or without meta-analyses that investigated complications associated with orotracheal intubation, identified sore throat, cough, hoarseness, dysphagia, dysphonia, severe injuries, and silent aspiration as the main complications. To mitigate these issues, reviews evaluating positions such as ramp, olfactory, sniffing, inhalation, and elevated head positions were identified. Support devices such as bougie, stylet, videolaryngoscope/laryngoscope, supraglottic devices, HFNC, and fiber optics proved effective. Medications such as intravenous and intracuff lidocaine, magnesium sulfate, sedatives, corticosteroids, and neuromuscular blocking agents were also evaluated to minimize complications. The systematic review highlighted significant advances in orotracheal intubation technologies, which have contributed to reducing complications and increasing the effectiveness of the procedures. Despite these innovations, challenges persist, such as injuries and complications in prolonged or difficult intubations.

**Keywords:** orotracheal intubation, umbrella review, complications, complications

# SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>7</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE QUADROS E TABELAS</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>13</b>
<b>2 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
2.1 Anatomia e fisiologia da intubação .....	19
2.2 Intercorrências e complicações típicas.....	21
2.3 Soluções e inovações na engenharia biomédica relacionadas à intubação orotraqueal.....	23
2.4 Problemática e Justificativa.....	27
2.5 Objetivos .....	28
<b>2.5.1 OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>28</b>
<b>2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>29</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>30</b>
3.1 Escrita da revisão sistemática guarda-chuva ( <i>Umbrella review</i> ).....	30
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>34</b>
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
4.1 Seleção dos artigos e construção do Fluxograma PRISMA.....	35
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>48</b>
<b>6 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS</b> .....	<b>55</b>
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>57</b>

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 3-1 As características dos estudos incluídos do período de 2019 a 2024.....	37
Tabela 3-2. As características dos estudos incluídos do período de 2014 a 2018.....	41
Tabela 3-3 Análise de viés dos artigos selecionados.....	45

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2-1.</b> Sequência de etapas para elaboração da revisão sistemática desenvolvida nesse estudo: 1) Planejamento, 2) Seleção dos estudos, 3) Síntese dos dados e análise de viés e 4) Publicação.....	33
<b>Figura 3-1.</b> Fluxograma obtido a partir do Protocolo PRISMA 2020 indicando a seleção de estudos realizada. ....	35
<b>Figura 3-2.</b> Resumo esquemático que pontua os momentos durante a IOT que representam desafios no procedimento e as soluções avaliadas nas revisões sistemáticas.....	36

# **CAPÍTULO I**

Introdução, Objetivos, Justificativa e Referencial teórico

## 2 INTRODUÇÃO

O objetivo da intubação endotraqueal (IOT) é proteger as vias aéreas do paciente favorecendo a passagem do ar em vários contextos clínicos com base em critérios específicos [1]. Um conjunto de sinais comuns são indicadores para a necessidade de intubação endotraqueal como dificuldade respiratória, obstrução das vias aéreas, dispnéia, estridor, ataques de tosse e tons de voz anormais [2]. Além disso, os fatores preditores de intubação difícil na medicina de emergência incluem um histórico de intubação difícil anterior, teste limitado de mordida no lábio superior, retrognatia, curta distância tireoental e hiomental e classificação de Mallampati modificada superior [3], [4].

Esses sinais ajudam coletivamente os médicos a tomar decisões críticas e oportunas sobre a necessidade de intubação endotraqueal em vários cenários clínicos. A IOT fornece solução para essas condições que podem comprometer as vias aéreas, nível de consciência, frequência respiratória, acidose respiratória e nível de oxigenação [5]. Nesse contexto de trauma, para proteção de vias aéreas em paciente com rebaixamento de nível de consciência em uma Escala de Coma de Glasgow de 8 (ECG  $\leq$ 8) ou menos [6].

A intubação endotraqueal é uma técnica essencial em ambientes de pronto-socorro e internação e crítica em situações de emergência, parada respiratória e procedimentos cirúrgicos, onde a manutenção da via aérea patente é vital. Há diversas técnicas para realizar a intubação endotraqueal, cada uma com suas indicações específicas e vantagens [7].

Podemos citar algumas abordagens como: (a) Laringoscopia Direta que utiliza um laringoscópio tradicional para visualizar diretamente as cordas vocais e posicionar o tubo endotraqueal na traqueia. Esta técnica é amplamente utilizada devido à sua simplicidade e eficácia em mãos experientes; (b) Videolaringoscopia que emprega um videolaringoscópio, que proporciona uma visão indireta das cordas vocais através de uma câmera, facilitando a intubação em situações onde a visualização direta é difícil. Este método é particularmente útil em pacientes com anatomia complexa ou vias aéreas difíceis; (c) Cricotireotomia que envolve a inserção direta de um tubo endotraqueal na traqueia através de uma incisão na membrana cricotireóidea [8]. Este procedimento é geralmente reservado para situações de emergência em que a intubação convencional não é possível; (d) Intubação com fibra óptica a qual é realizada

através de visualização das cordas vocais por meio de um endoscópio flexível inserido via nasal ou oral [9]. Esta técnica é útil em pacientes com vias aéreas anatomicamente difíceis ou quando a visualização direta e videolaringoscópica falham [6].

No ambiente de pronto-socorro, a laringoscopia direta e a videolaringoscopia são amplamente utilizadas devido à sua rápida implementação e eficácia comprovada. A escolha entre essas técnicas depende da situação clínica, da experiência do profissional e da disponibilidade de equipamentos. A proficiência em várias técnicas de intubação é essencial para garantir a segurança e o sucesso na gestão das vias aéreas dos pacientes [10].

As opções de intubação traqueal são a orotraqueal (tubo inserido pela boca) ou nasotraqueal (tubo inserido pelo nariz). A preferência pela intubação orotraqueal é mais comum por eficiência e facilidade de intervenção utilizando laringoscopia direta ou videolaringoscopia [9]. A intubação nasotraqueal, por outro lado, é reservada para pacientes acordados com respiração espontânea ou quando a via oral deve ser evitada [10]. Uma vantagem observada é que pacientes com sonda nasotraqueal necessitam de menos sedação e catecolaminas e estão mais alertas, mas pode haver o risco de epistaxe (sangramento do nariz). Antes de tentar a intubação traqueal, é sempre indicado realizar manobras para criar vias aéreas patentes e para ventilar e oxigenar o paciente [5].

Uma vez decidida a intubação, as medidas preparatórias incluem o posicionamento correto do paciente, colocando-o em posição de olfato, com o pescoço levemente estendido para facilitar a visualização das vias aéreas. Posições específicas, como a flexão do pescoço, podem melhorar significativamente a taxa de sucesso dos procedimentos de intubação e reduzir o tempo necessário para o processo [11], [12]. A pré-oxigenação antes da intubação desempenha um papel crucial na garantia da segurança do paciente, aumentando a duração dos períodos seguros de apneia e prevenindo a hipoxemia [13].

Estudos demonstraram que a pré-oxigenação com uma combinação de máscara facial e pino nasal resulta em menos tempo para atingir os níveis de saturação de oxigênio desejados em comparação com uma máscara facial sozinha [14]. Além disso, descobriu-se que a pré-oxigenação na posição elevada da cabeça prolonga significativamente o período seguro de apneia, especialmente em pacientes obesos, sem aumentar os eventos adversos [13]. A terapia

com cânula nasal de alto fluxo (HFNC) está emergindo como uma alternativa valiosa para a pré-oxigenação, particularmente em pacientes com hipoxemia leve a moderada, oferecendo eficácia comparável aos métodos padrão e, ao mesmo tempo, reduzindo potencialmente as complicações associadas à intubação [15].

Nesse sentido intervenções de alto risco demandam um trabalho em equipe eficaz, incluindo liderança e colaboração. O líder tem a responsabilidade de apresentar os membros da equipe e suas respectivas funções, além de identificar e comunicar claramente os pontos cruciais do processo [6]. O líder da equipe, ao manter-se "mãos livres", diminui o risco de se fixar em tarefas específicas e preserva a consciência situacional.

A distribuição cuidadosa das tarefas previne a sobrecarga cognitiva individual e esclarece as expectativas em situações tanto rotineiras quanto desafiadoras (figura 1 da sala Higgs). Por fim, a utilização de drogas para indução e paralisia, como agentes indutores (ex. etomidato, midazolam) e bloqueadores neuromusculares (ex. succinilcolina, rocurônio), também facilitam a intubação e reduzem o risco de complicações. Na clínica, um conjunto de checklists são comuns para orientar o protocolo de intervenções em pacientes como a intubação [6], [16]

As etapas preparatórias são essenciais e aumentam a segurança e a eficácia da intubação traqueal, assegurando a rápida estabilização da via aérea e a manutenção da ventilação e oxigenação adequadas. A intubação bem-sucedida na primeira tentativa é crucial, pois tentativas repetidas estão associadas a maiores taxas de hipoxemia, aspiração e parada cardíaca [17]. Além do posicionamento correto, é fundamental visualizar a epiglote e as estruturas laríngeas, especialmente as cordas vocais. É importante garantir a inserção traqueal correta antes de passar o tubo [18].

O laringoscópio tradicional é projetado especificamente para ser manipulado com mão esquerda, posicionando a lâmina dentro da cavidade oral para deslocar a mandíbula e a língua, revelando assim a faringe posterior. É imperativo evitar qualquer interação com os incisivos e evitar exercer força excessiva sobre os componentes anatômicos da laringe [19].

A distinção precisa da epiglote permite ao médico identificar pontos cruciais das vias aéreas e orientar corretamente a lâmina [20]. A epiglote pode estar situada contra a parede

posterior da faringe, misturando-se com os revestimentos mucosos ou ocultada por secreções, particularmente evidente em indivíduos com parada cardíaca [21]. No geral, a intubação orotraqueal bem-sucedida com um laringoscópio requer habilidade, precisão e uma compreensão completa da anatomia das vias aéreas e do equipamento usado [22].

Os métodos convencionais para elevar a epiglote durante a intubação incluem técnicas como a laringoscopia direta (DL) com o laringoscópio Macintosh, que envolve o avanço da ponta do laringoscópio até a valécula para levantar indiretamente a epiglote [23]. Outro método é o uso do sistema Pentax-AWS, um videolaringoscópio rígido indireto, em que a ponta da lâmina é passada posteriormente à epiglote para exposição laríngea, embora possa ocorrer pressão na superfície anterior da epiglote [24].

Comparativamente, a videolaringoscopia permite a entrada direta da câmera sob a epiglote, proporcionando uma visão melhor da glote do que a elevação indireta, resultando em melhor exposição glótica [25]. Além disso, técnicas alternativas, como a manobra de pescoço de cisne, foram propostas para intubações difíceis em pacientes obesos, onde as costas do paciente são elevadas para estender o pescoço e alinhar os eixos faríngeo e laríngeo para uma intubação bem-sucedida [26].

O sucesso ao usar a lâmina curva depende do posicionamento correto da ponta da lâmina dentro da válvula e do alinhamento da força ascendente. A elevação da epiglote por qualquer uma das metodologias expõe as estruturas laríngeas posteriores, como as cartilagens aritenoides, a incisão interaritenóide, a glote e as cordas vocais. Nos casos em que a ponta da lâmina penetra muito profundamente, os principais pontos de referência laríngeos podem ser totalmente contornados, causando uma difícil visualização entre o orifício circular no esôfago e a entrada da glote [23], [26].

A dificuldade de visualizar a epiglote durante a intubação bimanual pode representar desafios no manejo das vias aéreas [27], [28], [29]. Fatores como a forma e os ângulos de curvatura do tubo endotraqueal, juntamente com o uso do levantamento da epiglote assistido por estilete, foram estudados para melhorar as taxas de sucesso da intubação, especialmente nos casos das vias aéreas de grau III de Cormack-Lehane [28]. Além disso, a presença de

variações anatômicas, como estruturas membranosas que impedem a visualização da glote, pode complicar o processo de intubação [29]. Os videolaringoscópios surgiram como ferramentas valiosas no manejo de vias aéreas difíceis, oferecendo melhor visualização da glote e auxiliando em tentativas bem-sucedidas de intubação, embora não garantam uma taxa de sucesso de 100% [28].

Se a identificação de estruturas anatômicas se mostrar desafiadora, recomenda-se manipular a laringe colocando a mão direita na face anterior do pescoço, mantendo o controle do laringoscópio com a mão esquerda, pois essa abordagem pode melhorar a visualização da laringe. Outro método envolve elevar ainda mais a cabeça, especificamente elevando a região occipital em vez de se engajar na extensão atlanto-occipital, que serve para distrair a mandíbula e otimizar a linha de visão [30]. O ultrassom surgiu como uma ferramenta valiosa para visualizar as principais estruturas das vias aéreas no pré-operatório, auxiliando na previsão de intubação difícil [31], no entanto, é importante observar que a elevação da cabeça deve ser evitada em pacientes com suspeita de lesão na coluna cervical e pode representar desafios em indivíduos com obesidade mórbida, que podem necessitar de colocação em posição de rampa ou pré-posicionamento com elevação da cabeça [32].

Numa visualização ideal, as cordas vocais são vistas claramente. Se as cordas vocais não forem visualizadas, no mínimo, os pontos de referência laríngeos posteriores devem ser visualizados e a ponta do tubo deve ser vista passando acima da incisura interaritenóidea e das cartilagens posteriores. Os operadores devem identificar claramente os pontos de referência laríngeos para evitar uma intubação esofágica potencialmente fatal. Se os operadores não tiverem certeza de que o tubo está entrando na traqueia, o tubo não deverá ser inserido [12], [33].

Depois de alcançar a visão ideal para a intubação orotraqueal, as etapas subsequentes envolvem várias manobras críticas para garantir a colocação bem-sucedida do tubo. Inicialmente, o tubo endotraqueal (ETT) deve avançar para a orofaringe sob visão direta, muitas vezes facilitada por um laringoscópio ou outras técnicas de visualização, como a iluminação cricolaríngea transcutânea, que aumenta a visibilidade das estruturas anatômicas ao transiluminar a glote [34]. Nos casos em que um broncoscópio de fibra óptica flexível (FOB) é usado, o ETT normalmente é avançado sobre o FOB até a traquéia. Esse processo pode exigir

o uso de um estilete para converter o FOB flexível em um escopo mais rígido, auxiliando na navegação pelas cordas vocais [35]. Além disso, a tração lingual pode ser empregada para neutralizar o deslocamento posterior da língua e da epiglote, abrindo assim a faringe e facilitando a passagem do ETT [36]. É crucial garantir que o ETT não cause o desdobramento da epiglote, o que pode obstruir a glote; portanto, selecionar o tamanho correto dos adjuvantes das vias aéreas, como a via aérea de Williams, é essencial [36].

Métodos táteis, como usar os dedos para guiar o tubo pelas cordas vocais, também podem ser empregados, especialmente em cenários em que a visualização é desafiadora ou o equipamento é limitado [37]. Uma vez que o ETT passe pelas cordas vocais, o estilete, se usado, deve ser retirado para permitir que o tubo seja posicionado corretamente dentro da traqueia [35]. Finalmente, é necessária a confirmação do posicionamento correto do tubo, o que pode ser obtido por meio de vários métodos, como auscultação, capnografia ou visualização direta do tubo passando pelas cordas vocais [38].

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Anatomia e fisiologia da intubação**

A via aérea superior compreende a cavidade oral e a faringe, abrangendo a nasofaringe, orofaringe, hipofaringe e laringe. Esses componentes servem para umidificar e aquecer o ar que entra, recebendo seu suprimento sanguíneo das artérias carótidas externa e interna. A inervação das membranas mucosas da nasofaringe é fornecida pelo nervo trigêmeo, enquanto a orofaringe é innervada pelos nervos facial e glossofaríngeo [39].

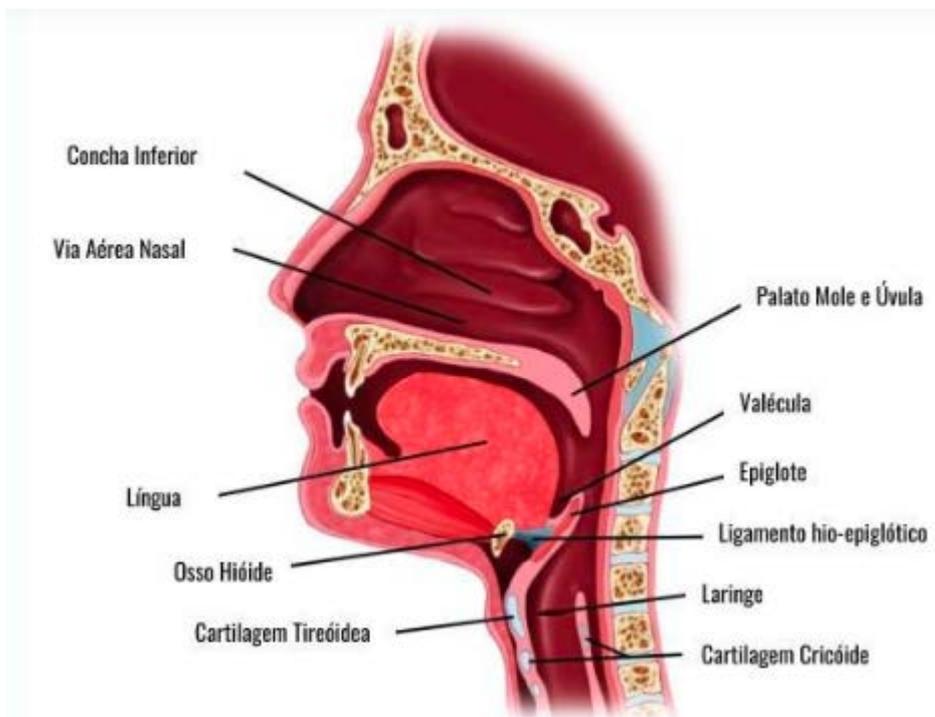


Figura 1-1. Anatomia das vias aéreas envolvida em uma intubação orotraqueal [40] (adaptada).

A traqueia exibe uma composição macia e membranosa lateralmente, acoplada a anéis cartilagosos anteriormente. Esses atributos específicos servem como indicadores clínicos cruciais para distinguir a traqueia do esôfago e facilitar a utilização de um *bougie* para fins de intubação. Ao nível da quinta vértebra torácica, a traqueia bifurca dando origem aos brônquios principais direito e esquerdo. Notavelmente, o ângulo formado entre a traqueia e o brônquio principal esquerdo é mais agudo, reduzindo assim a probabilidade de objetos estranhos transitarem para o tronco principal esquerdo [41].

O ângulo obtuso entre a traqueia e o brônquio principal direito torna-o mais propenso à intubação do tronco principal direito se o tubo endotraqueal for avançado muito distalmente. Superior às cordas vocais, a laringe é inervada pelo ramo laríngeo superior do nervo vago, que fornece inervação aferente na base da língua e na valécula e contribuem para alterações circulatórias na laringoscopia direta [42].

A cartilagem cricóide tem formato de anel e fica inferior à membrana cricotireóidea, que é o ponto de referência para a cricotireotomia emergente. A identificação da cartilagem cricóide e a manipulação das vias aéreas geralmente facilitam a visualização das cordas vocais

durante a intubação. O ligamento hioepiglótico fixa o osso hióide à laringe e se insere na base da valécula. Este ligamento ajuda a levantar a epiglote anteriormente durante a intubação para expor as cordas vocais. Esses marcos anatômicos também podem ser identificados em uma criança com algumas considerações especiais [42].

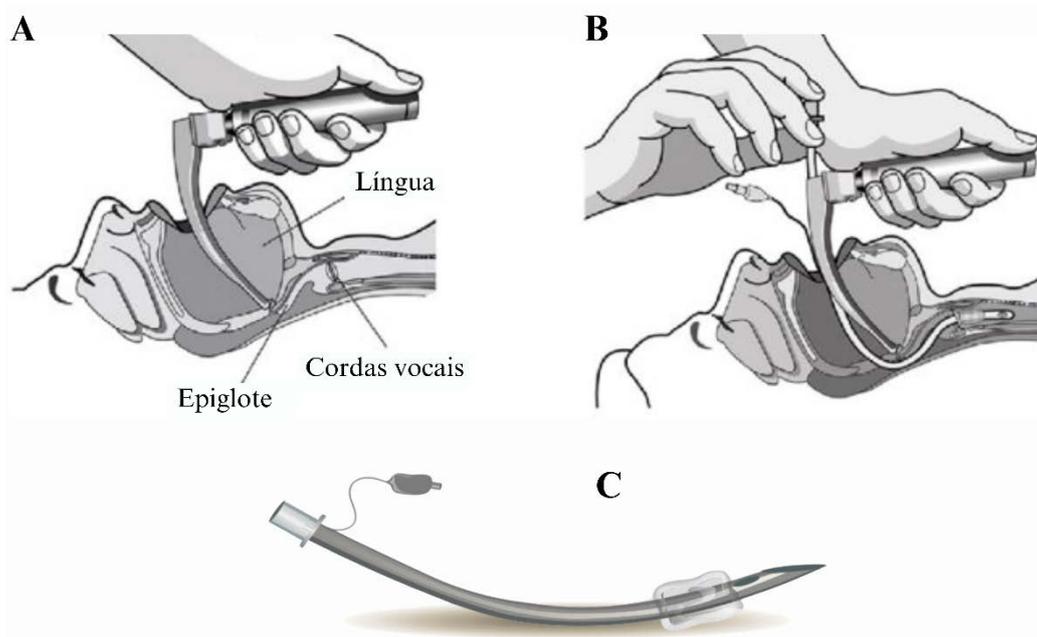


Figura 1.1. Processo de intubação endotraqueal: (A) colocação do laringoscópio sobre a epiglote do paciente; (B) inserção do tubo endotraqueal na glote do paciente; (C) laringoscópio (Matehuala-Morán et al,2022-adaptada).

## 2.2 Intercorrências e complicações típicas

A intubação orotraqueal, embora seja um procedimento crítico para manter a permeabilidade das vias aéreas durante cirurgias e em cuidados intensivos, pode levar a várias complicações. Uma complicação grave é a paralisia das cordas vocais, geralmente resultante da compressão traumática do nervo laríngeo recorrente pelo manguito tubular ou de danos diretos durante a intubação [43]. Essa condição pode levar a sintomas como dispneia e estridor, às vezes exigindo traqueostomia, como observado em pacientes com intubação prolongada devido a condições como COVID-19 [44].

Além disso, hematomas traqueais podem ocorrer, particularmente em pacientes em uso de anticoagulantes, levando a sintomas como disfonia, disfagia e obstrução que pode ser

potencialmente fatal. O tratamento geralmente envolve a exploração cirúrgica e a evacuação do hematoma para garantir a permeabilidade das vias aéreas e facilitar a extubação [45]. A intubação endotraqueal prolongada tem sido associada a uma alta incidência de complicações laringotraqueais, incluindo mobilidade laríngea alterada e estenose, que afetam a respiração, a fonação e a deglutição. Essas complicações são exacerbadas pela longa duração da intubação e pela traqueostomia tardia, ressaltando a necessidade de intervenções oportunas para mitigar as sequelas de longo prazo [46].

Intercorrências que podem ocorrer durante a intubação orotraqueal podem incluir edema laríngeo, lesão das cordas vocais, ulceração, náuseas, vômitos e arritmias. Para minimizar essas complicações, práticas clínicas essenciais devem ser seguidas. Isso inclui alcançar a intubação bem-sucedida na primeira tentativa de laringoscopia, garantir a drenagem adequada e a prevenção da retenção de líquidos, reduzir os riscos de aspiração/regurgitação, monitorar a pressão do manguito, a higiene bucal diária, manter a posição elevada da cabeça, prevenir infecções respiratórias e trocar regularmente os umidificadores nos ventiladores mecânicos [47].

As complicações durante a intubação orotraqueal podem incluir traumas nas vias aéreas superiores, como o aparelho laríngeo, a faringe, a cavidade oral e, potencialmente, a cavidade nasal. Sintomas como disфонia, dor na garganta e disfagia podem surgir após a intubação. Os fatores que contribuem para as complicações incluem características do paciente, técnica de intubação e condições relacionadas à anestesia. A avaliação pré-operatória, a consideração do histórico do paciente e a implementação de estratégias de prevenção de traumas são cruciais. Embora a maioria das lesões se resolva com tratamento conservador, os sintomas persistentes, especialmente de lesões laríngeas, exigem encaminhamento a um especialista em ouvido, nariz e garganta para avaliação e tratamento adicionais [48].

A laceração traqueal é uma complicação rara da intubação orotraqueal, geralmente se manifestando como uma lesão linear na parede traqueal. Os fatores que aumentam o risco incluem sexo feminino, idade acima de 50 anos e altura abaixo de 160 cm. Os sintomas comuns são enfisema subcutâneo, pneumomediastino, pneumotórax, dificuldade respiratória e hemoptise. As causas podem incluir inflação excessiva do manguito, intubador inexperiente ou tamanho incorreto do tubo. O diagnóstico é confirmado por broncoscopia. As estratégias de

prevenção envolvem o monitoramento da pressão do manguito e a supervisão de funcionários inexperientes durante procedimentos críticos [49].

As complicações durante a intubação orotraqueal incluem intubação traqueal difícil, intubação esofágica, aspiração gástrica e trauma iatrogênico das vias aéreas superiores. As complicações graves são relatadas em cerca de 1/22.000, com morte ou dano cerebral ocorrendo em 1:150.000 casos. Os principais eventos adversos perioperatórios associados ao manejo problemático das vias aéreas geralmente ocorrem em indivíduos saudáveis submetidos à cirurgia eletiva sob anestesia geral. Prever o difícil manejo das vias aéreas é um desafio, com preditores não confiáveis à beira do leito, como distância tireoidiana, distância esternomental, abertura da boca e visão laríngea. A visão glótica difícil é mais comum em ambientes de emergência e cuidados intensivos em comparação com a anestesia geral [50].

Durante a intubação orotraqueal, complicações podem surgir, categorizadas como precoces ou tardias com base no início dos sintomas. As complicações de longo prazo podem incluir danos na cartilagem traqueal que levam à traqueomalácia e estenose pseudoglótica, particularmente após a inserção da traqueostomia. Para mitigar esses riscos, é crucial aplicar a pressão apropriada do manguito (não excedendo 20 mm H<sub>2</sub>O), estabilizar o tubo endotraqueal usando fitas ou dispositivos de fixação, escolher o tamanho adequado do tubo e garantir que o procedimento seja realizado por um médico experiente, seguindo as diretrizes recomendadas. Essas medidas podem ajudar a prevenir e gerenciar complicações associadas à intubação orotraqueal [51].

### **2.3 Soluções e inovações na engenharia biomédica relacionadas à intubação orotraqueal.**

A videolaringoscopia ganhou destaque no manejo das vias aéreas, com pedidos de seu uso de primeira linha devido às taxas superiores de sucesso da intubação de primeira passagem [52]. Estudos mostram que a videolaringoscopia está associada a maiores taxas de sucesso na intubação de primeira passagem em comparação à laringoscopia direta, particularmente em pacientes graves, apesar de ser usada em uma população com maior risco de difícil manejo das vias aéreas [53]. No entanto, permanecem desafios, como o custo e a disponibilidade dos videolaringoscópios, a necessidade de treinamento adequado para reduzir o tempo de intubação

e evitar complicações [54]. Embora a videolaringoscopia ofereça vantagens como melhor visualização glótica e risco reduzido de infecção, é crucial observar que a experiência com um tipo de videolaringoscópio não garante proficiência com outros, destacando a importância do treinamento personalizado e da experiência com dispositivos específicos [55].

A robótica também tem sido explorada para auxiliar os médicos na intubação, com o objetivo de melhorar as taxas de sucesso e reduzir as complicações. Pesquisas mostraram que o desenvolvimento de um sistema remoto de intubação assistida por robô (RRAIS) tem o potencial de aumentar a taxa de sucesso da intubação endotraqueal pré-hospitalar (ETI) [56]. Além disso, o uso de tecnologias inovadoras, como inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina (ML) e robótica no gerenciamento de vias aéreas, pode revolucionar o campo, potencialmente salvando vidas em cenários como gerenciamento de desastres, onde o pessoal qualificado pode ser escasso [57]. Além disso, plataformas mecânicas bioinspiradas, como os Digital Extenders, foram projetadas para aumentar o alcance dos provedores durante a intubação, reduzindo o trauma aos pacientes, minimizando a força aplicada e protegendo os provedores de possíveis reações de mordida [58], [59]. Esses avanços mostram os esforços contínuos para alavancar a robótica e a tecnologia no aprimoramento dos procedimentos de intubação com menos risco aos pacientes.

A tecnologia de impressão 3D avançou significativamente na criação de equipamentos médicos personalizados, incluindo dispositivos de intubação e outros componentes críticos. Por exemplo, uma nova lâmina de videolaringoscópio hiperangulado (VL) impressa em 3D foi desenvolvida e testada contra o amplamente utilizado CMAC® VL. Embora o CMAC® tenha demonstrado um tempo menor para a primeira passagem, o modelo impresso em 3D mostrou taxas de sucesso de intubação comparáveis, indicando seu potencial para melhorar o acesso à videolaringoscopia em ambientes com restrição de recursos [60]. Além disso, a impressão 3D tem sido empregada para criar talas de policaprolactona (PCL) para tratar obstruções fatais das vias aéreas em pacientes pediátricos com doenças como broncomalácia (BM). Essas talas, produzidas usando a técnica de deposição por fusão (FDM) e esterilizadas por radiação gama, têm se mostrado eficazes e econômicas, particularmente em regiões sem acesso a tecnologias médicas caras [61]. Além disso, a impressão 3D tem sido utilizada para aprimorar os simuladores de treinamento médico. Ao integrar uma via aérea inferior impressa em 3D em um manequim existente, foi criado um simulador híbrido que oferece fidelidade anatômica superior e adequação educacional para procedimentos como broncoscopia e isolamento

pulmonar em comparação com os modelos disponíveis comercialmente. Essa inovação é particularmente benéfica para instituições com orçamentos limitados, mas com acesso à tecnologia de impressão 3D [62].

A simulação médica avançada, por meio de manequins de treinamento e software de simulação, permite que os profissionais de saúde pratiquem a intubação em um ambiente controlado antes de realizar o procedimento em pacientes reais. Por exemplo, já tem sido estudado o Virtual Airway Skills Trainer for Endotraqueal Intubation (VAST-ETI), fornece uma plataforma valiosa para os profissionais de saúde praticarem a intubação em um ambiente controlado antes dos procedimentos reais do paciente [63], [64]. Estudos mostraram que o aprendizado de domínio baseado em simulação (SBML) melhora significativamente as habilidades de cuidados intensivos e a confiança processual entre os profissionais de saúde, incluindo provedores de prática avançada (APPs) em unidades de terapia intensiva [65]. Pesquisas comparando diferentes níveis de acesso a dispositivos de feedback durante o treinamento baseado em simulação demonstraram que o acesso visual direto para participantes e supervisores leva a resultados superiores na qualidade da ventilação e nas taxas de sucesso da intubação, destacando a importância do feedback em aplicações educacionais de simulação médica [66].

O aprimoramento do material e o design inovador em tubos endotraqueais (ETTs) são essenciais para melhorar a segurança do paciente e a eficiência operacional durante o gerenciamento das vias aéreas e procedimentos cirúrgicos. Avanços recentes se concentraram em abordar os riscos associados às cirurgias relacionadas ao laser em otorrinolaringologia, onde incêndios cirúrgicos representam riscos significativos. O desenvolvimento de um novo ETT resistente a laser, com manguito duplo, eixo flexível, superfície externa lisa e corante azul de metileno para alertas de penetração, representa uma melhoria significativa em relação aos modelos anteriores, como o Laser-Shield II, que foi descontinuado devido a problemas de segurança [67]. Além disso, a integração de tecnologias e materiais inteligentes em dispositivos de vias aéreas, como um novo *bougie* dirigível, poderia otimizar ainda mais as práticas de intubação traqueal, fornecendo melhor controle e reduzindo as complicações durante a intubação [68]. As inovações também incluem um design ETT que incorpora uma entrada de oxigênio e um tubo de remoção de material estranho, permitindo a remoção eficiente de obstruções sem a necessidade de suprimento adicional de oxigênio, aumentando assim a funcionalidade e a segurança do tubo [69]. Métodos de prototipagem rápida, como o Fused

Deposition Modeling (FDM), foram empregados para desenvolver e refinar esses projetos, garantindo que atendam às necessidades mais exigentes do usuário e abordando problemas comuns, como inserção incorreta e extubação devido às limitações de mobilidade do paciente [4]. Além disso, estudos de dinâmica computacional de fluidos (CFD) forneceram informações sobre a dinâmica do fluxo de ar local em ETTs curvados, revelando fenômenos como assimetrias de fluxo e dinâmica de vórtices que podem afetar o desempenho da ventilação mecânica e o conforto do paciente [70].

Técnicas alternativas de intubação têm sido o foco de pesquisadores e engenheiros biomédicos, com o objetivo de aumentar a segurança e reduzir a invasividade. Embora os métodos convencionais, como a intubação endotraqueal, permaneçam prevalentes [71], novas abordagens, como a intubação subglótica, estão sendo exploradas. A ventilação de alta frequência (HFV) é outra alternativa à ventilação mecânica convencional, oferecendo benefícios como redução da inflamação pulmonar e melhor combinação ventilação-perfusão [72]. Em cenários desafiadores de vias aéreas, a laringoscopia de controle de vigília seguida por videolaringoscopia foi proposta como uma opção viável quando os broncoscópios de fibra óptica não estão disponíveis, apresentando resultados bem-sucedidos no difícil manejo das vias aéreas [73]. Essas técnicas alternativas, caracterizadas pela simplicidade, mínimo desconforto do paciente e baixas taxas de complicações, podem ser particularmente valiosas em ambientes com recursos limitados ou quando os métodos convencionais se mostram desafiadores ou ineficazes.

Os sistemas de navegação assistida por computador têm sido amplamente utilizados em vários campos médicos para melhorar a precisão dos procedimentos e os resultados dos pacientes. Por exemplo, no contexto da intubação endotraqueal, um novo sistema de inteligência artificial incorporando tecnologia de visão computacional foi desenvolvido para confirmar o posicionamento correto do tubo com uma taxa de sucesso de 100%, reduzindo significativamente o risco de extravio e complicações associadas [74]. Além disso, no domínio cirúrgico oral e maxilofacial, os sistemas de navegação assistida por computador têm se mostrado ferramentas inestimáveis, oferecendo precisão e orientação em procedimentos complexos, preservando a intrincada anatomia da região [75].

A engenharia biomédica desempenhou um papel crucial no desenvolvimento de ventiladores e equipamentos de suporte à vida, especialmente durante a pandemia de COVID-19, quando a escassez de recursos médicos exigiu inovação rápida [76], [77]. Várias abordagens foram exploradas, desde projetos simples de laboratório até sistemas de ventilação complexos e compatíveis internacionalmente. Essas inovações incluem novos princípios de mistura de gases, geração de fluxo inspiratório usando válvulas ON/OFF e o uso de impressão 3D para produzir dispositivos médicos essenciais, como protetores faciais e adaptadores de ventilação [78], [79]. Além disso, avanços em ventiladores portáteis que utilizam bolsas AMBU com recursos de monitoramento de saturação de oxigênio e pulso cardíaco foram propostos, mostrando a ampla gama de soluções que estão sendo desenvolvidas no campo [80].

## **2.4 Problemática e Justificativa**

A intubação orotraqueal é um procedimento essencial em emergências médicas e cirurgias, crucial para assegurar a via aérea patente e garantir ventilação adequada. No entanto, apesar de sua importância, a intubação orotraqueal está associada a diversas complicações e intercorrências que podem comprometer a segurança do paciente. Complicações como lesões traumáticas, infecções, falhas na inserção do tubo e outras intercorrências adversas representam um desafio significativo para os profissionais de saúde. Além disso, a variação nas habilidades dos profissionais e a complexidade do procedimento aumentam a probabilidade de tais complicações. A identificação e categorização detalhada dessas complicações são fundamentais para compreender a extensão do problema e buscar soluções efetivas.

A necessidade de abordar de forma abrangente as complexidades da intubação orotraqueal é bem fundamentada por vários motivos. A segurança do paciente é fundamental, pois complicações durante o procedimento podem resultar em resultados graves, levando ao aumento da morbidade e mortalidade. Uma revisão abrangente sistemática permite um exame completo dessas complicações, oferecendo dados substanciais para elaborar estratégias de mitigação eficazes. Compreender a qualidade do atendimento é crucial, pois é vital para melhorar os resultados dos pacientes. Identificar os fatores de risco e as causas das complicações pode facilitar a implementação de práticas clínicas ideais. O campo das inovações tecnológicas em engenharia biomédica apresenta várias soluções que têm o potencial de aumentar significativamente a segurança e a eficiência da intubação orotraqueal. Tecnologias como videolaringoscópios, sistemas avançados de monitoramento e dispositivos

de auxílio à intubação são avanços promissores que exigem uma avaliação rigorosa de sua eficácia.

O treinamento profissional desempenha um papel fundamental na garantia da utilização adequada de novas tecnologias e protocolos recomendados entre os profissionais de saúde. Avaliar o impacto dessas inovações na prática clínica e no desenvolvimento profissional pode resultar em melhorias notáveis na segurança e eficácia do procedimento. Além disso, os resultados baseados em evidências derivados de uma revisão sistemática abrangente servem como uma base robusta para moldar políticas de saúde e diretrizes clínicas. Essa evidência pode informar as decisões de alocação de recursos e a integração de novas tecnologias nos ambientes hospitalares.

Portanto, esta dissertação não visa apenas categorizar e analisar as complicações relacionadas à intubação orotraqueal, mas também investigar a integração efetiva de inovações de engenharia biomédica para melhorar os resultados clínicos. Ao adotar uma abordagem sistemática e abrangente, ela garante que as intervenções propostas sejam baseadas em evidências e aplicáveis em cenários clínicos do mundo real.

## **2.5 Objetivos**

### **2.5.1 Objetivo Geral**

Identificar o estado da arte das complicações e intercorrências associadas à intubação orotraqueal por uma revisão sistemática guarda-chuva.

### **2.5.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos estabelecidos nessa dissertação são os descritos a seguir:

1. Identificar e categorizar as principais complicações e intercorrências associadas à intubação orotraqueal, com base em uma revisão sistemática guarda-chuva.

2. Analisar os fatores de risco que contribuem para as complicações durante a intubação orotraqueal, incluindo aspectos anatômicos, técnicos e circunstanciais.

3. Identificar as tecnologias e dispositivos desenvolvidos pela engenharia biomédica que visam aprimorar a segurança e a eficácia da intubação orotraqueal.

## **CAPÍTULO II**

### **Materiais e Métodos**

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica abrangente para identificação do estado da arte sobre o tema intercorrências e complicações na intubação orotraqueal utilizando uma revisão sistemática guarda-chuva para identificar as problemáticas existentes com a técnica em um período de 10 anos (2014 a 2024). Em uma segunda etapa foram identificadas as tecnologias produzidas pela engenharia biomédica que surgiram para solucionar essas dificuldades.

As revisões abrangentes, como o modelo guarda-chuva, sintetizam os resultados de várias revisões sistemáticas, fornecendo uma visão geral abrangente das evidências sobre um tópico específico, o que é particularmente útil para médicos, formuladores de políticas e pesquisadores que precisam tomar decisões informadas com base em um amplo espectro de dados oferecendo assim uma visão mais holística [81], [82].

Esse método é vantajoso em áreas com alto volume de pesquisas, pois reúne e resume sucintamente grandes quantidades de evidências publicadas, economizando tempo e reduzindo a carga cognitiva dos leitores que, de outra forma, poderiam ficar sobrecarregados com conclusões conflitantes de avaliações individuais [83], [84]. Além disso, análises abrangentes podem identificar facilitadores e barreiras comuns em diferentes abordagens intersectoriais e multissetoriais, fornecendo uma base de evidências rigorosa para os formuladores de políticas aprimorarem a implementação de políticas de saúde e trabalharem pela equidade na saúde [85].

A metodologia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) utilizada nesse estudo é uma estrutura amplamente reconhecida projetada para aumentar a transparência e a qualidade das revisões sistemáticas e a adesão a cada item da declaração PRISMA 2020 garante um alto nível de rigor e confiabilidade ao examinar a qualidade da evidência, o nível de evidência e o viés de publicação [86].

A pergunta de pesquisa que fundamentou o desenvolvimento desta dissertação, foi formulada através do acrônimo PICO (População, Intervenção, Comparação e “Outcomes” (Desfecho)) [87], aqui apresentada: “Revisão sistemática do Estado da arte (O) das técnicas de intubação orotraqueal (I) em pacientes (P) e suas complicações (C)”

#### 3.1 Escrita da revisão sistemática guarda-chuva (*Umbrella review*)

Uma revisão sistemática guarda-chuva é uma síntese de revisões sistemáticas e meta-análises existentes sobre um tema específico. Este tipo de revisão oferece uma visão ampla e abrangente do estado atual do conhecimento, agregando evidências de várias fontes. Foi formulada uma pergunta de pesquisa, respondidas pela revisão desenvolvida com o método PRISMA 2020 (em Anexo) [88]. O protocolo PRISMA 2020 permite organizar conforme padrões internacionais as etapas de seleção dos artigos para uma revisão sistemática como os *critérios de inclusão e exclusão, estratégias de busca, processos de seleção de estudos, métodos de extração e análise de dados*.

A seguir as etapas utilizadas e suas estratégias:

**Definição do Problema e Pergunta da Pesquisa:** Formulação clara do problema de pesquisa e das questões específicas a serem respondidas pela revisão. Isso incluiu a definição dos critérios de inclusão e exclusão, que especificaram quais revisões sistemáticas seriam consideradas relevantes para a síntese.

- *Critérios de inclusão:* Revisões sistemáticas em que houve abordagem de técnicas, equipamentos ou soluções tecnológicas diversas para minimizar a chance de intercorrências ou complicações durante a intubação orotraqueal.

- *Critérios de exclusão:* Ensaios originais; Artigos que utilizaram outras intervenções que não seja intubação orotraqueal; Publicação duplicada; Resumos de congresso.

**Protocolo de revisão sistemática:** Um protocolo detalhado deve ser desenvolvido antes do início da revisão e descreverá os métodos que serão seguidos, incluindo as estratégias de busca, os critérios de elegibilidade, os métodos para avaliação da qualidade dos estudos incluídos e os planos para a síntese dos dados, no caso desse estudo foi seguido o PRISMA 2020. Este protocolo será registrado na plataforma PROSPERO, para garantir transparência e evitar duplicação de esforços.

O registro de protocolo PROSPERO garante a transparência e a qualidade das revisões sistemáticas na área da saúde, definido como um banco de dados internacional que permite o registro prospectivo de revisões sistemáticas em andamento, fornecendo informações sobre a metodologia, objetivos, critérios de inclusão e exclusão, além de permitir o acesso aos protocolos de revisão.

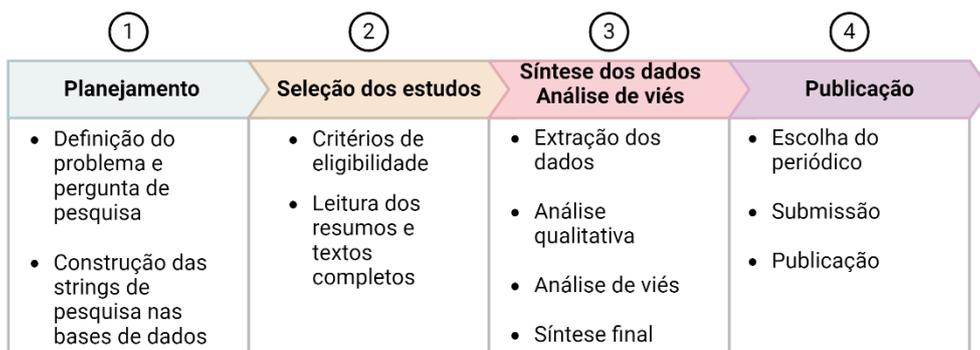
**Estratégia de busca:** Foi realizada uma busca em bases de dados eletrônicas escolhidas conforme o escopo do estudo, no caso, PubMed, Science Direct, IEEE e Cochrane Database of Systematic Reviews (COCHRANE) com restrição para revisões sistemáticas com ou sem meta-análises que investigaram intercorrências e complicações associadas à intubação orotraqueal utilizando uma combinação de palavras-chave e termos de indexação relacionados ao tema de interesse.

**Seleção de estudos:** A seleção dos estudos foi realizada em duas etapas: (1) triagem dos títulos e resumos e (2) leitura completa dos textos selecionados. A autora realizou a leitura em parceria com outra revisora, coautora, de forma independente e formato duplo cego, para minimizar o viés de seleção. Toda discordância foi resolvida por consenso ou pela consulta a um terceiro revisor.

**Extração e análise de dados:** Os dados relevantes dos estudos incluídos foram extraídos e organizados, em duplicata e de maneira independente. Uma análise crítica dos estudos foi realizada, destacando as principais conclusões e contribuições para identificação das dificuldades dos profissionais da clínica com a intubação orotraqueal e as perspectivas da engenharia biomédica para solucioná-las.

**Análise da qualidade metodológica dos estudos:** A análise da qualidade metodológica dos estudos em uma revisão sistemática é de extrema importância para avaliar a confiabilidade e validade dos resultados obtidos. Essa análise permite identificar a robustez dos estudos incluídos na revisão, levando em consideração aspectos como o desenho do estudo, a seleção adequada da amostra, a coleta e análise dos dados, o controle de vieses e a interpretação dos resultados. Será realizada de forma independente entre as duas pesquisadoras autoras, para garantir a qualidade metodológica das revisões sistemáticas incluídas usando a ferramenta AMSTAR-2 de medição, essa ferramenta já é validada e adequada para revisões sistemáticas de estudos não randomizados e estudos de intervenção [89], [90].

**Redação da revisão sistemática:** Com base na análise dos estudos selecionados, está sendo escrito um produto acadêmico em formato de artigo de revisão sistemática, seguindo as diretrizes metodológicas estabelecidas para esse tipo de estudo.



**Figura 2-1.** Sequência de etapas para elaboração da revisão sistemática desenvolvida nesse estudo: 1) Planejamento, 2) Seleção dos estudos, 3) Síntese dos dados e análise de viés e 4) Publicação.

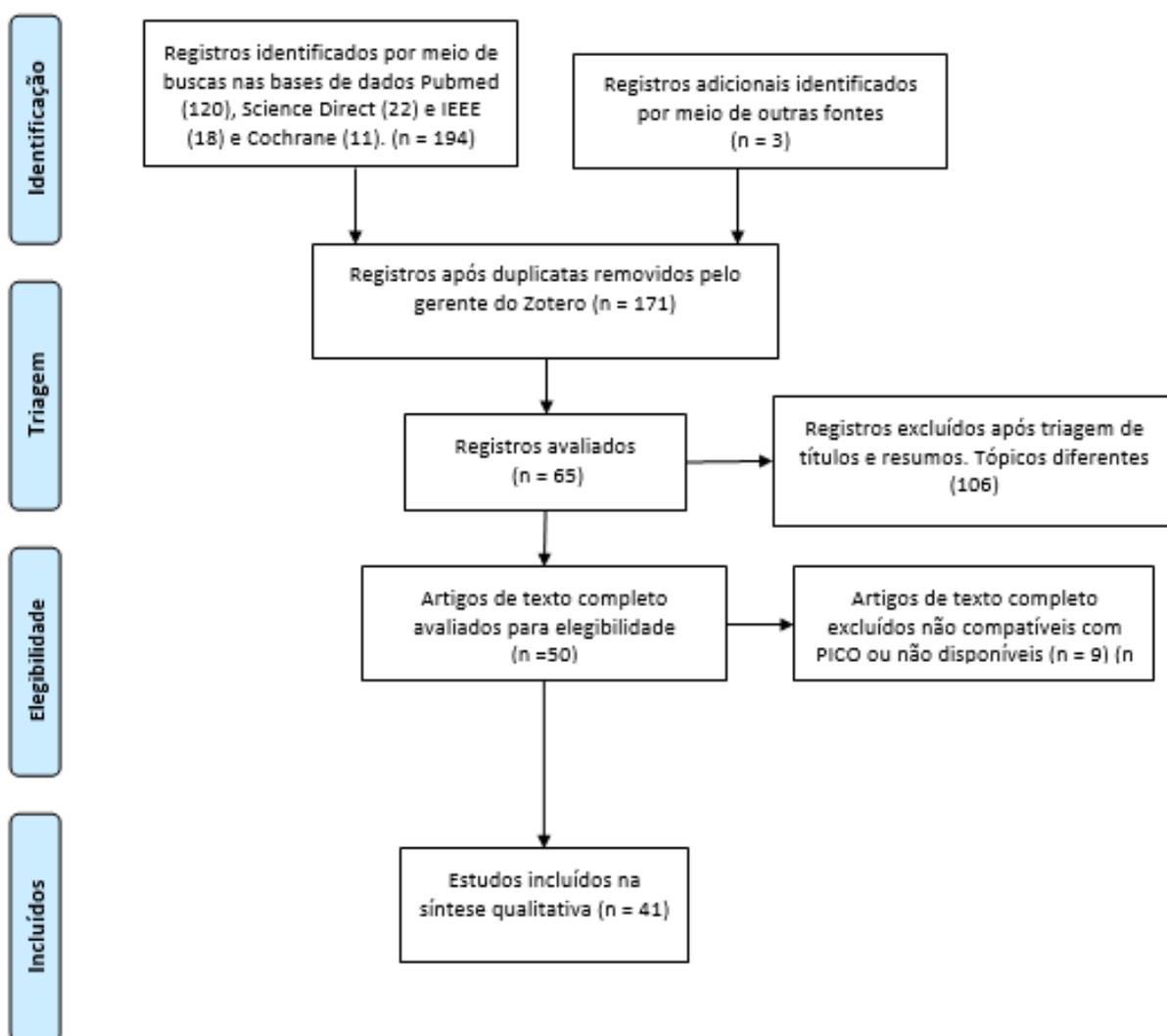
## **CAPÍTULO III**

Resultados obtidos com a revisão sistemática guarda-chuva

## 4 RESULTADOS

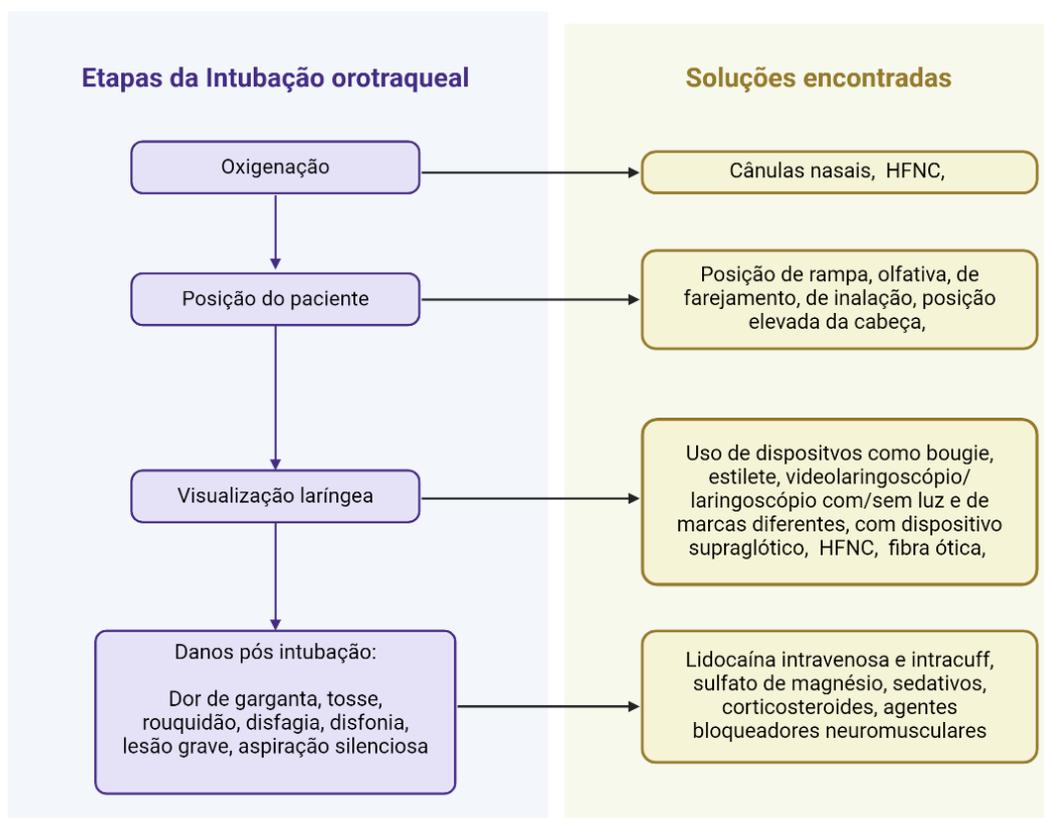
### 4.1 Seleção dos artigos e construção do Fluxograma PRISMA

Foi realizada de outubro de 2023 até maio de 2024 uma pesquisa bibliográfica abrangente, selecionando periódicos nas bases de dados do PubMed/MEDLINE, Science Direct, IEEE e Cochrane Database of Systematic Reviews (COCHRANE) com restrição para revisões sistemáticas com ou sem meta-análises que investigaram intercorrências e complicações associadas à intubação orotraqueal. O protocolo PRISMA (ANEXO) mostra a estratégia de pesquisa completa para cada banco de dados. O fluxograma PRISMA da seleção está na figura 3.1.



**Figura 3-1.** Fluxograma obtido a partir do Protocolo PRISMA 2020 indicando a seleção de estudos realizada.

Na primeira etapa de busca foram obtidos 171 artigos, considerando-se o período escolhido de 10 anos (2014 a 2024). Observou-se quanto às tecnologias da engenharia biomédica ao longo desse período uma mudança de abordagem para avaliação de mais soluções para as dificuldades inerentes à técnica de IOT quanto aos dispositivos usados como aparatos como o videolaringoscópio, técnicas de visualização da região laríngea e uso de medicamentos para prevenção de lesões e efeitos adversos, conforme o resumo esquemático da figura 3-2.



**Figura 3-2.** Resumo esquemático que pontua os momentos durante a IOT que representam desafios no procedimento e as soluções avaliadas nas revisões sistemáticas.

Tabela 3-1 As características dos estudos incluídos do período de 2019 a 2024

<b>Autor e ano</b>	<b>País</b>	<b>Desenho do estudo</b>	<b>Quantidade de artigos avaliados</b>	<b>Resultados e conclusões</b>	<b>Tecnologias envolvidas</b>
<b>Zheng, 2021</b>	Não especificado	Meta-análise de ensaios clínicos randomizados sobre bloqueios nervosos das vias aéreas. Foram seguidas as diretrizes de itens de relatório preferenciais para revisões sistemáticas e metanálises.	14 artigos foram avaliados na metanálise.	- Os ANBs reduziram o tempo de intubação, melhoraram as condições e diminuíram as complicações. - A meta-análise mostrou que os ANBs forneceram um tempo de intubação mais curto do que os não-ANBs.	Bloqueios nervosos das vias aéreas para intubação traqueal acordada. SLNBs, GPNBs e RLNBs para bloqueios nervosos das vias aéreas.
<b>Yang et al., 2021.</b>	Japão, Índia, Irã, Arábia Saudita, Dinamarca, EUA, Coreia, China, Turquia, Espanha.	Meta-análise com 16 ensaios sobre lidocaína intravenosa em cirurgia. Análise sequencial do ensaio para avaliar a confiabilidade e os resultados conclusivos.	4293 artigos foram identificados a partir de bancos de dados eletrônicos primários.	- A lidocaína intravenosa reduziu a tosse pós-extubação e a dor de garganta em pacientes cirúrgicos. - Nenhum risco aumentado de danos associados ao uso perioperatório de lidocaína.	Intervenção medicamentosa com lidocaína.
<b>White et al, 2019.</b>	Não especificado	Ensaio clínico randomizado comparando a pressão cricoide com grupos de controle. Revisão sistemática e meta-análise de 12 ensaios clínicos randomizados de alta qualidade.	Doze ensaios clínicos randomizados de alta qualidade foram avaliados na meta-análise.	- A pressão cricoide não protegeu contra aspiração na intubação. - As condições de intubação foram agravadas pela aplicação de pressão cricoide.	Intubação por fibra óptica; Laringoscopia direta; Videolaringoscopia; Luz e laringoscopia
<b>-Wang et al.,2023.</b>	França e China.	Ensaio clínico randomizado com pacientes com falência de extubação de alto risco. Comparação da eficácia do HFNC e da VNI em pacientes graves.	4787 artigos analisados. 97 artigos revisados na íntegra. 13 ensaios clínicos randomizados incluídos na análise final.	- O HFNC reduziu os eventos adversos, mas não houve diferenças significativas na mortalidade. - O HFNC pode encurtar o LOS, mas seu efeito na função respiratória é inconclusivo. - A análise de subgrupos mostrou resultados mistos nos índices de LOS e função respiratória.	Cânula nasal de alto fluxo (HFNC); Ventilação não invasiva (VNI);
<b>Zheng, et al., 2021.</b>	Não especificado	Ensaio clínico randomizado e estudos de coorte prospectivos foram incluídos. A avaliação da qualidade foi feita usando o software GradePro GDT.	607 artigos selecionados inicialmente. 18 artigos revisados na íntegra. 7 artigos incluídos na avaliação.	- Não há diferenças significativas entre as posições de rampa e de farejamento para o sucesso da intubação. - A posição de rampa em pacientes cirúrgicos melhora a qualidade da visão laríngea.	Posição da rampa; Posição olfativa; Notas Cormack-Lehane; Uso de dispositivos adjuvantes
<b>Ern, et al., 2022</b>	Austrália e Nova Zelândia.	Revisão sistemática da CP durante o RSI em EDs. Incluiu pesquisas primárias sobre FPS e complicações.	Três artigos foram avaliados na revisão sistemática.	- Evidências limitadas sobre a eficácia da CP na redução da aspiração durante a intubação. - A CP não reduz a taxa de sucesso na primeira passagem durante a intubação.	Pressão cricoide (CP) durante a indução de sequência rápida para intubação. Estudos de ressonância magnética para avaliar a anatomia esofágica

				- Mais pesquisas são necessárias para determinar a eficácia da CP em ambientes de DE.	durante a aplicação de PC. Dados observacionais para resultados de PC em ambientes de departamento de emergência.
<b>Tessarolo et al., 2022.</b>	Suíça, França, Irã	Revisão sistemática com ensaios clínicos randomizados e estudos observacionais. Incluiu 6 ensaios clínicos randomizados e 1 estudo controlado não randomizado.	4.267 artigos de texto completo avaliados. 18 duplicatas removidas. 7 estudos incluídos na revisão sistemática.	- A técnica de pressão positiva teve menor risco de complicações do que a técnica de sucção. - Mais estudos de alta qualidade são necessários para validar os resultados.	Técnicas de pressão positiva e sucção usadas em procedimentos de extubação. Tubos endotraqueais e cateteres de sucção empregados durante a extubação.
<b>Shimada, et al., 2022.</b>	Não especificado	Meta-análise de ensaios clínicos randomizados comparando as abordagens bougie e stylet.	Total de 5 ensaios clínicos randomizados avaliados na metanálise. 1.038 pacientes incluídos na meta-análise das abordagens bougie e stylet.	- Bougie teve uma melhor taxa de sucesso na primeira tentativa, mas nenhuma diferença significativa. - Não há diferença significativa na duração da intubação e na taxa de intubação esofágica.	Bougie e estilete usados em procedimentos de intubação endotraqueal. Meta-análise conduzida para comparar a eficácia do bougie e do estilete.
<b>Sheu et al., 2019</b>	França, Índia, Canadá, Reino da Arábia, Saudita, Brasil	Meta-análise conduzida sobre a eficácia da lidocaína intra-manguito na redução de complicações. Incluiu 11 estudos com 843 pacientes.	11 artigos foram avaliados na metanálise.	- A lidocaína intracuff reduziu significativamente a tosse e as complicações relacionadas à intubação. - A lidocaína alcalinizada foi mais eficaz do que a não alcalinizada na redução da tosse. - A análise de sensibilidade confirmou resultados robustos da metanálise.	Aplicação de lidocaína intracuff. Bicarbonato de sódio para alcalinização. Ensaios clínicos randomizados para avaliação de eficácia.
<b>Peng, et al, 2019</b>	A Austrália é o país onde a pesquisa foi conduzida.	Meta-análise realizada sobre a incidência de disfagia pós-extubação em pacientes graves. As fontes de dados incluíram CINAHL, Cochrane Library, Embase e Google Scholar.	38 artigos foram avaliados na revisão sistemática.	- A incidência de disfagia pós-extubação foi de 41% em adultos gravemente doentes. - A taxa de aspiração silenciosa foi de 36% entre os pacientes com disfagia. - Mais pesquisas são necessárias para métodos de identificação precoce nesta população.	Avaliação endoscópica; Exame clínico da deglutição; Tela de disfagia; Autorrelato do paciente; Videofluoroscopia
<b>Mcintyre, 2020.</b>	Não especificado	Ensaios clínicos randomizados do PubMed, Embase, Cochrane Library, ClinicalTrials.govRegistry. Avaliação de viés, subgrupo, sensibilidade e análises sequenciais de ensaios conduzidas.	3.179 artigos inicialmente identificados. 338 textos completos examinados. 21 ensaios randomizados selecionados para avaliação.	- Os lubrificantes de lidocaína não preveniram significativamente a dor de garganta no pós-operatório. - Sem significância estatística na prevenção da tosse e rouquidão no pós-operatório. - Lubrificantes de lidocaína não recomendados devido a potenciais efeitos citotóxicos.	Lubrificantes contendo lidocaína, como gel, pomada e spray. Lubrificação endotraqueal para lesões nas vias aéreas e melhoria da vedação. Gel/geleia de lidocaína à base de água, pomada/pomada de lidocaína à base de óleo. Spray de lidocaína de baixas e altas concentrações.
<b>Liao, et al., 2019</b>	Nações asiáticas	Ensaios clínicos randomizados avaliaram a eficácia e a segurança do magnésio tópico no pré-	Onze artigos foram avaliados no estudo.	- O magnésio tópico reduziu a dor de garganta pós-operatória moderada/grave em comparação com os controles.	Aplicação tópica de sulfato de magnésio para prevenção pós-operatória da dor de garganta;

		operatório. Os estudos incluíram vários controles, como placebo, solução salina e agentes ativos. - Dados agrupados usando o modelo de efeitos aleatórios DerSimonian e Laird.		- A dor de garganta pós-intubação afeta a satisfação e a recuperação do paciente. - Resultado primário: incidência de dor de garganta no pós-operatório em 24 horas.	Ensaios clínicos randomizados, meta-análise e análises de sensibilidade conduzidas; Sulfato de magnésio, lidocaína, solução salina e agentes nebulizados usados.
<b>Kuriyama, et al., 2019</b>	Coréia do Sul, Índia, Irã, Tailândia, China, Indonésia, Nepal, EUA.	Ensaios clínicos randomizados com 1.849 participantes avaliaram a dexametasona para a prevenção da dor de garganta. As doses de dexametasona foram comparadas quanto à eficácia da prevenção da dor de garganta no pós-operatório.	15 artigos foram avaliados na revisão sistemática e na metanálise.	- 15 estudos, 1.849 pacientes, a dexametasona reduziu a incidência e a gravidade da dor de garganta no pós-operatório. - Sem eventos adversos graves com a administração intravenosa de dexametasona. - A dexametasona pré-operatória é mais eficaz do que os métodos não analgésicos para dor de garganta.	Administração intravenosa de dexametasona; Agentes comparadores como betametasona e gel de triancinolona.
<b>Kim et al., 2020</b>	Não especificado	Revisão sistemática e metanálise de rede conduzidas em videoscópios para intubação.	676 artigos pesquisados, 46 examinados, 23 incluídos no estudo.	- Os valores da SUCRA classificou as intervenções quanto à taxa de sucesso, tempo de intubação e eventos adversos. - Os resultados do NMA apresentaram geometria da rede, direta à tabela classificativa indireta.	Videolaringoscópio padrão; Videolaringoscópio canalizado; Estilo de vídeo; Laringoscópio direto
<b>Kelly et al, 2023</b>	Não especificado	Estudos de coorte prospectivos em inglês. Dois revisores realizaram a triagem, a revisão do texto completo e a extração de dados.	Seis estudos de coorte foram avaliados no artigo de pesquisa.	- Características de lesão laríngea persistente identificadas: disfagia, disfonia, anormalidades das vias aéreas. - Associado à permanência na UTI, diagnóstico respiratório e traqueostomia. - A qualidade do estudo variou de ruim a boa. - Lacunas na literatura identificadas, enfatizando a necessidade de pesquisas em grande escala.	Avaliação endoscópica, avaliações clínicas, resultados relatados pelo paciente para métodos de avaliação; Diretrizes PRISMA-2020 seguidas para o processo de revisão
<b>Tsan et al., 2021</b>	Austrália, Reino Unido, EUA	Revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados. Adesão aos "Itens de relatório preferidos para revisões sistemáticas e meta-análises" (PRISMA) 2020.	Sete artigos foram avaliados na revisão sistemática e na metanálise.	- A posição elevada da cabeça aumentou significativamente o período de apneia segura. - Não há diferença na incidência de hipoxemia entre as posições da cabeça. - Os benefícios da pré-oxigenação podem variar em diferentes ambientes clínicos.	Software GDT para classificação de evidências. PubMed, EMBASE, SCOPUS para pesquisas em bancos de dados.
<b>Hung, 2020</b>	Não especificado	Revisão sistemática e meta-análise. Incluiu cinco ensaios de 2005 a 2018.	16 estudos foram considerados relevantes para avaliação de texto completo.	- SFAIR não é significativamente diferente entre grupos CP e não CP - A aplicação de CP não afetou o SFAIR ou a visualização glótica	Abordagens laringoscópicas; Laringoscópio Macintosh; Videolaringoscópio

				- CP aumentou ligeiramente o tempo de intubação e rouquidão pós-operatória	
<b>Hansel et al, 2022</b>	Não especificado	Ensaio clínico randomizado (ECRs) comparando a videolaringoscopia (VL) com a laringoscopia direta (DL). Estudos realizados em vários ambientes: pré-hospitalar, pronto-socorro, UTI e sala de cirurgia.	222 ensaios clínicos randomizados avaliados no estudo.	- A VL reduz as taxas de falha na intubação com melhores vistas glóticas. - Desenhos hiperangulados reduzem a intubação esofágica e melhoram o sucesso em vias aéreas difíceis. - O VL no estilo Macintosh mostra maiores taxas de sucesso na primeira tentativa de intubação. - VL diminui intubações fracassadas com evidências de certeza moderada.	Os videolaringoscópios usam tecnologia de vídeo para visualização da intubação traqueal. Projetos no estilo Macintosh, hiperangulados e canalizados são avaliados. Os VLs transmitem imagens para uma ocular ou monitor para visualização.
<b>Hakim et al, 2020.</b>	Não especificado	Ensaio clínico randomizado analisado quanto às definições de suporte respiratório e critérios de intubação. Dados extraídos de forma independente por dois pesquisadores para formulário de coleta padronizado.	53 artigos foram avaliados na revisão.	- Identificou deficiências no desenho do estudo e na notificação de insuficiência respiratória. - As características dos pacientes variaram de acordo com o tipo de insuficiência respiratória. - Proposta de padronização do monitoramento e relatório de variáveis ARF.	Modalidades de suporte respiratório não invasivas usadas em ensaios clínicos randomizados. Os critérios para intubação incluíram deterioração neurológica e parâmetros de oxigenação. As variáveis dos critérios de intubação incluíram fatores respiratórios e não respiratórios.
<b>Gupta, et al, 2023.</b>	Não especificado	Revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados. Avaliação do risco de viés usando a ferramenta revisada de risco de viés da Cochrane.	Seis estudos foram avaliados no artigo de pesquisa.	- A dexmedetomidina nebulizada reduziu significativamente a PAS média em todos os momentos. - A nebulização com dexmedetomidina reduziu efetivamente a frequência cardíaca durante a intubação endotraqueal.	Nebulização da dexmedetomidina para atenuação da resposta hemodinâmica durante a intubação. Revisão sistemática usando PubMed, Embase, biblioteca Cochrane e outros bancos de dados.
<b>Detsky, et al, 2019</b>	Não especificado	Revisão sistemática para identificar preditores de intubação difícil. Utilizou achados físicos e fatores de risco para prever intubação difícil.	62 estudos foram avaliados no artigo de pesquisa.	- Fatores de risco identificados predizem intubação difícil. - Vários achados físicos influenciam a dificuldade de intubação.	Avaliação da mobilidade da coluna cervical usando marcadores e medidas. Teste de mordida no lábio superior para previsão da dificuldade de intubação.
<b>Cabrini, et al, 2019</b>	Noruega, Nenhum país específico mencionado no artigo de pesquisa.	Revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados. Protocolos avaliados para intubação de fibra óptica acordada em vias aéreas difíceis previstas.	37 estudos incluídos na revisão sistemática. 15 estudos incluídos nas meta-análises.	- Os protocolos de intubação por fibra óptica acordada mostraram alta eficácia e segurança. - A dexmedetomidina teve menos episódios de dessaturação em comparação com o propofol. - Técnicas e medicamentos de intubação por fibra óptica quando acordado afetam as taxas de sucesso.	Intubação de fibra óptica acordada; Sedativos como dexmedetomidina, propofol, opioides; Técnicas de anestesia local; Técnicas auxiliares para broncoscopia de fibra óptica ou introdução do tubo traqueal

				- Alta heterogeneidade nas técnicas e regimes medicamentosos para intubação.	
<b>Moser et al., 2022</b>	Suécia, França, Estados Unidos, Alemanha, Itália, Suíça, Iugoslávia, País de Gales, Japão, Dinamarca	Ensaio clínico randomizado (ECRs) e estudos de coorte foram conduzidos.	21 artigos foram avaliados na revisão sistemática.	- A intubação de curta duração causa lesões laríngeas leves, principalmente autolimitadas. - Lesões moderadas e graves são raras, exigindo identificação precoce. - Recomenda-se a triagem pós-operatória para cirurgias com mais de 2 horas. - Diretrizes de avaliação laríngea após a extubação são necessárias para melhores resultados.	Intubação endotraqueal; Exames laríngeos com visualização; Avaliações laríngeas pós-extubação
<b>Borges et al., 2020</b>		Estudo comparativo sobre técnicas de gerenciamento de vias aéreas em cenários de emergência. - Revisão sistemática e metanálise comparando o suporte ventilatório em emergências.	Dez artigos foram avaliados no estudo.	- Taxas de sucesso: 89,56% para laringoscopia direta, 97,12% para dispositivos supraglóticos. - Forte recomendação GRADE para dispositivos supraglóticos de 2ª geração.	Dispositivos supraglóticos de vias aéreas para gerenciamento de vias aéreas. Equipamento de proteção individual para o pessoal do serviço médico de emergência.
<b>Tsan et al., 2020</b>	Não especificado	Revisão sistemática e meta-análise. Incluiu ensaios clínicos randomizados e estudos de coorte prospectivos.	Sete estudos avaliados na metanálise. 607 publicações selecionadas durante o processo de busca.	- Não há diferenças significativas entre as posições de rampa e de inalação para intubação. - A posição inclinada em pacientes cirúrgicos melhora a visão laríngea. - Posição em rampa associada a notas mais baixas de Cormack-Lehane. - Evidências limitadas sobre os benefícios da posição aumentada devido à heterogeneidade do estudo.	Posição da rampa, posição olfativa; Intubação traqueal; Visualização laríngea; Sucesso na primeira tentativa de intubação

Tabela 3-2. As características dos estudos incluídos do período de 2014 a 2018.

Autor e ano	País	Desenho do estudo	Quantidade de artigos avaliados	Resultados e conclusões	Tecnologias envolvidas
<b>Zhang et al., 2016</b>	Tailândia, Canadá, EUA, Coreia do Sul, EUA, Irã, Taiwan	- O desenho do estudo do artigo de pesquisa foi uma revisão sistemática e meta-análise de 18 ensaios clínicos randomizados (ECRs) para avaliar os efeitos dos corticosteroides na prevenção de complicações pós-operatórias relacionadas à intubação traqueal.	- Um total de 18 ensaios clínicos randomizados (ECRs) foram avaliados na metanálise conduzida para avaliar os efeitos dos corticosteroides na prevenção de complicações pós-operatórias relacionadas à intubação traqueal sob anestesia geral	- A administração profilática de corticosteroides reduziu significativamente a incidência de dor de garganta, rouquidão, tosse, edema laríngeo e reintubação no pós-operatório em pacientes submetidos à cirurgia sob anestesia geral.	uso de corticosteroides betametasona, dexametasona, hidrocortisona, metilprednisolona e propionato de fluticasona por injeção intravenosa antes da intubação ou extubação endotraqueal

<b>van Esch et al., 2017</b>	Holanda	- O desenho do estudo foi uma revisão sistemática da literatura realizada no Centro Médico Universitário de Utrecht, com foco na comparação da via aérea da máscara laríngea (LMA) com o tubo traqueal (TT) em termos de complicações das vias aéreas em pacientes adultos submetidos à anestesia geral	- Um total de 19 estudos foram avaliados no artigo de pesquisa.	- A revisão sistemática não encontrou nenhuma vantagem clara da máscara laríngea da via aérea (LMA) sobre o tubo traqueal (TT) em termos de complicações pós-operatórias das vias aéreas.	- O artigo de pesquisa se concentra em comparar a máscara laríngea das vias aéreas (LMA) com a intubação traqueal (TT) em termos de complicações das vias aéreas, envolvendo tecnologias como o LMA Classic, o LMA Proseal, o Flexible Reinforced LMA e o LMA Supreme .
<b>Tan et al., 2018</b>	Sem especificações de país	O desenho do estudo envolveu uma revisão sistemática e meta-análise para avaliar a eficácia da oxigenação apneica (AO) na prevenção da dessaturação de oxigênio durante intubações de emergência . técnicas de pré-oxigenação .	10 estudos atenderam a todos os critérios de inclusão e exclusão para avaliação.	Os resultados indicaram que a oxigenação apneica (AO) via cânulas nasais foi associada a um menor risco de dessaturação de oxigênio durante intubações de emergência, com um risco relativo de 0,76 (IC 95%, 0,61 a 0,95; P = 0,02) em comparação com nenhum AO.	A oxigenação apneica (AO) via cânulas nasais, cânulas nasais de alto fluxo (HFNC), máscaras não respiratórias (NRB), máscaras de válvula de bolsa (BVM) e ventilação não invasiva (VNI)
<b>Rimoli et al., 2018</b>	Não especificado	O desenho do estudo envolveu uma revisão sistemática e meta-análise proporcional para avaliar a eficácia de diferentes modalidades de tratamento para granulomas laríngeos primários ou recorrentes após a intubação endotraqueal .	seis estudos atenderam aos critérios de inclusão predefinidos	Os tratamentos primários para granulomas laríngeos incluíram cirurgia com associações e tratamentos médicos, mostrando chances de resolução de 75% e 86%, respectivamente, com riscos de recidiva de 25% e 14% .	Os tratamentos cirúrgicos para granulomas laríngeos incluem cirurgia convencional, laser KTP e procedimentos de fibra óptica, que podem ser repetidos conforme necessário. - Os tratamentos clínicos envolvem terapia antirrefluxo, terapia vocal, antiinflamatórios, esteróides orais, inalados ou intralesionais, antibióticos, toxina botulínica e sulfato de zinco oral .
<b>Lundstrøm et al., 2018</b>	Não especificado	O desenho do estudo envolveu uma revisão sistemática de 34 ensaios clínicos randomizados (ECRs) com 3565 participantes, com foco nas condições durante a intubação traqueal e a laringoscopia direta em adultos e adolescentes.	34 artigos para comparar a evitação versus o uso de agentes bloqueadores neuromusculares para melhorar as condições durante a intubação traqueal ou laringoscopia direta em adultos e adolescentes.	A revisão concluiu que o uso de agentes bloqueadores neuromusculares (NMBA) pode fornecer condições ideais para intubação traqueal e reduzir o risco de desconforto ou lesão nas vias aéreas superiores após a intubação .	Comparação entre a evitação e o uso de agentes bloqueadores neuromusculares durante a intubação traqueal ou laringoscopia direta em adultos e adolescentes.

<b>Kuriyama et al., 2017</b>	Não especificado	O estudo envolveu uma revisão sistemática e meta-análise para avaliar a eficácia dos corticosteroides profiláticos na prevenção do estridor pós-extubação e da reintubação em adultos intubados e ventilados mecanicamente.	11 ensaios foram incluídos na análise, envolvendo um total de 2.472 pacientes adultos ventilados mecanicamente .	Os corticosteroides profiláticos antes da extubação eletiva reduziram os eventos pós-extubação das vias aéreas e a reintubação em pacientes de alto risco, conforme mostrado em 11 estudos envolvendo 2.472 participantes ..	Corticosteroides profiláticos na prevenção do estridor pós-extubação e da reintubação em adultos ventilados mecanicamente.
<b>Hoshijima et al., 2018</b>	Não especificado	Revisão sistemática e meta-análise que incluiu 18 ensaios comparando o videolaringoscópio C-MAC com o laringoscópio Macintosh para intubação traqueal na população adulta. d	16 artigos com 18 ensaios foram avaliados para inclusão na metanálise.	O videolaringoscópio C-MAC proporcionou melhor visualização glótica e exigiu menos manipulações laríngeas externas (ELM) em comparação com o laringoscópio Macintosh.	O laringoscópio C-MAC é um videolaringoscópio que incorpora uma câmera digital na lâmina, exibindo a imagem da glote em um monitor externo, melhorando a visualização glótica durante a intubação traqueal . - O laringoscópio Macintosh é um laringoscópio direto tradicional usado para intubação traqueal, exigindo alinhamento dos eixos oral, faríngeo e laríngeo para uma intubação bem-sucedida .
<b>Hockey et al., 2016</b>	Não especificado	Ensaio clínico randomizado ou pseudo-randomizado com foco em pacientes ventilados mecanicamente na unidade de terapia intensiva e durante a cirurgia para comparar os efeitos do ajuste da pressão do manguito guiado pela medição objetiva versus medição subjetiva ou observação apenas dos valores de pressão .	24 artigos foram revisados e avaliados na revisão sistemática	Os resultados da metanálise mostraram que o ajuste da pressão do manguito guiado pela medição objetiva foi benéfico na prevenção de efeitos adversos, como tosse, rouquidão, dor de garganta, lesões traqueais e aspiração silenciosa, mantendo as pressões precisas do manguito .	As tecnologias de medição objetiva das pressões do manguito do tubo traqueal incluem manômetros, medidores de pressão intracuff diretos e fechamentos de circuito de pressão-volume.
<b>Fouche et al., 2017</b>	Não especificado	O estudo incluiu 83 estudos na meta-análise, analisando as diferenças nas proporções de intubação bem-sucedida, nas taxas de sucesso na primeira passagem e na prevalência de eventos adversos entre médicos e não médicos .	89 artigos foram incluídos na revisão sistemática e 83 foram considerados adequados para meta-análise	A metanálise revelou uma diferença de 2% na proporção de intubação bem-sucedida entre médicos e não médicos, com médicos tendo uma taxa de sucesso maior de 99% em comparação com 97% para não médicos.	O artigo de pesquisa se concentra em comparar o sucesso da intubação em sequência rápida e os eventos adversos entre não médicos e médicos no ambiente extra-hospitalar. médicos.
<b>Doleman et al., 2016</b>	Não especificado	ensaios randomizados foram incluídos no estudo, com apenas	Um total de 95 estudos foram selecionados e 29	Em conclusão, embora a gabapentina tenha atenuado as	O artigo de pesquisa enfoca o uso da gabapentina para

		dois estudos considerados de baixo risco de viés	estudos foram incluídos na meta-análise	respostas hemodinâmicas após a intubação, seu impacto em resultados clinicamente relevantes, como mortalidade e infarto do miocárdio, permanece desconhecido.	atenuar a resposta hemodinâmica à intubação em pacientes submetidos à cirurgia .
<b>Park et al., 2016</b>	Não mencionado	O desenho do estudo envolveu uma revisão sistemática e meta-análise que comparou o desempenho clínico e as complicações entre dispositivos supraglóticos de vias aéreas (SGAs) e tubos endotraqueais (ETTs) em pacientes submetidos à cirurgia laparoscópica.	17 estudos foram incluídos na revisão sistemática e na metanálise realizada	Os resultados indicaram que dispositivos supraglóticos de vias aéreas (SGAs) e tubos endotraqueais (ETTs) não mostraram diferenças significativas na taxa de sucesso de inserção, tempo de inserção e pressão de vazamento orofaríngeo.	O artigo de pesquisa se concentra em comparar o desempenho clínico e as complicações entre dispositivos supraglóticos de vias aéreas (SGAs) e tubos endotraqueais (ETTs) em cirurgia laparoscópica.
<b>brodsky2018.pdf</b>	- Os autores do artigo de pesquisa intitulado "Lesão laríngea e sintomas das vias aéreas superiores após intubação endotraqueal oral com ventilação mecânica durante cuidados intensivos: uma revisão sistemática" são Martin Brodsky, Matthew Levy, Erin Jedlanek, Vinciya Pandian, Brendan Blackford, Carrie Price, Gai Cole, Alexander Hillel e Simon Best. O artigo foi publicado em 2018 .	- O desenho do estudo envolveu uma revisão sistemática para avaliar lesões laríngeas e sintomas das vias aéreas superiores após a intubação endotraqueal em pacientes de UTI com ventilação mecânica. Incluiu nove estudos com foco na lesão laríngea por intubação endotraqueal oral, compreendendo sete estudos de coorte e dois estudos transversais, totalizando 775 pacientes .	- Um total de 4.530 publicações foram identificadas em vários bancos de dados e fontes para uma revisão sistemática sobre lesões laríngeas. - Após a triagem por título e resumo, 126 revisões de texto completo foram realizadas.	- A prevalência de lesão laríngea variou com base na duração da intubação, com maior gravidade observada em pacientes intubados por 5 a 10 dias em comparação com aqueles intubados por menos de 5 dias. Lesões de grau 1 e 2 mostraram um aumento de 37% e 38% na prevalência, respectivamente, enquanto lesões de grau 3 tiveram um aumento de 125% na prevalência dentro do período de intubação de 5 a 10 dias .	- Métodos de visualização direta, como laringoscópio, e técnicas de visualização indireta, como espelho laríngeo, endoscópio rígido, nasoendoscopia flexível e broncoscopia flexível, foram utilizados para avaliação e diagnóstico de lesões laríngeas após a extubação .
<b>binks2017.pdf</b>	- O artigo de pesquisa intitulado "Oxigenação apneica durante intubação na unidade de terapia intensiva: uma revisão sistemática e meta-análise" foi escrito por Matthew Binks, Rhys Holyoak e Thomas Melhuish em 2017.	- O desenho do estudo envolveu uma revisão sistemática e meta-análise de seis estudos, incluindo 518 pacientes, para avaliar a eficácia da oxigenação apneica durante a intubação na UTI . - Os estudos foram avaliados quanto ao risco de viés e ao nível de evidência, com dados extraídos de forma independente por dois revisores e avaliados quanto à homogeneidade . - A análise incluiu medidas de resultados como menor SpO2	- Seis estudos foram avaliados na revisão sistemática e na metanálise realizada sobre oxigenação apneica durante intubação na UTI. Esses estudos incluíram um total de 518 pacientes e foram analisados para vários resultados relacionados à eficácia da oxigenação apneica na redução da hipoxemia durante a intubação na UTI .	- A metanálise sobre oxigenação apneica durante a intubação na UTI revelou uma redução significativa na incidência de dessaturação crítica e um aumento no menor valor de SpO2 em 2,83%.	- A oxigenação apneica durante a intubação na UTI envolve o uso de tecnologias como sistemas de cânula nasal de alto fluxo (HFNC), que fornecem oxigênio a taxas de 50-60 L/min .

		durante a intubação, dessaturação crítica, sucesso da intubação na primeira passagem, arritmia, parada cardíaca, duração da ventilação e permanência na UTI .			
<b>Lundström et al.,2018</b>	Não mencionado	- O desenho do estudo envolveu uma revisão sistemática de ensaios clínicos randomizados (ECRs) comparando a evitação de agentes bloqueadores neuromusculares (NMBA) com seu uso durante a intubação traqueal .	34 artigos foram avaliados na pesquisa realizada sobre evitar versus usar agentes bloqueadores neuromusculares para melhorar as condições durante a intubação traqueal.	Evitar agentes bloqueadores neuromusculares aumentou significativamente o risco de intubação traqueal difícil, com uma razão de risco de 3,40 em ensaios que excluíram estudos de determinação da dose .	uso de agentes bloqueadores neuromusculares para intubação traqueal, envolvendo tecnologias como análise sequencial experimental (TSA) para monitorar curvas Z cumulativas e decidir sobre o encerramento do estudo .

**Tabela 3-3** Análise de viés dos artigos selecionados.

<b>Autor e ano</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
Zheng, 2021	Yes	Yes	No	Partial yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Yang et al., 2021.	Yes	Yes	No	Partial yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
White et al, 2019.	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
-Wang et al.,2023.	Yes	Yes	No	Partial yes	No	Yes	No	Yes	Partial yes	No	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes

Zheng, et al., 2021.	Yes	Yes	No	Partial yes	No	Yes	No	Yes	Partial yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Ern, et al., 2022	Yes	Yes	No	Partial yes	Yes	Yes	No	Yes	Partial yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tessarolo et al.,2022.	Yes	Yes	No	Partial yes	No	No	No	Partial yes	no	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Shimada, et al., 2022.	Yes	Yes	No	Partial yes	Yes	Yes	No	Yes	Partial yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Sheu et al.,2019	Yes	Yes	No	Partial yes	Yes	Yes	No	Yes	Partial yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Peng, et al, 2019	Yes	Partial yes	No	Yes	No	Yes	No	Partial yes	Partial yes	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Mcintyre, 2020.	Yes	Yes	No	Partial yes	No	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Liao, et al., 2019	Yes	Yes	No	Partial yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Kuriyama, et al., 2019	Yes	Partial yes	No	Partial yes	No	Yes	No	Yes	Partial yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Kim et al., 2020	Yes	Yes	No	Partial yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Kelly et al, 2023	Yes	Yes	No	Partial yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tsan et al., 2021	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Hung, 2020	Yes	Yes	No	Partial yes	No	Yes	No	Yes	Partial yes	No	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes
Hansel et al, 2022	Yes	Yes	No	Partial yes	No	Yes	No	Yes	Partial yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Hakim et al., 2020.	Yes	Yes	No	Partial yes	Yes	Yes	No	Yes	Partial yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Gupta, et al., 2023.	Yes	Yes	No	Partial yes	No	No	No	Partial yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Detsky, et al., 2019	Yes	Yes	No	Partial yes	Yes	Yes	No	Yes	Partial yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Cabrini, et al., 2019	Yes	Yes	No	Partial yes	Yes	Yes	No	Yes	Partial yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Moser et al., 2022	Yes	Partial yes	No	Yes	No	Yes	No	Partial yes	Partial yes	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Borges et al., 2020	Yes	Yes	No	Partial yes	No	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tsan et al., 2020	Yes	Yes	No	Partial yes	No	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

## 5 DISCUSSÃO

Entre 2014 e 2024, várias tecnologias foram identificadas em revisões sistemáticas que contribuíram para a redução de complicações associadas à intubação orotraqueal (IOT). Essas inovações têm fornecido uma evolução da segurança e eficácia do manejo das vias aéreas em procedimentos clínicos.

Uma das principais tecnologias é o videolaringoscópio, que se destaca pelo design avançado, incluindo variações hiperanguladas e canalizadas. Essa tecnologia melhorou significativamente a visualização das vias aéreas, reduzindo as taxas de falhas na intubação e o risco de inserção do tubo no esôfago. Em especial, o videolaringoscópio tem sido eficaz em casos de vias aéreas difíceis, aumentando as taxas de sucesso na primeira tentativa de intubação, conforme relatado por Shimada et al. (2023)[91].

Outra inovação importante são os bloqueios nervosos das vias aéreas (ANBs), como o bloqueio do nervo laríngeo superior (SLNB) e do nervo laríngeo recorrente (RLNB). Essas técnicas reduziram significativamente o tempo necessário para realizar a intubação, melhorando as condições do procedimento e diminuindo as complicações associadas, como demonstrado no estudo de Zheng et al. (2021)[92].

A cânula nasal de alto fluxo (HFNC) também teve um impacto relevante, especialmente em pacientes críticos com insuficiência respiratória. Embora tenha sido eficaz na redução de eventos adversos e no tempo de internação, estudos, como o de Wang et al. (2018), não encontraram diferenças significativas em termos de mortalidade entre pacientes tratados com HFNC e outras modalidades de ventilação [57].

A lidocaína intravenosa foi uma abordagem medicamentosa aplicada durante a IOT para reduzir a incidência de tosse e dor de garganta pós-extubação bastante estudada. De acordo com Yang et al. (2021), essa intervenção mostrou eficácia em reduzir esses sintomas em pacientes cirúrgicos, sem aumentar os riscos perioperatórios. Da mesma forma a nebulização

com dexmedetomidina se destacou por sua capacidade de atenuar respostas hemodinâmicas durante a intubação, especialmente na redução da pressão arterial sistólica e da frequência cardíaca. Gupta et al. (2023) relataram resultados promissores com essa técnica, demonstrando que ela pode melhorar o conforto do paciente durante o procedimento [93].

Por fim, a técnica de pressão positiva durante a extubação mostrou-se eficaz em reduzir complicações, como a aspiração e obstrução das vias aéreas, comparada a métodos tradicionais de sucção. Essa técnica foi destacada como uma inovação que pode melhorar os resultados dos pacientes, conforme discutido por Shimada et al. (2022). Embora esses avanços tecnológicos tenham contribuído para reduzir as complicações associadas à IOT, algumas complicações continuam prevalentes, conforme revisões sistemáticas. As lesões nas vias aéreas, incluindo traumas na laringe e traqueia, permanecem comuns, particularmente em intubações prolongadas ou com múltiplas tentativas, como relatado por Zheng et al. (2021).

Além disso, complicações como tosse e dor de garganta pós-extubação continuam a afetar uma parcela significativa dos pacientes, mesmo com o uso de lidocaína intravenosa. A aspiração, durante o procedimento de IOT, também é uma complicação grave, especialmente em situações de emergência, que estudos como o de White et al. (2023), destacou que a pressão cricoide pode não ser eficaz em prevenir esse problema [94].

A hipoxemia é outra complicação recorrente, particularmente em pacientes com vias aéreas difíceis, apesar do uso de tecnologias como a HFNC. Wang et al. (2023) indicaram que, embora a HFNC reduza eventos adversos, a hipoxemia ainda ocorre em uma proporção significativa de casos. Mas é a dificuldade de intubação que se mostrou como um desafio, muitas vezes resultando em múltiplas tentativas que aumentam o risco de lesões. McIntyre et al. (2020) relataram uma alta incidência de intubação difícil em pacientes graves, com taxas de complicações chegando a 41% [95]. Além disso, complicações como disfagia e disfonia são frequentes após intubação prolongada, com a necessidade de cuidados pós-extubação, conforme destacado por Tessarolo et al. (2022)[96].

Outro efeito adverso, a rouquidão, se apresenta como uma complicação comum após a extubação, particularmente quando há lesão das cordas vocais. Embora menos grave, pode impactar a qualidade de vida dos pacientes, como discutido por Gupta et al. (2019). Portanto, apesar dos avanços nas tecnologias e técnicas de IOT, ainda há desafios importantes a serem superados para melhorar a segurança e a eficácia dos procedimentos de manejo das vias aéreas.

Observa-se que não houve revisão sistemática abordando o uso do cufômetro de forma comparativa, apesar de estar presente na prática clínica como um facilitador. O cufômetro pode aprimorar a intubação orotraqueal ao fornecer medições precisas que auxiliam na colocação ideal dos tubos traqueais, especialmente em cenários críticos como lesões na coluna cervical ou anatomias complexas. Estudos mostram que os tubos traqueais se deslocam significativamente com a movimentação da cabeça e pescoço, e o uso de um cufômetro pode ajudar a manter o posicionamento adequado, minimizando complicações [97]. Em pacientes traumatizados, o cufômetro pode aumentar a segurança, garantindo a colocação precisa do tubo sem manipulações excessivas [98].

Além de aumentar a segurança, o cufômetro pode melhorar o treinamento de profissionais não especialistas, aumentando a precisão e confiança na colocação do tubo [99]. Ele também pode complementar tecnologias avançadas, como guias de intubação assistida por vídeo, oferecendo feedback em tempo real [100], [101]. No entanto, é necessário avaliar sua viabilidade em termos de custo-benefício e continuar com pesquisas para estabelecer protocolos de uso padronizados.

Considerando uma perspectiva da engenharia biomédica observou-se que as tecnologias que ainda estão em etapas experimentais e nem mesmo entraram na seleção de artigos de revisão sistemáticas, mesmo que sejam redigidas em uma proposta de levantamento de ensaios experimentais. Observa-se que o tema ainda está em fase prototipagem de novos dispositivos e aqui são citadas algumas pesquisas recentes encontradas na literatura.

Entre 2014 e 2024, a engenharia biomédica desempenhou um papel significativo na busca por tecnologias inovadoras para otimizar este procedimento, conforme identificado em

uma revisão de 56 artigos científicos. Contudo, apesar do crescente interesse na área, apenas quatro desses estudos apresentaram avanços efetivos voltados para minimizar intercorrências, como o desenvolvimento de dispositivos mais ergonômicos, sistemas de visualização aprimorados e ferramentas de treinamento em realidade aumentada. Esses dados evidenciam a necessidade de direcionar esforços de pesquisa para transformar a ampla inovação tecnológica em soluções práticas e eficazes que elevem a segurança e a eficiência do processo de intubação e dois artigos foram identificados nas bases de dados como relevantes nesse cenário.

Na perspectiva de que a profundidade correta de inserção do tubo como um fator crítico durante a IOT é verificado que a maioria das abordagens atuais depende do feedback visual para realizar a intubação de forma remota. Em uma proposta de uma nova aplicação da tecnologia de detecção de RF sem chip para identificar externamente o tubo de intubação, oferecendo um método adicional de feedback que não depende da visão. O estudo de Ponraj et al (2022) utilizou tinta condutora de prata imprimível para criar antenas flexíveis de RF, que são implantadas nos tubos endotraqueais (ET). Uma antena interrogadora, conectada a um analisador de rede, posicionada no pescoço, pode detectar a antena de RF localizada na traqueia durante a intubação em tempo real [102].

Um protótipo foi projetado e testado em diferentes meios de comunicação sem fio (ar, água, modelos simulados e um pescoço de pato). Um ensaio com sete voluntários que utilizou dedos humanos como meio de comunicação entre as antenas indicou que o método proposto é capaz de identificar a presença dos tubos ET, registrando uma alteração significativa na magnitude da perda de retorno (2,21 dB no modelo simulado e uma média de 1,16 dB nos experimentos com humanos) em todos os meios. A tecnologia de detecção apresentada pode ser uma opção viável de feedback para sistemas robóticos de controle que buscam automatizar a intubação, com ou sem suporte visual [102].

O estudo de Turkeli et al. (2024) discute a criação de um dispositivo controlador de pressão de manguito de tubo endotraqueal habilitado para IoT. Este dispositivo foi projetado para regular automaticamente a pressão do manguito de um tubo endotraqueal, garantindo que ele permaneça dentro da faixa de pressão ideal de 20-30 cm H<sub>2</sub>O. O dispositivo integra

eletrônica, controle e engenharia de software para fornecer uma solução econômica e confiável para manter a pressão apropriada do manguito durante a intubação orotraqueal [103] .

Os resultados obtidos na validação do dispositivo mostraram sua precisão e confiabilidade ao medir a pressão em comparação com o dispositivo padrão-ouro FLK-729. Utilizando métodos estatísticos rigorosos, como o teste T pareado, o coeficiente de correlação de Pearson e o gráfico de Bland-Altman, o desempenho foi confirmado como estatisticamente robusto. Além disso, o tempo de resposta do dispositivo, inferior a 350 milissegundos, atende aos requisitos de intubação em tempo real, demonstrando sua adequação para uso prático. A pesquisa de mercado também destacou uma necessidade significativa de controladores automáticos de pressão para manguitos de tubos endotraqueais, impulsionada pela baixa utilização desses dispositivos nos hospitais e pela margem de erro nos ajustes manuais da pressão [103].

Nas conclusões, o protótipo se mostrou altamente custo-efetivo, apresentando um custo de produção de cerca de 70 USD, significativamente inferior aos dispositivos atualmente no mercado, que podem custar até 20 vezes mais. Além disso, o dispositivo oferece características inovadoras, como integração com IoT e controle via aplicativos móveis, garantindo um gerenciamento eficiente da pressão dos manguitos. Com isso, o dispositivo tem o potencial de automatizar processos manuais de intubação, promovendo maior segurança para os pacientes e diminuindo o risco de complicações. Para o futuro, foram identificadas melhorias como a capacidade de controlar múltiplos dispositivos a partir de um único smartphone, além da redução do tamanho e otimização do controlador, visando alcançar um maior nível de prontidão tecnológica (TRL 9) [103].

O estudo de Cuendet et al. (2016) propôs uma abordagem inovadora, baseada em análise facial automatizada, que visa detectar características morfológicas associadas à intubação difícil, otimizando a previsão desse cenário crítico e possibilitando uma intervenção mais segura e eficiente. Para atingir esse objetivo, foi coletada uma base de dados composta por 970 pacientes, contendo fotos, vídeos e informações de referência. A partir dessa base,

foram desenvolvidos modelos estatísticos específicos para parametrizar automaticamente a morfologia facial dos pacientes [104].

As características faciais mais relevantes para a previsão de intubação difícil foram selecionadas por meio do algoritmo *random forest*, que também foi utilizado para treinar um classificador com base nessas características. Adicionalmente, foram comparados diferentes métodos de ajuste de limiar, incluindo um baseado na distribuição de classes e outros que aprendem um limiar ideal em um conjunto de treinamento, visando a lidar com o desequilíbrio natural da base de dados [104].

Os resultados mostraram que o método automatizado desenvolvido alcançou uma AUC de 81,0% em um cenário experimental simplificado, considerando apenas os casos mais fáceis e mais difíceis de intubação. Quando validado em toda a base de dados, o método continuou a apresentar resultados robustos, com uma AUC de 77,9%, comprovando sua aplicabilidade na previsão de intubações difíceis em situações do mundo real. Esses resultados indicam que o desempenho do sistema é comparável ao de diagnósticos médicos realizados por anesthesiologistas experientes, que utilizam um conjunto abrangente de critérios clínicos [104].

O sistema proposto tem um impacto significativo, sendo o primeiro completamente automático e não invasivo para a detecção de intubação difícil, com potencial para ser amplamente utilizado em ambientes clínicos. Essa inovação oferece uma abordagem mais precisa e eficiente, promovendo a segurança do paciente e possibilitando uma melhor preparação para intubações complexas, reduzindo assim as complicações associadas [104].

Utilizando a assistência robótica para a intubação traqueal automatizada, a pesquisa de Boehler et al. (2020) criou o REALITI. Esse dispositivo inovador e pioneiro pode ser operado manualmente ou com a assistência de um endoscópio, que orienta o tubo traqueal durante o procedimento. A proposta do REALITI visa melhorar a precisão e a eficiência da intubação em diversos contextos, como ambientes hospitalares e de emergência, proporcionando uma solução útil tanto para usuários treinados quanto para aqueles com menos experiência em manuseio de vias aéreas [105].

Os experimentos preliminares com o dispositivo REALITI mostraram resultados promissores. Testes conduzidos em manequins de treinamento reportaram uma taxa de sucesso de 99% em 165 tentativas realizadas por 14 usuários diferentes. Além disso, foi desenvolvido um algoritmo de detecção de características anatômicas, que permite o direcionamento automático do endoscópio durante a intubação [105].

O uso desse algoritmo, aliado a um sistema de servofilização visual, aumenta a precisão do procedimento, particularmente em cenários complexos. O artigo sugere que os próximos passos incluirão a criação de um protótipo clínico para testes em cadáveres e estudos *in vivo*, em uma proposta de tornar o dispositivo mais leve, sem fio e alimentado por bateria. Além disso, o desenvolvimento de estratégias avançadas de detecção de características, baseadas em inteligência artificial, visa aumentar a robustez do sistema, tornando-o eficiente mesmo diante de variações anatômicas e condições difíceis de intubação [105].

O REALITI almeja melhorar as taxas de sucesso da intubação traqueal e facilitar o uso em diversos níveis de habilidade. O grupo de pesquisa está em busca de futuras inovações para aumentar a versatilidade e a eficácia do dispositivo em cenários clínicos mais complexos, para aprimorar ainda mais a segurança e a confiabilidade da intubação em diferentes contextos [105].

Além da seleção realizada para a revisão sistemática, uma busca manual realizada fora das bases de dados tradicionais e dois trabalhos na área de engenharia biomédica foram identificados para o período de 2014 a 2024. Foi identificado o artigo de pesquisa de Zhao et al., (2023) em que apresenta um novo escudo protetor projetado em tubos endotraqueais (ETTs) usando tecnologia de fluoração em fase gasosa. Esse escudo melhora o desempenho do ETT ao fornecer alta estabilidade, excelente lubrificação hidrofílica e forte atividade antimicrobiana contra a *Klebsiella pneumoniae*. Ele reduz efetivamente as complicações associadas à intubação orotraqueal, minimizando a lesão da mucosa e a inflamação por atrito e prevenindo a formação de biofilme, mantendo assim a permeabilidade do tubo interno. Essa inovação

representa um avanço significativo na engenharia biomédica para dispositivos médicos invasivos[106].

O artigo de pesquisa de Berard et al. (2021) foi criado um novo design de tubo endotraqueal arquitetado expansível para reduzir as complicações associadas à intubação orotraqueal, utilizando geometrias exclusivas que permitem a expansão de um cilindro. Esse *design* melhora a distribuição das forças de contato entre o tubo endotraqueal e a traqueia, melhorando a tolerabilidade do paciente e potencialmente reduzindo complicações como estenose traqueal e pneumonia. Além disso, o novo tubo pode agilizar o processo de intubação, limitando a exposição dos profissionais de saúde a patógenos e eliminando a necessidade de vários tamanhos de tubo endotraqueal [64].

## 6 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

A revisão sistemática realizada sobre complicações e intercorrências em pacientes intubados ao longo dos últimos dez anos revelou avanços significativos nas tecnologias utilizadas para intubação orotraqueal (IOT), contribuindo para a redução de complicações e o aumento da eficácia desses procedimentos. Tecnologias como videolaringoscópios, bloqueios nervosos, cânulas de alto fluxo e dispositivos de controle de pressão, como o cufômetro, mostraram-se promissoras na otimização da segurança e precisão das intervenções. No entanto, apesar dessas inovações, complicações como lesões nas vias aéreas, aspiração, hipoxemia e rouquidão continuam a ser frequentes, especialmente em casos de intubação prolongada ou de difícil execução.

Observa-se que as respostas para esses desafios fornecidos pela engenharia biomédica na área da IOT incluem o desenvolvimento contínuo de novas tecnologias e técnicas para minimizar riscos e melhorar a experiência clínica. Tecnologias como a detecção de intubação difícil por análise facial automatizada e dispositivos de assistência robótica, como o REALITI,

apontam para um futuro em que a intubação seja mais automatizada, precisa e segura, tanto em ambientes hospitalares quanto em emergências. Para o futuro, é necessário avançar em estudos clínicos com novos protótipos, otimizar a integração de dispositivos com tecnologias de inteligência artificial e IoT, e estabelecer protocolos padronizados que possam ser amplamente implementados na prática clínica, assegurando que essas inovações tecnológicas atendam às necessidades de um cenário médico em constante evolução.

## 7 REFERÊNCIAS

- [1] E. Concannon *et al.*, “Review of Indications for Endotracheal Intubation in Burn Patients with Suspected Inhalational Injury”, *EBJ*, vol. 4, nº 2, p. 163–172, mar. 2023, doi: 10.3390/ebj4020014.
- [2] S. Gourgiotis, S. Aloizos, G. Anagnostopoulos, P. Aravosita, e C. Mystakelli, “What could be hidden behind acute respiratory failure causing emergency intubation?”, *Hellenic J Surg*, vol. 87, nº 2, p. 192–194, mar. 2015, doi: 10.1007/s13126-015-0207-4.
- [3] G. Morrison e J. M. Tobin, “Endotracheal Intubation: Oral and Nasal”, em *Atlas of Critical Care Procedures*, D. Demetriades, K. Inaba, e P. D. Lumb, Orgs., Cham: Springer International Publishing, 2018, p. 3–14. doi: 10.1007/978-3-319-78367-3\_1.
- [4] B. Long, A. Koyfman, e M. Gottlieb, “Factors Predicting Difficult Endotracheal Intubation”, *Academic Emergency Medicine*, vol. 26, nº 11, p. 1294–1296, nov. 2019, doi: 10.1111/acem.13824.
- [5] M. C. Dunham *et al.*, “Guidelines for Emergency Tracheal Intubation Immediately after Traumatic Injury”, *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*, vol. 55, nº 1, p. 162–179, jul. 2003, doi: 10.1097/01.ta.0000083335.93868.2c.
- [6] A. Higgs *et al.*, “Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults”, *British Journal of Anaesthesia*, vol. 120, nº 2, p. 323–352, fev. 2018, doi: 10.1016/j.bja.2017.10.021.
- [7] I. Barjaktarevic, A. M. Esquinas, F. M. West, J. Albores, e D. Berlin, “Noninvasive ventilation in difficult endotracheal intubation: systematic and review analysis”, *Anaesthesiol Intensive Ther*, p. VM/OJS/J/54474, ago. 2014, doi: 10.5603/AIT.a2017.0044.
- [8] A. Kudva, M. Saha, C. A. E. My, e S. Roy, “Anatomical approach to submental intubation through a paramedian transcrevicular approach”, *Egypt J Otolaryngol*, vol. 39, nº 1, p. 29, fev. 2023, doi: 10.1186/s43163-023-00392-5.
- [9] M. R. A. Manera e A. M. F. Hilvano-Corsiga, “Two Airway Management Techniques in a Pediatric Patient with Temporomandibular Joint Ankylosis: Two-stage Fiberoptic Scope Intubation Technique and Video Laryngoscope-guided Conversion from Nasotracheal to Orotracheal Intubation — A Case Report”, *Acta Med Philipp*, vol. 56, nº 18, out. 2022, doi: 10.47895/amp.v56i18.5677.
- [10] J. M. Mosier, J. C. Sakles, J. A. Law, C. A. Brown, e P. G. Brindley, “Tracheal Intubation in the Critically Ill. Where We Came from and Where We Should Go”, *Am J Respir Crit Care Med*, vol. 201, nº 7, p. 775–788, abr. 2020, doi: 10.1164/rccm.201908-1636CI.
- [11] T. Chen *et al.*, “Prediction of Extubation Failure for Intensive Care Unit Patients Using Light Gradient Boosting Machine”, *IEEE Access*, vol. 7, p. 150960–150968, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2946980.
- [12] C. T. Van Houten *et al.*, “An Educational Video Demonstration of How to Prone a Critically Ill Intubated Patient”, *JoVE*, nº 189, p. 63797, nov. 2022, doi: 10.3791/63797.
- [13] S. Hung Tsan, N. Viknaswaran, J. Lau, C. Cheong, e C. Wang, “Effectiveness of preoxygenation during endotracheal intubation in a head-elevated position: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials.”, *Anaesthesiol Intensive Ther*, vol. 54, nº 5, p. 413–424, 2022, doi: 10.5114/ait.2022.123197.

- [14] N. F. Hamzah, N. Md Nor, M. Maaya, S. N. N. Sayed Masri, R. Teo, e A. Masdar, “Pre-oxygenation in obese patients: facemask versus facemask with nasal prong”, *MYJA*, vol. 2, n° 1, p. 14–24, jun. 2023, doi: 10.35119/myja.v2i1.42.
- [15] J. Meunier e C. Guitton, “Place de l’oxygénothérapie haut débit dans la pré-oxygénation pour l’intubation et la pratique des gestes invasifs”, *Revue des Maladies Respiratoires*, vol. 40, n° 1, p. 47–60, jan. 2023, doi: 10.1016/j.rmr.2022.11.002.
- [16] J. S. Turner *et al.*, “Association of Checklist Use in Endotracheal Intubation With Clinically Important Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis.”, *JAMA Netw Open*, vol. 3, n° 7, p. e209278, jul. 2020, doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.9278.
- [17] V. Russotto *et al.*, “Efficacy and adverse events profile of videolaryngoscopy in critically ill patients: subanalysis of the INTUBE study”, *British Journal of Anaesthesia*, vol. 131, n° 3, p. 607–616, set. 2023, doi: 10.1016/j.bja.2023.04.022.
- [18] L. C. Lima *et al.*, “Recommendations from the Brazilian Society of Anesthesiology (SBA) for difficult airway management in pediatric care”, *Brazilian Journal of Anesthesiology (English Edition)*, vol. 74, n° 1, p. 744478, jan. 2024, doi: 10.1016/j.bjane.2023.12.002.
- [19] J. Hansel, J. A. Law, N. Chrimes, A. Higgs, e T. M. Cook, “Clinical tests for confirming tracheal intubation or excluding oesophageal intubation: a diagnostic test accuracy systematic review and meta-analysis.”, *Anaesthesia*, vol. 78, n° 8, p. 1020–1030, ago. 2023, doi: 10.1111/anae.16059.
- [20] X. Cai *et al.*, “Learning curve for flexible bronchoscope-guided orotracheal intubation for anesthesiology residents: A cumulative sum analysis”, *PLoS ONE*, vol. 18, n° 7, p. e0288617, jul. 2023, doi: 10.1371/journal.pone.0288617.
- [21] D. Cross, A. Nyman, P. James, e A. Durward, “Safety and efficacy of rescue flexible bronchoscopic intubation using the Bentson floppy-tip guidewire via a supraglottic airway in critically ill children”, *Anaesthesia*, vol. 72, n° 11, p. 1365–1370, nov. 2017, doi: 10.1111/anae.14008.
- [22] P. Li, Z. Sun, e J. Xu, “Unplanned extubation among critically ill adults: A systematic review and meta-analysis.”, *Intensive Crit Care Nurs*, vol. 70, p. 103219, jun. 2022, doi: 10.1016/j.iccn.2022.103219.
- [23] C. Goodine, K. Sparrow, M. Asselin, D. Hung, e O. Hung, “The alignment approach to nasotracheal intubation”, *Can J Anesth/J Can Anesth*, vol. 63, n° 8, p. 991–992, ago. 2016, doi: 10.1007/s12630-016-0641-y.
- [24] A. Suzuki *et al.*, “Displacement of the epiglottis during intubation with the Pentax-AWS Airway Scope”, *J Anesth*, vol. 24, n° 1, p. 124–127, fev. 2010, doi: 10.1007/s00540-009-0826-4.
- [25] J. Y. Oh, J. H. Lee, Y. Y. Kim, S. M. Baek, D. W. Jung, e J. H. Park, “A comparative study of glottis visualization according to the method of lifting the epiglottis in video laryngoscopy: indirect and direct lifting methods”, *Anesth Pain Med*, vol. 16, n° 2, p. 196–200, abr. 2021, doi: 10.17085/apm.20073.
- [26] S. F. Heidari, “The New Maneuver for Difficult Intubation”, *Intensive & Crit Care*, vol. 2, n° 3, 2016, doi: 10.21767/2471-8505.100055.
- [27] O. Onal e M. Onal, “Glottic Opening Appearance is Not Sufficient for Every Endotracheal Intubation”, *The Laryngoscope*, vol. 132, n° 8, ago. 2022, doi: 10.1002/lary.30217.

- [28] T.-Y. Hung, L.-W. Lin, Y.-H. Yeh, Y.-C. Su, C.-H. Lin, e T.-F. Yang, “The evaluation of a better intubation strategy when only the epiglottis is visible: a randomized, cross-over mannequin study”, *BMC Anesthesiol*, vol. 19, n° 1, p. 8, dez. 2019, doi: 10.1186/s12871-018-0663-9.
- [29] T. Kumamoto, “Unexpected Difficult Intubation due to Supraglottic Web During General Anesthesia for Transcatheter Aortic Valve Implantation”, *Annals of Cardiac Anaesthesia*, vol. 26, n° 2, p. 236–237, 2023, doi: 10.4103/aca.aca\_199\_21.
- [30] H. Lange, U. Braun, W. Golisch, e J. F. Hönig, “Schwierige Intubationen bei Gesichtsfehlbildungen im Kindesalter”, *Der Anaesthetist*, vol. 43, n° 11, p. 753–755, nov. 1994, doi: 10.1007/s001010050119.
- [31] S. Abraham, J. Himarani, S. Mary Nancy, S. Shanmugasundaram, e V. B. Krishnakumar Raja, “Ultrasound as an Assessment Method in Predicting Difficult Intubation: A Prospective Clinical Study”, *J. Maxillofac. Oral Surg.*, vol. 17, n° 4, p. 563–569, dez. 2018, doi: 10.1007/s12663-018-1088-1.
- [32] B. T. Finucane, B. C. H. Tsui, e A. H. Santora, “Anatomy of the Airway”, em *Principles of Airway Management*, New York, NY: Springer New York, 2010, p. 1–25. doi: 10.1007/978-0-387-09558-5\_1.
- [33] S. M. Hwang, “A good laryngeal view does not guarantee perfectly successful tracheal intubation”, *Korean J Anesthesiol*, vol. 69, n° 2, p. 111, 2016, doi: 10.4097/kjae.2016.69.2.111.
- [34] J. E. Wilson e N. Mondary, “Transcutaneous cricolaringeal illumination as an adjunct during orotracheal intubation”, *The Journal of Emergency Medicine*, vol. 15, n° 1, p. 91–94, jan. 1997, doi: 10.1016/S0736-4679(96)00255-7.
- [35] M. E. Orhan, F. Bilgin, e M. E. Guzeldemir, “Fiberoptic and stylet aided orotracheal intubation: a different approach for the difficult intubation”, *Can J Anesth/J Can Anesth*, vol. 51, n° 4, p. 401–401, abr. 2004, doi: 10.1007/BF03018251.
- [36] F. S. Xue, X. L. Cui, e S. Y. Wang, “Lingual traction to aid fiberoptic orotracheal intubation”, *Can J Anesth/J Can Anesth*, vol. 62, n° 1, p. 94–95, jan. 2015, doi: 10.1007/s12630-014-0245-3.
- [37] W. J. W. Siddall, “Tactile orotracheal intubation”, *Anaesthesia*, vol. 21, n° 2, p. 221–222, abr. 1966, doi: 10.1111/j.1365-2044.1966.tb02602.x.
- [38] T. Nicholas, B. Webb, e B. Boedeker, “Orotracheal Intubation Training Module”, *MedEdPORTAL*, p. 7771, nov. 2010, doi: 10.15766/mep\_2374-8265.7771.
- [39] E. Puricelli e D. Ponzoni, “Submandibular approach for orotracheal intubation in Oral and Maxillofacial Surgery and Traumatology”, *RSD*, vol. 10, n° 12, p. e49101220158, set. 2021, doi: 10.33448/rsd-v10i12.20158.
- [40] G. Kovacs e Law, J. Adam, *AIRWAY INTERVENTIONS AND MANAGEMENT IN EMERGENCIAS*. uSA: Mc Graw-Hill Companies, 2008.
- [41] I. R. Afifah, M. Suandika, e A. Susanto, “Gambaran Ketepatan Orotracheal Tube dengan Chula Formula pada Anestesi Umum”, *citradelima*, vol. 7, n° 2, p. 83–89, out. 2023, doi: 10.33862/citradelima.v7i2.364.
- [42] HCFMUSP, “Protocolo de Via Aérea na Emergência-”. 2019. [Online]. Disponível em: <https://www.emergenciausp.com.br/wp-content/uploads/2019/05/Protocolo-de-Via-A%C3%A9rea-na-Emerg%C3%Aancia-HCFMUSP-2019.pdf>

- [43] N. Y *et al.*, “Risk Factors for Vocal Cord Paralysis and Hoarseness Following Endotracheal Intubation”, *AnnSurgPerioperCare*, vol. 8, nº 1, jan. 2023, doi: 10.26420/AnnSurgPerioperCare.2023.1056.
- [44] N. Curros Mata, S. Alvarado De La Torre, J. Carballo Fernández, A. Martínez Morán, F. Álvarez Refojo, e P. Rama-Maceiras, “Parálisis bilateral tardía de cuerdas vocales trasintubación endotraqueal por neumonía COVID-19”, *Revista Española de Anestesiología y Reanimación*, vol. 69, nº 2, p. 105–108, fev. 2022, doi: 10.1016/j.redar.2020.11.010.
- [45] G. C. De Carvalho *et al.*, “Tracheal Hematoma after Orotracheal Intubation: A Case Report”, *IJRHS*, vol. 8, nº 3, p. 22–24, dez. 2020, doi: 10.5530/ijrhs.8.3.1.
- [46] E. Hernández-García *et al.*, “Laryngotracheal Complications after Intubation for COVID-19: A Multicenter Study”, *Life*, vol. 13, nº 5, p. 1207, maio 2023, doi: 10.3390/life13051207.
- [47] P. A. Tavares *et al.*, “Intubação orotraqueal: práticas clínicas para minimização de complicações”, *RSD*, vol. 11, nº 11, p. e388111133829, ago. 2022, doi: 10.33448/rsd-v11i11.33829.
- [48] T. Tikka e O. J. Hilmi, “Upper airway tract complications of endotracheal intubation”, *Br J Hosp Med*, vol. 80, nº 8, p. 441–447, ago. 2019, doi: 10.12968/hmed.2019.80.8.441.
- [49] T. W. Anabah, S. Kampo, e A. Arredondo, “A Rare Complication: Tracheal Laceration after Routine Intubation at the Tamale Teaching Hospital”, *gcps*, vol. 5, nº 1, p. 39–41, jul. 2022, doi: 10.60014/pmjpg.v5i1.96.
- [50] A. De Gasperi, F. Porta, e E. Mazza, “Video Laryngoscope: A Review of the Literature”, em *Topical Issues in Anesthesia and Intensive Care*, D. Chiumello, Org., Cham: Springer International Publishing, 2016, p. 35–54. doi: 10.1007/978-3-319-31398-6\_2.
- [51] A. A. Touman e G. K. Stratakos, “Long-Term Complications of Tracheal Intubation”, em *Tracheal Intubation*, R. H. Erbay, Org., InTech, 2018. doi: 10.5772/intechopen.74160.
- [52] N. Tsunoda e T. Asai, “A double-curved tube for McGrath® MAC videolaryngoscope-guided tracheal intubation”, *British Journal of Anaesthesia*, vol. 128, nº 1, p. e14–e16, jan. 2022, doi: 10.1016/j.bja.2021.09.033.
- [53] A. T. Kothekar, A. V. Joshi, e A. S. Wajekar, “Videolaryngoscopy: Channelizing through Intensive Care Unit Intubations”, *Indian Journal of Critical Care Medicine*, vol. 27, nº 2, p. 85–86, jan. 2023, doi: 10.5005/jp-journals-10071-24409.
- [54] S. Myatra, A. Patwa, e J. Divatia, “Videolaryngoscopy for all intubations: Is direct laryngoscopy obsolete?”, *Indian J Anaesth*, vol. 66, nº 3, p. 169, 2022, doi: 10.4103/ija.ija\_234\_22.
- [55] V. Russotto *et al.*, “Efficacy and adverse events profile of videolaryngoscopy in critically ill patients: subanalysis of the INTUBE study”, *British Journal of Anaesthesia*, vol. 131, nº 3, p. 607–616, set. 2023, doi: 10.1016/j.bja.2023.04.022.
- [56] Dr. A. A. Rageh, “The future of anaesthesia robotics and artificial Intelligence: Will computers take over from doctors?”, *Int. J. Med. Anesthesiology*, vol. 6, nº 2, p. 21–23, abr. 2023, doi: 10.33545/26643766.2023.v6.i2a.390.
- [57] X. Wang *et al.*, “An original design of remote robot-assisted intubation system”, *Sci Rep*, vol. 8, nº 1, p. 13403, set. 2018, doi: 10.1038/s41598-018-31607-y.

- [58] D. Gao, Z. Liu, e Q. Wang, “Researches Advanced in Intubation Based on SLAM”, *TNS*, vol. 5, nº 1, p. 172–177, maio 2023, doi: 10.54254/2753-8818/5/20230373.
- [59] J. M. Alonso, J. Lipman, e K. Shekar, “A novel barrier device and method for protection against airborne pathogens during endotracheal intubation”, *European Journal of Anaesthesiology*, vol. 39, nº 11, p. 900–903, nov. 2022, doi: 10.1097/EJA.0000000000001731.
- [60] T. Fonternel, H. Van Rooyen, G. Joubert, e E. Turton, “Evaluating the Usability of a 3D-Printed Video Laryngoscope for Tracheal Intubation of a Manikin”, *MDER*, vol. Volume 16, p. 157–165, jun. 2023, doi: 10.2147/MDER.S405833.
- [61] B. Araújo, G. Bellía-Munzón, J. I. Bousquet, e É. B. Hermida, “Advantages of FDM and gamma irradiation to manufacture personalized medical devices for airway obstructions”, *Front. Bioeng. Biotechnol.*, vol. 11, p. 1148295, jun. 2023, doi: 10.3389/fbioe.2023.1148295.
- [62] R. Shaylor, E. Golden, O. Goren, V. Verenkin, e B. Cohen, “Development and Validation of a Hybrid Bronchoscopy Trainer Using Three-Dimensional Printing”, *Sim Healthcare*, vol. 19, nº 1, p. 52–55, fev. 2024, doi: 10.1097/SIH.0000000000000687.
- [63] D. Demirel *et al.*, “Virtual Airway Skills Trainer (VAST) Simulator”, 2016.
- [64] D. Berard *et al.*, “Novel expandable architected breathing tube for improving airway securement in emergency care”, *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, vol. 114, p. 104211, fev. 2021, doi: 10.1016/j.jmbbm.2020.104211.
- [65] S. Singh *et al.*, “Advancements in Simulation Based Learning: Enhancing Clinical Competencies in Medical Education”, em *New Visions in Medicine and Medical Science Vol. 8*, Dr. J. Hussaini, Org., B P International, 2024, p. 119–138. doi: 10.9734/bpi/nvmms/v8/305.
- [66] Maurya, Indubala, Ahmed, Syed M., e Garg, Rakesh, “Use of Simulation-Based Mastery Learning Curriculum to Improve Difficult Conversation Skills Among Anesthesiologists: A Pilot Study”, *JEPM*, vol. 25, nº 3, set. 2023, doi: 10.46374/VolXXV\_Issue3\_Phillips.
- [67] Wan Ahmad Yusmawiza e Aesyah Mohd, “Endotracheal Cuff System Performance Enhancement through Product Design and Development Methodologies”, *ARAM*, vol. 109, nº 1, p. 53–59, out. 2023, doi: 10.37934/aram.109.1.5359.
- [68] P. Breedon, F. Siena, e J. Armstrong, “Tracheal intubation: Improving first pass success with smart material solutions”, *JHD*, vol. 2, nº 3, p. 15–18, set. 2017, doi: 10.21853/JHD.2017.29.
- [69] T. Dbouk e D. Drikakis, “Endotracheal Tubes Design: The Role of Tube Bending”, *Symmetry*, vol. 13, nº 8, p. 1503, ago. 2021, doi: 10.3390/sym13081503.
- [70] I. Opolski, S. D. R. Sousa, e C. Franck, “Analysis of the 3D printing open-source video laryngoscope for orotracheal intubation”, *JMV*, vol. 4, nº 1, p. 10–17, mar. 2023, doi: 10.53097/JMV.10070.
- [71] J. B. Hyman e W. H. Rosenblatt, “Awake Intubation Techniques, and Why It Is Still an Important Skill to Master”, *Curr Anesthesiol Rep*, vol. 12, nº 3, p. 382–389, mar. 2022, doi: 10.1007/s40140-022-00529-x.
- [72] J. Schavone e E. Rozanski, “Alternative Methods of Augmented Ventilation”, em *Advanced Monitoring and Procedures for Small Animal Emergency and Critical Care*, 1º ed, J. M. Burkitt Creedon e H. Davis, Orgs., Wiley, 2023, p. 427–430. doi: 10.1002/9781119581154.ch33.

- [73] S. Ramkiran e P. U. Bidkar, “Unconventional Intubation Techniques”, em *The Airway Manual*, R. S. Ubaradka, N. Gupta, P. U. Bidkar, D. K. Tripathy, e A. Gupta, Orgs., Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, p. 355–371. doi: 10.1007/978-981-19-4747-6\_22.
- [74] D. Sing, D. D. Cummins, S. Burch, e A. A. Theologis, “Computer-assisted Navigation in Lumbar Spine Instrumented Fusions: Comparison of In-hospital and 30-Day Postoperative Complications With Nonnavigated Fusions in a National Database”, *J Am Acad Orthop Surg*, vol. 31, n° 17, p. e638–e644, set. 2023, doi: 10.5435/JAAOS-D-22-01207.
- [75] D. Lederman, “An Artificial Intelligence System for Endotracheal Intubation Confirmation”, em *Proceedings of the 22nd Engineering Applications of Neural Networks Conference*, vol. 3, L. Iliadis, J. Macintyre, C. Jayne, e E. Pimenidis, Orgs., em *Proceedings of the International Neural Networks Society*, vol. 3. , Cham: Springer International Publishing, 2021, p. 133–140. doi: 10.1007/978-3-030-80568-5\_11.
- [76] S. Hellman, P. H. Frisch, e P. Booth, “Medical Devices: Responding to a Crisis with 3D Printing, Design, Engineering, and Production”, em *Leveraging Technology as a Response to the COVID Pandemic*, 1° ed, New York: Productivity Press, 2022, p. 97–120. doi: 10.4324/b23264-7.
- [77] P. M. Cabacungan *et al.*, “Design and Development of A-vent: A Low-Cost Ventilator with Cost-Effective Mobile Cloud Caching and Embedded Machine Learning”, em *2021 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP)*, Jeju, Korea, Republic of: IEEE, ago. 2021, p. 1–8. doi: 10.1109/TENSYP52854.2021.9550920.
- [78] K. Roubik, V. Ort, L. Horakova, e S. Walzel, “Novel design of inspiratory flow generation and gas mixing for critical care ventilators suitable for rapid production and mass casualty incidents”, *Sci Rep*, vol. 13, n° 1, p. 7153, maio 2023, doi: 10.1038/s41598-023-34300-x.
- [79] J. Buytaert *et al.*, “The HEV Ventilator: at the interface between particle physics and biomedical engineering”, *R. Soc. open sci.*, vol. 9, n° 3, p. 211519, mar. 2022, doi: 10.1098/rsos.211519.
- [80] Padmavati M Koujalagi, Rajrajeshwari P Shivapur, Sharanbasav I Marihal, e Shreya Dugani, “Development of Battery Operated Portable Ventilator Using AMBU Bag for Emergency Oxygen Supply”, *IJETMS*, p. 342–347, jul. 2022, doi: 10.46647/ijetms.2022.v06i04.0056.
- [81] G. J. Choi e H. Kang, “The umbrella review: a useful strategy in the rain of evidence”, *Korean J Pain*, vol. 35, n° 2, p. 127–128, abr. 2022, doi: 10.3344/kjp.2022.35.2.127.
- [82] K. S. Khan e J. Zamora, “Review of systematic reviews”, em *Systematic Reviews to Support Evidence-Based Medicine*, 3° ed, Boca Raton: CRC Press, 2022, p. 93–98. doi: 10.1201/9781003220039-8.
- [83] R. Cant, C. Ryan, e M. A. Kelly, “A nine-step pathway to conduct an umbrella review of literature”, *Nurse Author & Editor*, vol. 32, n° 2, p. 31–34, jun. 2022, doi: 10.1111/nae2.12039.
- [84] K. Hatzikiriakidis *et al.*, “A rapid umbrella review of the literature surrounding the provision of patient-centred end-of-life care”, *Palliat Med*, vol. 37, n° 8, p. 1079–1099, set. 2023, doi: 10.1177/02692163231183007.

- [85] M. Amri, A. Chatur, e P. O'Campo, "An umbrella review of intersectoral and multisectoral approaches to health policy", *Social Science & Medicine*, vol. 315, p. 115469, dez. 2022, doi: 10.1016/j.socscimed.2022.115469.
- [86] T. Tsuge *et al.*, "Reporting and methodological qualities of systematic reviews in rehabilitation journals following an update of the PRISMA 2020 statement: A cross-sectional meta-epidemiological study", 6 de maio de 2024. doi: 10.31219/osf.io/uzq7a.
- [87] A. M. Methley, S. Campbell, C. Chew-Graham, R. McNally, e S. Cheraghi-Sohi, "PICO, PICOS and SPIDER: a comparison study of specificity and sensitivity in three search tools for qualitative systematic reviews", *BMC Health Services Research*, vol. 14, n° 1, p. 579, dez. 2014, doi: 10.1186/s12913-014-0579-0.
- [88] M. J. Page *et al.*, "The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews", *International Journal of Surgery*, vol. 88, p. 105906, abr. 2021, doi: 10.1016/j.ijso.2021.105906.
- [89] S. Mickenautsch e V. Yengopal, "Accuracy of 'high-quality' rating using the AMSTAR 2 tool for systematic reviews of prospective, controlled, clinical therapy trials. An empirical investigation (Protocol)", 27 de dezembro de 2023. doi: 10.21203/rs.3.rs-3806793/v1.
- [90] I. N. Kumar e A. Mathew, "AMSTAR-2 checklist-based quality assessment of systematic reviews on general physiotherapy treatments indexed in Medline: A cross-sectional study", *JSIP*, vol. 8, n° 1, p. 26–31, jan. 2024, doi: 10.4103/jsip.jsip\_21\_23.
- [91] K. Shimada, R. Inokuchi, M. Iwagami, M. Tanaka, e N. Tamiya, "Comparison of Postextubation Complications Between Positive-Pressure and Suctioning Techniques: A Systematic Review.", *Respir Care*, vol. 68, n° 3, p. 429–436, mar. 2023, doi: 10.4187/respcare.10326.
- [92] J. Zheng, L. Du, B. Du, W. Zhang, L. Zhang, e G. Chen, "Airway nerve blocks for awake tracheal intubation: A meta-analysis of randomized control trials and trial sequential analysis.", *J Clin Anesth*, vol. 88, p. 111122, set. 2023, doi: 10.1016/j.jclinane.2023.111122.
- [93] M. Gupta, R. Rohilla, P. Gupta, H. Tamilchelvan, U. Joshi, e J. Kanwat, "Nebulized dexmedetomidine for attenuating hemodynamic response to laryngoscopy and endotracheal intubation in adult patients undergoing surgeries under general anaesthesia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials.", *BMC Anesthesiol*, vol. 23, n° 1, p. 406, dez. 2023, doi: 10.1186/s12871-023-02366-9.
- [94] L. D. White, R. A. Vlok, C. Y. Thang, D. H. Tian, e T. M. Melhuish, "Oxygenation during the apnoeic phase preceding intubation in adults in prehospital, emergency department, intensive care and operating theatre environments.", *Cochrane Database Syst Rev*, vol. 8, n° 8, p. CD013558, ago. 2023, doi: 10.1002/14651858.CD013558.pub2.
- [95] M. McIntyre, S. Doeltgen, N. Dalton, M. Koppa, e T. Chimunda, "Post-extubation dysphagia incidence in critically ill patients: A systematic review and meta-analysis.", *Aust Crit Care*, vol. 34, n° 1, p. 67–75, jan. 2021, doi: 10.1016/j.aucc.2020.05.008.
- [96] E. Tessarolo, H. Alkhouri, N. Lelos, P. Sarrami, e S. McCarthy, "Review article: Effectiveness and risks of cricoid pressure during rapid sequence induction for endotracheal intubation in the emergency department: A systematic review.", *Emerg Med Australas*, vol. 34, n° 4, p. 484–491, ago. 2022, doi: 10.1111/1742-6723.13993.

- [97] R. Hartrey, “MOVEMENT OF ORAL AND NASAL ENDOTRACHEAL TUBES AS A RESULT OF CHANGE IN HEAD AND NECK POSITION”:, *Anesthesiology*, vol. 81, n° SUPPLEMENT, p. A488, set. 1994, doi: 10.1097/00000542-199409001-00487.
- [98] G. Scannell, “Orotracheal Intubation in Trauma Patients With Cervical Fractures”, *Arch Surg*, vol. 128, n° 8, p. 903, ago. 1993, doi: 10.1001/archsurg.1993.01420200077014.
- [99] D. A. Guss e M. Posluszny, “Paramedic oro-tracheal intubation: A feasibility study”, *The American Journal of Emergency Medicine*, vol. 2, n° 5, p. 399–401, set. 1984, doi: 10.1016/0735-6757(84)90041-X.
- [100] E. M. Parker e A. C. Gielen, “Intimate Partner Violence and Safety Strategy Use: Frequency of Use and Perceived Effectiveness”, *Women’s Health Issues*, vol. 24, n° 6, p. 584–593, nov. 2014, doi: 10.1016/j.whi.2014.08.001.
- [101] A. Vergari, A. Polito, M. Musumeci, S. Palazzesi, e G. Marano, “Video-assisted oro-tracheal intubation in mice”, *Lab Anim*, vol. 37, n° 3, p. 204–206, jul. 2003, doi: 10.1258/002367703766453047.
- [102] G. Ponraj, C. J. Cai, e H. Ren, “Chip-Less Real-Time Wireless Sensing of Endotracheal Intubation Tubes by Printing and Mounting Conformable Antenna Tag”, *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 7, n° 2, p. 2369–2376, abr. 2022, doi: 10.1109/LRA.2022.3141664.
- [103] S. Turkeli *et al.*, “IoT-Enabled Design and Implementation of an Endotracheal Tube Cuff Pressure Controller Device”, *IEEE Access*, vol. 12, p. 32724–32738, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3371696.
- [104] G. L. Cuendet *et al.*, “Facial Image Analysis for Fully Automatic Prediction of Difficult Endotracheal Intubation”, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 63, n° 2, p. 328–339, fev. 2016, doi: Boehler.
- [105] Q. Boehler *et al.*, “REALITI: A Robotic Endoscope Automated via Laryngeal Imaging for Tracheal Intubation”, *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*, vol. 2, n° 2, p. 157–164, maio 2020, doi: 10.1109/TMRB.2020.2969291.
- [106] B. Zhao *et al.*, “Epithelial lining inspired protective shield for prolonged endotracheal intubation”, *Chemical Engineering Journal*, vol. 476, p. 146653, nov. 2023, doi: 10.1016/j.cej.2023.146653.