



**Escola Superior
de Tecnologia
da Saúde**

Politécnico de Coimbra

Joana Rodrigues Ferreira de Melo

CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DOS HUMIDIFICADORES USADOS EM VENTILOTERAPIA DOMICILIÁRIA

VOLUME 1

Dissertação no âmbito do Mestrado em Fisiologia Clínica -Especialização em
Fisiopatologia do Sono e Ventilação Não Invasiva orientada pelo Professor Doutor
Paulo Júlio Moreira Caseiro e apresentada à Escola Superior de Tecnologia da Saúde do
Politécnico de Coimbra.

Agosto de 2025



**Escola Superior
de Tecnologia
da Saúde**

Politécnico de Coimbra

Joana Rodrigues Ferreira de Melo

CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DOS HUMIDIFICADORES USADOS EM VENTILOTERAPIA DOMICILIÁRIA

VOLUME 1

Dissertação no âmbito do Mestrado em Fisiologia Clínica -Especialização em
Fisiopatologia do Sono e Ventilação Não Invasiva orientada pelo Professor Doutor
Paulo Júlio Moreira Caseiro e apresentada à Escola Superior de Tecnologia da Saúde do
Politécnico de Coimbra.

Agosto de 2025

Agradecimentos

A realização desta tese foi possível graças ao contributo generoso, dedicado e inestimável de várias pessoas, às quais expresso aqui a minha mais profunda gratidão.

Ao Professor Paulo Caseiro, orientador da presente dissertação, agradeço a disponibilidade demonstrada e a supervisão ao longo deste percurso académico.

Pela colaboração próxima, pelo apoio científico e pela articulação entre o meio académico e a realidade hospitalar, expresso o meu sincero reconhecimento à médica assistente de Pneumologia Catarina Guimarães, cuja participação foi fundamental para a viabilidade desta investigação.

À colega Célia Durães, parceira incansável de laboratório e de mestrado, expresso o meu profundo agradecimento pela partilha constante de trabalho, dúvidas, desafios e conquistas ao longo deste percurso.

No âmbito hospitalar, não posso deixar de expressar a minha gratidão à Sara Cardoso, Diretora do Programa de Prevenção e Controlo de Infecção e de Resistências a Antimicrobianos (PPCIRA), pelo aconselhamento técnico e científico na análise microbiológica dos dados. À Paula Mota, Diretora do Serviço de Patologia Clínica, agradeço pela disponibilidade e colaboração institucional.

Agradeço à Carina Ferreira, técnica coordenadora do serviço de Patologia Clínica, por todo o apoio prestado nas fases práticas do estudo, em particular na componente técnica de recolha de amostras, cuja colaboração foi essencial para o bom desenvolvimento deste projeto.

A todos, o meu mais sincero obrigado por terem feito parte deste caminho e contribuído, de forma distinta, para a construção e concretização desta tese.

Resumo

A ventiloterapia domiciliária é uma intervenção fundamental na gestão de diversas patologias respiratórias, incluindo a Síndrome da apneia obstrutiva do sono, a Síndrome de hipoventilação-obesidade e múltiplas formas de insuficiência respiratória crónica, como a doença pulmonar obstrutiva crónica e as doenças neuromusculares. Contudo, a utilização prolongada de dispositivos ventilatórios, como máscaras e humidificadores, pode favorecer a colonização microbiológica e, potencialmente, contribuir para eventos infecciosos.

O presente estudo teve como objetivos avaliar a prevalência de contaminação microbiológica em dispositivos de ventiloterapia domiciliária, identificar os microrganismos isolados, explorar os fatores associados à contaminação e investigar a sua relação com infeções respiratórias.

A amostra foi constituída por 100 doentes sob ventiloterapia domiciliária, distribuídos em dois grupos de acordo com a presença ou ausência de humidificador. Foram aplicados questionários relativos às práticas de higiene, características clínicas e sociodemográficas, complementados com inspeção visual dos dispositivos e colheita de amostras microbiológicas da máscara e do humidificador.

Os resultados revelaram uma elevada taxa de contaminação nos humidificadores (87,8%) e uma taxa moderada nas máscaras (28,0%). Foram isoladas 54 espécies bacterianas distintas, com predomínio de microbiota cutânea nas máscaras e de microbiota ambiental e oportunista nos humidificadores. Verificaram-se associações estatisticamente significativas entre a contaminação e variáveis como a frequência de troca da máscara, o estado visual do humidificador e a higiene da máscara.

Na análise global, não se observou uma associação estatisticamente significativa entre a contaminação microbiológica e a ocorrência de infeções respiratórias. No entanto, a análise dirigida ao subgrupo de doentes com doença pulmonar obstrutiva crónica revelou um dado particularmente relevante: a presença de contaminação em qualquer componente do circuito ventilatório associou-se de forma significativa à ocorrência de infeções respiratórias ($p = 0,024$), sugerindo uma maior vulnerabilidade deste grupo às

consequências clínicas da colonização microbiana. Para além desta evidência, a idade avançada, a utilização de máscara oronasal e o maior tempo de exposição à terapêutica ventilatória revelaram-se, de forma transversal, fatores significativamente associados à ocorrência de infeções respiratórias.

Este estudo aprofunda a caracterização da carga microbiológica associada à ventiloterapia domiciliária e identifica práticas de manutenção com potencial impacto na segurança clínica dos utilizadores. Os resultados evidenciam a importância de estratégias educativas orientadas para a prevenção da contaminação, especialmente em doentes mais vulneráveis, e sustentam a necessidade de recomendações específicas para a higienização adequada dos dispositivos ventilatórios em contexto domiciliário.

Palavras-Chave: Ventiloterapia domiciliária; Humidificador; Contaminação microbiológica; Práticas de higiene; Infeções respiratórias

Abstract

Home mechanical ventilation is a fundamental intervention in the management of various respiratory conditions, including obstructive sleep apnea syndrome, obesity hypoventilation syndrome, and several forms of chronic respiratory failure, such as chronic obstructive pulmonary disease and neuromuscular disorders. However, the prolonged use of ventilatory devices, such as masks and humidifiers, may promote microbial colonisation and potentially contribute to infectious events.

This study aimed to assess the prevalence of microbiological contamination in home ventilation devices, identify the isolated microorganisms, explore the factors associated with contamination, and investigate their relationship with respiratory infections.

A total of 100 patients undergoing home ventilation were included and divided into two groups according to the presence or absence of a humidifier. Data collection involved questionnaires on hygiene practices, clinical and sociodemographic characteristics, visual inspection of the devices, and microbiological sampling of both masks and humidifiers.

The results revealed a high contamination rate in humidifiers (87,8%) and a moderate rate in masks (28,0%). A total of 54 different bacterial species were isolated, with a predominance of skin microbiota in masks and environmental and opportunistic microbiota in humidifiers. Statistically significant associations were found between contamination and variables such as mask replacement frequency, the visual condition of the humidifier, and mask hygiene.

In the overall analysis, no statistically significant association was found between microbiological contamination and the occurrence of respiratory infections. However, the analysis focused on the subgroup of patients with chronic obstructive pulmonary disease revealed a particularly relevant finding: the presence of contamination in any component of the ventilatory circuit was significantly associated with the occurrence of respiratory infections ($p = 0,024$), suggesting a greater vulnerability of this group to the clinical consequences of microbial colonization. In addition to this evidence, advanced age, the use of oronasal masks, and longer exposure to ventilatory therapy emerged as significant risk factors for respiratory infections across the entire sample.

This study provides a detailed characterization of the microbiological burden associated with home mechanical ventilation and identifies maintenance practices with potential impact on patient safety. The findings highlight the importance of educational strategies aimed at preventing contamination, particularly in more vulnerable patients, and support the need for specific guidelines regarding the proper hygiene of ventilatory devices used in the home setting.

Keywords: Home mechanical ventilation; Humidifier; Microbiological contamination; Hygiene practices; Respiratory infections

Lista de Abreviaturas e Siglas

AASM – *American Academy of Sleep Medicine*

ATS – *American Thoracic Society*

CPAP – *Continuous Positive Airway Pressure* (Pressão positiva contínua nas vias aéreas)

CRD – Cuidados Respiratórios Domiciliários

CVF – Capacidade Vital Forçada

DGS – Direção-Geral da Saúde

DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica

ELA – Esclerose Lateral Amiotrófica

FQ – Fibrose Quística

GOLD – *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*

HME – *Heat and Moisture Exchanger* (Trocador de Calor e Humidade)

IAH – Índice de Apneia-Hipopneia

IMC – Índice de Massa Corporal

IRC – Insuficiência Respiratória Crónica

O₂ – Oxigénio

PAP – *Positive Airway Pressure* (Pressão Positiva nas Vias Aéreas)

PaCO₂ – Pressão Parcial de Dióxido de Carbono no Sangue Arterial

PIM – Pressão Inspiratória Máxima

REM – *Rapid Eye Movement* (Fase de sono de movimentos oculares rápidos)

SAS – Síndrome de Apneia do sono

SAOS – Síndrome de Apneia Obstrutiva do Sono

SHO – Síndrome de Hipoventilação-Obesidade

SpO₂ – Saturação periférica de oxigénio

VMD – Ventilação Mecânica Domiciliária

VNI – Ventilação Não Invasiva

ULSAA – Unidade Local de Saúde do Alto Ave

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Caracterização sociodemográfica da amostra de doentes em ventiloterapia domiciliária.	38
Tabela 2 - Caracterização habitacional da amostra de doentes em ventiloterapia domiciliária.	39
Tabela 3 - Caracterização da formação recebida pelos doentes em ventiloterapia domiciliária.	40
Tabela 4 - Caracterização clínica da amostra de doentes em ventiloterapia domiciliária.	41
Tabela 5 - Características clínicas segundo o motivo de início da ventiloterapia domiciliária.	42
Tabela 6 – Características do perfil de utilização da ventiloterapia domiciliária	43
Tabela 7 - Características da ventiloterapia segundo o motivo de início.	44
Tabela 8 - Características e práticas de higiene das máscaras utilizadas em ventiloterapia domiciliária.	45
Tabela 9 - Caracterização da utilização do humidificador e impacto clínico associado à sua introdução.	47
Tabela 10 - Caracterização das práticas de higiene e manutenção do humidificador.	48
Tabela 11 - Classificação da adequação das práticas de higiene e manutenção dos dispositivos.	49
Tabela 12 - Estado visual e contaminação microbiológica das máscaras utilizadas na ventiloterapia.	50
Tabela 13 - Estado visual e contaminação microbiológica dos humidificadores.	52
Tabela 14 - Distribuição dos microrganismos isolados segundo o tipo de interface.	57
Tabela 15 - Associação entre variáveis sociodemográficas, ambientais e clínicas e a presença de contaminação microbiológica da máscara, segundo o uso de humidificador.	60
Tabela 16 - Associação entre variáveis sociodemográficas, ambientais e clínicas e a presença de contaminação microbiológica do humidificador.	61
Tabela 17 – Práticas de higiene e substituição da máscara segundo a presença de contaminação microbiológica, em doentes com e sem humidificador.	62
Tabela 18 - Associação entre variáveis de higiene do humidificador e contaminação microbiológica.	65
Tabela 19 - Frequência de sintomas respiratórios e sistémicos referidos pelos participantes.	66
Tabela 20 - Ocorrência de eventos clínicos relacionados com infeção respiratória.	67
Tabela 21 - Associação entre contaminação microbiológica da máscara e variáveis clínicas e vacinais, em participantes com e sem humidificador.	68
Tabela 22 - Associação entre variáveis clínicas e a contaminação microbiológica do humidificador.	68
Tabela 23- Associação entre características clínicas e da ventiloterapia e a ocorrência de infeções respiratórias.	69
Tabela 24 - Características clínicas e ocorrência de infeções respiratórias segundo o motivo de início da ventiloterapia.	71
Tabela 25 - Associação entre contaminação microbiológica dos dispositivos e infeção respiratória nos doentes com DPOC.	72
Tabela 26 - Associação entre práticas de higiene da máscara e a ocorrência de infeções respiratórias.	73
Tabela 27 - Associação entre práticas de manutenção da água do humidificador e a ocorrência de infeções respiratórias.	74

Tabela 28 - Associação entre práticas de higiene do humidificador e a ocorrência de infeções respiratórias.

..... 75

Lista de Figuras

Figura 1 - Recomendações de limpeza e manutenção dos componentes dos dispositivos de pressão positiva nas vias aéreas (PAP).	19
Figura 2 - <i>Directed Acyclic Graph (DAG)</i> representando as possíveis relações causais e de confundimento entre as variáveis em estudo.	36
Figura 3 - Exemplos de máscaras classificadas como “muito sujas” na inspeção visual	51
Figura 4 - Exemplos de humidificadores classificados como “muito sujos” na inspeção visual	53
Figura 5 - Frequência dos microrganismos isolados das máscaras de doentes sem humidificador, segundo o estado de contaminação microbiológica.	54
Figura 6 - Frequência dos microrganismos isolados as máscaras de doentes com humidificador, segundo o estado de contaminação microbiológica.	55
Figura 7 - Frequência dos microrganismos isolados nos humidificadores	58
Figura 8 - Proporção de contaminação microbiológica da máscara por frequência de substituição, nos doentes com humidificador.	63

Índice

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	ENQUADRAMENTO TEÓRICO	3
2.1.	VENTILOTERAPIA DOMICILIÁRIA: CONCEITOS E APLICAÇÕES	3
2.1.1.	<i>SAOS: Fisiopatologia e Abordagem Terapêutica com CPAP</i>	<i>3</i>
2.1.2.	<i>Ventiloterapia na Insuficiência Respiratória Crónica</i>	<i>5</i>
2.1.3.	<i>Ventilação domiciliária: Benefícios e Desafios</i>	<i>8</i>
2.2.	HUMIDIFICAÇÃO NA VENTILOTERAPIA DOMICILIÁRIA	10
2.2.1.	<i>Humidificação: Impacto Fisiológico e Clínico</i>	<i>10</i>
2.2.2.	<i>Humidificação e CPAP: Papel na Adesão Terapêutica</i>	<i>12</i>
2.2.3.	<i>Tipos de Humidificadores: Passivos vs. Ativos</i>	<i>13</i>
2.3.	CONTAMINAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE VENTILAÇÃO DOMICILIÁRIA	13
2.3.1.	<i>Mecanismos de contaminação</i>	<i>13</i>
2.3.2.	<i>Contaminação Interna e do Percurso do Fluxo de Ar</i>	<i>15</i>
2.3.3.	<i>Contaminação dos humidificadores</i>	<i>15</i>
2.3.4.	<i>Inativação Microbiana: O Papel do Fluxo de Ar e das Condições Físico-Químicas</i>	<i>16</i>
2.4.	RECOMENDAÇÕES SOBRE HIGIENE E MANUTENÇÃO DOS DISPOSITIVOS	17
2.4.1.	<i>Contaminação dos dispositivos médicos e risco infeccioso</i>	<i>17</i>
2.4.2.	<i>Higienização na prática clínica e evidência científica</i>	<i>18</i>
2.4.3.	<i>Recomendações específicas por componente</i>	<i>19</i>
2.5.	CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA E HUMIDIFICAÇÃO: EVIDÊNCIA CLÍNICA	21
2.5.1.	<i>Ausência de Evidência para Risco Clínico Significativo</i>	<i>22</i>
2.5.2.	<i>Evidência de Risco Infeccioso</i>	<i>25</i>
2.6.	ESTADO ATUAL DA EVIDÊNCIA E JUSTIFICAÇÃO DO ESTUDO	27
3.	METODOLOGIA	29
3.1.	TIPO DE ESTUDO E OBJETIVOS	29
3.2.	POPULAÇÃO E AMOSTRA	30
3.3.	INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DE RECOLHA DE DADOS	31
3.3.1.	<i>Questionário e inspeção visual dos dispositivos</i>	<i>31</i>
3.3.2.	<i>Crítérios de categorização das variáveis</i>	<i>33</i>
3.3.3.	<i>Procedimento de Colheita Microbiológica e Análise Laboratorial</i>	<i>34</i>
3.4.	ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
3.5.	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS	37
4.	RESULTADOS	38

4.1.	CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO EM ESTUDO	38
4.1.1.	<i>Caracterização sociodemográfica e habitacional</i>	38
4.1.2.	<i>Perfil clínico e fatores de risco associados</i>	40
4.1.3.	<i>Características da ventiloterapia</i>	42
4.2.	HIGIENIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS: PRÁTICAS E FREQUÊNCIA	44
4.2.1.	<i>Higiene da máscara e componentes</i>	44
4.2.2.	<i>Utilização do humidificador e características associadas</i>	46
4.2.3.	<i>Avaliação global das práticas de higiene</i>	49
4.3.	CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA EM VENTILOTERAPIA DOMICILIÁRIA	49
4.3.1.	<i>Frequência e grau de contaminação das máscaras</i>	49
4.3.2.	<i>Frequência e grau de contaminação dos humidificadores</i>	52
4.4.	IDENTIFICAÇÃO MICROBIOLÓGICA: MICRORGANISMOS ISOLADOS	54
4.4.1.	<i>Microrganismos isolados nas máscaras</i>	54
4.4.2.	<i>Diversidade microbiana segundo o tipo de máscara</i>	56
4.4.3.	<i>Microrganismos isolados nos humidificadores</i>	57
4.5.	FATORES ASSOCIADOS À CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA	59
4.5.1.	<i>Contaminação microbiológica e características sociodemográficas e da terapêutica ventilatória</i>	59
4.5.2.	<i>Impacto das práticas de higiene da máscara na contaminação microbiológica</i>	61
4.5.3.	<i>Fatores de contaminação microbiológica associados à utilização do humidificador</i>	64
4.6.	INFECÇÕES RESPIRATÓRIAS: CONTAMINAÇÃO E FATORES INTERVENIENTES	66
4.6.1.	<i>Caracterização das infeções respiratórias e sintomatologia referida</i>	66
4.6.2.	<i>Associação entre contaminação microbiológica e a ocorrência de infeções respiratórias</i>	67
4.6.3.	<i>Fatores associados à ocorrência de infeções respiratórias</i>	69
4.6.3.1.	<i>Características clínicas e de adesão à terapêutica</i>	69
4.6.3.2.	<i>Práticas de higiene e manutenção dos dispositivos</i>	72
5.	DISCUSSÃO	77
6.	CONCLUSÃO	93
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1. Introdução

A ventiloterapia domiciliária representa uma abordagem terapêutica essencial na gestão de diversas doenças respiratórias crónicas, como a Síndrome de Apneia Obstrutiva do Sono (SAOS), a Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica (DPOC), doenças neuromusculares e outras causas de insuficiência respiratória crónica. Esta modalidade tem vindo a assumir um papel progressivamente mais relevante, não apenas pelos benefícios comprovados na melhoria da qualidade de vida, mas também pelo seu impacto positivo na redução da morbilidade, da mortalidade e da frequência de internamentos hospitalares (Windisch *et al.*, 2005).

Entre as estratégias terapêuticas disponíveis, destacam-se duas abordagens amplamente utilizadas em contexto domiciliário: a pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) e a pressão positiva binível. Embora o CPAP não seja convencionalmente classificado como um modo ventilatório, dado que não fornece suporte inspiratório, a Conferência Internacional de Consenso de 2001 (Rganized *et al.*, 2001) definiu a ventilação não invasiva com pressão positiva como qualquer forma de suporte ventilatório administrada sem recurso à intubação endotraqueal, incluindo, nessa definição, a utilização de CPAP.

A crescente sofisticação tecnológica dos dispositivos ventilatórios e a melhoria dos modelos de monitorização remota contribuíram decisivamente para a expansão desta terapêutica. No entanto, com o aumento do número de utilizadores, têm emergido preocupações relevantes em torno da segurança dos equipamentos, particularmente no que respeita à sua higienização e ao risco de contaminação microbiológica dos seus componentes (Qu *et al.*, 2022).

A utilização de humidificadores, integrados ou acoplados aos dispositivos ventilatórios, é uma prática amplamente difundida, essencialmente com o objetivo de melhorar o conforto e mitigar os efeitos adversos do ar seco pressurizado. Contudo, estas câmaras de água representam um potencial reservatório de microrganismos, sobretudo quando as práticas de manutenção e higienização não são devidamente cumpridas. A formação de biofilmes e a utilização de água não esterilizada podem comprometer a segurança da terapêutica, favorecendo a colonização e eventual infeção respiratória (Esquinas Rodriguez *et al.*, 2011).

Apesar destas preocupações, a literatura científica nesta área continua escassa e pouco sistematizada, sobretudo no que respeita à realidade dos cuidados domiciliários. A maioria dos estudos foca-se exclusivamente em doentes com SAOS sob tratamento com CPAP, negligenciando os utilizadores sob terapia binível, uma população que frequentemente apresenta quadros clínicos mais complexos, com maior vulnerabilidade a infeções e padrões ventilatórios distintos, que podem influenciar o risco e o tipo de contaminação dos equipamentos.

A inclusão, no presente estudo, de doentes sob pressão positiva nas vias aéreas, incluindo CPAP e binível constitui um elemento diferenciador de particular interesse. A análise comparativa destes dois grupos permitirá uma avaliação mais abrangente e representativa da realidade portuguesa, atendendo à diversidade das indicações clínicas, perfis de risco e práticas de utilização dos dispositivos de pressão positiva.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a prevalência e o perfil microbiológico da contaminação dos humidificadores utilizados em ventiloterapia domiciliária, explorando também a eventual associação com a ocorrência de infeções respiratórias. Adicionalmente, procura-se investigar o papel de fatores como as práticas de higiene, as características dos dispositivos e o estado clínico dos doentes na presença de contaminação microbiológica.

Ao fornecer dados atualizados e contextualizados sobre a carga microbiana nos humidificadores, esta investigação poderá contribuir para a elaboração de recomendações mais eficazes de manutenção e higienização dos dispositivos de pressão positiva, promovendo uma terapêutica mais segura, eficaz e sustentada.

2. Enquadramento teórico

2.1. Ventiloterapia Domiciliária: Conceitos e Aplicações

A ventiloterapia domiciliária é uma intervenção terapêutica essencial no tratamento de diversas patologias respiratórias crónicas, visando melhorar a qualidade de vida dos doentes e reduzir a morbilidade associada. A sua utilização é regulamentada por diretrizes nacionais e internacionais que definem critérios específicos para a sua prescrição e monitorização (Windisch, 2008).

Em Portugal, a Direção-Geral da Saúde (DGS) que regula a prescrição desta modalidade terapêutica através da Norma n.º 022/2011, atualizada em 2015, define que a ventiloterapia está indicada na Síndrome de apneia do sono (SAS), na Síndrome de hipoventilação-obesidade (SHO), na insuficiência respiratória crónica (IRC) por deformidade da caixa torácica e doenças neuromusculares e, também, na IRC de causa pulmonar (DGS, 2015).

2.1.1. SAOS: Fisiopatologia e Abordagem Terapêutica com CPAP

A Síndrome de Apneia Obstrutiva do Sono (SAOS) caracteriza-se por episódios recorrentes de colapso parcial ou total das vias aéreas superiores durante o sono, resultando em pausas respiratórias, hipoxemia intermitente e fragmentação do sono. A recorrência destes eventos respiratórios não compromete apenas a qualidade do sono, mas também tem repercussões sistémicas importantes, estando associada a um maior risco de complicações cardiovasculares, hipertensão arterial e aumento da sonolência diurna excessiva (Somers *et al.*, 2008; Tietjens *et al.*, 2019).

Dada a sua elevada prevalência, a SAOS constitui um problema de saúde pública de grande relevância. Estima-se que afete aproximadamente 1 bilhão de adultos entre os 30 e 69 anos a nível global, dos quais cerca de 425 milhões apresentam formas moderadas a graves da doença. Em Portugal, a SAOS impacta entre 12,5% a 17% de adultos nesta faixa etária, reforçando a necessidade do diagnóstico precoce e de uma intervenção terapêutica eficaz (Benjafield *et al.*, 2019). A prevalência desta condição não é uniforme, sendo influenciada

por fatores como sexo, idade e a presença de condições predisponentes, nomeadamente obesidade e alterações anatómicas da via aérea superior (Heinzer *et al.*, 2015).

O tratamento de eleição para a SAOS é a ventiloterapia por pressão positiva contínua (CPAP), amplamente recomendada como primeira linha terapêutica. A sua aplicação é realizada através de uma máscara nasal ou oronasal que atua fornecendo uma pressão positiva constante, mantendo a permeabilidade das vias aéreas superiores durante o sono, prevenindo o colapso da orofaringe e reduzindo a ocorrência de eventos respiratórios (Patil *et al.*, 2019).

A terapia com CPAP demonstra uma eficácia significativa na redução da sonolência diurna excessiva, promovendo melhorias na atenção, no desempenho cognitivo e na qualidade do sono (Javaheri *et al.*, 2020; Weaver *et al.*, 2007). A nível cardiovascular, a sua utilização está associada à redução da pressão arterial, à diminuição do risco de eventos cardiovasculares graves, como enfarte agudo do miocárdio e acidente vascular cerebral, e à melhoria da função cardíaca em doentes com insuficiência cardíaca (Bakker *et al.*, 2014; Marin *et al.*, 2005). Contribui também para a melhoria da sensibilidade à insulina e da regulação da glicose (Loke *et al.*, 2012) e tem um impacto positivo na função cognitiva e no humor, refletindo-se numa redução dos sintomas depressivos e num possível efeito neuroprotetor em indivíduos com défices cognitivos pré-existentes (Campos-Rodriguez *et al.*, 2005). Globalmente, a adesão a esta terapêutica está diretamente associada a uma melhoria significativa da qualidade de vida, tanto a nível físico como mental (Weaver *et al.*, 2007).

A decisão terapêutica relativa ao início de CPAP é baseada no diagnóstico realizado através de polissonografia ou estudo cardiorrespiratório do sono, sendo esta uma exigência obrigatória para a prescrição do tratamento. O diagnóstico e a prescrição inicial são da responsabilidade de especialistas em Medicina do Sono que asseguram a correta avaliação clínica e a seleção da terapêutica mais adequada para cada doente. A eficácia da ventiloterapia depende não apenas da prescrição correta, mas também da utilização adequada do dispositivo e da adesão ao tratamento. Para que a terapêutica seja considerada eficaz, o doente deve cumprir um mínimo de 4 horas/noite de utilização, em pelo menos 70% das noites (DGS, 2015).

Embora a SAOS seja o distúrbio respiratório do sono mais prevalente, um subgrupo de doentes, particularmente aqueles que apresentam obesidade significativa, pode apresentar hipoventilação sustentada, caracterizando a Síndrome de Hipoventilação-Obesidade (SHO). Esta condição é definida pela tríade de obesidade ($\text{IMC} \geq 30 \text{ kg/m}^2$), hipercapnia diurna ($\text{PaCO}_2 \geq 45 \text{ mmHg}$) e distúrbio respiratório do sono, na ausência de outras causas de hipoventilação alveolar. Estima-se que aproximadamente 90% dos doentes com SHO apresentem concomitantemente SAOS, sendo que cerca de 70% possuem formas graves desta patologia (Índice de Apneia-Hipopneia (IAH) ≥ 30 eventos/hora). A fisiopatologia da SHO envolve alterações mecânicas na ventilação associadas à obesidade, redução da resposta ventilatória central e hipoventilação durante o sono, especialmente em sono REM. O tratamento de primeira linha consiste no CPAP indicado nos casos de SHO com SAOS grave predominante, enquanto a ventilação em modo binível é preferida para doentes com hipoventilação significativa e menor carga de eventos obstrutivos, demonstrando superioridade na correção da hipercapnia e estabilização da função respiratória (Masa *et al.*, 2019).

2.1.2. Ventiloterapia na Insuficiência Respiratória Crónica

A ventilação não invasiva (VNI) consiste na aplicação de suporte ventilatório sem recorrer a métodos invasivos, como a intubação endotraqueal, facilitando as trocas gasosas e aliviando o trabalho respiratório. A VNI tem demonstrado eficácia em diversas condições clínicas, especialmente naquelas que cursam com hipoventilação alveolar crónica (DGS, 2015).

No contexto dos Cuidados Respiratórios Domiciliários (CRD), a VNI é frequentemente referida como ventilação mecânica domiciliária (VMD). Este tratamento de longa duração é direcionado a pacientes estáveis que apresentam hipoventilação alveolar noturna ou permanente, com o objetivo de corrigir a hipoventilação, melhorar a qualidade de vida e aumentar a sobrevida. A VNI é tipicamente administrada através de ventiladores biníveis ou híbridos, utilizando interfaces como máscaras faciais, nasais ou peças bucais (DGS, 2015).

Nos últimos anos, o número de doentes sob esta terapêutica ventilatória tem vindo a aumentar a nível global, refletindo uma maior acessibilidade à terapêutica e o avanço das

indicações clínicas. De acordo com o estudo EUROVENT, realizado em 2005, a prevalência de doentes sob VNI nos países europeus foi estimada em 6,6 por 100.000 habitantes, com valores que variam entre 0,1 e 17 por 100.000 habitantes, sendo as doenças neuromusculares e as doenças pulmonares/obstrutivas as indicações mais comuns para esta modalidade terapêutica (Lloyd-Owen *et al.*, 2005).

Em Portugal, à semelhança do que se verifica em outros países, a utilização de ventiloterapia tem vindo a aumentar progressivamente, refletindo-se no crescimento do número de doentes ventilados e na diversificação dos centros prescritores. No entanto, a organização e os recursos disponíveis para a prestação destes cuidados apresentam uma grande heterogeneidade, com discrepâncias na infraestrutura, na qualificação das equipas médicas e na monitorização dos doentes. A ausência de um registo nacional estruturado dificulta a uniformização das práticas e a avaliação da eficácia da terapêutica. Apesar disso, observa-se uma tendência para o reforço da especialização dos centros de VNI, com a implementação de protocolos assistenciais e uma maior integração com programas de cuidados domiciliários hospitalares (Mineiro *et al.*, 2020).

Entre as indicações para a implementação de ventiloterapia em doentes com IRC destacam-se as doenças restritivas não parenquimatosas, como doenças neuromusculares, deformidades da caixa torácica e lesões vertebro-medulares, na presença de sintomas de hipoventilação e critérios fisiopatológicos específicos, como $\text{PaCO}_2 > 45$ mmHg ou dessaturação noturna com $\text{SpO}_2 < 88\%$ por mais de 5 minutos consecutivos. Nas doenças neuromusculares de progressão rápida, a ventiloterapia deve ser considerada quando a capacidade vital forçada (CVF) for inferior a 50% do valor previsto ou a pressão inspiratória máxima (PIM) for inferior a 60 cmH₂O, independentemente dos valores de PaCO_2 (Porte, 1999). No caso específico da esclerose lateral amiotrófica (ELA), a terapêutica ventilatória é recomendada quando a CVF atinge ou é inferior a 70% do valor previsto. A maioria dos doentes com ELA desenvolve insuficiência respiratória ao longo da progressão da doença, sendo que a introdução precoce de ventilação tem demonstrado benefícios significativos, nomeadamente no aumento da sobrevida, na redução de hospitalizações, no alívio dos sintomas e na melhoria da qualidade de vida (Bach, 2002; Bourke *et al.*, 2006).

A DPOC é uma das principais causas de ventiloterapia domiciliária, especialmente em doentes com insuficiência respiratória crónica hipercápnica. Segundo a *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* (GOLD), estima-se que a prevalência global da DPOC seja de 10,3% em adultos entre os 30 e os 79 anos, com tendência crescente devido ao aumento do tabagismo e ao envelhecimento populacional, representando uma das três principais causas de morte mundial (GOLD, 2022).

A DPOC é uma patologia heterogénea, caracterizada pela presença de sintomas respiratórios crónicos, incluindo dispneia, tosse, produção de expetoração e/ou episódios de exacerbação, resultantes de alterações estruturais das vias aéreas (bronquite crónica, bronquiolite) e/ou dos alvéolos pulmonares (enfisema). Estas alterações conduzem a uma limitação persistente e frequentemente progressiva do fluxo aéreo comprometendo a função respiratória e a qualidade de vida dos doentes (GOLD, 2022). A sua evolução crónica e progressiva é frequentemente intercalada por episódios de exacerbação, definidos como períodos de agravamento agudo dos sintomas respiratórios. Estes episódios têm um impacto negativo na progressão da doença, contribuindo para a deterioração da função pulmonar, a redução da qualidade de vida e o aumento do risco de internamento hospitalar e mortalidade (Wedzicha *et al.*, 2017).

A VNI sob a forma de ventilação por pressão positiva binível representa o padrão de tratamento para a redução da morbilidade e mortalidade em doentes hospitalizados com exacerbação da DPOC e insuficiência respiratória aguda (Rganized *et al.*, 2001). Em doentes estáveis, a presença concomitante de DPOC e SAOS também justifica a sua utilização, estando associada a benefícios na sobrevivência e menor risco de internamentos hospitalares (Marin *et al.*, 2010).

Apesar da sua utilização crescente, a evidência sobre os benefícios da ventilação a longo prazo em doentes com DPOC hipercápnica estável permanece limitada, resultando numa grande heterogeneidade na sua aplicação em toda a Europa (Crimi *et al.*, 2016). Contudo, com a introdução da ventilação de alta intensidade e o uso de pressões inspiratórias mais elevadas, têm sido demonstrados benefícios significativos, incluindo uma redução mais eficaz da hipercapnia, melhorias na oxigenação arterial e na função pulmonar, bem como um potencial impacto positivo na sobrevida, especialmente quando a adaptação à

terapêutica é realizada em ambiente hospitalar, garantindo maior adesão e eficácia do tratamento (Windisch *et al.*, 2005).

Em Portugal, a ventilação é considerada em doentes com DPOC que, apesar de uma oxigenoterapia de longa duração (OLD) devidamente otimizada, apresentam uma PaCO₂ superior a 55 mmHg ou PaCO₂ entre 50 e 54 mmHg, acompanhada de dessaturação noturna significativa (SpO₂ < 88% durante pelo menos 5 minutos consecutivos, não corrigida com O₂ a 2 L/min). A ventiloterapia é igualmente considerada nos casos em que ocorrem mais de duas exacerbações agudas por ano acompanhadas de acidose respiratória que justifique o seu uso. A escolha do tipo de ventilação e dos parâmetros depende da gravidade da insuficiência respiratória e da resposta do doente à terapia. A monitorização deve incluir a avaliação da adesão, melhoria dos gases sanguíneos e impacto na qualidade de vida (DGS, 2015).

O sucesso desta modalidade terapêutica exige um esforço coordenado entre equipas multidisciplinares, doentes, cuidadores e entidades reguladoras, de modo a assegurar que a ventilação domiciliária seja utilizada de forma eficaz, segura e com impacto positivo na longevidade e na qualidade de vida dos doentes. De acordo com os critérios clínicos estabelecidos, a sua prescrição deve ser realizada preferencialmente em centros especializados, com capacidade para diagnóstico, monitorização e gestão de eventuais agudizações. A adaptação do doente ao ventilador, a definição adequada dos parâmetros ventilatórios e o acompanhamento clínico regular constituem elementos essenciais para o sucesso da terapêutica (Owens *et al.*, 2020).

2.1.3. Ventilação domiciliária: Benefícios e Desafios

Apesar do aumento progressivo do número de doentes a iniciar ventiloterapia domiciliária, as taxas de não adesão têm vindo a diminuir de forma consistente na última década. Esta tendência é evidenciada por Masoud *et al.* (2020), que demonstraram, num estudo longitudinal, uma redução da não adesão de 25,5% em 2010 para apenas 3,4% em 2019, associando este progresso a melhorias significativas na gestão integrada da terapêutica. Esta tendência favorável poderá ser atribuída à melhoria dos métodos diagnósticos e terapêuticos, à seleção mais criteriosa dos doentes, ao reforço da formação e educação, à maior disponibilização de recursos e à implementação de estratégias terapêuticas mais

avanzadas. A abordagem sistemática à não adesão tem-se revelado essencial para a elevação dos padrões de qualidade dos cuidados prestados a doentes com IRC, contribuindo simultaneamente para uma utilização mais eficiente dos recursos disponíveis, uma maior racionalização de custos e uma redução significativa dos efeitos clínicos indesejáveis a longo prazo. Não obstante estes avanços, a não adesão continua a ser mais prevalente em doentes com quadros clínicos menos graves, nomeadamente com menor carga sintomática, hipercapnia ligeira e distúrbios respiratórios do sono de menor severidade. Em contraste, os indivíduos com IRC mais avançada, como os doentes com DPOC, revelam maior compromisso com a terapêutica, o que poderá refletir uma perceção mais imediata dos benefícios clínicos (Masoud *et al.*, 2020).

A ideia amplamente difundida de que níveis elevados de pressão ventilatória dificultam a adesão também foi rejeitada. Os doentes com configurações de pressão mais baixas foram os que apresentaram maior tendência para a não adesão, sugerindo que a intensidade do suporte ventilatório pode, paradoxalmente, reforçar a perceção de necessidade e, por conseguinte, a motivação para manter o tratamento. Observou-se uma redução na interrupção da terapêutica motivada por dificuldades relacionadas com o controlo sintomático ou desconforto com a máscara, o que poderá refletir avanços nas estratégias de titulação, melhorias no desempenho dos ventiladores e maior conforto das interfaces utilizadas (Esquinas Rodriguez *et al.*, 2011).

Ainda assim, persistem obstáculos à adesão, como a insatisfação geral com o tratamento, determinadas crenças pessoais sobre a saúde, estados depressivos e claustrofobia, que continuam a exigir intervenções específicas (Esquinas Rodriguez *et al.*, 2011).

Um dos fatores relevantes associados à insatisfação geral com a terapêutica e à dificuldade na adesão à ventiloterapia domiciliária prende-se com problemas relacionados com a interface. Fatores que influenciam negativamente a continuidade da terapêutica incluem o desconforto associado ao uso prolongado da máscara, com queixas frequentes de úlceras faciais, congestão nasal e secura orofaríngea (Esquinas Rodriguez *et al.*, 2011).

Na análise de múltiplos fatores associados à não adesão, Sopkova *et al.* (2009), identificaram a fuga pela máscara como o único preditor independente da adesão à terapêutica. Estes dados reforçam a importância crítica da interface na experiência do

doente e sugerem que a redução das complicações associadas à máscara pode ter contribuído para a melhoria observada nas taxas de adesão.

Além da otimização da interface, outras estratégias têm sido exploradas para melhorar o conforto dos utilizadores. A utilização de humidificação na ventiloterapia tem sido estudada pelo seu potencial em reduzir efeitos adversos associados à terapêutica. Neste contexto, os dados disponíveis sustentam a recomendação generalizada do uso de humidificação aquecida como forma de mitigar o desconforto local e melhorar a tolerância à terapia (Patil *et al.*, 2019).

2.2.Humidificação na Ventiloterapia Domiciliária

Embora a humidificação seja uma prática estabelecida e padronizada na ventilação invasiva, a sua utilização na ventiloterapia domiciliária permanece um tema controverso, sem consenso claro sobre indicações, seleção de doentes e dispositivos mais adequados (Esquinas *et al.*, 2012).

Existem algumas evidências que sugerem benefícios na melhoria do conforto do doente e em determinados parâmetros fisiológicos, mas a ausência de diretrizes formais e de ensaios clínicos randomizados robustos em populações bem definidas impede a formulação de recomendações uniformes. Além disso, a elevada variabilidade na prática clínica, a falta de estudos que reflitam a realidade dos doentes e a inexistência de inquéritos abrangentes junto dos profissionais de saúde contribuem para a heterogeneidade na aplicação desta estratégia (Esquinas *et al.*, 2012).

2.2.1.Humidificação: Impacto Fisiológico e Clínico

A humidificação inadequada do ar inspirado durante a ventiloterapia pode ter impactos negativos na função respiratória e na tolerância à terapia. Durante a respiração espontânea, as vias aéreas superiores desempenham um papel essencial na humidificação e aquecimento do ar inspirado, garantindo uma temperatura central e humidade relativa (HR) de 100% ao nível alveolar, essenciais para a proteção do tecido pulmonar e otimização das trocas gasosas. No entanto, a ventiloterapia binível fornece fluxos elevados de ar inspirado, que podem exceder a capacidade das vias aéreas de humidificar o ar, levando a

efeitos adversos anatómicos e funcionais na mucosa nasal, nomeadamente alteração da atividade ciliar, alterações na secreção de muco, aumento da resistência nasal e redução do fluxo sanguíneo local (Esquinas Rodriguez *et al.*, 2011).

Estudos demonstram que a humificação inadequada durante a ventilação pode levar a alterações estruturais na mucosa nasal, incluindo metaplasia e queratinização do epitélio, especialmente quando a terapia é utilizada por períodos prolongados. Relatos clínicos sugerem que essas alterações podem ocorrer precocemente, mesmo após poucos dias de uso da ventilação sem humidificação (Esquinas Rodriguez *et al.*, 2011).

Além das alterações estruturais, a ausência de humidificação pode resultar em desconforto significativo, afetando a adesão à terapêutica. Estudos experimentais indicam que a percepção de secura se inicia quando a humidade absoluta (HA) do gás inspirado é inferior a 15 mg H₂O/L, associando-se a um aumento da resistência das vias aéreas superiores e a um desconforto subjetivo mais elevado, mensurado em escalas visuais (Tuggey *et al.*, 2007).

A utilização de humidificação aquecida demonstrou melhorar significativamente o conforto e a adesão à ventilação, tanto em doentes hospitalizados como em utilizadores de ventilação domiciliária (Tuggey *et al.*, 2007).

A necessidade de humidificação na ventiloterapia deve ser analisada tendo em conta diversos fatores, nomeadamente: presença de fugas, tipo de interface utilizada, características do ventilador, temperatura ambiente, temperatura do ar inalado e da câmara de vaporização, fluxo de ar e pressão à entrada do sistema de humidificação, bem como o tipo de humidificação adotado. Embora fatores ambientais, como temperaturas baixas no local da terapêutica, possam influenciar a secura das vias aéreas, na maioria dos casos, a humidificação insuficiente resulta de fatores técnicos associados ao ventilador, interface e padrão ventilatório do doente (Tuggey *et al.*, 2007).

As fugas, quer sejam periféricas (na interface) ou pela boca, podem comprometer significativamente a eficácia da humidificação. Em doentes sob ventilação, sobretudo nos que apresentam taquipneia, as fugas promovem um fluxo nasal unidirecional, reduzindo a capacidade da mucosa nasal de recuperar calor e humidade durante a expiração. Este fenómeno pode resultar numa diminuição contínua da humidade, levando a um aumento

da resistência das vias aéreas nasais. Como consequência, a adaptação à ventilação pode ser dificultada no contexto crónico e comprometer a sua eficácia na melhoria das trocas gasosas e do alívio da dispneia em doentes com insuficiência respiratória (Tuggey *et al.*, 2007).

2.2.2. Humidificação e CPAP: Papel na Adesão Terapêutica

Em doentes sob CPAP a baixa adesão ao tratamento continua a ser um desafio significativo. Entre os fatores mais frequentemente associados à redução da aceitação e adesão à terapêutica, destacam-se os efeitos adversos, como congestão nasal crónica, secura nasal ou faríngea, desconforto causado pelo ar frio e reações alérgicas aos materiais da interface. Estes sintomas são relatados por até 65% dos doentes que utilizam CPAP nasal, sendo que a congestão nasal persistente pode comprometer significativamente a capacidade de adaptação ao dispositivo (Mansell *et al.*, 2023).

O fluxo de ar frio pela cavidade nasal provoca secura da mucosa, desencadeando a libertação de mediadores vasoativos e pró-inflamatórios, que aumentam o fluxo sanguíneo superficial da mucosa e provocam congestão vascular, resultando no aumento da resistência nasal. Esse efeito leva a um padrão respiratório predominantemente oral, criando um ciclo vicioso que pode comprometer ainda mais a adesão ao CPAP (Ryan *et al.*, 2009).

A utilização de humidificação aquecida reduz os sintomas nasais e a resistência das vias aéreas superiores, atenuando assim a infiltração inflamatória e a fibrose da mucosa nasal (Ryan *et al.*, 2009). A *American Academy of Sleep Medicine* (AASM) recomenda a humidificação aquecida como parte da prática clínica padrão, como objetivo de reduzir os efeitos adversos associados ao tratamento e melhoria do conforto (Patil *et al.*, 2019). No entanto, a evidência científica disponível sugere que a humidificação deve ser reservada a doentes que apresentem sintomas significativos (secura oral e faríngea, rinorreia, congestão e secura nasal, epistaxis, dor sinusal ou cefaleias, dor de garganta, rouquidão e redução do olfato), para os quais a sua utilização está associada a uma redução clinicamente significativa.

Até ao momento, não existem dados robustos que sustentem um benefício clínico significativo da humidificação profilática na melhoria da adesão, sonolência diurna e qualidade de vida dos doentes sob terapia com CPAP (Mador *et al.*, 2005).

2.2.3. Tipos de Humidificadores: Passivos vs. Ativos

Os humidificadores utilizados na ventiloterapia podem ser classificados em passivos e ativos, dependendo do mecanismo utilizado para a adição de humidade ao fluxo de ar fornecido ao doente. A humidificação ativa consiste na utilização de um humidificador aquecido, que requer uma fonte externa de calor e água para garantir a adequada humidificação do ar inspirado. Em alternativa, a humidificação passiva é obtida através de um filtro do tipo HME (*Heat and Moisture Exchanger*), que é interposto no circuito respiratório e atua captando o calor e a humidade do ar exalado, transferindo-os para a inspiração seguinte. Na ventiloterapia de longo prazo, a humidificação ativa é frequentemente preferida, pois permite reduzir o espaço morto, diminuir o trabalho respiratório e otimizar o condicionamento do ar inspirado. Os humidificadores aquecidos podem ser de dois tipos: internos, integrados no próprio ventilador, ou externos, ligados ao ventilador através de uma traqueia. A vantagem dos humidificadores internos é o seu menor impacto no desempenho do ventilador, garantindo maior estabilidade na entrega dos parâmetros ventilatórios (Collada-Carrasco *et al.*, 2020).

2.3. Contaminação dos Dispositivos de Ventilação Domiciliária

2.3.1. Mecanismos de contaminação

Os dispositivos de pressão positiva funcionam através da insuflação de ar pressurizado por meio de um circuito conectado a uma máscara, proporcionando um suporte ventilatório através da aplicação de pressão positiva contínua ou binível. O fluxo de ar é rigorosamente controlado e monitorizado por sensores e software integrados, que asseguram a entrega de ar dentro dos parâmetros predefinidos de pressão e/ou volume, sincronizando-se com o padrão respiratório do doente e ajustando-se a variações como a presença de fugas de ar no circuito (Baumgartner *et al.*, 2022).

Além do seu desempenho técnico, estes dispositivos são desenvolvidos sob pressões de design que visam minimizar o seu peso, ruído e dimensão, tornando-os mais práticos para utilização domiciliária. Consequentemente, o percurso do fluxo de ar dentro do equipamento tende a ser complexo, caracterizando-se por múltiplas curvas e pontos de transição entre diferentes materiais. Os materiais habitualmente utilizados incluem ligas de alumínio e aço, plásticos, silicone, isolantes térmicos e filtros de partículas finas, sendo que as interfaces entre estes componentes podem favorecer a acumulação de poeiras ou condensação, criando um ambiente propício à colonização bacteriana (Simonds *et al.*, 2010).

Dois mecanismos principais têm sido propostos para explicar a contaminação dos dispositivos de ventiloterapia. O primeiro relaciona-se com a produção de gotículas respiratórias de grande dimensão ($>10\ \mu\text{m}$) durante a ventilação, que podem manter viáveis os microrganismos no ar durante tempo suficiente para serem aspirados para o interior do dispositivo (Simonds *et al.*, 2010). O segundo mecanismo ocorre quando o esforço expiratório do doente excede a pressão gerada pelo dispositivo, permitindo a igualização ou mesmo reversão do gradiente de pressão no circuito, comprometendo a unidirecionalidade do fluxo de ar (Rabec *et al.*, 2011). Além disso, a tosse durante a utilização do ventilador pode representar uma fonte adicional de contaminação do equipamento, dado que a força expiratória associada pode exceder as condições experimentais previamente descritas e demonstrar uma maior carga bacteriana em comparação com a ventilação espontânea em volume corrente (Wainwright *et al.*, 2009).

Diversos mecanismos têm sido identificados como responsáveis pela contaminação das máscaras e dos circuitos ventilatórios, incluindo transferência por contacto direto, recirculação de partículas, manipulação do equipamento, condensação do ar expirado e tosse. Contudo, a influência destes fatores na contaminação interna dos ventiladores permanece pouco esclarecida, especialmente no que diz respeito à formação de biofilmes bacterianos em superfícies internas do equipamento, as quais não são facilmente visíveis nem passíveis de limpeza mecânica direta (Römling & Balsalobre, 2012). A formação de biofilme constitui um desafio relevante, pois os microrganismos aderem às superfícies do circuito e do equipamento através de uma matriz extracelular complexa, conferindo

proteção física contra fatores ambientais adversos e dificultando a sua eliminação por métodos convencionais de higienização (Roberts, 2013).

2.3.2. Contaminação Interna e do Percurso do Fluxo de Ar

Um recente alerta de segurança emitido por uma entidade reguladora internacional motivou a descontinuação da utilização de um ventilador de suporte vital, na sequência da deteção de infiltração de poeiras com impacto nos componentes eletrónicos do equipamento. A presença de partículas de pó no circuito interno e no ventilador sugere a possibilidade de deposição de partículas suspensas no ar, como poeiras, fumo e microrganismos, criando potenciais riscos de contaminação (Philips Respironics, 2023). A sedimentação observada nestes dispositivos levanta a hipótese de que o acumular de partículas pode favorecer a criação de ambientes propícios ao crescimento bacteriano, possibilitando a formação de biofilmes no interior do equipamento. No entanto, até ao momento, não existem estudos experimentais que avaliem a retenção de partículas em dispositivos PAP, nem dados provenientes de equipamentos comparáveis que analisem este fenómeno (Kim *et al.*, 2016).

2.3.3. Contaminação dos humidificadores

A maioria dos ventiladores utilizados em ambiente domiciliário inclui um humidificador integrado, concebido para aumentar o conforto do utilizador. Estes humidificadores consistem num reservatório de água aquecido, onde um elemento térmico permite regular a temperatura em incrementos arbitrários, aumentando assim a humidade do ar inalado. Para evitar fugas de ar e impedir projeções de água para o interior do dispositivo, são aplicadas vedações nos pontos de entrada e saída do fluxo de ar (Sahoo *et al.*, 2015).

Um estudo sobre a aerossolização de isótopos radioativos demonstrou que, sob condições de fluxo contínuo de CPAP, com pressões de 10 ou 20 cmH₂O, não ocorreu movimentação dos isótopos a partir da solução humidificada, exceto quando esta foi nebulizada (Wenzel *et al.*, 2005). No entanto, outro estudo sobre contaminação de humidificadores evidenciou a transferência de bactérias da câmara do humidificador para condensado acumulado numa tubagem selada de 2 metros, posicionada num banho de gelo. Embora este estudo tenha analisado a viabilidade bacteriana no condensado, não avaliou a propensão para a

formação de bioaerossóis ou a sobrevivência dos microrganismos no ar entregue ao utilizador. Os resultados sugeriram que a movimentação de bactérias em ambas as direções do circuito é possível, levando os autores a recomendar a utilização de filtros para proteger os doentes da inalação de partículas contaminadas provenientes dos humidificadores (Ortolano *et al.*, 2007). Contudo, os filtros bacterianos e virais tendem a reter humidade e a aumentar a resistência ao fluxo, podendo comprometer a sincronia ventilatória, o *trigger* e o conforto dos ventiladores. Como consequência, os filtros não são habitualmente utilizados na saída de ar destes dispositivos equipados com humidificador integrado (McGuinness *et al.*, 2025).

2.3.4. Inativação Microbiana: O Papel do Fluxo de Ar e das Condições Físico-Químicas

A transmissão microbiana através do fluxo de ar dos ventiladores é um fenómeno influenciado por múltiplos fatores físicos e químicos. O próprio ar não é um meio eficaz para a propagação de microrganismos, uma vez que os bioaerossóis nele suspensos estão sujeitos a condições adversas, como dessecação, turbulência e deposição, que comprometem a sua viabilidade. Fatores como pressão, temperatura, humidade relativa, disponibilidade de oxigénio e composição química do ambiente também desempenham um papel determinante na capacidade de os microrganismos sobreviverem em suspensão (Pan *et al.*, 2019).

Os ventiladores podem gerar fluxos de ar superiores a 220 L/min, especialmente quando ocorrem fugas no circuito ventilatório. Os filtros de entrada de ar, concebidos para reter partículas com diâmetro superior a 7 µm, podem desempenhar um papel adicional na inativação de microrganismos, ao aprisionar partículas e acelerar a dessecação de gotículas que possam conter bactérias ou vírus (McGuinness *et al.*, 2025).

A baixa viscosidade do ar favorece padrões de fluxo turbulentos, caracterizados por redemoinhos e vórtices, os quais mantêm partículas inferiores a 50 µm em suspensão, reduzindo a sua sedimentação e aumentando a exposição a condições que podem degradar fisicamente e quimicamente os microrganismos (McGuinness *et al.*, 2025).

A relação entre humidade e fluxo pressurizado também tem um impacto significativo na viabilidade microbiana. À medida que a pressão do vapor de água na superfície das gotículas tenta equilibrar-se com o vapor de água do ar ambiente, pode ocorrer uma evaporação parcial ou total, levando a um aumento da concentração de solutos no interior da partícula. Esta variação osmótica altera a composição química do bioaerossol, podendo comprometer a sobrevivência de bactérias. Em condições de humidade relativa inferior a 100%, o fluxo de ar pressurizado acelera ainda mais a dessecação das partículas, aumentando o efeito letal sobre os microrganismos (Lin & Marr, 2020).

Estas variações bruscas de humidade devem ser tidas em consideração na conceção de estudos experimentais sobre a sobrevivência microbiana em bioaerossóis, uma vez que a transferência de amostras para meios de cultura pode induzir mudanças nas condições ambientais que afetam a fiabilidade dos resultados (Lin & Marr, 2020). Assim, a análise da contaminação microbiológica em ventiladores deve considerar não apenas a presença de microrganismos viáveis, mas também os fatores físicos e químicos que afetam a sua capacidade de se manterem infecciosos.

2.4.Recomendações sobre higiene e manutenção dos dispositivos

A higienização regular da interface, da traqueia e do reservatório do humidificador é um fator essencial na manutenção dos ventiladores em contexto domiciliário, garantindo a sua eficácia e minimizando o risco de complicações associadas à contaminação microbiana. Compreender a classificação dos equipamentos médicos é essencial para a implementação de medidas adequadas de controlo da infeção, particularmente em ambientes de cuidados domiciliários onde os doentes podem estar em risco aumentado devido a condições de saúde subjacentes (Willis *et al.*, 2023).

2.4.1.Contaminação dos dispositivos médicos e risco infeccioso

Os dispositivos médicos, incluindo os equipamentos respiratórios domiciliários, são classificados em críticos, semicríticos ou não críticos, consoante o risco de infeção associado à sua contaminação (Willis *et al.*, 2023).

Os dispositivos críticos, como as cânulas de traqueostomia, apresentam o maior risco de infecção, uma vez que são utilizados em tecidos estéreis e qualquer contaminação pode comprometer diretamente a integridade do doente. Os dispositivos semicríticos são aqueles que entram em contacto com mucosas ou pele não íntegra, exigindo um nível de desinfecção mais rigoroso. Já os dispositivos não críticos apenas entram em contacto com a pele íntegra, representando um risco menor de infecção. No contexto da ventilação domiciliária, os ventiladores são considerados não críticos, pois não entram diretamente em contacto com tecidos estéreis. No entanto, a máscara e a traqueia são classificadas como semicríticos, uma vez que mantêm contacto direto com as mucosas respiratórias (Willis *et al.*, 2023).

2.4.2. Higienização na prática clínica e evidência científica

A qualidade e manutenção dos ventiladores domiciliários desempenham um papel fundamental na eficácia da terapêutica ventilatória e na segurança dos doentes. No entanto, estudos europeus demonstram uma grande variabilidade nos procedimentos de controlo de qualidade, refletindo a ausência de diretrizes uniformes sobre a manutenção destes equipamentos (Farre *et al.*, 2005).

A responsabilidade pela manutenção dos ventiladores recai, na maioria dos casos, sobre empresas externas, a frequência da manutenção varia entre elas, e nem sempre é garantido que os doentes e cuidadores realizem corretamente os procedimentos necessários. A participação ativa dos doentes e cuidadores na manutenção do equipamento também revelou falhas importantes. Embora a maioria dos centros fornecesse instruções escritas sobre limpeza e manutenção, a verificação da sua correta aplicação não era uma prática sistemática. A falta de informação e de acompanhamento adequado pode comprometer a eficácia da terapêutica, aumentar o risco de falhas no equipamento e potenciar complicações clínicas (Farre *et al.*, 2005).

A higienização e manutenção adequadas dos ventiladores são fundamentais para garantir a segurança e eficácia da terapia, prevenindo a acumulação de resíduos, a proliferação de microrganismos e o desgaste prematuro dos componentes. Contudo, as orientações sobre a limpeza destes dispositivos são heterogêneas, uma vez que foram, em grande parte, extrapoladas de recomendações destinadas a equipamentos com características de fluxo

de ar e modos de utilização substancialmente diferentes, comprometendo a sua aplicabilidade à ventiloterapia domiciliária (McGuinness *et al.*, 2025). Como consequência, observa-se uma ampla diversidade de métodos de limpeza, que variam consoante o fabricante, o modelo do dispositivo e os seus componentes, dificultando a padronização das práticas de manutenção e higiene.

2.4.3.Recomendações específicas por componente

A *American Thoracic Society* (ATS) publicou um folheto educativo destinado aos doentes, consolidando as recomendações gerais de manutenção baseadas nas instruções dos fabricantes. Estas recomendações sugerem que a higienização dos componentes do dispositivo seja realizada com água morna e detergente neutro, ou, alternativamente, com uma solução composta por partes iguais de vinagre branco e água (ATS, 2020). No entanto, a utilização de vinagre como agente antimicrobiano tem sido alvo de debate, uma vez que não há evidências que comprovem a sua eficácia desinfetante adequada (Reychler *et al.*, 2005), e alguns fabricantes não recomendam a sua aplicação em componentes de plástico e silicone (ResMed, 2018). Após a lavagem, os componentes devem ser enxaguados com água limpa e deixados a secar ao ar, evitando a exposição direta à luz solar ou a fontes de calor excessivo. A Figura 1 apresenta, de forma resumida, as recomendações práticas para a higienização dos principais componentes dos dispositivos de pressão positiva nas vias aéreas.

Figura 1 - Recomendações de limpeza e manutenção dos componentes dos dispositivos de pressão positiva nas vias aéreas (PAP).

Componente	Frequência de Limpeza			Como Limpar	Enxaguamento	Secagem ao Ar
	Diária	Semanal	Mensal			
Câmara do humidificador	Esvaziar e encher com água destilada	Limpar		Água morna com sabão ou partes iguais de vinagre e água	Água morna corrente	Sim – evitar exposição direta ao sol e/ou fontes de calor
Almofadas/apoios nasais	Limpar com pano húmido e detergente suave	Limpar		Água morna com sabão ou partes iguais de vinagre e água	Água morna corrente	Sim – evitar exposição direta ao sol e/ou fontes de calor
Máscara		Limpar		Água morna com sabão ou partes iguais de vinagre e água	Água morna corrente	Sim – evitar exposição direta ao sol e/ou fontes de calor
Arnês		Limpar		Água morna com sabão	Água morna corrente	Sim – evitar exposição direta ao sol e/ou fontes de calor
Traqueia		Limpar		Água morna com sabão ou partes iguais de vinagre e água	Água morna corrente	Sim – pendurar em suporte
Filtro esponjoso		Limpar		Água morna com sabão	Água morna corrente; espremer o excesso de água	Sim
Filtro descartável			Substituir	Não necessário	Não necessário	Não necessário
Dispositivo PAP		Limpar		Limpar o exterior com pano suave ou húmido	Não	Sim (Se necessário)

Adaptado de *American Thoracic Society. Patient Education Series: The Care and Cleaning of your PAP Device. Am J Respir Crit Care Med.* 2020;

De forma geral, a limpeza externa do equipamento deve ser realizada com um pano seco ou ligeiramente humedecido e recomenda-se o uso de uma solução de limpeza suave para

higienizar a máscara e a traqueia, bem como a substituição ou lavagem periódica dos filtros de ar. No entanto, as instruções fornecidas pelos fabricantes variam significativamente quanto aos produtos de limpeza recomendados, incluindo diferenças na formulação química e na concentração dos agentes ativos. A higienização da traqueia deve ser realizada semanalmente, assegurando a sua lavagem e enxaguamento para remover condensações e resíduos acumulados, seguida de secagem completa, preferencialmente pendurada num suporte adequado antes da reutilização (ATS, 2020).

Relativamente à máscara, as almofadas nasais ou a almofada da máscara devem ser limpas diariamente com um pano húmido e detergente neutro para eliminar oleosidade, suor e impurezas, sendo desaconselhado o uso de toalhas domésticas ou lenços umedecidos convencionais, pois podem comprometer a integridade do material. Além disso, recomenda-se uma limpeza mais profunda semanalmente, desmontando totalmente a máscara, lavando-a, enxaguando-a e deixando-a secar ao ar antes da remontagem. O arnês deve ser lavado manualmente uma vez por semana, evitando-se a lavagem em máquinas para preservar a sua elasticidade e durabilidade. Quanto aos filtros de ar, os reutilizáveis, geralmente compostos por material esponjoso, devem ser lavados semanalmente e completamente secos antes de serem recolocados, enquanto os descartáveis, constituídos por material ultrafino, devem ser substituídos mensalmente ou sempre que apresentem sinais visíveis de sujidade (ATS, 2020).

No que respeita à câmara do humidificador, as recomendações de manutenção variam significativamente entre fabricantes, refletindo a ausência de consenso quanto à frequência e método de higienização mais eficazes. Enquanto algumas orientações gerais sugerem uma limpeza semanal, garantindo a remoção de depósitos minerais e a redução do risco de proliferação microbiana, alguns fabricantes recomendam uma abordagem mais rigorosa. No manual de um dos seus humidificadores, é especificado que a câmara deve ser lavada diariamente com detergente líquido suave e água, ou semanalmente caso seja submetida a uma lavagem na máquina de lavar loiça (*Philips Respironics*, 2021). Independentemente dessas diferenças, a utilização exclusiva de água destilada é amplamente recomendada para evitar a deposição de resíduos minerais e minimizar o risco de contaminação microbiana. A limpeza completa deve ser realizada pelo menos

semanalmente, garantindo que a secagem ocorra ao ar, sem exposição direta ao sol ou a fontes de calor excessivo, de modo a prevenir deformações ou fissuras no material. Alguns modelos são compatíveis com lavagem na máquina de lavar loiça, sendo, contudo, essencial confirmar previamente a compatibilidade com as recomendações do fabricante (ATS, 2020).

2.5. Contaminação microbiológica e humidificação: Evidência Clínica

Atualmente, não existe uma análise de grande escala, sistemática e robusta que avalie o risco de infeção associado à utilização de dispositivos binível ou CPAP. A evidência disponível baseia-se essencialmente em séries de casos, e determinadas populações de doentes que necessitam de suporte ventilatório exigem uma análise diferenciada dos riscos associados ao equipamento, tanto no que respeita à sua potencial contaminação como à vulnerabilidade dos próprios utilizadores. Como tal, é essencial distinguir os doentes submetidos a ventilação em contexto agudo daqueles que iniciam e mantêm ventilação domiciliária em regime ambulatorio. Os doentes em estado crítico têm uma maior probabilidade de eliminar microrganismos patogénicos e disseminá-los em partículas de maior dimensão durante a utilização da terapia. Adicionalmente, a permanência em ambiente hospitalar pode aumentar a exposição a microrganismos oportunistas, sendo que a proximidade a outros doentes e profissionais de saúde pode amplificar o risco de transmissão cruzada (Simonds *et al.*, 2010).

Em contexto institucional, a mitigação desse risco pode ser alcançada através da implementação de estratégias de controlo da infeção, tais como o uso de filtros bacterianos-virais, interfaces não ventiladas com portas expiratórias filtradas, ventilação em quartos de pressão negativa ou a utilização de sistemas de filtração adequados para reduzir a concentração de bioaerossóis no ambiente (Delorme *et al.*, 2021).

Fora do ambiente hospitalar, contudo, o risco de contaminação assume contornos distintos, dependentes sobretudo da correta utilização e manutenção dos dispositivos por parte do utilizador. Os profissionais de saúde responsáveis pela prescrição e

acompanhamento da ventilação domiciliária têm o dever de assegurar uma formação adequada aos doentes, abrangendo tanto a correta utilização do equipamento como os procedimentos necessários para a sua manutenção. Esta formação deve incluir orientações detalhadas sobre a limpeza e conservação da máscara, da traqueia, dos filtros e dos componentes do humidificador, de forma a garantir a segurança e a eficácia do tratamento (Qu *et al.*, 2022).

No entanto, estudos que avaliaram a perceção dos doentes relativamente à manutenção dos seus dispositivos de VNI domiciliária sugerem que a retenção das informações fornecidas é frequentemente insuficiente. Muitos doentes referem dificuldades em recordar as recomendações transmitidas ou em adquirir competências adequadas para garantir a correta higienização dos dispositivos, de acordo com os critérios estabelecidos pela equipa clínica (Qu *et al.*, 2022). A escassa retenção da informação e a falta de formação adequada dos cuidadores podem constituir fatores determinantes para a deficiente higienização observada em muitos equipamentos.

Nesse sentido, Qu *et al.* (2022) recomendam que a formação dos doentes seja estruturada com recurso a uma abordagem multimodal, combinando informação escrita, demonstração presencial e materiais audiovisuais para reforçar o ensino sobre os procedimentos de limpeza e manutenção. No entanto, permanece incerto se a não adesão às recomendações dos fabricantes se traduz, de facto, num risco significativo para os utilizadores ou se resulta em resultados clínicos adversos.

2.5.1. Ausência de Evidência para Risco Clínico Significativo

Apesar de ser comum a observação de dispositivos de ventiloterapia com sinais evidentes de contaminação, a evidência clínica não tem demonstrado de forma consistente um risco significativo de infeção associado à sua utilização. Este facto cria um paradoxo intrigante entre a perceção dos clínicos e a ausência de relatos sistemáticos de complicações infecciosas decorrentes da contaminação microbiológica destes equipamentos (Kendzierska *et al.*, 2021).

As comunidades científica e clínica têm demonstrado uma grande capacidade de vigilância e resposta rápida perante potenciais riscos da terapia, como evidenciado pela recente

recolha global de dispositivos motivada pela deteção de componentes de espuma defeituosos (Kendzierska *et al.*, 2021). Este episódio, associado a preocupações com possíveis efeitos adversos respiratórios e risco aumentado de neoplasia, confirma a eficácia dos mecanismos de monitorização e intervenção nesta área. Neste contexto, se a contaminação microbiológica dos ventiladores representasse uma ameaça clínica relevante e disseminada, seria expectável que tivesse sido identificada e documentada com maior clareza ao longo do tempo. No entanto, a escassez de evidência robusta que associe a presença de microrganismos nos equipamentos a efeitos adversos na saúde dos doentes reforça a necessidade de mais investigação, de forma a determinar a real implicação desta contaminação na prática clínica (Qu *et al.*, 2022).

Diversas espécies bacterianas e fúngicas têm sido identificadas nas câmaras dos humidificadores de ventiloterapia domiciliária, incluindo *Aspergillus spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Penicillium spp.*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Alternaria spp.*, *Staphylococcus epidermidis*, *Gardnerella vaginalis*, *Enterococcus solitarius*, *Staphylococcus hominis*, *Citrobacter amalonaticus* e *Chrysonilia spp* (Steinhauer & Goroncy-Bermes, 2005).

Na maioria dos casos, os microrganismos isolados correspondem a componentes do microbioma humano normal, sugerindo que a contaminação dos humidificadores pode resultar da introdução de microrganismos do próprio utilizador, potencialmente favorecida pela manutenção inadequada e pelo uso de fontes de água não esterilizadas (Gilbert & Stephens, 2018) (Mutagi *et al.*, 2012)

Um estudo retrospectivo de caso-controlo de Mercieca *et al.* (2017), analisou a associação entre a utilização de CPAP e a incidência de infeções respiratórias em doentes com SAOS, comparando utilizadores de CPAP com doentes com SAOS não tratados. Para além da recolha de dados clínicos sobre a ocorrência de rinosinusite, infeções das vias respiratórias inferiores e hospitalizações por pneumonia ao longo de um ano, foram realizadas colheitas microbiológicas através de zaragatoas nasais, bem como amostras obtidas a partir das máscaras e dos humidificadores dos doentes em CPAP. Os resultados não demonstraram diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos, indicando que a utilização de CPAP não aumenta o risco de infeções respiratórias. A análise microbiológica revelou predominantemente microbiota normal, sem evidência de colonização por agentes

patogénicos de relevância clínica. Adicionalmente, a presença de humidificadores não influenciou a prevalência de infeções entre os utilizadores de CPAP, sugerindo que o risco microbiológico associado ao seu uso é mínimo.

Similarmente, Chin *et al.* (2013), analisou a colonização bacteriana das câmaras do humidificador em 72 utilizadores regulares de CPAP, avaliando a possível associação com rinossinusite crónica. Foram realizadas colheitas microbiológicas de diferentes componentes do equipamento, nomeadamente a máscara, a traqueia e o reservatório de água do humidificador, tendo 48,6% dos humidificadores apresentado culturas positivas para bactérias e fungos. No entanto, não foi encontrada qualquer relação entre a colonização microbiana e o agravamento dos sintomas de rinossinusite crónica. Os autores sugerem que a formação de biofilmes pode limitar a disseminação das bactérias, reduzindo o impacto clínico da contaminação.

Gavidia *et al.* (2023), que analisou a incidência de infeções respiratórias em 482 doentes com SAOS, não encontrou qualquer associação entre a utilização de CPAP e um aumento do risco de infeções respiratórias. A frequência de infeções, analisada nos dois anos anteriores e posteriores à titulação do PAP, manteve-se semelhante entre os grupos, mesmo após ajustes para a idade, sexo e IMC, sugerindo que a terapia não constitui um fator de risco para complicações infecciosas.

O estudo de Mutagi *et al.* (2012), avaliou a contaminação microbiológica de sete dispositivos de VNI utilizados por doentes adultos com fibrose quística (FQ), previamente colonizados por organismos conhecidos. Os dispositivos foram submetidos a colheitas microbiológicas em sete pontos distintos, incluindo superfícies externas e componentes internos, como a entrada e saída de ar, bem como os filtros de entrada. Os resultados revelaram ausência de contaminação por patogénicos da FQ, com apenas crescimento insignificante de microrganismos ambientais em alguns dispositivos. No entanto, não foram analisadas amostras do ar expirado, das máscaras ou dos humidificadores, limitando as conclusões sobre o risco de transmissão microbiana nesses componentes específicos.

Um estudo que analisou a contaminação bacteriana de dispositivos de VNI domiciliária e a colonização microbiana das vias respiratórias dos doentes mostrou que 15% dos ventiladores estavam contaminados com microrganismos potencialmente patogénicos e

25% dos doentes apresentavam colonização nasal, sendo *Staphylococcus aureus* o agente mais frequentemente isolado. Embora não tenha sido encontrada uma relação direta entre o uso de humidificadores e a colonização microbiana, verificou-se uma associação clara entre práticas de higiene inadequadas e maior carga bacteriana nos dispositivos (Rodríguez González-Moro *et al.*, 2004).

Não existem estudos de elevada qualidade nem séries de casos que avaliem de forma robusta os riscos da ventiloterapia binível, o que implica que muitas das suposições feitas nesta área sejam extrapoladas a partir de estudos em CPAP. No entanto, os utilizadores da terapia com binível podem apresentar características clínicas e fatores de risco distintos, além de diferenças nos parâmetros de fluxo dos dispositivos.

2.5.2.Evidência de Risco Infecioso

O estudo de Sanner *et al.* (2001) analisou a ocorrência de infeções das vias aéreas superiores em 246 doentes com SAOS, comparando utilizadores de CPAP com e sem humidificador e um grupo de controlo sem tratamento. Os resultados mostraram que a taxa de infeções foi mais elevada nos doentes que utilizavam CPAP com humidificação (22,2%), em comparação com aqueles que usavam CPAP sem humidificação (11,8%) e com o grupo de controlo (2,5%). Uma análise mais detalhada revelou que a limpeza inadequada do circuito, particularmente nos utilizadores de humidificador, estava associada a um aumento significativo das infeções, com 57,1% dos doentes que não higienizavam regularmente os dispositivos a reportarem infeções recorrentes, em comparação com 20% dos que realizavam a limpeza corretamente. No entanto, os autores alertam para a limitação dos dados relatados, uma vez que o questionário utilizado não permite distinguir entre infeções relacionadas com a higiene do dispositivo e outras potenciais fontes de exposição. Além disso, não foi possível comparar diretamente este subgrupo de utilizadores de CPAP com uma parte equivalente do grupo controlo, o que impede conclusões definitivas sobre o impacto do humidificador no risco de infeção.

Foram documentados casos pontuais de complicações graves, incluindo morte, associados sobretudo a falhas na higienização dos humidificadores ou a situações de imunossupressão. Um dos casos descritos envolveu um doente submetido a transplante renal que desenvolveu pneumonia por micobactérias não tuberculosas, associada à

colonização do seu dispositivo CPAP domiciliário por *Mycobacterium gordonae*. Este achado sugere que a imunossupressão pode aumentar o risco de infeções associadas às terapias respiratórias domiciliárias (Assi *et al.*, 2007).

Outro caso reportado descreveu um óbito por pneumonia causada por *Legionella pneumophila*, em que a investigação microbiológica identificou a bactéria num biofilme presente num humidificador de CPAP mal higienizado, sem que fosse encontrada qualquer outra fonte ambiental plausível. Face a estes achados, os autores recomendaram uma revisão regular do equipamento por profissionais de saúde, de forma a mitigar o risco de contaminação e eventuais complicações infecciosas associadas ao seu uso (Stephens *et al.*, 2007).

Foram ainda descritos dois casos de pneumonia por *Legionella pneumophila* em doentes com SAOS em tratamento com CPAP, ambos apresentando insuficiência respiratória grave e necessitando de internamento em cuidados intensivos. Os autores sugeriram que a presença de reservatórios de água nos humidificadores pode favorecer a proliferação da *Legionella*, representando um potencial risco infeccioso, especialmente em doentes vulneráveis (Srivali *et al.*, 2013).

A bactéria *Pseudomonas aeruginosa* resistente a meropenem foi isolada da máscara nasal e de uma amostra nasofaríngea de uma criança de dois anos com atrofia muscular espinhal. Estes achados levantaram a hipótese de que a VNI possa ter favorecido a autoinoculação, uma vez que a erradicação do microrganismo se revelou particularmente difícil (Chacko *et al.*, 2021).

Em um outro caso, um doente que utilizava um dispositivo CPAP sem higienização há cinco anos desenvolveu um granuloma pulmonar causado por *Pneumocystis jirovecii*. A substituição do equipamento por um dispositivo devidamente limpo resultou na resolução da lesão pulmonar, sugerindo que a contaminação do CPAP pode ter contribuído para a infeção respiratória persistente. A presença de *P. jirovecii* foi confirmada tanto na lavagem broncoalveolar como em amostras recolhidas da máscara e da traqueia. No entanto, não é claro se a infeção teve origem direta no equipamento ou se a condensação acumulada na extremidade expiratória do circuito onde foram colhidas as amostras, pode ter influenciado os resultados (Jao *et al.*, 2022).

2.6. Estado atual da evidência e Justificação do Estudo

Apesar da presença de microrganismos em componentes dos dispositivos de ventilação, não há evidência clara de que o seu uso esteja associado a um aumento significativo do risco de infeção das vias respiratórias. Os eventos adversos documentados provêm, sobretudo, de relatos de caso e séries de casos, que, embora levanten hipóteses relevantes, não permitem estabelecer causalidade. A ausência de estudos que avaliem a formação de bioaerossóis em ventiladores domiciliários representa uma limitação importante, uma vez que o principal risco clínico potencial seria a inalação de agentes infecciosos durante o funcionamento normal dos equipamentos. Além disso, a identificação de microrganismos viáveis em reservatórios de humidificação não esclarece a via de introdução dos patogéneos, nem permite determinar se a sua presença se traduz num risco clínico real para os doentes.

A escassez de estudos robustos é particularmente evidente em populações imunodeprimidas, nas quais o risco de infeção pode ser maior, mas não foi devidamente quantificado. O viés de deteção pode também desempenhar um papel relevante, uma vez que os equipamentos são frequentemente analisados com maior rigor em doentes considerados mais vulneráveis. Adicionalmente, não está demonstrado que dispositivos visivelmente contaminados estejam associados a um maior número de infeções, nem que a presença de um humidificador integrado altere substancialmente este risco. Dada a ampla utilização da ventiloterapia, seria expectável que um aumento significativo do risco de infeção tivesse sido claramente identificado, caso existisse.

Neste contexto, torna-se essencial uma investigação sistemática da contaminação microbiológica dos dispositivos de ventiloterapia, com enfoque específico nos humidificadores, dada a sua condição ideal para o crescimento de microrganismos. O presente estudo distingue-se por incluir uma população diversificada de doentes, abrangendo utilizadores de CPAP e binível, o que é pouco comum na literatura existente. Além disso, a recolha de dados sobre as práticas de higiene e manutenção dos equipamentos permitirá uma análise mais detalhada da possível relação entre a contaminação microbiológica e os hábitos de limpeza, contribuindo para um melhor entendimento dos fatores de risco associados à ventiloterapia domiciliária.

Este estudo representa um contributo relevante para o avanço do conhecimento na área da ventiloterapia domiciliária, fornecendo evidência científica sobre a contaminação microbiológica dos dispositivos utilizados no domicílio e a sua possível associação com infeções respiratórias. A investigação incidirá na avaliação da carga microbiana presente nos humidificadores de doentes submetidos a ventilação domiciliária, permitindo a identificação dos microrganismos mais comuns e a análise dos seus potenciais impactos na saúde. Além disso, procurará comparar a contaminação microbiológica entre diferentes perfis de doentes, considerando variáveis como a frequência e os métodos de higienização adotados, o tipo de ventilação utilizada e o estado clínico dos pacientes. Estes dados possibilitarão a formulação de recomendações para a implementação de protocolos de limpeza mais eficazes, adaptados à realidade da ventilação domiciliária, com o objetivo de reduzir o risco de infeções respiratórias associadas ao uso destes dispositivos. Ao abordar limitações existentes na literatura, este estudo poderá contribuir para a revisão e otimização das diretrizes de higiene e manutenção dos equipamentos de ventilação mecânica domiciliária, promovendo uma terapêutica mais segura e eficaz para os doentes.

3. Metodologia

3.1. Tipo de estudo e objetivos

O presente estudo, de natureza observacional, transversal e analítica, foi concebido com o objetivo de avaliar a contaminação microbiológica dos humidificadores utilizados em ventiloterapia domiciliária. Através de uma abordagem multidimensional, que incluiu a recolha estruturada de dados clínicos, laboratoriais, sociodemográficos e ambientais, pretendeu-se gerar evidência sobre a qualidade microbiológica destes dispositivos, a relação entre a contaminação e as práticas de higiene e manutenção, e a sua eventual associação com o risco de infeções respiratórias.

O estudo teve como objetivo principal determinar se a presença de humidificador em contexto domiciliário constitui um fator de risco adicional para a ocorrência de infeções respiratórias.

Para além deste, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a prevalência e o grau de contaminação microbiológica nas máscaras e humidificadores utilizados em ventiloterapia;
- Identificar os microrganismos isolados nos dispositivos e determinar a sua frequência e diversidade;
- Relacionar a contaminação com variáveis sociodemográficas, clínicas, ambientais e comportamentais, nomeadamente com as práticas de higiene e condições habitacionais;
- Verificar se existe associação entre a contaminação microbiológica e a ocorrência de infeções respiratórias nos doentes;
- Avaliar a eficácia percebida das medidas de higiene adotadas pelos utilizadores;
- Contribuir para o desenvolvimento de recomendações práticas que orientem a manutenção e higienização dos dispositivos de pressão positiva em ambiente domiciliário.

3.2. População e Amostra

O estudo foi desenvolvido no âmbito da Consulta de Ventilação da Unidade Local de Saúde do Alto Ave (ULSAA), unidade hospitalar de referência na região do Minho, com valência especializada no seguimento de doentes em ventiloterapia domiciliária.

A recolha de dados decorreu entre os meses de maio de 2024 e janeiro de 2025, coincidindo com o acompanhamento regular dos doentes em consulta hospitalar. Este período permitiu abranger uma amostra diversificada, composta por doentes com diferentes indicações terapêuticas (Síndrome de apneia obstrutiva do sono, doença pulmonar obstrutiva crónica e outras condições respiratórias crónicas), garantindo uma observação representativa da população alvo em contexto real de utilização dos equipamentos de ventilação.

Foram incluídos doentes com idade igual ou superior a 18 anos, que realizavam ventiloterapia domiciliária há, pelo menos, seis meses, independentemente do tipo de equipamento ou diagnóstico subjacente. A inclusão implicava, adicionalmente, a capacidade de transporte do equipamento até à consulta (máscara e humidificador, quando aplicável) e a assinatura de consentimento informado, recolhido presencialmente no momento da participação, após explicação detalhada dos objetivos e procedimentos do estudo.

Os critérios de exclusão abrangeram:

- Recusa de participação mediante consentimento informado
- Doentes institucionalizados em unidades de saúde ou instituições de cuidados continuados;

A amostra foi composta por dois grupos de doentes, organizados segundo a presença ou ausência de humidificador no equipamento. Esta informação foi previamente recolhida através de contacto telefónico antes da data da consulta, permitindo orientar os participantes quanto ao material a transportar. Os doentes sem humidificador foram orientados a trazer exclusivamente a máscara para análise e os doentes com humidificador trouxeram a máscara e o humidificador para colheita de amostras.

O número final de participantes por grupo foi ajustado ao longo do estudo, de modo a garantir um equilíbrio aproximado entre os dois subgrupos. Esta estratégia decorreu de constrangimentos laboratoriais na capacidade semanal de processamento de amostras bem como a uma distribuição desigual da população (maior número de doentes com humidificador), o que obrigou à não inclusão de alguns participantes com humidificador, particularmente nas fases finais da recolha, dado já se ter atingido o número pretendido para esse grupo.

Embora a amostragem tenha seguido uma lógica de inclusão sequencial, os condicionamentos operacionais e a necessidade de equilíbrio entre grupos impediram que esta fosse inteiramente consecutiva ou aleatória.

A estrutura metodológica do estudo encontra-se representada de forma esquemática no Anexo I, através de um fluxograma que resume as principais fases do recrutamento, alocação e recolha de dados.

3.3.Instrumentos e procedimentos de recolha de dados

A recolha de dados foi realizada de forma presencial, durante as consultas de seguimento dos doentes, num momento único de observação por participante. Após explicação detalhada dos objetivos do estudo, dos procedimentos envolvidos e das garantias de confidencialidade, foi obtido o consentimento informado por escrito, em conformidade com os princípios éticos aplicáveis à investigação clínica.

3.3.1.Questionário e inspeção visual dos dispositivos

O questionário estruturado foi aplicado em formato papel, pela investigadora responsável, e desenvolvido especificamente para este estudo, dado não ter sido identificado, na literatura ou em repositórios científicos, qualquer instrumento validado que respondesse ao objetivo proposto. Foi concebido para abranger múltiplas dimensões relevantes, organizando-se em seis secções principais:

- Características sociodemográficas (idade, sexo, nível de escolaridade);

- Condições habitacionais como o tipo de residência, perceção de humidade ou mofo no domicílio e presença de animais de estimação;
- Dados clínicos, incluindo o diagnóstico principal (por exemplo, síndrome da apneia obstrutiva do sono, doença pulmonar obstrutiva crónica, doenças neuromusculares e síndrome de obesidade-hipoventilação) e comorbilidades previamente identificadas, como hipertensão arterial, asma, diabetes mellitus, insuficiência cardíaca, dislipidemia ou perturbação depressiva. Esta secção integrou ainda o registo de episódios de infeção respiratória ocorridos no último ano, bem como a utilização de antibioterapia, idas ao serviço de urgência e hospitalizações motivadas por causas respiratórias.
- Adesão à terapêutica avaliada através dos dados registados no cartão do ventilador, com análise do número médio de horas diárias de utilização e percentagem de dias com uso superior a quatro horas.
- Práticas de higiene da máscara e humidificador, incluindo a frequência de substituição da máscara, frequência de lavagem dos componentes, tipo de produtos utilizados, método de secagem e avaliação visual do estado de conservação;
- Identificação do equipamento com caracterização do modo ventilatório utilizado (pressão fixa, pressão binível), tipo de máscara (oronasal, nasal ou de almofadas) e presença ou ausência de humidificador.

O preenchimento foi frequentemente realizado em conjunto com os participantes, especialmente no caso de doentes idosos ou com dificuldades de compreensão. Sempre que necessário, foi prestado apoio direto à interpretação e ao registo das respostas, de modo a garantir a fiabilidade dos dados recolhidos.

O conteúdo integral do questionário encontra-se disponível no Anexo II.

Após a aplicação do questionário, procedeu-se à inspeção visual dos dispositivos, realizada pela investigadora no momento da consulta. Esta avaliação teve como objetivo registar o estado físico da máscara e do humidificador (quando presente), com especial atenção à presença de sujidade visível, sinais de desgaste ou deterioração.

A avaliação do estado visual de limpeza da máscara e do humidificador foi realizada com base numa grelha de observação previamente definida no questionário. Esta avaliação teve por base critérios objetivos de inspeção visual, organizados em cinco categorias:

- **Muito limpo** – ausência de sujidade ou resíduos visíveis;
- **Limpo** – presença de vestígios ligeiros de sujidade ou resíduos;
- **Moderadamente sujo** – presença considerável de sujidade;
- **Sujo** – quantidade significativa de sujidade ou resíduos;
- **Muito sujo** – manchas escuras, bolor ou presença visível de mofo.

Esta classificação permitiu uniformizar a avaliação do aspeto dos dispositivos e foi aplicada de forma sistemática a todas as máscaras e humidificadores observados, sendo posteriormente utilizada na análise dos resultados.

3.3.2. Critérios de categorização das variáveis

A avaliação da adesão à terapêutica baseou-se nos dados objetivos registados pelos equipamentos, nomeadamente na percentagem de dias em que a utilização da ventiloterapia foi igual ou superior a quatro horas por dia, bem como no tempo médio diário de uso. Para efeitos de categorização, a adesão foi considerada muito baixa quando inferior a 20% dos dias, baixa entre 20% e 49%, moderada entre 50% e 69%, boa entre 70% e 84%, e excelente quando igual ou superior a 85% dos dias. Esta classificação foi aplicada de forma sistemática aos dados objetivos.

A avaliação das práticas de higiene e manutenção dos componentes do circuito ventilatório teve por base as recomendações da *American Thoracic Society (ATS)*, adaptadas ao contexto domiciliário. A categorização foi realizada com base nos procedimentos relatados pelos participantes quanto à lavagem, substituição, secagem e tipo de água utilizada no humidificador.

- **Higiene da máscara:** prática considerada adequada quando referida lavagem diária com água e sabão (ou detergente suave), seguida de secagem ao ar.
- **Higiene do humidificador:** considerada adequada a lavagem pelo menos semanal, com água e sabão ou vinagre, e secagem ao ar.

- **Manutenção da água:** consideradas adequadas as práticas que incluíam substituição diária, utilizando água engarrafada ou destilada. Apesar das recomendações da ATS para uso exclusivo de água destilada, esta abordagem foi flexibilizada em função das limitações do ambiente domiciliário.

A classificação da contaminação baseou-se na presença de microrganismos identificados nas culturas e foi organizada em três categorias:

- **Sem contaminação relevante:** ausência de crescimento microbiológico ou presença exclusiva de microbiota comensal, sem implicações patogénicas conhecidas;
- **Contaminação moderada:** isolamento de microrganismos potencialmente patogénicos, com relevância clínica limitada e não associados a infeções graves;
- **Contaminação elevada:** presença de microrganismos com reconhecido potencial patogénico, frequentemente associados a infeções respiratórias em doentes com fatores de risco.

Esta estratificação permitiu distinguir entre colonização ambiental e situações de risco microbiológico efetivo, sendo adaptada com base em princípios microbiológicos, nas recomendações disponíveis e nas limitações inerentes ao contexto domiciliário.

3.3.3.Procedimento de Colheita Microbiológica e Análise Laboratorial

A colheita microbiológica foi realizada sempre pela mesma investigadora, através da utilização de uma zaragatoa seca de *Rayon* (marca *Copan*), com movimentos circulares ao longo da superfície interna da máscara e da câmara do humidificador. As amostras foram imediatamente transportadas para o Laboratório de Patologia Clínica do hospital garantindo a preservação das condições necessárias à viabilidade microbiológica dos espécimes.

A análise laboratorial consistiu na sementeira direta das zaragatoas em meios de cultura sólidos, nomeadamente gelose de sangue e gelose de chocolate, por técnica de estriamento. As placas inoculadas foram incubadas durante 24 horas a 37 °C, em atmosfera enriquecida com 5% de dióxido de carbono (CO₂), de modo a favorecer o crescimento de microrganismos com diferentes exigências respiratórias.

Concluído o período de incubação, procedeu-se à leitura das culturas, com quantificação do número de colónias presentes e subsequente identificação dos microrganismos isolados através do sistema automatizado *MALDI-TOF (Biomerieux®)*, de acordo com os protocolos internos do laboratório. Sempre que necessário, foram utilizados testes adicionais de confirmação para especificação do género ou espécie microbiana.

A contagem das colónias foi registada para efeitos de classificação do grau de contaminação, e os microrganismos identificados foram agrupados por tipologia e frequência de ocorrência, com posterior análise estatística no âmbito do estudo.

3.4. Análise estatística

A análise estatística dos dados foi efetuada com recurso ao software *IBM® SPSS® Statistics*, tendo sido adotado um nível de significância de 5% ($p < 0,05$) para a rejeição da hipótese nula. Inicialmente, procedeu-se a uma caracterização descritiva da amostra, através do cálculo de frequências absolutas e relativas para as variáveis categóricas, e de medidas de tendência central e dispersão, nomeadamente média, desvio padrão e mediana no caso das variáveis contínuas.

Na fase seguinte, recorreu-se a testes estatísticos inferenciais adequados à natureza das variáveis e à distribuição dos dados. O teste do Qui-quadrado de independência foi utilizado para avaliar a existência de associações entre variáveis categóricas, sendo substituído, sempre que aplicável, pelo teste exato de *Fisher*.

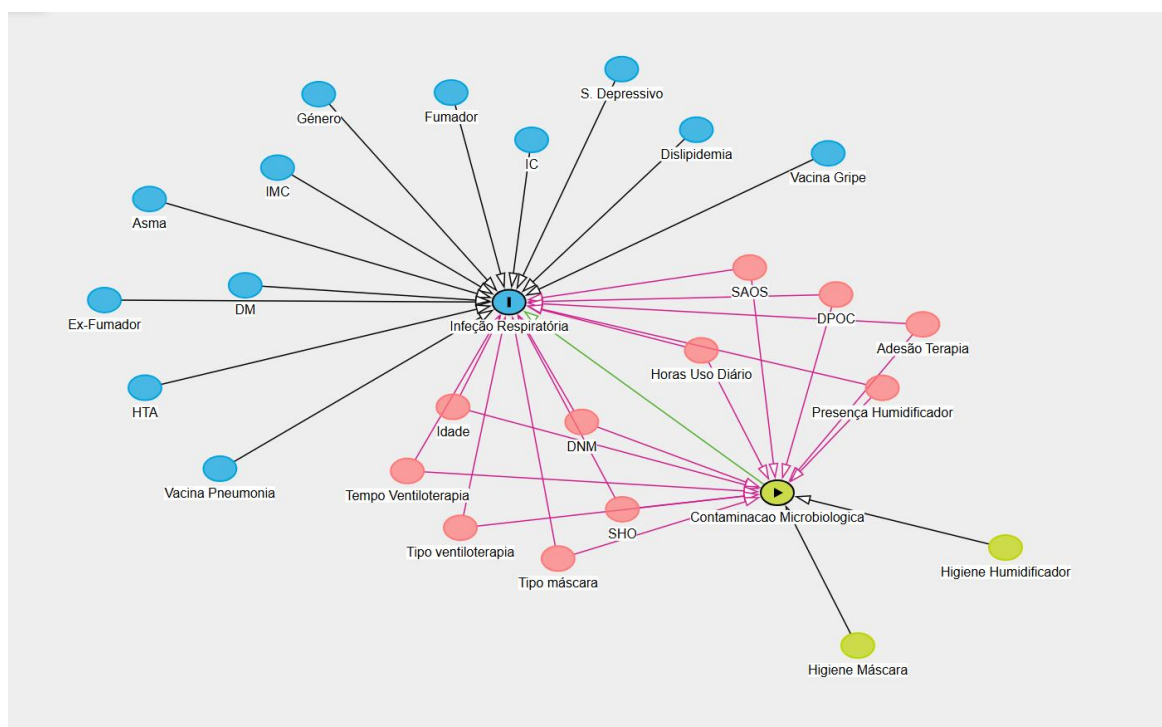
Para a comparação de variáveis contínuas entre dois grupos independentes, aplicou-se o teste de *Mann-Whitney*, nos casos em que não se verificava normalidade na distribuição dos dados, ou o teste t de *Student*, quando essa condição se encontrava satisfeita.

A diversidade microbiológica das amostras foi quantificada através do *índice de Shannon (H')*, o qual considera simultaneamente o número de espécies identificadas e a uniformidade da sua distribuição. Este índice foi calculado individualmente para cada máscara, com base nas unidades taxonómicas distintas isoladas por amostra.

Todos os resultados estatísticos foram reportados de forma clara e sistematizada, acompanhados dos respetivos valores de p .

Com o objetivo de mapear visualmente as possíveis relações causais e os caminhos de confundimento entre as variáveis em estudo, foi construído um *Directed Acyclic Graph* (DAG), apresentado na Figura 2. Este gráfico permite representar a estrutura teórica subjacente à associação entre a contaminação microbiológica dos dispositivos de ventiloterapia domiciliária (exposição principal) e a ocorrência de infeções respiratórias (evento clínico de interesse).

Figura 2 - *Directed Acyclic Graph* (DAG) representando as possíveis relações causais e de confundimento entre as variáveis em estudo.



A exposição principal é a contaminação microbiológica dos dispositivos (máscara/humidificador) e o desfecho é a ocorrência de infeções respiratórias. A direção das setas indica a relação causal presumida com base na literatura e plausibilidade clínica.

As variáveis foram organizadas de acordo com a sua função no modelo:

- Em cima, encontram-se os potenciais confundidores, como idade, sexo, comorbilidades e diagnóstico clínico.
- Em baixo, as variáveis relacionadas com a contaminação microbiológica, influenciada por fatores como práticas de higiene, presença de humidificador, tipo de máscara e adesão à terapêutica.
- Ao centro, representa-se o evento clínico de interesse principal: ocorrência de infeções respiratórias.

A construção do DAG foi realizada com recurso à ferramenta *Dagitty*, permitindo identificar os conjuntos mínimos de ajustamento necessários para controlar o viés de confundimento nas análises estatísticas.

3.5.Considerações éticas

Este estudo foi previamente submetido à apreciação da Comissão de Ética para a Saúde da Unidade Local de Saúde do Alto Ave, tendo obtido parecer favorável para a sua realização (Ref: 188/2023), conforme documento disponível no Anexo.

A participação dos doentes foi inteiramente voluntária, tendo sido obtido consentimento informado por escrito de todos os participantes antes da inclusão no estudo. O consentimento foi precedido de uma explicação clara e detalhada sobre os objetivos, procedimentos, eventuais riscos, benefícios e garantias de confidencialidade associadas à investigação.

Foi assegurado o anonimato dos participantes, através da codificação dos dados e da não recolha de qualquer informação identificativa direta. Os dados recolhidos foram utilizados exclusivamente para fins científicos e armazenados de forma segura, respeitando os princípios da Declaração de Helsínquia e a legislação nacional aplicável à proteção de dados pessoais e ética em investigação clínica.

4. Resultados

4.1. Caracterização da população em estudo

4.1.1. Caracterização sociodemográfica e habitacional

A população em estudo foi composta por 100 doentes sob ventiloterapia domiciliária, maioritariamente do sexo masculino (63,0%), com uma idade média de $67,7 \pm 11,6$ anos. A maioria encontrava-se aposentada (83,0%), sendo consistente com o perfil etário predominante da amostra. No que concerne ao estado civil, a maioria dos doentes era casada (67,0%), 13% viúvos e 10% solteiros, um reflexo comum da faixa etária abrangida. Em termos de escolaridade, observou-se um nível educativo globalmente baixo, com 89,0% dos participantes a referirem apenas escolaridade básica, enquanto 6,0% completaram o ensino secundário e 5,0% o ensino superior. A mediana do número de elementos no agregado familiar foi de dois (P25–P75: 2–3). Esta caracterização sociodemográfica dos participantes encontra-se detalhada na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização sociodemográfica da amostra de doentes em ventiloterapia domiciliária.

Variável		Total (n=100)
Sexo	Masculino	63 (63,0%)
	Feminino	37 (37,0%)
Idade (anos)		$67,7 \pm 11,6$
Estado Civil	Solteiro	10 (10,0%)
	Casado	67 (67,0%)
	União de Facto	2 (2,0%)
	Divorciado	8 (8,0%)
	Viúvo	13 (13,0%)
Escolaridade	Baixa escolaridade ¹	89 (89,0%)
	Ensino secundário	6 (6,0%)
	Ensino superior	5 (5,0%)
Profissão	Trabalhador	15 (15,0%)
	Reformado	83 (83,0%)
	Estudante	1 (1,0%)
	Desempregado	1 (1,0%)
Tamanho Agregado Familiar		2(2,0–3,0)

¹ A categoria “Baixa escolaridade” inclui participantes que sabem ler e escrever sem escolaridade formal e indivíduos com o 1.º ou 2.º ciclo de escolaridade.

Os valores são apresentados em frequência absoluta (n) e relativa (%), exceto a idade expressa em média $\pm$ desvio padrão e o agregado familiar, expresso em mediana e intervalo interquartil (P25–P75).

Conforme ilustrado na Tabela 2, do ponto de vista geográfico, a maioria dos indivíduos residia em meio rural (72,0%), e o abastecimento de água era garantido, na sua maioria, pela rede pública (75,0%), embora cerca de um quarto utilizasse fontes alternativas, como poços (14,0%) ou uma combinação de sistemas (11,0%). Em relação às condições habitacionais, 18,0% dos doentes referiram a presença de humidade ou mofo no domicílio, e 22,0% coabitavam com animais de estimação. A humidade ambiente foi percecionada como baixa por 77,0% da amostra, média por 10,0% e elevada por 13,0%, embora tal avaliação careça de validação objetiva.

Tabela 2 - Caracterização habitacional da amostra de doentes em ventiloterapia domiciliária.

Variável		Total (n=100)
Animais de estimação	Sim	22 (22,0%)
	Não	78 (78,0%)
Presença de humidade ou bolor	Sim	18 (18,0%)
	Não	82 (82,0%)
Grau de humidade	Baixa	77 (77,0%)
	Média	10 (10,0%)
	Alta	13 (13,0%)
Abastecimento de Água	Rede pública	75 (75,0%)
	Poço	14 (14,0%)
	Rede pública e poço	11 (11,0%)
Tipo de Residência	Rural	72 (72,0%)
	Urbana	28 (28,0%)

Os valores são apresentados em frequência absoluta (n) e relativa (%). Amostra total: n = 100.

A formação sobre a manutenção e a higienização dos dispositivos foi prestada, na esmagadora maioria dos casos, pela equipa de Cuidados Respiratórios Domiciliários (97,0%), sendo considerada adequada por grande parte dos doentes: 81,0% classificaram a informação como “boa” e 14,0% como “excelente”. Apenas 16,0% dos doentes referiram ter beneficiado de formação adicional (Tabela 3).

Tabela 3 - Caracterização da formação recebida pelos doentes em ventiloterapia domiciliária.

Variável		Total (n=100)
Entidade de Formação	Equipa de CRD	97 (97,0%)
	Equipa hospitalar	3 (3,0%)
Classificação da Informação Obtida	Excelente	14 (14,0%)
	Boa	81 (81,0%)
	Satisfatória	2 (2,0%)
	Insatisfatória	3 (3,0%)
Perceção de Benefício da Formação	Sim	16 (16,0%)
	Não	84 (84,0%)

CRD - Cuidados Respiratórios Domiciliários. Valores apresentados como n (%). Amostra total: n = 100.

4.1.2. Perfil clínico e fatores de risco associados

No que respeita à situação clínica, observou-se uma elevada prevalência de doenças crónicas, nomeadamente hipertensão arterial (64,0%), dislipidemia (55,0%), diabetes Mellitus (36,0%) e insuficiência cardíaca (24,0%). Outras patologias relevantes incluíram asma (9,0%) e depressão (14,0%), refletindo a complexidade clínica habitual dos doentes em ventiloterapia domiciliária.

Relativamente ao estado nutricional, verificou-se que mais de 80% dos participantes apresentavam excesso de peso ou obesidade, com predomínio para esta última categoria (52,0%). Quanto aos hábitos tabágicos, a maioria dos participantes era não fumadora (80,0%), embora 38,0% fossem ex-fumadores e 20,0% mantivessem consumo ativo de tabaco. No domínio da prevenção de infeções respiratórias, observou-se uma taxa de vacinação contra a gripe de 77,0%, e 74,0% dos participantes referiram ter sido vacinados contra a pneumonia. Estes dados encontram-se resumidos na Tabela 4.

Tabela 4 - Caracterização clínica da amostra de doentes em ventiloterapia domiciliária.

Variável	Total (n=100)
IMC	Baixo peso
	1 (1,0%)
	Peso normal
	18 (18,0%)
	Excesso de peso
	29 (29,0%)
	Obesidade
	52 (52,0%)
Comorbilidades	Asma
	9 (9,0%)
	HTA
	64 (64,0%)
	DM
	36 (36,0%)
	Dislipidemia
	55 (55,0%)
	IC
	24 (24,0%)
	Depressão
	14 (14,0%)
Hábitos tabágicos	Fumador
	20 (20,0%)
	Ex-fumador
	38 (38,0%)
Vacinação	Vacinação contra a Gripe
	77 (77,0%)
	Vacina Pneumocócica
	74 (74,0%)

Os valores são apresentados em frequência absoluta (n) e relativa (%). Amostra total: n = 100.

IMC – Índice de Massa Corporal; HTA – Hipertensão arterial; DM – Diabetes Mellitus; IC – Insuficiência cardíaca

A distribuição de diversas variáveis clínicas e comorbilidades foi comparada entre os grupos definidos pelo motivo de início da ventiloterapia (SAOS, DPOC, DNM, SHO), conforme apresentado na Tabela 5.

Algumas diferenças estatisticamente significativas foram identificadas. A proporção de indivíduos do sexo masculino foi significativamente maior nos grupos SAOS (60,0%) e DPOC (77,3%), enquanto o grupo SHO foi exclusivamente feminino (100%). Esta diferença revelou-se estatisticamente significativa ($p = 0,001$), refletindo padrões epidemiológicos reconhecidos para estas patologias.

Relativamente ao índice de massa corporal (IMC), observou-se uma elevada prevalência de obesidade na amostra global (52,0%), particularmente acentuada nos grupos SHO (83,3%) e SAOS (57,5%). Esta variável revelou uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p = 0,049$), em linha com o papel amplamente reconhecido do excesso de peso na fisiopatologia destas condições clínicas.

No que diz respeito às comorbilidades, a hipertensão arterial destacou-se com uma diferença significativa entre os grupos ($p = 0,018$), apresentando maior prevalência nos doentes com SAOS (65,0%) e DPOC (54,5%). A diabetes Mellitus também foi mais prevalente no grupo SHO (83,3%) em comparação com os restantes, embora a diferença

observada não tenha atingido significância estatística ($p = 0,052$). As restantes comorbilidades analisadas, nomeadamente asma ($p = 0,188$), dislipidemia ($p = 0,106$), insuficiência cardíaca ($p = 0,484$) e depressão ($p = 0,602$), não revelaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos.

Tabela 5 - Características clínicas segundo o motivo de início da ventiloterapia domiciliária.

Variável	Total (n=100)	Motivo de início da Ventiloterapia (n=100)				Valor de <i>p</i>
		SAOS (n=40)	DPOC (n=44)	DNM (n=10)	SHO (n=6)	
Sexo						
Masculino	63	24(60,0%)	34(77,3%)	5(50,0%)	0(0%)	0,0013
Feminino	37	16(40,0%)	10(22,7%)	5(50,0%)	6(100%)	
IMC						
Baixo peso	1	0(0%)	1(2,3%)	0(0%)	0(0%)	0,0496
Peso normal	18	3(7,5%)	10(22,7%)	5(50,0%)	0(0%)	
Excesso de peso	29	14(35%)	11(25,0%)	3(30,0%)	1(16,7%)	
Obesidade	52	23(57,5%)	22(50,0%)	2(20,0%)	5(83,3%)	
Comorbilidades						
Asma	9	4(10,0%)	3(6,8%)	0(0%)	2(33,3%)	0,1883
DM	36	16(40,0%)	12(27,3%)	3(30%)	5(83,3%)	0,052
HTA	64	30(75,0%)	24(54,5%)	4(40,0%)	6(100%)	0,01827
Dislipidemia	55	22(55,0%)	23(52,3%)	4(40,0%)	6(100%)	0,1064
IC	24	8(20,0%)	13(29,5%)	1(10,0%)	2(33,3%)	0,484
Depressão	14	7(17,5%)	6(13,6%)	0(0%)	1(16,7%)	0,602

Os valores são apresentados como n (%). Amostra total: n = 100. Diferenças estatisticamente significativas assinaladas com $p < 0,05$. IMC – Índice de Massa Corporal; HTA – Hipertensão arterial; DM – Diabetes Mellitus; IC – Insuficiência cardíaca; SAOS – Síndrome de Apneia Obstrutiva do Sono; DPOC – Doença pulmonar obstrutiva crónica; DNM – Doença neuromuscular; SHO – Síndrome de hipoventilação-obesidade

4.1.3. Características da ventiloterapia

No que se refere ao motivo de início da ventiloterapia, a Síndrome de apneia obstrutiva do sono (SAOS) e a doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC) foram os diagnósticos predominantes, justificando, respetivamente, 40,0% e 44,0% dos casos. Outras indicações incluíram distúrbios neuromusculares (10,0%) e a Síndrome de hipoventilação-obesidade (SHO), com 6,0% dos casos (Tabela 6).

Tabela 6 – Características do perfil de utilização da ventiloterapia domiciliária

Variável	Total (n=100)
Motivo de início Ventiloterapia	
SAOS	40 (40,0%)
DPOC	44 (44,0%)
DNM	10 (10,0%)
SHO	6 (6,0%)
Modalidade Ventilatória	
CPAP	36 (36,0%)
Binível	64 (64,0%)
Tempo de Ventiloterapia	
6 meses - 1 ano	10 (10,0%)
1 ano - 2 anos	15 (15,0%)
>2 anos	75 (75,0%)
% Dias com utilização ≥ 4h	87,1 ± 22,3
Tempo médio diário de utilização	7,9 ± 2,8
Classificação da adesão¹	
Muito baixa adesão	4 (4,0%)
Baixa adesão	6 (6,0%)
Moderada adesão	8 (8,0%)
Boa adesão	16 (16,0%)
Excelente adesão	66 (66,0%)

Valores apresentados como n (%) ou média ± desvio padrão, conforme aplicável. Amostra total: n = 100.

SAOS – Síndrome de Apneia Obstrutiva do Sono; DPOC – Doença pulmonar obstrutiva crónica; DNM – Doença neuromuscular; SHO – Síndrome de hipoventilação-obesidade; CPAP – Pressão positiva contínua nas vias aéreas; Binível – Pressão positiva com dois níveis de suporte.

¹ Os critérios de classificação da adesão encontram-se detalhados na secção 3.3.2.

A terapia binível foi a mais frequentemente prescrita, abrangendo 64,0% da amostra, enquanto 36,0% dos participantes utilizavam dispositivos de pressão positiva contínua das vias aéreas (CPAP).

Relativamente ao tempo de utilização da terapêutica ventilatória, 75,0% dos doentes usavam o equipamento há mais de dois anos, enquanto 15,0% apresentavam entre um e dois anos de uso, e apenas 10,0% utilizavam-no há menos de um ano.

A adesão à terapêutica revelou-se elevada: dois terços dos participantes (66,0%) apresentaram uma adesão classificada como excelente, com uma percentagem média de dias com utilização superior a quatro horas de 87,1 ± 22,3%.

No que respeita ao tempo médio diário de utilização da ventiloterapia, observou-se uma média de 7,9 ± 2,8 horas por noite.

As características técnicas da terapêutica ventilatória variaram significativamente entre os grupos definidos pelo motivo de início da ventiloterapia (Tabela 7). Tal como seria

expectável, a utilização de binível foi universal nos grupos DPOC, DNM e SHO, enquanto o CPAP foi utilizado exclusivamente pelos doentes com SAOS ($p < 0,001$).

Observou-se também uma associação estatisticamente significativa entre o motivo de início da terapêutica e o tipo de interface utilizada ($p = 0,00024$). As máscaras oronasais foram amplamente preferidas em todos os grupos, com especial destaque para os doentes com DPOC (95,5%) e DNM (80,0%). As máscaras nasais foram mais utilizadas no grupo com SAOS (40%), mantendo-se praticamente ausentes nos restantes.

Relativamente à utilização de humidificador, não se identificou uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p = 0,0585$), embora a sua utilização tenha sido ligeiramente mais frequente no grupo com SAOS (57,5%) e menos comum entre os doentes com DNM (10%).

Tabela 7 - Características da ventiloterapia segundo o motivo de início.

Variável	Total (n=100)	Motivo de início da Ventiloterapia (n=100)				Valor de <i>p</i>
		SAOS (n=40)	DPOC (n=44)	DNM (n=10)	SHO (n=6)	
Modalidade Ventilatória						
CPAP	36	36(90%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	< 0,001
Binível	64	4(10%)	44(100%)	10(100%)	6(100%)	
Tipo de interface						
Nasal	20	16(40,0%)	2(4,5%)	2(20,0%)	0(0,0%)	0,00024
Oronasal	78	22(55,0%)	42(95,5%)	8(80,0%)	6(100%)	
Almofadas	2	2(5,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	
Presença de Humidificador						
Sim	49	23(57,5%)	22(50,0%)	1(10,0%)	3(50,0%)	0,0585
Não	51	17(42,5%)	22(50,0%)	9(90,0%)	3(50,0%)	

Os valores são apresentados em frequência absoluta (n) e relativa (%). Amostra total: n = 100. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). SAOS – Síndrome de Apneia Obstrutiva do Sono; DPOC – Doença pulmonar obstrutiva crónica; DNM – Doença neuromuscular; SHO – Síndrome de hipoventilação-obesidade; CPAP - Pressão positiva contínua nas vias aéreas; Binível – Pressão positiva com dois níveis de suporte.

4.2. Higienização dos dispositivos: práticas e frequência

4.2.1. Higiene da máscara e componentes

A Tabela 8 apresenta as características técnicas e as práticas de higiene das máscaras utilizadas pelos doentes em ventiloterapia domiciliária.

A interface mais frequentemente utilizada foi a máscara oronasal, presente em 78,0% dos casos. As máscaras nasais foram referidas por 20,0% dos doentes, e apenas 2,0% recorriam a modelos com almofadas nasais.

Tabela 8 - Características e práticas de higiene das máscaras utilizadas em ventiloterapia domiciliária.

Variável		Total (n=100)
Tipo de interface	Nasal	20 (20,0%)
	Oronasal	78 (78,0%)
	Almofadas	2 (2,0%)
Frequência de lavagem da máscara	Diariamente	30 (30,0%)
	Semanalmente	38 (38,0%)
	Mensalmente	7 (7,0%)
	Ocasionalmente	23 (23,0%)
	Nunca	2 (2,0%)
Método de lavagem da máscara	Água	17 (17,3%)
	Água e detergente/sabão	71 (72,4%)
	Pano húmido	6 (6,1%)
	Água e vinagre	3 (3,1%)
	Lixívia	1 (1,0%)
	Não aplicável	2
Método de secagem da máscara	Secagem ao ar	90 (91,8%)
	Toalha/Pano	8 (8,2%)
	Não aplicável	2
Substituição da máscara	<3 meses	40 (40,0%)
	3-6 meses	34 (34,0%)
	6 meses - 1 ano	16 (16,0%)
	> 1 ano	6 (6,0%)
	Nunca	4 (4,0%)
Substituição do filtro	Mensalmente	7 (7,0%)
	Trimestralmente	35 (35,0%)
	Semestralmente	32 (32,0%)
	Anualmente	3 (3,0%)
	Nunca	19 (19,0%)
	Lavagem apenas	2 (2,0%)
	Frequência não conhecida	2 (2,0%)

Os valores são apresentados em frequência absoluta (n) e relativa (%). Amostra total: n = 100.

No que respeita às práticas de substituição da máscara, observou-se uma tendência para trocas regulares: 40,0% dos participantes substituíam-na com uma frequência inferior a três meses, 34,0% entre três e seis meses, e 16,0% entre seis meses e um ano. Apenas 6,0% referiram trocá-la anualmente, e 4,0% indicaram nunca a ter substituído.

Os padrões de substituição do filtro revelaram alguma heterogeneidade. A maioria dos participantes reportou fazê-lo trimestralmente (35,0%) ou semestralmente (32,0%). Outros indicaram substituição mensal (7,0%) ou anual (3,0%), enquanto 19,0% admitiram nunca o substituir e 2,0% referiram apenas proceder à sua lavagem sem substituição.

Relativamente à higiene da máscara, 38,0% dos doentes indicaram proceder à sua lavagem semanal, 30,0% diariamente e 23,0% apenas ocasionalmente. Uma pequena minoria (2,0%) afirmou nunca a lavar.

Quanto ao método de lavagem, a maioria recorria a água com detergente suave/sabão (72,4%), enquanto outros utilizavam apenas água (17,3%), vinagre, pano húmido ou lixívia, ainda que com menor frequência.

A secagem era, na maioria dos casos (91,8%), efetuada ao ar livre, sendo que apenas 8,2% dos participantes utilizavam toalha ou pano para esse fim.

4.2.2. Utilização do humidificador e características associadas

A Tabela 9 apresenta a caracterização da utilização do humidificador e o impacto clínico associado. Entre os participantes, 49,0% utilizavam humidificador associado ao equipamento de ventilação, enquanto 51,0% não recorriam a este componente.

A introdução do humidificador foi, na maioria dos casos, motivada por sintomas de desconforto atribuídos à terapêutica ventilatória, com especial destaque para a secura da boca (73,5%). Outros sintomas referidos incluíram secura do nariz (10,2%), secura da garganta (2,0%) e irritação da garganta (2,0%). Importa referir que 12,2% dos doentes referiram não apresentar qualquer sintoma atribuível à ventiloterapia antes da introdução do humidificador.

Relativamente ao tempo de utilização, observou-se que a maioria dos participantes mantinha o humidificador há mais de um ano (69,4%). Os restantes distribuíam-se por

períodos inferiores: 16,3% entre seis meses e um ano, 10,2% entre três e seis meses e 4,1% menos de três meses.

Tabela 9 - Caracterização da utilização do humidificador e impacto clínico associado à sua introdução.

Variável		n (%)
Humidificador	Sim	49 (49,0%)
	Não	51 (51,0%)
Sintomas atribuídos à ventiloterapia (n=49)	Secura do nariz	5 (10,2%)
	Secura da garganta	1 (2,0%)
	Secura da boca	36 (73,5%)
	Irritação da garganta	1 (2,0%)
	Nenhum	6 (12,2%)
Tempo de utilização de humidificador (n=49)	< 3 meses	2 (4,1%)
	3-6 meses	5 (10,2%)
	6 meses - 1 ano	8 (16,3%)
	> 1 ano	34 (69,4%)
Melhoria de sintomas após humidificador (n=49)	Sim	35 (81,4%)
	Não	7 (16,3%)
	Desconhece/Não sabe informar	1 (2,3%)
	Não aplicável	6

Os valores são apresentados como n (%). Amostra total: n = 100. Para variáveis específicas, apenas os participantes com humidificador foram considerados (n = 49).

A introdução do humidificador foi associada, a uma melhoria sintomática em 81,4% dos casos, traduzindo-se num impacto clínico considerado positivo.

A Tabela 10 apresenta a caracterização das práticas de higiene e manutenção dos humidificadores utilizados em ventiloterapia domiciliária. A frequência de troca da água revelou práticas bastante heterogéneas. A maioria dos doentes substituíam a água diariamente (51,0%) ou em dias alternados (36,7%). Uma minoria referiu trocas semanais (10,2%), e 1 doente (2,0%) admitiu apenas adicionar água, sem realizar uma substituição completa.

No que diz respeito à origem da água utilizada, 32,7% dos participantes referiam utilizar água da rede pública, percentagem idêntica à dos que optavam por água engarrafada. A água destilada era utilizada por 18,4% dos participantes, e 16,3% recorriam a água proveniente de poço.

Relativamente à higiene do reservatório, mais de metade dos participantes realizava a lavagem semanalmente (53,1%), enquanto 20,4% a efetuavam diariamente. Frequências mensais (6,1%) ou trimestrais (6,1%) foram menos comuns, e 14,3% admitiram nunca proceder à lavagem do humidificador.

Tabela 10 - Caracterização das práticas de higiene e manutenção do humidificador.

Variável		Total (n=49)
Proveniência da água	Rede pública	16 (32,7%)
	Água engarrafada	16 (32,7%)
	Água destilada	9 (18,4%)
	Poço	8 (16,3%)
Frequência de troca da água do humidificador	Diariamente	25 (51,0%)
	Dias intermitentes	18 (36,7%)
	Semanalmente	5 (10,2%)
	Apenas adiciona água	1 (2,0%)
Frequência de lavagem do humidificador	Diariamente	10 (20,4%)
	Semanalmente	26 (53,1%)
	Mensalmente	3 (6,1%)
	Trimestralmente	3 (6,1%)
	Nunca	7 (14,3%)
Método de lavagem do humidificador	Água	13 (31,0%)
	Água e detergente/sabão	24 (57,1%)
	Água e vinagre	4 (9,5%)
	Máquina lavar loiça	1 (2,4%)
	Não aplicável	7
Método de secagem do humidificador	Secagem ao ar	37 (88,1%)
	Pano	4 (9,5%)
	Máquina lavar loiça	1 (2,4%)
	Não aplicável	7

Valores apresentados como n (%). Apenas participantes com humidificador foram considerados (n = 49).

Quanto aos métodos utilizados, predominava a utilização de água com detergente suave/sabão (57,1%), seguida da utilização de água simples (31,0%). Menos frequentemente, os doentes referiram recorrer a vinagre (9,5%) ou à máquina de lavar loiça (2,4%).

A secagem do humidificador, após a lavagem, era predominantemente realizada ao ar (88,1%), sendo que apenas 9,5% utilizavam pano e 2,4% máquina de lavar.

4.2.3. Avaliação global das práticas de higiene

A Tabela 11 apresenta a avaliação da adequação das práticas de higiene e manutenção dos dispositivos ventilatórios, com base em critérios definidos a partir das recomendações da *American Thoracic Society* e adaptados ao contexto domiciliário.

No que respeita à higiene da máscara, apenas 28,0% dos participantes adotavam práticas consideradas adequadas, que incluíam lavagem diária com água e detergente suave/sabão e secagem ao ar. A maioria (72,0%) não cumpria estes critérios, revelando procedimentos de higienização insuficientes ou inconsistentes.

Tabela 11 - Classificação da adequação das práticas de higiene e manutenção dos dispositivos.

Variável	Adequada n (%)	Inadequada (n%)
Higiene da máscara	28 (28%)	72 (72%)
Manutenção da água do humidificador	9 (18,4%)	40 (81,6%)
Higiene do humidificador	32 (65,3%)	17 (34,7%)

Valores apresentados como n (%). A avaliação da manutenção da água e higiene do humidificador refere-se apenas aos participantes com humidificador (n = 49).

No que respeita à manutenção da água do humidificador, apenas 18,4% dos participantes cumpriam os critérios estipulados, que incluíam substituição diária da água e a utilização de água destilada ou engarrafada. A maioria (81,6%) revelou práticas inadequadas neste domínio, destacando-se a frequência irregular de substituição e o uso de água da rede pública ou de poço.

Entre os utilizadores de humidificador (n = 49), 65,3% apresentavam práticas compatíveis com os parâmetros estabelecidos para a higienização do reservatório, nomeadamente lavagem semanal com produto apropriado e secagem ao ar. Em contrapartida, 34,7% não cumpriam os requisitos mínimos definidos para uma limpeza eficaz.

4.3. Contaminação microbiológica em ventiloterapia domiciliária

4.3.1. Frequência e grau de contaminação das máscaras

A Tabela 12 apresenta a avaliação visual das máscaras e o respetivo grau de contaminação microbiológica. Cerca de um terço das máscaras (33,0%) foram classificadas como limpas,

enquanto 21,0% se encontravam sujas, 5,0% muito sujas, 21,0% foram avaliadas como muito limpas e 20,0% como moderadamente sujas.

Apesar da heterogeneidade observada no estado visual, apenas 28,0% das máscaras apresentavam contaminação microbiológica detetável. Entre estas, a maioria foi classificada com contaminação moderada (24,0%), e apenas 4,0% evidenciaram contaminação elevada. A grande maioria das amostras (72,0%) revelou ausência de crescimento microbiano relevante.

Tabela 12 - Estado visual e contaminação microbiológica das máscaras utilizadas na ventiloterapia.

Variável		Total (n=100)
Estado visual da máscara	Muito limpo	21 (21,0%)
	Limp	33 (33,0%)
	Moderadamente sujo	20 (20,0%)
	Sujo	21 (21,0%)
	Muito sujo	5 (5,0%)
Presença de contaminação da máscara	Não contaminada	72 (72,0%)
	Contaminada	28 (28,0%)
Grau de contaminação microbiológica da máscara	Sem contaminação relevante	72 (72,0%)
	Contaminação moderada	24 (24,0%)
	Contaminação elevada	4 (4,0%)

Os valores são apresentados como n (%). Amostra total: n = 100. A classificação do grau de contaminação microbiológica baseia-se na análise laboratorial das amostras colhidas nas máscaras.

Para complementar a avaliação visual das máscaras e ilustrar a variabilidade observada nas condições de conservação, apresentam-se, de seguida, três exemplos de dispositivos classificados como “muito sujos” durante a inspeção visual realizada no momento da consulta.

Figura 3 - Exemplos de máscaras classificadas como “muito sujas” na inspeção visual



Imagem 3.1



Imagem 3.2



Imagem 3.3

A Imagem 3.1 ilustra uma máscara com acumulação visível de resíduos orgânicos e descoloração da almofada facial. A Imagem 3.2 apresenta uma máscara com coloração amarelada intensa e sinais de degradação do material, sugerindo envelhecimento do dispositivo e manutenção deficiente. Já na Imagem 3.3, observa-se a presença de partículas

aderentes na válvula expiratória e nas superfícies internas, com turvação do material plástico, também compatível com práticas de limpeza insuficientes.

4.3.2.Frequência e grau de contaminação das humidificadores

Em contraste com as máscaras, os humidificadores apresentaram um perfil de contaminação visivelmente mais preocupante, tanto do ponto de vista visual como microbiológico (Tabela 13). Apenas 12,2% foram classificados como muito limpos e 10,2% como limpos. Em oposição, 36,7% foram considerados moderadamente sujos, 30,6% sujos e 10,2% muito sujos.

Em termos microbiológicos, a presença de contaminação foi amplamente prevalente, com 87,8% dos humidificadores a apresentarem crescimento microbiano. Apenas 12,2% das amostras analisadas foram consideradas isentas de contaminação relevante. Entre os dispositivos contaminados, 63,3% evidenciaram contaminação moderada e 24,5% contaminação elevada, refletindo uma carga microbiológica significativa em grande parte das unidades avaliadas.

Tabela 13 - Estado visual e contaminação microbiológica dos humidificadores.

Variável		Total (n=49)
Estado visual do humidificador	Muito limpo	6 (12,2%)
	Limpo	5 (10,2%)
	Moderadamente sujo	18 (36,7%)
	Sujo	15 (30,6%)
	Muito sujo	5 (10,2%)
Presença de contaminação do humidificador	Não contaminado	6 (12,2%)
	Contaminado	43 (87,8%)
Grau de contaminação microbiológica do humidificador	Sem contaminação relevante	6 (12,2%)
	Contaminação moderada	31 (63,3%)
	Contaminação elevada	12 (24,5%)

Os valores são apresentados como n (%). Amostra total: n = 100. A classificação do grau de contaminação microbiológica baseia-se na análise laboratorial das amostras colhidas nos humidificadores. Para esta tabela, apenas os participantes com humidificador foram considerados (n = 49).

Para ilustrar a gravidade de algumas situações observadas durante a inspeção visual dos humidificadores, apresentam-se, de seguida, dois exemplos representativos de dispositivos classificados como “muito sujos”.

Figura 4 - Exemplos de humidificadores classificados como “muito sujos” na inspeção visual



Imagem 4.1



Imagem 4.2

Na imagem 4.1, observa-se um humidificador com depósito visível de resíduos acumulados na tampa superior e na zona interna da câmara, com destaque para a presença de um pequeno inseto no interior do reservatório. A imagem 4.2 apresenta um humidificador com coloração acastanhada e opacidade marcada das superfícies plásticas, sendo visíveis resíduos persistentes nas juntas e encaixes do dispositivo, sugerindo uma acumulação

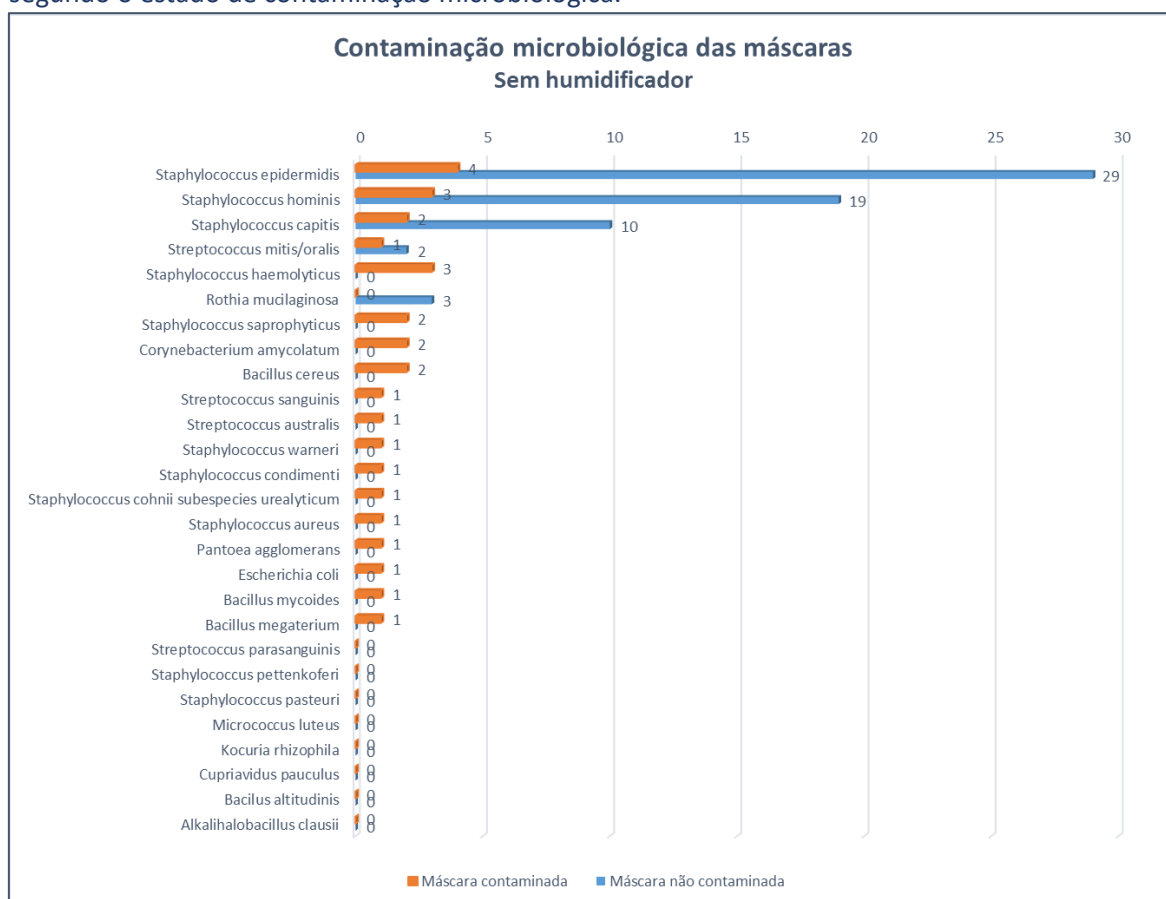
prolongada de sujidade, compatível com práticas de manutenção irregulares ou inexistentes.

4.4. Identificação microbiológica: microrganismos isolados

4.4.1. Microrganismos isolados nas máscaras

A análise qualitativa das culturas permitiu a identificação de um conjunto diversificado de microrganismos, com predomínio de espécies típicas da microbiota cutânea e ambiental. No total, foram identificadas 27 espécies distintas, reforçando a diversidade microbiana presente nas máscaras, mesmo quando utilizadas exclusivamente em contexto domiciliário. A distribuição dos microrganismos isolados, diferenciada consoante a presença ou ausência de humidificador, encontra-se representada nas Figuras 5 e 6.

Figura 5 - Frequência dos microrganismos isolados das máscaras de doentes sem humidificador, segundo o estado de contaminação microbiológica.



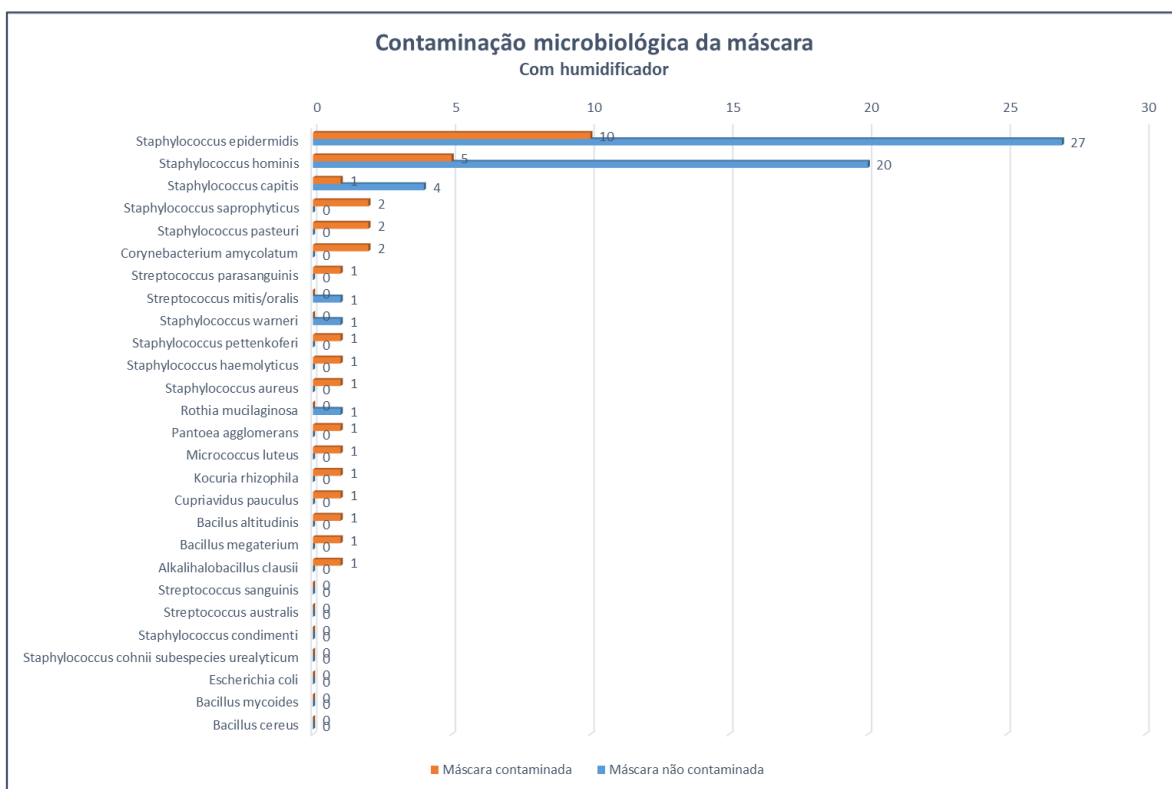
A distribuição das espécies bacterianas está representada por barras horizontais, diferenciadas por cor conforme a presença (laranja) ou ausência (azul) de contaminação microbiológica. Os dados refletem a contagem absoluta de isolamentos por espécie identificada.

O microrganismo mais frequentemente isolado foi *Staphylococcus epidermidis*, identificado em 70,0% das amostras, seguido de *Staphylococcus hominis* (47,0%) e *Staphylococcus capitis* (17,0%).

Outras espécies frequentemente associadas à microbiota comensal incluíram *Staphylococcus saprophyticus*, *Corynebacterium amycolatum*, *Streptococcus mitis/oralis*, *Staphylococcus haemolyticus* e *Rothia mucilaginosa*, cada uma isolada em 4,0% das amostras.

Embora em menor frequência, foram ainda detetados microrganismos com maior potencial patogénico, como *Staphylococcus aureus* (2,0%), *Escherichia coli* (1,0%) e *Streptococcus sanguinis* (1,0%), cuja presença, mesmo isolada, pode representar risco acrescido em doentes com comorbilidades ou maior fragilidade clínica.

Figura 6 - Frequência dos microrganismos isolados as máscaras de doentes com humidificador, segundo o estado de contaminação microbiológica.



A distribuição das espécies bacterianas está representada por barras horizontais, diferenciadas por cor conforme a presença (laranja) ou ausência (azul) de contaminação microbiológica. Os dados refletem a contagem absoluta de isolamentos por espécie identificada.

Verifica-se que *Staphylococcus epidermidis* e *Staphylococcus hominis* mantêm a predominância em ambos os grupos, ainda que com ligeiras variações de frequência. A presença de humidificador não parece associar-se, a alterações substanciais no perfil microbiano das máscaras.

Importa referir que a presença de microrganismos habitualmente comensais, como *Staphylococcus epidermidis* ou *Staphylococcus hominis*, não foi, por si só, critério para classificar a amostra como contaminada. A sua inclusão em grupos de contaminação deveu-se, à coidentificação com outras espécies com maior potencial patogénico, sublinhando a importância de uma abordagem interpretativa integrada na análise dos resultados microbiológicos.

4.4.2.Diversidade microbiana segundo o tipo de máscara

Para além da identificação e frequência dos microrganismos isolados, foi analisada a diversidade microbiológica presente nas máscaras, de acordo com o tipo de interface utilizada. Entre as 94 máscaras que apresentaram algum crescimento microbiológico, verificou-se que as máscaras oronasais apresentaram o maior índice de diversidade (2,06), seguidas pelas máscaras nasais (1,62) e, por fim, pelas de almofadas (1,04), conforme apresentado na Tabela 14. Este resultado sugere uma diversidade significativamente mais elevada nas máscaras oronasais, possivelmente associada à sua maior área de contacto com a pele, volume interno superior e potencial de retenção de humidade, fatores que poderão favorecer a colonização e sobrevivência de diferentes espécies bacterianas.

Adicionalmente, as máscaras oronasais foram também as mais utilizadas na amostra (n = 74), o que poderá contribuir para uma maior exposição à contaminação cruzada e maior variabilidade nas práticas de higiene e manutenção. Os géneros predominantes neste grupo incluíram *Staphylococcus epidermidis* (isolado em 55 das 74 máscaras oronasais) e *Staphylococcus hominis* (n = 38), ambos microrganismos comensais da microbiota cutânea humana.

A menor diversidade observada nas máscaras de almofadas deve ser interpretada com cautela, dado o número reduzido de utilizadores deste modelo (n = 2), o que limita a validade estatística das comparações.

A análise da diversidade microbiológica por tipo de interface ventilatória contribui para uma melhor compreensão do risco microbiológico associado às diferentes configurações de equipamento e pode justificar abordagens diferenciadas no aconselhamento da higiene, na frequência de substituição dos dispositivos e no seguimento clínico dos doentes em ventiloterapia domiciliária.

Tabela 14 - Distribuição dos microrganismos isolados segundo o tipo de interface.

	Total (n=100)	Tipo Interface (n=94)		
		1 – Nasal (n=20)	2 – Oronasal (n=78)	3 – Almofadas (n=2)
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	70	14	55	1
<i>Staphylococcus capitis</i>	17	4	13	0
<i>Staphylococcus hominis</i>	47	7	38	2
<i>Micrococcus luteus</i>	1	0	1	0
<i>Staphylococcus condimenti</i>	1	1	0	0
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	4	0	3	1
<i>Bacillus mycoides</i>	1	0	1	0
<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	4	1	3	0
<i>Staphylococcus warneri</i>	2	0	2	0
<i>Staphylococcus pasteurii</i>	2	1	1	0
<i>Corynebacterium amycolatum</i>	4	1	3	0
<i>Streptococcus mitis/oralis</i>	4	0	4	0
<i>Rothia mucilaginosa</i>	4	0	4	0
<i>Alkalihalobacillus clausii</i>	1	0	1	0
<i>Escherichia coli</i>	1	0	1	0
<i>Streptococcus australis</i>	1	1	0	0
<i>Bacillus megaterium</i>	2	1	1	0
<i>Cupriavidus pauculus</i>	1	0	1	0
<i>Streptococcus sanguinis</i>	1	0	1	0
<i>Pantoea agglomerans</i>	2	0	2	0
<i>Streptococcus parasanguinis</i>	1	0	1	0
<i>Bacillus cereus</i>	2	0	2	0
<i>Staphylococcus cohnii subspécies urealyticum</i>	1	0	1	0
<i>Staphylococcus aureus</i>	2	0	2	0
<i>Bacillus altitudinis</i>	1	0	1	0
<i>Kocuria rhizophila</i>	1	0	1	0
<i>Staphylococcus pettenkoferi</i>	1	0	1	0
Índice de Shannon		1.62	2.06	1.04

Os valores apresentados correspondem à frequência absoluta de isolamentos para cada espécie bacteriana, segundo o tipo de máscara utilizada (nasal, oronasal ou almofadas). A linha inferior apresenta o *índice de Shannon*, utilizado como medida de diversidade microbiana por tipo de interface.

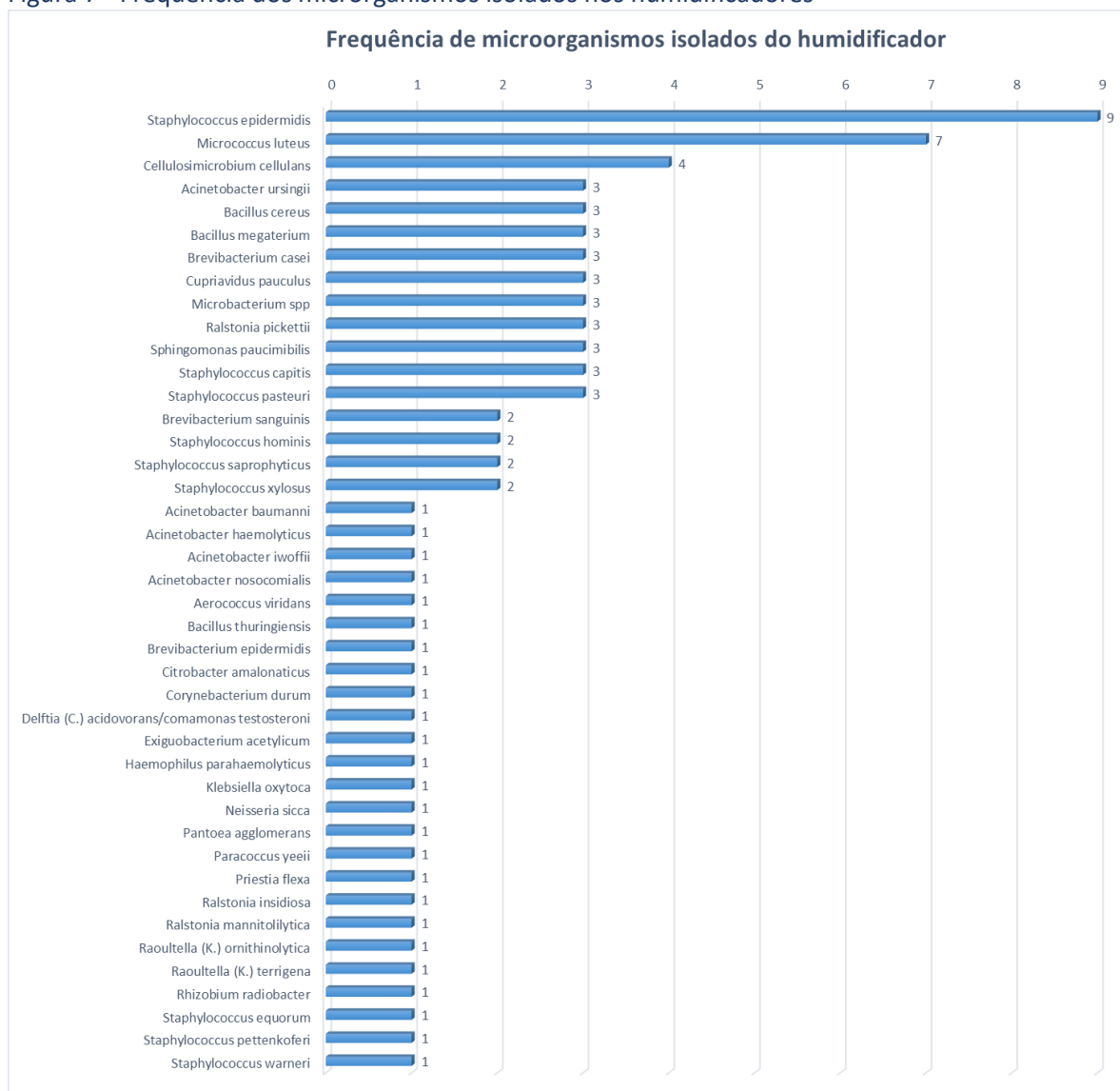
4.4.3. Microrganismos isolados nos humidificadores

A diversidade microbiológica observada nos humidificadores foi notavelmente superior à das máscaras, com identificação de 42 espécies bacterianas distintas. Os microrganismos mais frequentemente isolados foram *Staphylococcus epidermidis* (18,4%) e *Micrococcus luteus* (14,3%), ambos pertencentes à microbiota cutânea habitual.

Outras espécies com prevalência significativa incluíram *Cellulosimicrobium cellulans*, *Acinetobacter ursingii*, *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *Brevibacterium casei*, *Cupriavidus pauculus*, *Microbacterium spp.* e *Ralstonia pickettii*, cada uma presente em 6,1% das amostras. Importa igualmente destacar a deteção de agentes com reconhecido potencial patogénico, como *Acinetobacter baumannii*, *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, *Citrobacter amalonaticus* e *Haemophilus parahaemolyticus*, ainda que isolados em baixa frequência (2,0%).

A Figura 7 apresenta a distribuição dos microrganismos isolados dos humidificadores.

Figura 7 - Frequência dos microrganismos isolados nos humidificadores



A distribuição das espécies bacterianas está representada por barras horizontais. Os dados refletem a contagem absoluta de isolamentos por espécie identificada. As percentagens referidas no texto foram calculadas em relação ao número total de humidificadores analisados (n=49).

Micrococcus luteus, *Staphylococcus epidermidis* e *Cellulosimicrobium cellulans* destacam-se como os agentes mais prevalentes.

Tal como anteriormente descrito, a presença de microbiota habitualmente comensal, como *Micrococcus luteus* ou *Staphylococcus epidermidis*, apenas foi considerada relevante quando identificada em associação com microrganismos de maior virulência.

4.5.Fatores associados à contaminação microbiológica

4.5.1.Contaminação microbiológica e características sociodemográficas e da terapêutica ventilatória

Nenhuma das variáveis sociodemográficas avaliadas, incluindo sexo, idade, tipo de residência ou grau de humidade no domicílio, demonstrou associação estatisticamente significativa com a presença de contaminação microbiológica, quer ao nível da máscara (Tabela 15), quer do humidificador (Tabela 16).

De forma consistente, também a perceção de bolor ou humidade visível no ambiente e a presença de animais de estimação não revelaram qualquer relação significativa com a ocorrência de contaminação nos dispositivos avaliados.

No que respeita às características da terapêutica ventilatória, não se verificaram diferenças significativas entre doentes sob CPAP e binível, quer no grupo com contaminação da máscara, quer no grupo com contaminação do humidificador. Ainda que o valor de p se tenha aproximado da significância na comparação da modalidade ventilatória no subgrupo sem humidificador, esta tendência não foi confirmada.

O tipo de interface também não apresentou impacto estatisticamente relevante, embora a contaminação tenha sido mais frequente entre os utilizadores de máscara oronasal. Importa ainda destacar que, apesar de a mediana do tempo médio diário de utilização ter sido superior nos grupos com contaminação, estas diferenças não atingiram significância estatística.

Tabela 15 - Associação entre variáveis sociodemográficas, ambientais e clínicas e a presença de contaminação microbiológica da máscara, segundo o uso de humidificador.

		Sem humidificador Contaminação Máscara			Com humidificador Contaminação Máscara		
Variável	Total (n=100)	Ausente (n=37)	Presente (n=14)	Valor <i>p</i>	Ausente (n=35)	Presente (n=14)	Valor <i>p</i>
Sexo							
Masculino	63	24(64,9%)	11(78,6%)	0,503	22(62,9%)	6(42,9%)	0,3378
Feminino	37	13(35,1%)	3(21,4%)		13(37,1%)	8(57,1%)	
Idade	70	68,1 ± 9,7	62,7 ± 16,0	0,25	69,1 ± 10,9	68,3 ± 12,5	0,813
Tipo de residência							
Rural	72	23(62,2%)	11(78,6%)	0,334	26(74,3%)	12(85,7%)	0,4749
Urbana	28	14(37,8%)	3(21,4%)		9(25,7%)	2(14,3%)	
Grau de humidade							
Baixa	77	28(75,7%)	12(85,7%)	0,85	29(82,9%)	8(57,1%)	0,1267
Média	10	3(8,1%)	1(7,1%)		3(8,6%)	3(21,4%)	
Alta	13	6(16,2%)	1(7,1%)		3(8,6%)	3(21,4%)	
Presença de bolor/humidade							
Não	82	29(78,4%)	13(92,9%)	0,414	29(82,9%)	11(78,6%)	0,7021
Sim	18	8(21,6%)	1(7,1%)		6(17,1%)	3(21,4%)	
Animais de estimação							
Não	78	30(81,1%)	12(85,7%)	1	25(71,4%)	11(78,6%)	0,7308
Sim	22	7(18,9%)	2(14,3%)		10(28,6%)	3(21,4%)	
Modo ventilatório							
CPAP	36	13(35,1%)	1(7,1%)	0,077	15(42,9%)	7(50%)	0,8916
Binível	64	24(64,9%)	13(92,9%)		20(57,1%)	7(50%)	
Tipo de interface							
Nasal	20	9(24,3%)	2(14,3%)	0,786	7(20%)	2(14,3%)	0,3561
Oronasal	78	27(73%)	12(85,7%)		28(80%)	11(78,6%)	
Almofadas	2 (2,0)	1(2,7%)	0(0%)		0(0%)	1(7,1%)	
Tempo médio diário de utilização	8,1(6,4–9,3)	8,3 (7,1–9,7)	7,1(4,9–9,6)	0,399	7,7(6,2–8,8)	8,6 (7,4–10,6)	0,0766

Valores apresentados como n (%), média ± desvio padrão ou mediana, conforme aplicável. Amostra total: n = 100.

Diferença estatisticamente significativa: *p* < 0,05.

CPAP – Pressão positiva contínua nas vias aéreas; Binível – Pressão positiva com dois níveis de suporte.

Estes dados sugerem que, no presente estudo, a carga microbiológica não parece estar diretamente relacionada com o tempo de exposição ou com a modalidade ventilatória utilizada.

Tabela 16 - Associação entre variáveis sociodemográficas, ambientais e clínicas e a presença de contaminação microbiológica do humidificador.

Variável	Total (n=100)	Contaminação Humidificador		
		Ausente (n=6)	Presente (n=43)	Valor <i>p</i>
Sexo				
Masculino	63 (63,0%)	4 (66,7%)	24 (55,8%)	0,6884
Feminino	37 (37,0%)	2 (33,3%)	19 (44,2%)	
Idade	68,1 ± 9,7	67,3± 11,4	69,1± 11,4	0,721
Tipo Residência				
Rural	72 (72,0%)	4(66,7%)	34 (79,1%)	0,6052
Urbana	28 (28,0%)	2(33,3%)	9 (20,9%)	
Grau Humidade				
Baixa	77 (77,0%)	5(83,3%)	32 (74,4%)	1
Média	10 (10,0%)	0(0,0v)	6 (13,95%)	
Alta	13 (13,0%)	1(16,7%)	5 (11,6%)	
Bolor/Humidade				
Não	82 (82,0%)	5(83,3%)	35 (81,4%)	1
Sim	18 (18,0%)	1(16,7%)	8 (18,6%)	
Animais Estimação				
Não	78 (78,0%)	4(66,7%)	32 (74,4%)	0,6495
Sim	22 (22,0%)	2(33,3%)	11 (25,6%)	
Modo ventilatório				
CPAP	36 (36,0%)	3(50,0%)	19(44,2%)	1
Binível	64 (64,0%)	3(50,0%)	24(55,8%)	
Tipo interface				
Nasal	20 (20,0%)	2(33,3%)	7(16,3%)	0,3961
Oronasal	78 (78,0%)	4(66,7%)	35(81,4%)	
Almofadas	2 (2,0%)	0(0%)	1(2,3%)	
Tempo médio diário de utilização	8,1 (6,4–9,3)	8,0 (7,8–8,4)	7,8 (7,7–10,4)	0,7258

Valores apresentados como n (%) , média ± desvio padrão ou mediana, conforme aplicável. Amostra total: n = 100.

Diferença estatisticamente significativa: *p* < 0,05.

CPAP – Pressão positiva contínua nas vias aéreas; Binível – Pressão positiva com dois níveis de suporte.

4.5.2. Impacto das práticas de higiene da máscara na contaminação microbiológica

Nos doentes que não utilizavam humidificador (n=51), não se observaram associações estatisticamente significativas entre as variáveis relacionadas com as práticas de higiene da máscara e a presença de contaminação microbiológica (Tabela 17). Ainda assim, em termos descritivos, uma maior proporção de doentes com contaminação reportou trocas menos frequentes da máscara, lavagens mais irregulares e uso de métodos de secagem

menos apropriados. Estas diferenças, porém, não atingiram significância estatística, sugerindo que, neste subgrupo, a contaminação poderá estar relacionada com fatores não avaliados neste estudo.

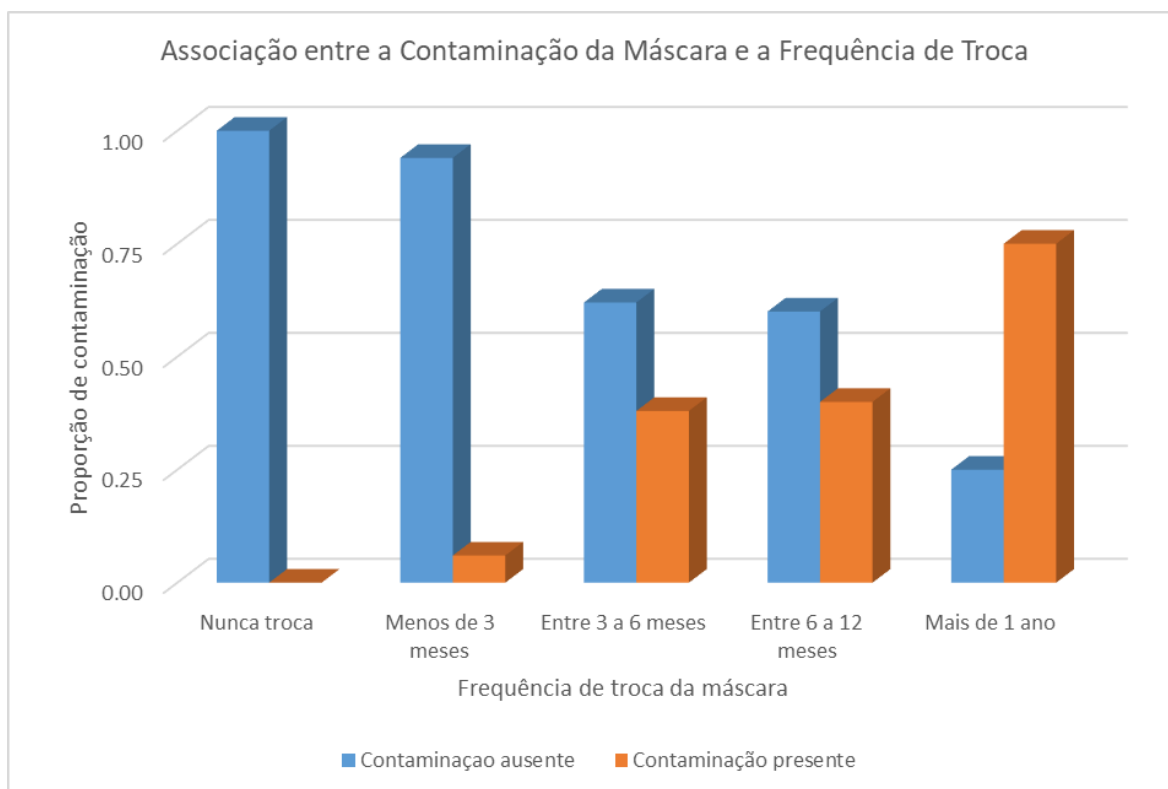
Tabela 17 – Práticas de higiene e substituição da máscara segundo a presença de contaminação microbológica, em doentes com e sem humidificador.

Variável	Total (n=100)	Sem humidificador			Com humidificador		
		Contaminação Máscara		Valor <i>p</i>	Contaminação Máscara		Valor <i>p</i>
		Ausente (n=37)	Presente (n=14)		Ausente (n=35)	Presente (n=14)	
Troca da máscara							
<3 meses	40	15(40,5%)	8(57,1%)	0,883	16(45,7%)	1(7,1%)	0,01421
3-6 meses	34	14(37,8%)	4(28,6%)		10(28,6%)	6(42,9%)	
6 meses - 1 ano	16	5(13,5%)	2(14,3%)		5(14,3%)	4(28,6%)	
> 1 ano	6	2(5,4%)	0(0%)		1(2,9%)	3(21,4%)	
Nunca	4	1(2,7%)	0(0%)		3(8,6%)	0(0%)	
Frequência de lavagem da máscara							
Diariamente	30	8(21,6%)	4(28,6%)	0,301	13(37,1%)	5(35,7%)	0,6559
Semanalmente	38	14(37,8%)	7(50%)		12(34,4%)	5(35,7%)	
Mensalmente	7	2(5,4%)	1(7,1%)		34(11,4%)	0(0%)	
Ocasionalmente	23	12(32,4%)	1(7,1%)		6(17,1%)	4(28,6%)	
Nunca	2	1(2,7%)	1(7,1%)		0(0%)	0(0%)	
Método de lavagem da máscara							
Água	17	3(8,3%)	1(7,7%)	1	8(22,9%)	5(35,7%)	0,06695
Água e sabão	71	29(80,6%)	11(84,6%)		25(71,4%)	6(42,9%)	
Pano	6	2(5,6%)	1(7,7%)		2(5,7%)	1(7,1%)	
Água e vinagre	3	1(2,8%)	0(0%)		0(0%)	2(14,3%)	
Lixívia	1	1(2,8%)	0(0%)		0(0%)	0(0%)	
Método de secagem da máscara							
Secagem ao ar	90	33(91,7%)	11(84,6%)	0,598	33(94,3%)	13(92,9%)	1
Toalha/Pano	8	3(8,3%)	2(15,4%)		2(5,7%)	1(7,1%)	
Estado Visual da máscara							
Muito limpo	21	8(21,6%)	2(14,3%)	0,441	9(25,7%)	2(14,3%)	0,369
Limpo	33	14(37,8%)	3(21,4%)		13(37,1%)	3(21,4%)	
Moderadamente sujo	20	8(21,6%)	3(21,4%)		6(17,1%)	3(21,4%)	
Sujo	21	6(16,2%)	5(35,7%)		6(17,1%)	4(28,6%)	
Muito sujo	5	1(2,7%)	1(7,1%)		1(2,9%)	2(14,3%)	
Higiene da máscara							
Inadequada	72	29(74,4%)	10(25,6%)	0,715	22(66,7%)	11(33,3%)	0,336
Adequada	28	8(66,7%)	4(33,3%)		13(81,3%)	3(18,8%)	

Valores apresentados como n (%). Amostra total: n = 100.
Diferença estatisticamente significativa: *p* < 0,05.

Por contraste, nos doentes que utilizavam humidificador ($n=49$), verificou-se uma associação estatisticamente significativa entre a frequência de substituição da máscara e a presença de contaminação ($p = 0,014$). Os doentes que mantinham a máscara há mais de 6 meses, e sobretudo aqueles que não a substituíam há mais de um ano, apresentaram maior frequência de contaminação microbiológica. Em oposição, os participantes que substituíam a máscara em períodos inferiores a 6 meses apresentaram menores taxas de contaminação. Estes dados foram reforçados pela análise representada na Figura 8, que ilustra a proporção de contaminação em função dos diferentes intervalos de troca da máscara, permitindo observar um padrão progressivo nos utilizadores de humidificador, com aumento da contaminação à medida que o tempo de utilização da máscara se prolonga.

Figura 8 - Proporção de contaminação microbiológica da máscara por frequência de substituição, nos doentes com humidificador.



A distribuição das proporções de contaminação é representada por barras verticais agrupadas, de acordo com os diferentes intervalos de troca da máscara. As cores indicam a presença (laranja) ou ausência (azul) de contaminação microbiológica.

Relativamente às restantes práticas de higiene, nomeadamente a frequência de lavagem da máscara, o tipo de produto utilizado, o método de secagem e a avaliação visual do estado do dispositivo, não se identificaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos com e sem contaminação microbiológica. No entanto, entre os doentes que utilizavam humidificador, observou-se uma tendência para menor contaminação nos participantes que referiram lavar a máscara com água e detergente suave/sabão, em comparação com os que utilizavam apenas água ou outros métodos menos adequados, com um valor de p próximo da significância ($p = 0,066$).

A análise do estado visual das máscaras revelou que os dispositivos classificados como “sujos” ou “muito sujos” se concentravam sobretudo nos grupos com contaminação microbiológica, tanto entre utilizadores de humidificador como entre os que não o utilizavam. No entanto, as diferenças observadas não foram estatisticamente significativas ($p = 0,369$ e $p = 0,441$, respetivamente). De igual modo, a variável composta “higiene da máscara”, que integrou critérios relacionados com a frequência, o método e a adequação global da limpeza, não evidenciou diferenças significativas entre os grupos contaminados e não contaminados ($p = 0,336$ com humidificador; $p = 0,715$ sem humidificador).

4.5.3. Fatores de contaminação microbiológica associados à utilização do humidificador

Entre os 49 doentes com utilização de humidificador, a maioria apresentava algum grau de contaminação microbiológica (87,8%). A análise das práticas de higiene permitiu identificar associações estatisticamente significativas com a presença de contaminação, nomeadamente no que respeita ao estado visual do humidificador e à higiene da máscara, conforme demonstrado na Tabela 18.

O estado visual do humidificador, avaliado por inspeção direta no momento da recolha, revelou-se significativamente associado à contaminação ($p = 0,00148$). A maioria dos humidificadores contaminados foi classificada como “moderadamente sujo” (39,5%) ou “sujo” (34,9%), em contraste com os equipamentos não contaminados, cujo estado visual era predominantemente “muito limpo” ou “limpo”.

Tabela 18 - Associação entre variáveis de higiene do humidificador e contaminação microbiológica

Variável		Total (n=49)	Contaminação Humidificador		Valor p
			Ausente (n=6)	Presente (n=43)	
Proveniência da água	Rede pública	16 (32,7)	2(33,3)	14(32,6)	0,5911
	Água engarrafada	16 (32,7)	2(33,3)	14(32,6)	
	Água destilada	9 (18,4)	2(33,3)	7(16,3)	
	Poço	8 (16,3)	0(0)	8(18,6)	
Frequência de troca da água do humidificador	Diariamente	25 (51,0)	3(50,0)	22(51,2)	0,8616
	Dias intermitentes	18 (36,7)	3(50,0)	15(34,9)	
	Semanalmente	5 (10,2)	0(0)	5(11,6)	
	Apenas adiciona água	1 (2,0)	0(0)	1(2,3)	
Frequência de lavagem do humidificador	Diariamente	10 (20,4)	1(16,7)	9(20,9)	0,6214
	Semanalmente	26 (53,1)	4(66,7)	22(51,2)	
	Mensalmente	3 (6,1)	1(16,7)	2(4,7)	
	Trimestralmente	3 (6,1)	0(0)	3(7,0)	
	Nunca	7 (14,3)	0(0)	7(16,3)	
Método de lavagem do humidificador	Água	13 (31,0)	0(0)	13(36,1)	0,06897
	Água e detergente	24 (57,1)	4(66,7)	20(55,6)	
	Água e vinagre	4 (9,5)	2(33,3)	2(5,6)	
	Máquina lavar loiça	1 (2,4)	0(0)	1(2,8)	
Método de secagem do humidificador	Secagem ao ar	37 (88,1)	6(100)	31(86,1)	1
	Pano	4 (9,5)	0(0)	4(11,1)	
	Máquina lavar loiça	1 (2,4)	0(0)	1(2,8)	
Estado visual do humidificador	Muito limpo	6 (12,2)	4(66,7)	2(4,7)	0,00148
	Limpo	5 (10,2)	1(16,7)	4(9,3)	
	Moderadamente sujo	18 (36,7)	1(16,7)	17(39,5)	
	Sujo	15 (30,6)	0(0)	15(34,9)	
	Muito sujo	5 (10,2)	0(0)	5(11,6)	
Higiene do Humidificador	Inadequada	17 (34,7)	1(16,7)	16(30,8)	0,650
	Adequada	32 (65,3)	5(83,3)	27(69,2)	
Manutenção do humidificador	Inadequada	40 (81,6)	4(66,7)	36(83,7)	0,302
	Adequada	9 (18,4)	2(33,3)	7(16,3)	
Higiene da máscara	Inadequada	72 (72,0)	1(3,0)	32(97,0)	0,011
	Adequada	28 (28,0)	5(31,3)	11(68,8)	

Valores apresentados como n (%). Amostra total: n = 49.

Na variável "Higiene da Máscara", os dados referem-se à amostra global do estudo (n = 100).

Diferença estatisticamente significativa: $p < 0,05$.

Curiosamente, a variável higiene da máscara, embora não se tenha associado à contaminação da própria máscara (Tabela 17), demonstrou associação significativa com a

contaminação do humidificador ($p = 0,011$). Os doentes cujas máscaras foram classificadas como higienizadas de forma inadequada apresentaram uma proporção substancialmente superior de humidificadores contaminados. Este resultado poderá refletir padrões comportamentais comuns nos cuidados com o equipamento de ventiloterapia, sugerindo que práticas negligentes na higiene da máscara possam coexistir com uma manutenção deficiente do humidificador.

Ainda que sem atingir significância estatística ($p = 0,069$), observou-se uma tendência para maior contaminação entre os doentes que utilizavam apenas água como método de lavagem do humidificador, em comparação com aqueles que recorriam a água e detergente ou a combinações alternativas como água e vinagre. Apesar das limitações no tamanho amostral de algumas categorias, este resultado pode refletir o impacto da escolha do método de limpeza na colonização microbiológica.

4.6. Infecções Respiratórias: Contaminação e Fatores Intervenientes

4.6.1. Caracterização das infeções respiratórias e sintomatologia referida

A análise dos sintomas referidos pelos participantes revelou que uma proporção considerável apresentava sintomas compatíveis com patologia respiratória crónica (Tabela 19). A tosse diária foi reportada por 37,0% dos doentes, e a presença de expetoração com a mesma frequência foi assinalada por 44,0%. Em contraste, a obstrução nasal foi pouco expressiva, estando ausente em 93,0% dos casos, e a secreção nasal diária foi referida por apenas 11,0%. Outros sintomas, como febre (12,0%) e cefaleia (7,0%), revelaram-se pouco prevalentes e maioritariamente ocasionais, sem evidência de padrão persistente.

Tabela 19 - Frequência de sintomas respiratórios e sistémicos referidos pelos participantes.

Variável (n=100)	Nunca	Ocasionalmente	Frequentemente	Sintoma diário
Tosse	49 (49,0%)	14 (14,0%)	0 (0%)	37 (37%)
Febre	88 (88,0%)	12 (12,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Expetoração	44 (44,0%)	12 (12,0%)	0 (0,0%)	44 (44,0%)
Obstrução nasal	93 (93,0%)	3 (3,0%)	0 (0,0%)	4 (4,0%)
Secreção nasal	83 (83,0%)	6 (6,0%)	0 (0,0%)	11 (11,0%)
Cefaleia	93 (93,0%)	3 (3,0%)	1 (1,0%)	3 (3,0%)

Valores apresentados como n (%), de acordo com a frequência autorreferida. Amostra total: n = 100.

A ocorrência de infeções respiratórias foi determinada com base na prescrição de antibioterapia por infeção respiratória documentada nos registos clínicos, tendo sido confirmada individualmente através da consulta do processo clínico. Verificou-se que 30,0% dos participantes realizaram tratamento antibiótico por infeção respiratória no último ano (Tabela 20).

No que respeita à utilização de serviços de saúde em contexto agudo, 33,0% dos participantes reportaram ter recorrido ao serviço de urgência por sintomas respiratórios, e 19,0% indicaram ter sido hospitalizados por infeção respiratória (Tabela 20).

Tabela 20 - Ocorrência de eventos clínicos relacionados com infeção respiratória.

Variável	n (%)
Ida à Urgência por sintomas respiratórios	33(33,0%)
Antibioterapia por infeção respiratória	30 (30,0%)
Hospitalização por infeção respiratória	19 (19,0%)

Valores apresentados como n (%). Amostra total: n = 100. Os dados foram confirmados por consulta dos registos clínicos.

4.6.2.Associação entre contaminação microbiológica e a ocorrência de infeções respiratórias

A análise da relação entre a presença de contaminação microbiológica dos equipamentos e a ocorrência de infeções respiratórias revelou ausência de associações estatisticamente significativas, tanto no que se refere à contaminação da máscara como do humidificador (Tabelas 21 e 22).

A presença de contaminação microbiológica na máscara não se associou de forma significativa à ocorrência de infeções respiratórias, tanto nos doentes sem humidificador ($p = 0,272$) como naqueles com humidificador ($p = 0,326$). De forma semelhante, a contaminação do humidificador também não apresentou associação significativa com a ocorrência de infeções respiratórias ($p = 0,393$).

Relativamente à presença de sintomas respiratórios, nomeadamente tosse, expetoração, obstrução nasal e febre, não se verificaram diferenças significativas entre os grupos com e sem contaminação ($p > 0,05$ para todas as comparações), em qualquer dos dispositivos analisados. O mesmo se observou quanto à necessidade de recurso ao serviço de urgência, cujos valores de p permaneceram não significativos.

Tabela 21 - Associação entre contaminação microbiológica da máscara e variáveis clínicas e vacinais, em participantes com e sem humidificador.

Variável	Total (n=100)	Sem humidificador			Com humidificador		
		Contaminação Máscara			Contaminação Máscara		
		Ausente (n=37)	Presente (n=14)	Valor <i>p</i>	Ausente (n=35)	Presente (n=14)	Valor <i>p</i>
Vacinação							
Gripe – Sim	77	23(62,2)	10(71,4)	0,744	32(91,4)	12(85,7)	0,6156
Pneumonia - Sim	74	26(70,3)	8(57,1)	0,436	30(85,7)	10(71,4)	0,3382
Sintomatologia							
Tosse (diária)	37	14(37,8)	6(42,9)	0,729	13(37,1)	4(28,6)	0,1828
Expetoração (diária)	44	16(43,2)	8(57,1)	0,52	15(42,9)	5(35,7)	0,838
Obstrução nasal (diária)	4	1(2,7)	2(14,3)	0,058	1(2,9)	0(0)	0,6448
Febre (ocorrência)	12	3(8,1)	0(0)	0,552	7(20,0)	2(14,3)	1
Evento clínico							
Idas à Urgência	33	10(27,0)	5(35,7)	0,732	11(31,4)	7(50,0)	0,3733
Antibioterapia	30	7(18,9)	5(35,7)	0,272	11(31,4)	7(50,0)	0,3263

Valores apresentados como n (%). Amostra total: n = 100. Diferença estatisticamente significativa: $p < 0,05$.

Apesar da ausência de significância estatística, observou-se, em termos proporcionais, uma maior frequência de antibioterapia por infeção respiratória entre os doentes com humidificadores contaminados (39,5%) em comparação com os não contaminados (16,7%). Embora o valor de $p = 0,393$ não atinja significância, esta diferença poderá representar uma tendência discreta que, com um maior número amostral, poderia adquirir relevância estatística.

Tabela 22 - Associação entre variáveis clínicas e a contaminação microbiológica do humidificador.

Variável	Total (n=100)	Contaminação Humidificador		
		Ausente (n=6)	Presente (n=43)	Valor <i>p</i>
Vacinação	Gripe	77 (77,0%)	5(83,3%)	0,4952
	Pneumonia	74 (74,0%)	4(66,7%)	0,3491
Sintomatologia	Tosse (Diária)	37 (37,0%)	1(16,7%)	0,3332
	Expetoração (diária)	44 (44,0%)	1(16,7%)	0,1482
	Obstrução nasal (diária)	4 (4,0%)	0(0%)	1
	Febre (Ocorrência)	12 (12,0%)	0(0%)	0,5765
Evento clínico	Urgência	33 (33,0%)	2(33,3%)	1
	Antibioterapia	30 (30,0%)	1(16,7%)	0,3934

Valores apresentados como n (%). Diferença estatisticamente significativa: $p < 0,05$.

4.6.3. Fatores associados à ocorrência de infeções respiratórias

4.6.3.1. Características clínicas e de adesão à terapêutica

Foram avaliadas variáveis clínicas e características da ventiloterapia com o objetivo de identificar potenciais associações com a ocorrência de infeções respiratórias (Tabela 23). Verificou-se que os doentes com história de infeções apresentavam uma idade significativamente superior aos restantes ($73,1 \pm 7,6$ vs. $65,4 \pm 12,2$ anos; $p = 0,0003$), sugerindo uma maior vulnerabilidade da população idosa a episódios infecciosos.

O tipo de interface utilizada demonstrou também uma associação estatisticamente significativa com a presença de infeções respiratórias ($p = 0,006$), com predomínio marcado entre utilizadores de máscaras oronasais (96,7% dos casos infetados). Esta observação poderá estar relacionada com a maior área de contacto e retenção de humidade característica deste tipo de interface, criando um ambiente mais propício à colonização microbiana. Quanto à adesão à terapêutica ventilatória, não se observaram diferenças significativas na proporção de dias com utilização superior a quatro horas ($p = 0,62$). No entanto, o tempo médio diário de utilização foi significativamente superior entre os doentes com infeção ($p = 0,026$).

Tabela 23- Associação entre características clínicas e da ventiloterapia e a ocorrência de infeções respiratórias.

	Infecções respiratórias			
Variável	Total (n=100)	Não	Sim	Valor <i>p</i>
Sexo				
Masculino	63 (63,0%)	44(62,9%)	19(63,3%)	1
Feminino	37 (37,0%)	26(37,1%)	11(36,7%)	
Idade	67,7 ± 11,6	65,4 ± 12,2	73,1 ± 7,6	0,0003
Tipo de Interface				
Nasal	20 (20,0%)	19(27,1%)	1(3,3%)	0,006
Oronasal	78 (78,0%)	49(70,0%)	29(96,7%)	
Almofadas	2 (2,0%)	2(2,9%)	0(0%)	
% Dias com utilização ≥ 4h	99.5(83,8–100)	99 (81,5 –100)	100 (86,5–100)	0,62
Tempo médio diário de utilização	8,1 (6,4–9,3)	7,8 (6,2– 9,2)	8,7 (7,4– 10,5)	0,026

Valores apresentados como n (%), média $\pm$ desvio padrão ou mediana (P25–P75), conforme aplicável. Amostra total: n = 100. Diferença estatisticamente significativa: $p < 0,05$.

A análise comparativa entre os diferentes motivos de início de ventiloterapia permitiu identificar variações significativas em múltiplos domínios clínicos, particularmente no que respeita à presença de sintomas respiratórios, utilização de serviços de saúde e ocorrência de infeções (Tabela 24).

A frequência de tosse mostrou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p = 0,0063$), com maior predominância de sintoma diário no grupo com diagnóstico de DPOC (52,3%), contrastando com os grupos SAOS (25,0%) e SHO (33,3%).

De forma semelhante, a expetoração diária foi significativamente mais comum no grupo DPOC (61,4%) em comparação com os restantes ($p = 0,00021$), refletindo a expressão clínica típica desta patologia.

A utilização de antibioterapia no último ano, considerada como marcador indireto da ocorrência de infeções respiratórias, também diferiu significativamente entre os grupos ($p < 0,001$). A maior prevalência foi observada nos doentes com DPOC (61,4%), seguida dos grupos SHO (33,3%) e SAOS (2,5%), não tendo sido registados casos no grupo com DNM.

A utilização do serviço de urgência por motivos respiratórios revelou-se também mais frequente nos grupos DPOC (54,5%) e SHO (33,3%), sendo esta diferença estatisticamente significativa ($p = 0,0003$).

As hospitalizações seguiram o mesmo padrão, com 38,6% dos doentes com DPOC a reportarem internamentos nos últimos 12 meses, comparativamente a percentagens residuais nos restantes grupos ($p < 0,001$).

Em relação à vacina antipneumocócica, observaram-se diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p = 0,0007$), com uma taxa de vacinação de 90,9% no grupo DPOC e de apenas 57,5% no grupo SAOS. Embora os grupos com menor representatividade (DNM e SHO) apresentassem valores de adesão elevados, a disparidade observada entre os dois grupos mais numerosos justifica, por si só, o resultado estatístico obtido. Esta diferença poderá refletir uma maior vigilância médica e consciencialização para o risco de infeções respiratórias nos doentes com DPOC.

Outras variáveis, como a presença de obstrução nasal ou febre, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos analisados.

Tabela 24 - Características clínicas e ocorrência de infecções respiratórias segundo o motivo de início da ventiloterapia.

Características nº (%)	Total (n=100)	Motivo Início Ventiloterapia (n=100)				
		SAOS (n=40)	DPOC (n=44)	DNM (n=10)	SHO (n=6)	Valor de <i>p</i>
Vacinação						
Vacina Gripe	77	30(75,0)	36(81,8)	5(50,0)	6(100)	0,09739
Vacina Pneumonia	74	23(57,5)	40(90,9)	6(60,0)	5(83,3)	0,0007
Sintomas						
Tosse (Sintoma diário)	37	10(25,0)	23(52,3)	2(20,0)	2(33,3)	0,0063
Expetoração (Sintoma diário)	44	11(27,5)	27(61,4)	4(40,0)	2(33,3)	0,00021
Obstrução Nasal (Sintoma diário)	4	2(5,0)	1(2,3)	1(10,0)	0(0)	0,5311
Febre (Ocorrência)	12	3(7,5)	6(13,6)	1(10,0)	2(33,3)	0,274
Evento clínico						
Ida à urgência	33	6(15,0)	24(54,5)	1(10,0)	2(33,3)	0,0003
Hospitalização	19	1(2,5)	17(38,6)	0(0)	1(16,7)	< 0,001
Antibioterapia	30	1(2,5)	27(61,4)	0(0)	2(33,3)	< 0,001

Valores apresentados como n (%). Amostra total: n = 100. Diferença estatisticamente significativa: *p* < 0,05.

Dado que a análise geral não revelou associações estatisticamente significativas entre a contaminação microbiológica dos dispositivos e a ocorrência de infecções respiratórias, procedeu-se a uma análise dirigida aos participantes com diagnóstico de DPOC (n = 44), tendo em conta a maior prevalência de infecções respiratórias neste subgrupo (Tabela 25).

A presença de contaminação microbiológica na máscara, isoladamente, não se associou de forma significativa à ocorrência de infeção (*p* = 0,241), tal como se verificou com a contaminação do humidificador (*p* = 0,334). No entanto, quando considerada a presença de contaminação em qualquer um dos componentes (máscara ou humidificador), observou-se uma associação estatisticamente significativa com a ocorrência de infecções respiratórias (*p* = 0,024). Este achado sugere que, nos doentes com DPOC, a presença de contaminação microbiológica em qualquer ponto do circuito ventilatório poderá representar um fator de risco acrescido para o desenvolvimento de infecções respiratórias.

Tabela 25 - Associação entre contaminação microbiológica dos dispositivos e infeção respiratória nos doentes com DPOC.

	Infeções respiratórias			
Variável	Total n (%)	Não	Sim	Valor de p
Contaminação máscara				
Ausente	29 (65,9%)	13(29,5%)	16 (36,4%)	0,241
Presente	15 (34,1%)	4(9,1%)	11(25,0%)	
Contaminação humidificador				
Ausente	2 (4,5%)	1 (2,3%)	1(2,3%)	0,334
Presente	20 (90,9%)	4(9,1%)	16(36,4%)	
Contaminação em pelo menos um dos componentes				
Sem contaminação da máscara ou humidificador	16 (36,4%)	10 (22,7%)	6 (13,6%)	0,024
Contaminação da máscara ou humidificador	28(63,6%)	7(15,9%)	21(47,7%)	

Valores apresentados como n (%). Apenas participantes com diagnóstico de DPOC foram considerados (n = 44).

Diferença estatisticamente significativa: $p < 0,05$.

4.6.2.2. Práticas de higiene e manutenção dos dispositivos

Foram analisadas diversas variáveis relacionadas com as práticas de higiene, tanto da máscara como do humidificador, com o objetivo de identificar potenciais associações com a ocorrência de infeções respiratórias (Tabela 26 e Tabela 27).

No que respeita à máscara, nenhuma das variáveis avaliadas evidenciou associação estatisticamente significativa com a presença de infeções respiratórias. A frequência de troca, a forma de secagem, os produtos utilizados para lavagem e a higiene global da máscara não mostraram relação com a ocorrência de infeções ($p > 0,05$). Estes resultados sugerem que, embora as práticas de higiene sejam fundamentais para a manutenção da eficácia do equipamento e conforto do utilizador, o seu impacto direto na prevenção de infeções respiratórias pode ser limitado ou condicionado por outros fatores, como a suscetibilidade individual ou a presença de comorbilidades

Tabela 26 - Associação entre práticas de higiene da máscara e a ocorrência de infecções respiratórias.

			Infecções Respiratórias		
Variável		Total (n=100)	Não	Sim	Valor de <i>p</i>
Troca da máscara	<3 meses	40 (40,0%)	27(38,6%)	13(43,3%)	0,589
	3-6 meses	34 (34,0%)	22(31,4%)	12(40,0%)	
	6 meses – 1 ano	16 (16,0%)	13(18,6%)	3(10,0%)	
	> 1 ano	6 (6,0%)	4(5,7%)	2(6,7%)	
	Nunca	4 (4,0%)	4(5,7%)	0(0,0%)	
Frequência de lavagem da máscara	Diariamente	30 (30,0%)	20(28,6%)	10(33,3%)	0,656
	Semanalmente	38 (38,0%)	29(41,4%)	9(30,0%)	
	Mensalmente	7 (7,0%)	4(5,7%)	3(10,0%)	
	Ocasionalmente	23 (23,0%)	15(21,4%)	8(26,7%)	
	Nunca	2 (2,0%)	2(2,9%)	0(0%)	
Método de lavagem da máscara	Água	17 (17,0%)	11(16,2%)	6(20,0%)	0,255
	Água e detergente	71 (71,0%)	49(72,1%)	22(73,3%)	
	Pano	6 (6,0%)	6(8,8%)	0(0,0%)	
	Água e vinagre	3 (3,0%)	1(1,5%)	2(6,7%)	
	Lixívia	1 (1,0%)	1(1,5%)	0(0,0%)	
Método de secagem da máscara	Secagem ao ar	90 (91,8%)	63(92,6%)	27(90,0%)	0,697
	Toalha/Pano	8 (8,2%)	5(7,4%)	3(10,0%)	
	Não aplicável	2			
Higiene da máscara	Higiene Inadequada	72 (72,0%)	(70,8%)	21(29,2%)	0,810
	Higiene Adequada	28 (28,0%)	19(67,9%)	9(32,1%)	

Valores apresentados como n (%). Amostra total: n = 100. Diferença estatisticamente significativa: $p < 0,05$.

Relativamente ao humidificador, também não se verificaram associações significativas entre a ocorrência de infecções respiratórias e a maioria das variáveis analisadas, como a frequência de lavagem, secagem ou os produtos de limpeza utilizados. Contudo, a frequência de troca da água do reservatório revelou-se estatisticamente significativa ($p = 0,005$). Curiosamente, a infecção respiratória foi mais prevalente entre os doentes que referiram realizar a troca da água diariamente, em comparação com os que o faziam de forma intermitente.

Tabela 27 - Associação entre práticas de manutenção da água do humidificador e a ocorrência de infecções respiratórias.

		Infecções Respiratórias			
Variável		Total (n=100)	Não	Sim	Valor de <i>p</i>
Utilização de Humidificador	Não	51 (51,0%)	39(55,7%)	12(40,0%)	0,192
	Sim	49 (49,0%)	31(44,3%)	18(60,0%)	
Proveniência da água	Rede pública	16 (16,0%)	10(32,3%)	6(33,3%)	0,107
	Água Engarrafada	16 (16,0%)	12(38,7%)	4(22,2%)	
	Água Destilada	9 (9,0%)	7(22,6%)	2(11,1%)	
	Poço	8 (8,0%)	2(6,5%)	6(33,3%)	
Frequência de troca da água	Diariamente	25 (51,0%)	11(35,5%)	14(77,8%)	0,005
	Dias Intermitentes	18 (36,7%)	15(48,4%)	3(16,7%)	
	Semanalmente	5 (10,2%)	5(16,1%)	0(0%)	
	Apenas reposição água	1 (2,0%)	0(0%)	1(5,6%)	
Manutenção da água do humidificador	Manutenção Inadequada	40 (81,6%)	24(77,4%)	16(88,9%)	0,4545
	Manutenção Adequada	9 (18,4%)	7(22,6%)	2(11,1%)	

Valores apresentados como n (%). Amostra total: n = 100. Diferença estatisticamente significativa: $p < 0,05$.

Não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre os métodos utilizados na lavagem do humidificador e a ocorrência de infecções respiratórias ($p = 0,835$).

Tabela 28 - Associação entre práticas de higiene do humidificador e a ocorrência de infecções respiratórias.

		Infecções Respiratórias			
Variável		Total (n=49)	Não	Sim	Valor de <i>p</i>
Frequência de lavagem do humidificador	Diariamente	10 (20,4%)	5(16,1%)	5(27,8%)	0,486
	Semanalmente	26 (53,1%)	17(54,8%)	9(50,0%)	
	Mensalmente	3 (6,1%)	1(3,2%)	2(11,1%)	
	Trimestralmente	3 (6,1%)	2(6,5%)	1(5,6%)	
	Nunca	7 (14,3%)	6(19,4%)	1(5,6%)	
Método de lavagem do humidificador	Apenas água	13 (13,0%)	8(32,0%)	5(29,4%)	0,835
	Água e detergente	24 (24,0%)	13(52,0%)	11(64,7%)	
	Água e Vinagre	4 (4,0%)	3(12,0%)	1(5,9%)	
	Máquina lavar loiça	1 (1,0%)	1(4,0%)	0(0%)	
Método de secagem do humidificador	Secagem ao Ar	37 (88,1%)	22(88,0%)	15(88,2%)	1
	Pano	4 (9,5%)	2(8,0%)	2(11,8%)	
	Máquina lavar loiça	1 (2,4%)	1(4,0%)	0(0%)	
Higiene do humidificador	Higiene Inadequada	17 (34,7%)	12(38,7%)	5(27,8%)	0,541
	Higiene Adequada	32 (65,3%)	19(61,3%)	13(72,2%)	

Valores apresentados como n (%). Amostra total: n = 100. Diferença estatisticamente significativa: $p < 0,05$.

5. Discussão

A análise das amostras revelou uma elevada prevalência de contaminação microbiológica nos dispositivos utilizados em ventiloterapia domiciliária, com particular destaque para os humidificadores. As máscaras apresentaram taxas inferiores, embora ainda relevantes, com contaminação observada em ambos os grupos estudados. Foram isoladas 54 espécies bacterianas distintas, demonstrando uma notável diversidade microbiana nos dispositivos analisados. O perfil de contaminação evidenciou diferenças expressivas, com predominância de microbiota cutânea nas máscaras e de microrganismos ambientais, oportunistas e de reservatórios hídricos nos humidificadores.

Estes achados reforçam a suscetibilidade dos humidificadores à colonização por agentes microbiológicos, sugerindo que as condições de humidade, temperatura e eventual estagnação da água podem favorecer o crescimento e a persistência de espécies com potencial patogénico (McGuinness *et al.*, 2025). A diversidade e o tipo de microrganismos isolados apontam para múltiplas vias de contaminação, incluindo contacto direto, uso de água não estéril e higienização inadequada, especialmente nos componentes que mantêm contacto com fluídos ou estão sujeitos a condensação.

A identificação dos microrganismos isolados revelou a predominância de espécies com origem habitual na pele humana, compatíveis com microbiota comensal, particularmente nas amostras provenientes das máscaras. Esta observação é coerente com o contacto direto e prolongado entre a interface e a superfície cutânea do doente, o que favorece a transferência de microbiota residente. Entre os agentes mais frequentemente isolados destacam-se diversas espécies do género *Staphylococcus*, como *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus hominis* e *Staphylococcus warneri*, bem como *Micrococcus luteus*, todos reconhecidos como colonizadores habituais da pele e das mucosas.

A presença destes microrganismos sugere que a contaminação pode decorrer essencialmente de mecanismos de contacto, sendo amplificada pela manipulação do dispositivo, transpiração local, utilização prolongada e, possivelmente, pela ausência de higienização diária da interface. A acumulação de oleosidade, células epiteliais descamadas

e humidade residual pode criar um microambiente propício à adesão e multiplicação bacteriana, ainda que, na maioria dos casos, sem tradução clínica relevante.

Estes achados estão em concordância com a literatura sobre a microbiologia de dispositivos médicos, como demonstrado por (Steinhauer & Goroncy-Bermes, 2005), que, ao avaliarem a contaminação microbiana de dispositivos CPAP, identificaram *Staphylococcus epidermidis*, *Micrococcus* spp. e *Corynebacterium* spp. como constituintes predominantes da microbiota presente nas superfícies em contacto com os doentes.

Para além da microbiota cutânea, foi ainda identificado um conjunto expressivo de microrganismos com origem predominante na cavidade oral, nomeadamente espécies do género *Streptococcus*, como *Streptococcus mitis/oralis*, *Streptococcus sanguinis*, *Streptococcus australis* e *Streptococcus parasanguinis*, bem como *Rothia mucilaginosa*, *Neisseria sicca* e *Haemophilus parahaemolyticus*. Estes microrganismos são componentes habituais da microbiota oral e das vias aéreas superiores, e a sua presença nos dispositivos sugere a ocorrência de contaminação por via expiratória, com deposição de partículas durante a ventilação noturna.

Este tipo de contaminação pode ser favorecido por vários fatores, como a utilização de máscaras oronasais, que promovem um fluxo expiratório direto para o interior do dispositivo, a ocorrência de fugas pela boca e o aumento da produção de aerossóis pela fala e tosse. Adicionalmente, a higienização incompleta das zonas internas da máscara ou da válvula expiratória pode permitir a persistência destas espécies, sobretudo em contextos de elevada humidade.

Embora, em contexto clínico, estes microrganismos sejam geralmente considerados de baixa patogenicidade, a sua presença contínua nos dispositivos, associada a uma ventilação prolongada e a eventuais falhas na limpeza, pode representar um risco acrescido em utilizadores com doença respiratória crónica (Rigauts *et al.*, 2022) e imunossupressão (Baeza Martínez *et al.*, 2014).

Nos humidificadores, verificou-se uma elevada diversidade de microrganismos com origem em ambientes externos, nomeadamente solo, poeiras, superfícies húmidas e alimentos, o que reflete a suscetibilidade destes dispositivos à contaminação ambiental. Espécies como *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus altitudinis*, *Pantoea agglomerans* e *Raoultella*

terrigena são típicas de habitats terrestres e foram consistentemente isoladas nos reservatórios do humidificador, sugerindo que a introdução de água não esterilizada, a exposição ao ar ambiente e a deposição de partículas podem estar na origem da sua colonização.

A presença destes agentes reforça a hipótese de contaminação indireta através da manipulação dos componentes do humidificador ou do contacto com superfícies não higienizadas, sendo potenciada pela manutenção inadequada e pela permanência prolongada de água no reservatório. Adicionalmente, estes microrganismos estão frequentemente associados a biofilmes e ecossistemas húmidos, sugerindo a formação de microambientes propícios à persistência bacteriana, em particular nos reservatórios mal secos ou submetidos a ciclos repetidos de aquecimento.

Embora a maioria destes microrganismos apresente baixa virulência em indivíduos imunocompetentes (Shimoyama *et al.*, 2017), vários têm sido associados a infeções oportunistas, sobretudo em contexto hospitalar ou em doentes com comorbilidades significativas (Shrestha *et al.*, 2021). A sua deteção em humidificadores evidencia a importância crítica da origem da água utilizada, da frequência de substituição e da correta secagem dos componentes após cada utilização.

A identificação de microrganismos com origem habitual em reservatórios de água tratada e redes de abastecimento, como *Ralstonia pickettii*, *Paracoccus yeei*, *Cupriavidus pauculus* e *Sphingomonas paucimobilis*, destaca a relevância da qualidade da água utilizada nos humidificadores. Estes agentes são reconhecidos pela sua capacidade de sobreviver em soluções aquosas de baixa concentração de nutrientes, colonizando facilmente superfícies húmidas, dispositivos médicos e sistemas de distribuição de água. A sua presença é frequentemente documentada em contextos hospitalares (Kumar & Norwood, 2022), nomeadamente em dispositivos de nebulização (Huda *et al.*, 2020), humidificação (Kämpfer *et al.*, 2007) e hemodiálise (Tejera *et al.*, 2016).

Microrganismos como *Delftia acidovorans* e *Ralstonia mannitolilytica*, também identificados no presente estudo, são de particular interesse pela sua associação a infeções oportunistas, sobretudo em doentes imunodeprimidos (Siddiqui *et al.*, 2022).

A capacidade de formar biofilmes e a resistência intrínseca a vários desinfetantes convencionais conferem-lhes elevada persistência em ambientes húmidos, incluindo as paredes internas dos reservatórios de água. Estes achados reforçam a hipótese de que a utilização de água da torneira, em detrimento de água esterilizada ou destilada, pode constituir um importante fator de risco para a colonização microbiana dos dispositivos.

A deteção destes agentes em humidificadores domiciliários, fora do contexto hospitalar, sublinha a necessidade urgente de recomendações claras e uniformizadas quanto ao tipo de água a utilizar e à periodicidade da higienização, tendo em conta que a mera fervura da água nem sempre garante a eliminação completa destes organismos.

A presença de microrganismos com origem provável no sistema digestivo, como *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca* e *Raoultella ornithinolytica*, embora menos frequente, reveste-se de especial importância clínica. Estes agentes apresentam um potencial patogénico moderado a elevado, com associação reconhecida a infeções urinárias, respiratórias e do sistema gastrointestinal, particularmente em ambientes hospitalares (Seng *et al.*, 2016). O seu isolamento em humidificadores domiciliários levanta a possibilidade de contaminação indireta através das mãos do utilizador, sobretudo na ausência de uma higiene rigorosa antes da manipulação dos dispositivos.

A via de transmissão fecal-oral, amplamente descrita para estes microrganismos, sugere que a contaminação possa ocorrer durante a preparação da água utilizada ou na manipulação dos componentes do humidificador, reforçando a vulnerabilidade destes dispositivos à introdução de microbiota entérica. A deteção de *Citrobacter amalonaticus*, com origem ambiental ou gastrointestinal, embora geralmente considerado de baixa virulência, alerta para o risco de colonização cruzada em contextos de higiene deficiente.

A associação documentada destes microrganismos a infeções nosocomiais e à colonização de dispositivos médicos, incluindo sondas, cateteres e equipamentos respiratórios, confere particular relevância aos achados, mesmo quando isolados em ambiente domiciliário.

Particular atenção merece a identificação de agentes reconhecidamente implicados em infeções nosocomiais e na colonização de dispositivos médicos, como *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus pettenkoferi* e várias espécies do género *Acinetobacter*.

Estes microrganismos, habitualmente associados ao ambiente hospitalar, apresentam elevada capacidade de adesão a superfícies inertes, resistência intrínseca a desinfetantes e tendência para a formação de biofilmes persistentes, conferindo-lhes uma elevada aptidão para a colonização de equipamentos médicos, incluindo ventiladores, cateteres e interfaces respiratórias (Almasaudi, 2018; Loh *et al.*, 2006; Parker & Prince, 2012).

A presença destes agentes em dispositivos utilizados em contexto domiciliário poderá refletir uma colonização prévia do próprio utilizador, contacto com ambientes assistenciais ou falhas graves nos procedimentos de limpeza e manutenção. Espécies como *Acinetobacter baumannii*, *Acinetobacter lwoffii* e *Acinetobacter nosocomialis* são particularmente preocupantes, dado o seu histórico de envolvimento em episódios de infeção nosocomial e a resistência crescente a múltiplas classes de antimicrobianos (Yao *et al.*, 2023).

Embora o presente estudo não tenha evidenciado uma associação estatisticamente significativa entre a contaminação e a ocorrência de infeções respiratórias, a deteção destes microrganismos em humidificadores ventilatórios realça o potencial de risco em utilizadores mais vulneráveis, nomeadamente imunodeprimidos, doentes com doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC) grave ou com história de infeções respiratórias recorrentes.

No presente estudo, não se observaram associações estatisticamente significativas entre a contaminação microbiológica dos dispositivos e as variáveis sociodemográficas ou características da terapêutica ventilatória, o que sugere que fatores como idade, sexo, tipo de ventilador ou tempo de exposição à terapêutica, por si só, não influenciam de forma isolada a colonização microbiana das interfaces. Também as práticas de higiene referidas pelos doentes não evidenciaram, de forma geral, correlação significativa com a presença de contaminação, à exceção da frequência de substituição da máscara, que se revelou estatisticamente relevante apenas no grupo de doentes com humidificador. A relevância desta variável exclusivamente entre utilizadores de humidificador poderá refletir um ambiente físico mais favorável à retenção de humidade, à condensação e à deposição de partículas, o que acentua o impacto de práticas de manutenção menos rigorosas. Este resultado vai ao encontro dos dados de (Gilbert & Stephens, 2018), que destacam a

humidade como fator determinante na manutenção de comunidades microbianas em superfícies de uso contínuo. É também plausível que os utilizadores de humidificador apresentem um perfil clínico mais complexo ou tempos de utilização mais prolongados, o que, combinado com uma menor renovação da interface, poderá favorecer a colonização microbiana. Por contraste, nos doentes sem humidificador, as condições de menor humidade poderão ter atenuado o efeito da frequência de troca, tornando-o estatisticamente irrelevante.

A análise da diversidade microbiana, quantificada através do *índice de Shannon*, revelou uma maior biodiversidade nas amostras recolhidas das máscaras oronasais, em comparação com as nasais. Esta diferença poderá, à primeira vista, ser atribuída às próprias características anatómicas e funcionais deste tipo de interface, que cobre simultaneamente a cavidade nasal e oral, estando mais exposta ao fluxo expiratório oral, à humidade e à carga microbiológica da cavidade bucal. No entanto, importa considerar uma possível variável de confusão: a maior utilização da máscara oronasal entre os doentes com DPOC, um subgrupo que, no presente estudo, demonstrou maior prevalência de infeções respiratórias e uma carga microbiológica potencialmente superior. Assim, é plausível que a maior biodiversidade observada nas máscaras oronasais reflita, em parte, o perfil clínico mais complexo destes doentes, e não exclusivamente as características do dispositivo.

Por outro lado, apesar de se ter verificado uma tendência para maior diversidade associada à máscara oronasal, esta não se traduziu numa associação estatisticamente significativa entre o tipo de interface e a presença de contaminação microbiológica. Esta aparente incongruência pode ser explicada pela elevada variabilidade entre doentes, pelo reduzido número de doentes com máscara nasal, ou ainda pela influência de outros fatores intervenientes, como as práticas de higiene, a duração da utilização e o estado geral do doente. Este facto evidencia a complexidade inerente à análise da contaminação dos dispositivos de ventiloterapia, onde variáveis clínicas, comportamentais e ambientais interagem de forma multifatorial, nem sempre se traduzindo em associações lineares ou estatisticamente robustas.

O estado visual das máscaras, avaliado por inspeção direta e frequentemente classificado como inadequado, também não demonstrou associação significativa com a contaminação

microbiológica. Esta ausência de correlação é particularmente intrigante, dado que várias máscaras apresentavam resíduos visíveis, crostas secas e marcas de uso prolongado. Uma hipótese plausível prende-se com a formação de biofilmes bacterianos, estruturas complexas que conferem proteção aos microrganismos, dificultando a sua deteção e isolamento por métodos convencionais de cultura. A presença de biofilme pode encapsular as bactérias em camadas desidratadas, metabolicamente menos ativas e fortemente aderentes às superfícies, escapando assim à quantificação direta. (Gilbert & Stephens, 2018) descrevem como os biofilmes podem persistir em ambientes húmidos e mal higienizados, mesmo na ausência de sinais visíveis ou de culturas positivas, contribuindo para a discrepância entre a aparência externa e a verdadeira carga microbiológica. É também possível que os resíduos observados fossem predominantemente constituídos por microbiota comensal, como *Staphylococcus epidermidis* ou *Micrococcus luteus*, cuja presença não implica, por si só, um risco clínico significativo, nem representa necessariamente contaminação ativa.

Estes achados realçam a complexidade da contaminação microbiológica em ventiloterapia domiciliária e reforçam a ideia de que a aparência externa dos dispositivos nem sempre reflete o seu perfil microbiano real. Neste contexto, é plausível admitir que os dados laboratoriais subestimem a verdadeira carga microbiológica das máscaras, sobretudo quando contaminadas por biofilmes secos, estruturas microscópicas protegidas ou partículas inativadas que escapam à deteção por métodos clássicos. Esta subestimação pode comprometer a perceção de risco associada às interfaces, levando a uma falsa sensação de segurança baseada apenas na inspeção visual ou em culturas negativas.

Ao contrário do que se observou nas máscaras, a contaminação microbiológica dos humidificadores demonstrou uma associação estatisticamente significativa com o seu estado visual, avaliado por inspeção direta. Esta correlação sugere que, neste componente, a aparência externa pode, de facto, refletir de forma mais fidedigna a presença de carga microbiana. A maior humidade residual, a estagnação de água e a acumulação de depósitos minerais ou orgânicos nos humidificadores parecem constituir condições favoráveis à colonização bacteriana ativa, frequentemente visível sob a forma de sedimentos, turvação ou resíduos aderentes. Este padrão contrasta com o observado nas máscaras, onde a

ausência de correlação entre o estado visual e a contaminação poderá resultar da predominância de biofilmes secos e menos ativos, difíceis de detetar pelos métodos de cultura convencionais.

Outro achado relevante foi a existência de associação entre a higiene da máscara e a contaminação do humidificador, mesmo não se verificando correlação direta entre essa mesma prática e a contaminação da própria máscara. Este resultado, aparentemente contraditório, poderá indicar que as práticas de higiene mais consistentes com a máscara traduzem um comportamento de cuidado e manutenção mais alargado por parte do utilizador, refletindo-se indiretamente numa menor contaminação do humidificador. Em alternativa, poderá ainda refletir uma contaminação cruzada entre os componentes, em que o manuseamento da máscara sem higienização adequada possa favorecer a transferência de microrganismos para o humidificador durante a montagem ou utilização.

Este conjunto de observações reforça a complexidade das interações entre as práticas de higiene, o tipo de dispositivo e os padrões de contaminação, evidenciando que diferentes superfícies e materiais podem comportar-se de forma distinta em termos de retenção, adesão e viabilidade microbiana.

De forma global, os resultados indicam que os principais fatores associados à contaminação são comportamentais, relacionados com a manutenção do equipamento, e não tanto com as características do utilizador ou do tipo de ventilação. A verificação regular do estado visual dos dispositivos, a substituição periódica das máscaras e a adoção de métodos de limpeza consistentes, parecem constituir práticas fundamentais para mitigar o risco de colonização.

Apesar da elevada taxa de contaminação microbiológica identificada, tanto nas máscaras como nos humidificadores, não se verificou uma associação estatisticamente significativa entre a presença de microrganismos nos dispositivos e a ocorrência de infeções respiratórias nos doentes em ventiloterapia domiciliária. Este achado, em concordância com alguns estudos prévios, sugere que a simples presença de carga microbiana nos componentes ventilatórios não constitui, por si só, um fator determinante para o desenvolvimento de infeções clínicas.

De facto, Mercieca *et al.* (2017), não encontraram diferenças significativas na incidência de infeções respiratórias entre utilizadores de CPAP com ou sem humidificador, apesar da identificação de microbiota em diversos componentes dos dispositivos. Resultados semelhantes foram reportados por Gavidia *et al.* (2023), que, num estudo de coorte que envolveu mais de 400 doentes com SAOS, não observaram aumento do risco infeccioso após o início da terapêutica com CPAP. Do mesmo modo, Mutagi *et al.* (2012) demonstraram que, mesmo em doentes com fibrose quística previamente colonizados, a presença de microrganismos nos dispositivos não se traduziu em contaminação ativa ou infeções clínicas evidentes.

No presente estudo, a utilização de antibioterapia por infeção respiratória, considerada como marcador indireto de episódios infecciosos, não apresentou associação estatisticamente significativa com a contaminação microbiológica dos dispositivos. No entanto, observou-se uma proporção mais elevada de doentes sob antibioterapia entre os utilizadores de humidificadores contaminados (39,5%), comparativamente aos que apresentavam humidificadores não contaminados (16,7%). Apesar de esta diferença não ter alcançado significância estatística ($p = 0,393$), poderá representar uma tendência com relevância clínica, que se tornaria mais evidente com uma amostra de maior dimensão.

Este padrão reforça a necessidade de uma interpretação cautelosa dos dados, sublinhando que, embora a contaminação microbiológica não tenha demonstrado impacto direto nos indicadores de infeção analisados, como a antibioterapia ou o recurso aos serviços de saúde, poderão existir efeitos subtis ou condicionados por outras variáveis não controladas. Fatores como a virulência dos microrganismos, o estado imunitário do doente, a presença de comorbilidades respiratórias ou o padrão de colonização dos dispositivos podem interferir na expressão clínica da infeção, justificando a ausência de significância estatística em algumas comparações.

Adicionalmente, importa considerar que o desenvolvimento de infeções respiratórias resulta de um equilíbrio complexo entre fatores do hospedeiro, do agente patogénico e do ambiente. A resposta imunitária individual, a integridade das barreiras mucosas, o padrão ventilatório, o tipo de interface utilizada e os comportamentos de higiene são elementos que interagem de forma multifatorial, modulando o risco clínico de infeção. Assim, a

ausência de associação direta entre contaminação e infeção reforça a necessidade de uma avaliação integrada e multidimensional dos fatores intervenientes, superando abordagens mais simples baseadas unicamente na presença de microrganismos nos dispositivos.

Esta interpretação é apoiada por Rigauts *et al.* (2022), que sublinham o papel determinante do estado clínico subjacente e da vulnerabilidade do hospedeiro na progressão de colonização para infeção ativa. De forma complementar, os dados de Gavidia *et al.* (2023), indicam que, em doentes estáveis sob ventiloterapia, a mera exposição a microbiota ambiental ou comensal não se traduz, na maioria dos casos, em manifestações clínicas infecciosas, exceto em subgrupos com fatores predisponentes bem definidos.

Do ponto de vista clínico, embora os indicadores de infeção respiratória, como a presença de tosse, expectoração, recurso à urgência e uso de antibioterapia, não tenham apresentado associação estatisticamente significativa com a maioria das variáveis estudadas, a distribuição dos dados sugere a existência de um padrão concentrado num subgrupo de indivíduos com características clínicas específicas.

A idade avançada destacou-se como um fator associado à ocorrência de infeções respiratórias na população estudada. A maior proporção de doentes infetados concentrou-se nos estratos etários mais elevados. Este padrão é coerente com o que está descrito na literatura, onde o envelhecimento está associado a alterações imunológicas, a uma maior prevalência de comorbilidades e a um declínio da função respiratória, fatores que, em conjunto, aumentam a suscetibilidade às infeções das vias respiratórias inferiores.

Nos doentes ventilados, a idade pode ainda representar um fator adicional de risco pela maior dificuldade na gestão da terapêutica, menor capacidade de realizar higienização adequada dos dispositivos e maior dependência de cuidadores, elementos que favorecem o risco de contaminação cruzada e de colonização persistente. Assim, a idade não atua isoladamente, mas constitui um marcador de fragilidade que interage com múltiplos determinantes clínicos, funcionais e sociais.

A utilização de máscara oronasal associou-se, de forma estatisticamente significativa, à ocorrência de infeções respiratórias no presente estudo. Esta interface, ao permitir a ventilação tanto pela boca como pelo nariz, pode favorecer a deposição de partículas expiratórias, o refluxo de secreções e uma maior acumulação de humidade no circuito.

Além disso, a máscara oronasal está frequentemente associada a um maior grau de fugas periféricas e à necessidade de pressões ventilatórias mais elevadas, fatores que podem comprometer a integridade das vias aéreas superiores e aumentar o risco de microaspirações. Em termos microbiológicos, este tipo de interface expõe os dispositivos à microbiota oral, potencialmente mais diversificada e patogénica, o que poderá contribuir para a colonização dos componentes ventilatórios e, indiretamente, para o aumento do risco infeccioso.

A duração da terapêutica ventilatória surgiu também associada, de forma estatisticamente significativa, à ocorrência de infeções respiratórias, com tempos medianos de utilização superiores entre os doentes infetados. Esta associação pode refletir, por um lado, o efeito cumulativo da exposição prolongada aos dispositivos, com maior risco de colonização bacteriana, contacto repetido com interfaces contaminadas e potencial falência das medidas de higiene ao longo do tempo. Por outro lado, é igualmente plausível que o maior tempo de utilização reflita um perfil clínico mais grave, no qual os doentes, por apresentarem sintomas respiratórios mais intensos ou maior frequência de agudizações, demonstrem uma adesão mais rigorosa à terapêutica ventilatória. Assim, o tempo de utilização poderá simultaneamente funcionar como fator predisponente e marcador da gravidade da doença, dificultando a separação clara entre causa e consequência.

Esta interpretação dual é coerente com o perfil observado nos doentes mais vulneráveis do presente estudo, em que se combinam maior adesão terapêutica, tempo prolongado de ventilação, sintomas respiratórios persistentes e elevada frequência de eventos clínicos infecciosos.

O diagnóstico de DPOC foi um dos fatores que mais se destacou na associação com infeções respiratórias. Os doentes com DPOC apresentaram maior prevalência de sintomas respiratórios persistentes, como tosse crónica e hipersecreção, maior frequência de recurso à urgência e maior taxa de antibioterapia por infeção respiratória. Este perfil é compatível com a fisiopatologia da doença, marcada por inflamação brônquica crónica, alteração do epitélio respiratório, comprometimento da clearance mucociliar e presença frequente de colonização bacteriana das vias aéreas inferiores. Além disso, muitos destes doentes apresentam agudizações recorrentes, uso prévio de antibióticos e corticoterapia,

fatores que provocam o desequilíbrio da microbiota respiratória e reduzem a capacidade de defesa contra agentes patogénicos.

Neste contexto, torna-se particularmente relevante o achado identificado na análise dirigida ao subgrupo de doentes com DPOC: a presença de contaminação microbiológica em qualquer componente do circuito ventilatório associou-se, de forma estatisticamente significativa, à ocorrência de infeções respiratórias ($p = 0,024$). Esta associação não foi observada na análise global da amostra, o que sugere que os doentes com DPOC poderão apresentar uma maior vulnerabilidade clínica aos efeitos da colonização microbiana dos dispositivos de ventilação. A interação entre doença de base, exposição crónica à ventiloterapia e possível inóculo patogénico proveniente dos dispositivos poderá desempenhar um papel relevante na fisiopatologia das agudizações infecciosas neste grupo.

Esta associação, no entanto, não deve ser interpretada de forma unidimensional. Poderá ser igualmente plausível que estes doentes sejam mais suscetíveis ao impacto da eventual contaminação microbiológica dos dispositivos de ventilação, seja pela sua menor reserva funcional, seja pelo aumento da fragilidade das suas defesas locais. Assim, no caso da DPOC, infeção e doença coexistem numa relação complexa em que é difícil isolar a direção da causalidade. A patologia de base favorece a infeção, mas, em simultâneo, a presença de microrganismos nos dispositivos poderá constituir um fator adicional de descompensação clínica. Esta interação sugere que a DPOC, mais do que um fator de risco isolado, representa uma condição de vulnerabilidade dinâmica, em que múltiplas variáveis, clínicas, microbiológicas e comportamentais convergem para aumentar o risco de eventos respiratórios adversos.

No presente estudo, verificou-se que a máscara oronasal era claramente predominante entre os doentes com DPOC, o que poderá ter potenciado o efeito combinado destes dois fatores no aumento do risco de infeção. A escolha desta interface em doentes com hipersecreção e maior carga sintomática justifica-se clinicamente, mas poderá também facilitar a colonização cruzada entre a cavidade oral e os dispositivos, agravada pela frequência respiratória elevada e pelo uso prolongado da terapêutica ventilatória neste grupo. Esta interação entre patologia de base e tipo de interface reforça a importância de

uma abordagem personalizada à seleção dos dispositivos, bem como a necessidade de estratégias preventivas específicas nos subgrupos de maior vulnerabilidade clínica.

As práticas de higiene dos dispositivos mostraram-se, de forma geral, pouco correlacionadas com a contaminação, à exceção da frequência de substituição da máscara, que apresentou associação estatisticamente significativa. As restantes variáveis relativas à limpeza e desinfeção dos componentes demonstraram resultados estatisticamente inconsistentes e difíceis de interpretar. Este padrão poderá refletir não só limitações metodológicas na recolha da informação, como também discrepâncias entre o comportamento real dos doentes e as respostas referidas pelos próprios.

Com efeito, verificou-se que a maioria dos doentes declarou ter recebido informação suficiente e sentir-se apta para realizar a higienização dos dispositivos. No entanto, esta perceção não se traduziu em adesão efetiva às recomendações. A higiene dos equipamentos, especialmente em contexto domiciliário, é um tema sensível e potencialmente gerador de enviesamento de resposta. A possibilidade de resposta socialmente desejável, com sobrevalorização do cumprimento, não pode ser excluída, particularmente quando os inquiridos receiam julgamento ou responsabilização.

Neste contexto, a variável “frequência de troca da máscara” poderá constituir um indicador mais fiável, por estar menos sujeita à interferência direta do utilizador e depender, em muitos casos, das rotinas estabelecidas pelas equipas hospitalares e de cuidados domiciliários. A sua associação com a contaminação e, em menor grau, com a infeção poderá refletir uma maior supervisão institucional ou uma organização mais estruturada dos cuidados, que se repercute indiretamente na qualidade da manutenção dos dispositivos.

Os resultados obtidos no presente estudo permitem delinear algumas recomendações relevantes para a prática clínica e organização dos cuidados domiciliários em doentes sob ventiloterapia. A elevada taxa de contaminação microbiológica dos dispositivos, particularmente dos humidificadores, evidencia a necessidade de reforçar a vigilância sobre os procedimentos de limpeza, armazenamento e substituição dos componentes, mesmo na ausência de correlação direta com eventos infecciosos.

A substituição regular das máscaras mostrou-se associada a menor contaminação e poderá representar uma medida de baixo custo e fácil implementação com impacto significativo na redução da carga microbiana. Importa ainda reconhecer o papel central das equipas hospitalares e de cuidados domiciliários na definição de calendários de troca de material e na supervisão sistemática das condições de higiene dos dispositivos.

Face à ausência de associação entre práticas de higiene reportadas pelos doentes e contaminação ou infeção, torna-se evidente a necessidade de reformular as estratégias de educação do doente, privilegiando abordagens mais práticas, com demonstrações presenciais e reforço contínuo. As respostas obtidas sugerem que a informação transmitida é, muitas vezes, percebida como suficiente, mas não internalizada de forma a traduzir-se em comportamento eficaz.

Por fim, o estudo evidenciou um subgrupo de doentes com maior vulnerabilidade clínica, os mais idosos, com DPOC, utilizadores de máscara oronasal e com elevada carga sintomática, nos quais as estratégias preventivas deverão ser reforçadas. Nestes doentes, a monitorização do estado dos dispositivos, a avaliação da adesão e a individualização das recomendações devem assumir particular prioridade, com potencial benefício na redução de descompensações respiratórias. Esta necessidade é especialmente relevante à luz da evidência adicional identificada no presente estudo, que revelou, entre os doentes com DPOC, uma associação estatisticamente significativa entre a contaminação microbiológica dos dispositivos e a ocorrência de infeções respiratórias. Estes dados reforçam a importância de intervenções direcionadas, incluindo educação mais intensiva, reforço da vigilância e eventuais ajustes nas práticas de manutenção, particularmente nos perfis clínicos de maior risco.

Este estudo apresenta um conjunto de limitações metodológicas que devem ser reconhecidas na interpretação dos resultados e na generalização das conclusões obtidas. A natureza observacional e transversal do desenho não permite estabelecer relações de causalidade entre a contaminação microbiológica dos dispositivos e os episódios de infeção respiratória, limitando-se à identificação de associações.

Adicionalmente, é importante referir que a colheita das amostras microbiológicas poderá ter sido influenciada pelas próprias características da sujidade presente nos dispositivos.

Em alguns casos, observou-se que as zonas visivelmente mais sujas das máscaras apresentavam material seco e aderente, eventualmente incluído em estruturas de biofilme, o que poderá ter dificultado a sua remoção completa durante o processo de amostragem. A presença de biofilmes, além de representar um desafio analítico, poderá ter levado à subestimação da diversidade ou quantidade de microrganismos viáveis, uma vez que a libertação celular nestas estruturas é limitada e muitas bactérias permanecem encapsuladas numa matriz extracelular. Estas limitações técnicas devem ser tidas em conta na interpretação da negatividade de algumas amostras e no cruzamento com a avaliação visual do estado de higiene.

A amostra foi dividida entre doentes que não utilizavam humidificador, nos quais foi realizada colheita apenas da máscara, e doentes com humidificador, nos quais foram colhidas amostras tanto da máscara como do reservatório. Contudo, a ausência de um grupo controlo constituído por indivíduos sem qualquer forma de ventiloterapia representa uma limitação adicional. Idealmente, a comparação com um grupo de indivíduos expostos ao mesmo ambiente, mas sem dispositivos ventilatórios permitiria discriminar com maior precisão a origem da contaminação. No entanto, tal abordagem revelar-se-ia eticamente e clinicamente desafiante, sobretudo em doentes com DPOC ou insuficiência respiratória crónica, nos quais a indicação para ventiloterapia está diretamente associada a eventos de maior gravidade clínica, como exacerbações frequentes, hospitalizações ou falência ventilatória. A inclusão de um grupo controlo nestes casos exigiria a suspensão de terapias essenciais. Estudos como o de Mercieca *et al.* (2017) conseguiu incluir grupos controlo apenas em populações com SAOS, onde a rejeição da terapêutica ou a existência de alternativas não invasivas tornam tal comparação mais viável.

Adicionalmente, importa reconhecer que as informações recolhidas sobre as práticas de higiene e manutenção foram baseadas exclusivamente na autorreportação dos participantes, o que poderá ter introduzido algum grau de viés. Sendo estas questões sensíveis à avaliação de cumprimento de normas ou perceções de correção de conduta, é possível que alguns participantes tenham fornecido respostas socialmente desejáveis, sobrestimando a frequência de limpeza ou a adequação das práticas. Esta limitação poderá

ter conduzido a uma subestimação do incumprimento real e, por conseguinte, à atenuação da força das associações observadas entre práticas de higiene e contaminação microbiológica.

Apesar destas limitações, este estudo constitui uma das primeiras abordagens sistemáticas à contaminação microbiológica de dispositivos de ventiloterapia em ambiente domiciliário, oferecendo dados concretos e aplicáveis à realidade clínica. A diversidade de microrganismos identificados e a sua caracterização contextualizada reforçam a relevância clínica da temática.

Futuras investigações poderão beneficiar da monitorização longitudinal da colonização dos dispositivos e da correlação com dados clínicos objetivos, como espirometrias, gasimetrias ou culturas respiratórias. A análise do papel dos biofilmes e a eficácia comparativa de diferentes estratégias de desinfeção representam também áreas prioritárias de desenvolvimento.

Finalmente, a construção de diretrizes específicas para a higiene e manutenção de ventiladores e humidificadores domiciliários, baseadas em evidência científica, poderá representar um avanço significativo na segurança e qualidade dos cuidados respiratórios prestados no domicílio.

6. Conclusão

O presente estudo procurou explorar, de forma sistemática, a contaminação microbiológica dos dispositivos utilizados em ventiloterapia domiciliária e a sua possível relação com a ocorrência de infeções respiratórias. Através de uma abordagem multidimensional, foi possível responder aos objetivos definidos, caracterizando as práticas de manutenção, identificando os microrganismos mais comuns e avaliando os fatores clínicos e comportamentais associados.

Verificou-se que a contaminação microbiológica é uma realidade comum, sobretudo nos humidificadores, refletindo a vulnerabilidade destes dispositivos à colonização ambiental. No entanto, a sua relação com infeções respiratórias revelou-se multifatorial e complexa. Na análise global, não foi identificada uma associação estatisticamente significativa entre a presença de microrganismos nos dispositivos e a ocorrência de infeção. Contudo, no subgrupo de doentes com doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC), observou-se uma associação significativa, sugerindo maior suscetibilidade clínica e a necessidade de medidas preventivas específicas nesta população.

Estes resultados contribuem para o conhecimento sobre o ecossistema microbiológico dos dispositivos de ventilação utilizados em domicílio e reforçam a importância de estratégias de prevenção centradas no utilizador. A adoção de práticas rigorosas de higienização, a monitorização técnica regular dos equipamentos e a capacitação dos doentes e cuidadores constituem pilares fundamentais para garantir a segurança e a eficácia da terapêutica ventilatória.

Os dados obtidos sustentam a necessidade urgente de desenvolver recomendações padronizadas e baseadas em evidência para a limpeza e manutenção dos dispositivos, com especial atenção aos humidificadores, frequentemente negligenciados nas orientações clínicas. A uniformização das práticas de higiene, a sensibilização contínua dos utilizadores e a vigilância da qualidade microbiológica dos dispositivos devem ser assumidas como prioridades para a segurança terapêutica.

Futuras investigações, idealmente com desenho longitudinal, abordagem multidisciplinar e maior representatividade populacional, poderão aprofundar o impacto da contaminação

em diferentes perfis clínicos e contribuir para a definição de boas práticas adaptadas à realidade do contexto domiciliário.

7. Referências bibliográficas

- Direção-Geral da Saúde. (2015). *Cuidados respiratórios domiciliários: Prescrição de ventiloterapia e outros equipamentos* (Norma n.º 022/2011, de 28/09/2011, atualizada em 11/09/2015). Direção-Geral da Saúde. <https://www.dgs.pt>
- Almasaudi, S. B. (2018). *Acinetobacter* spp. as nosocomial pathogens: Epidemiology and resistance features. In *Saudi Journal of Biological Sciences* (Vol. 25, Issue 3, pp. 586–596). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.02.009>
- American Thoracic Society. (2020). ATS statement: Guidelines for the diagnosis and management of patients with chronic respiratory diseases. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. <https://doi.org/10.1164/rccm.2020C3> (consultado a 29 de julho de 2025)
- Assi, M. A., Berg, J. C., Marshall, W. F., Wengenack, N. L., & Patel, R. (2007). *Mycobacterium gordonae* pulmonary disease associated with a continuous positive airway pressure device. *Transplant Infectious Disease*, 9(3), 249–252. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3062.2007.00202.x>
- Bach, J. R. (2002). Amyotrophic lateral sclerosis: Prolongation of life by noninvasive respiratory aids. *Chest*, 122(1), 92–98. <https://doi.org/10.1378/chest.122.1.92>
- Baeza Martínez, C., Zamora Molina, L., García Sevilla, R., Gil Carbonell, J., Manuel Ramos Rincon, J., & Martín Serrano, C. (2014). *Rothia mucilaginosa* Pneumonia in an Immunocompetent Patient. In *Arch Bronconeumol* (Vol. 50, Issue 11).
- Bakker, J. P., Edwards, B. A., Gautam, S. P., Montesi, S. B., Durán-Cantolla, J., Barandiarán, F. A., Barbé, F., Sánchez-De-La-Torre, M., & Malhotra, A. (2014). Blood pressure improvement with continuous positive airway pressure is independent of obstructive sleep apnea severity. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 10(4), 365–369. <https://doi.org/10.5664/jcsm.3604>
- Baumgartner, J., Schmidt, J., Klotz, D., Schneider, H., Schumann, S., & Fuchs, H. (2022). Trigger performance of five pediatric home ventilators and one ICU ventilator

- depending on circuit type and system leak in a physical model of the lung. *Pediatric Pulmonology*, 57(3), 744–753. <https://doi.org/10.1002/ppul.25791>
- Benjafield, A. V., Ayas, N. T., Eastwood, P. R., Heinzer, R., Ip, M. S. M., Morrell, M. J., Nunez, C. M., Patel, S. R., Penzel, T., Pépin, J. L. D., Peppard, P. E., Sinha, S., Tufik, S., Valentine, K., & Malhotra, A. (2019). Estimation of the global prevalence and burden of obstructive sleep apnoea: a literature-based analysis. *The Lancet Respiratory Medicine*, 7(8), 687–698. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(19\)30198-5](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(19)30198-5)
- Bourke, S. C., Tomlinson, M., Williams, T. L., Bullock, R. E., Shaw, P. J., & Gibson, G. J. (2006). Effects of non-invasive ventilation on survival and quality of life in patients with amyotrophic lateral sclerosis: a randomised controlled trial. *The Lancet Neurology*, 5(2), 140–147. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(05\)70326-4](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(05)70326-4)
- Campos-Rodriguez, F., Peña-Griñan, N., Reyes-Nuñez, N., De La Cruz-Moron, I., Perez-Ronchel, J., De La Vega-Gallardo, F., & Fernandez-Palacin, A. (2005). Mortality in obstructive sleep apnea-hypopnea patients treated with positive airway pressure. *Chest*, 128(2), 624–633. <https://doi.org/10.1378/chest.128.2.624>
- Chacko, A., Sly, P. D., Kidd, T., & Gauld, L. (2021). Persistent *Pseudomonas aeruginosa* infection associated with non-invasive ventilation in a child with spinal muscular atrophy type 1. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 17(3), 595–599. <https://doi.org/10.5664/jcsm.9014>
- Chin, C. J., George, C., Lannigan, R., & Rotenberg, B. W. (2013). Association of CPAP bacterial colonization with chronic rhinosinusitis. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 9(8), 747–750. <https://doi.org/10.5664/jcsm.2910>
- Collada-Carrasco, J., Lamolda-Puyol, C., Luján, M., Castaño-Menéndez, A., Jiménez-Gómez, M., Hernández-Voth, A., & Sayas-Catalán, J. (2020). The addition of a humidifier device to a circuit and its impact on home ventilator performance: a bench study. *Pulmonology*, 26(6), 363–369. <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2019.11.004>

- Crimi, C., Noto, A., Princi, P., Cuvelier, A., Masa, J. F., Simonds, A., Elliott, M. W., Wijkstra, P., Windisch, W., & Nava, S. (2016). Domiciliary Non-invasive Ventilation in COPD: An International Survey of Indications and Practices. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 13(4), 483–490. <https://doi.org/10.3109/15412555.2015.1108960>
- Delorme, M., Leroux, K., Boussaid, G., Lebre, M., Prigent, H., Leotard, A., Louis, B., & Lofaso, F. (2021). Protective Recommendations for Non-invasive Ventilation During COVID-19 Pandemic: A Bench Evaluation of the Effects of Instrumental Dead Space on Alveolar Ventilation. *Archivos de Bronconeumologia*, 57, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2021.01.012>
- Esquinas, A. M., Al-Jawder, S. E., & Bahammam, A. S. (2012). Practice of humidification during noninvasive mechanical ventilation (NIV): Determinants of humidification strategies. In *Humidification in the Intensive Care Unit: The Essentials* (pp. 93–102). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02974-5_11
- Esquinas Rodriguez, A. M., Scala, R., Soroksky, A., BaHammam, A., de Klerk, A., Valipour, A., Chiumello, D., Martin, C., & Holland, A. E. (2011). Clinical review: Humidifiers during non-invasive ventilation - key topics and practical implications. In *Critical Care* (Vol. 16, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/cc10534>
- Farre, R., Lloyd-Owen, S. J., Ambrosino, N., Donaldson, G., Escarabill, J., Fauroux, B., Robert, D., Schoenhofer, B., Simonds, A., & Wedzicha, J. A. (2005). Quality control of equipment in home mechanical ventilation: A European survey. *European Respiratory Journal*, 26(1), 86–94. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00066904>
- Gavidia, R., Shieu, M. M., Dunietz, G. L., & Braley, T. J. (2023). Respiratory infection risk in positive airway pressure therapy users: a retrospective cohort study. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 19(10), 1769–1773. <https://doi.org/10.5664/JCSM.10670>

- Gilbert, J. A., & Stephens, B. (2018). Microbiology of the built environment. In *Nature Reviews Microbiology* (Vol. 16, Issue 11, pp. 661–670). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0065-5>
- GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE GLOBAL STRATEGY FOR THE DIAGNOSIS, MANAGEMENT, AND PREVENTION OF CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE (2023 REPORT). (2022). www.goldcopd.org
- Heinzer, R., Vat, S., Marques-Vidal, P., Marti-Soler, H., Andries, D., Tobback, N., Mooser, V., Preisig, M., Malhotra, A., Waeber, G., Vollenweider, P., Tafti, M., & Haba-Rubio, J. (2015). Prevalence of sleep-disordered breathing in the general population: THE HypnoLaus study. *The Lancet Respiratory Medicine*, 3(4), 310–318. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(15\)00043-0](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(15)00043-0)
- Huda, S. A., Yadava, S., Kahlown, S., Jilani, M. H., & Sharma, B. (2020). A Rare Case of Ventilator-Associated Pneumonia Caused by *Cupriavidus Pauculus*. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.8573>
- Jao, L. Y., Su, W. L., Chang, H. C., Lan, C. C., Wu, Y. K., & Yang, M. C. (2022). *Pneumocystis jirovecii* pneumonia presenting as a solitary pulmonary granuloma due to unclean continuous positive airway pressure equipment: a case report. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 18(6), 1717–1721. <https://doi.org/10.5664/jcsm.9942>
- Kämpfer, P., Meurer, U., Esser, M., Hirsch, T., & Busse, H. J. (2007). *Sphingomonas pseudosanguinis* sp. nov., isolated from the water reservoir of an air humidifier. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 57(6), 1342–1345. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.64942-0>
- Kendzerska, T., Leung, R. S., Boulos, M. I., McIsaac, D. I., Murray, B. J., Bryson, G. L., Talarico, R., Malhotra, A., Gershon, A. S., Mackenzie, C., & Povitz, M. (2021). An Association between Positive Airway Pressure Device Manufacturer and Incident Cancer? A Secondary Data Analysis. In *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* (Vol. 204, Issue 12, pp. 1484–1488). American Thoracic Society. <https://doi.org/10.1164/rccm.202107-1734LE>

- Kim, M. K., Ingremeau, F., Zhao, A., Bassler, B. L., & Stone, H. A. (2016). Local and global consequences of flow on bacterial quorum sensing. *Nature Microbiology*, 1(1). <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2015.5>
- Kumar, N. R., & Norwood, B. S. (2022). *Sphingomonas Paucimobilis* Pneumonia Complicated by Empyema in an Immunocompetent Patient: A Case Report and Concise Review of Literature. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.24820>
- Lin, K., & Marr, L. C. (2020). Humidity-Dependent Decay of Viruses, but Not Bacteria, in Aerosols and Droplets Follows Disinfection Kinetics. *Environmental Science & Technology*, 54(2), 1024–1032. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04959>
- Lloyd-Owen, S. J., Donaldson, G. C., Ambrosino, N., Escarabill, J., Farre, R., Fauroux, B., Robert, D., Schoenhofer, B., Simonds, A. K., & Wedzicha, J. A. (2005). Patterns of home mechanical ventilation use in Europe: Results from the Eurovent survey. *European Respiratory Journal*, 25(6), 1025–1031. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00066704>
- Loh, L. C., Yii, C. T. J., Lai, K. K., Seevaunnamtum, S. P., Pushparasah, G., & Tong, J. M. G. (2006). *Acinetobacter baumannii* respiratory isolates in ventilated patients are associated with prolonged hospital stay. *Clinical Microbiology and Infection*, 12(6), 597–598. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2006.01411.x>
- Loke, Y. K., Brown, J. W. L., Kwok, C. S., Niruban, A., & Myint, P. K. (2012). Association of obstructive sleep apnea with risk of serious cardiovascular events: A systematic review and meta-analysis. In *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes* (Vol. 5, Issue 5, pp. 720–728). <https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.111.964783>
- Mador, M. J., Krauza, M., Pervez, A., Pierce, D., & Braun, M. (2005). Effect of heated humidification on compliance and quality of life in patients with sleep apnea using nasal continuous positive airway pressure. *Chest*, 128(4), 2151–2158. <https://doi.org/10.1378/chest.128.4.2151>
- Mansell, S. K., Devani, N., Shah, A., Schievano, S., Main, E., & Mandal, S. (2023). Current treatment strategies in managing side effects associated with domiciliary

- positive airway pressure (PAP) therapy for patients with sleep disordered breathing: A systematic review and meta-analysis. In *Sleep Medicine Reviews* (Vol. 72). W.B. Saunders Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2023.101850>
- Marin, J. M., Agusti, A., Villar, I., Forner, M., Nieto, D., Carrizo, S. J., Barbé, F., Vicente, E., Wei, Y., Nieto, F. J., & Jelic, S. (n.d.). *Association Between Treated and Untreated Obstructive Sleep Apnea and Risk of Hypertension*. <http://jama.jamanetwork.com/>
- Marin, J. M., Soriano, J. B., Carrizo, S. J., Boldova, A., & Celli, B. R. (2010). Outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease and obstructive sleep apnea: The overlap syndrome. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 182(3), 325–331. <https://doi.org/10.1164/rccm.200912-1869OC>
- Masa, J. F., Pépin, J. L., Borel, J. C., Mokhlesi, B., Murphy, P. B., & Sánchez-Quiroga, M. Á. (2019). Obesity hypoventilation syndrome. *European Respiratory Review*, 28(151). <https://doi.org/10.1183/16000617.0097-2018>
- Masoud, O., Ramsay, M., Suh, E. S., Kaltsakas, G., Srivastava, S., Pattani, H., Marino, P., Murphy, P. B., Hart, N., & Steier, J. (2020). Long-term adherence to home mechanical ventilation: A 10-year retrospective, single-centre cohort study. *Journal of Thoracic Disease*, 12, S120–S128. <https://doi.org/10.21037/jtd-cus-2020-003>
- McGuinness, O. A., Sivam, S., Menadue, C., Salama, R. O., Hal, S. Van, Yee, B. J., & Piper, A. J. (2025). Iatrogenic infection associated with positive airway pressure therapy: A review of precedent, epidemiology, bioaerosols and risk mitigation. In *Sleep Medicine Reviews* (Vol. 79). W.B. Saunders Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2024.102017>
- Mercieca, L., Pullicino, R., Camilleri, K., Abela, R., Mangion, S. A., Cassar, J., Zammit, M., Gatt, C., Deguara, C., Barbara, C., Fsadni, P., & Montefort, S. (2017). Continuous positive airway pressure: Is it a route for infection in those with obstructive sleep apnoea? *Sleep Science*, 10(1), 28–34. <https://doi.org/10.5935/1984-0063.20170005>

- Mineiro, M. A., Guimarães, M. J., & Winck, J. C. (2020). Organization of Home Mechanical Ventilation in Portugal: Characterization of current centers and a pathway to uniformization. *Pulmonology*, 26(2), 84–89. <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2019.05.006>
- Mutagi, A., Nash, E. F., Cameron, S., Abbott, G., Agostini, P., Whitehouse, J. L., Honeybourne, D., & Boxall, E. (2012a). Microbial contamination of non-invasive ventilation devices used by adults with cystic fibrosis. *Journal of Hospital Infection*, 81(2), 104–108. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2012.03.004>
- Ortolano, G. A., Schaffer, J., McAlister, M. B., Stanchfield, I., Hill, E., Vandenburg, L., Lewis, M., John, S., Canonica, F. P., & Cervia, J. S. (2007). Filters reduce the risk of bacterial transmission from contaminated heated humidifiers used with CPAP for obstructive sleep apnea. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 3(7), 700–705. <https://doi.org/10.5664/jcsm.27026>
- Owens, R. L., Drummond, M. B., MacRea, M., Branson, R. D., Celli, B., Coleman, J. M., Gahan, C., Gahan, J., Hess, D. R., Knight, S. L., Oczkowski, S., Ohar, J. A., Orr, J. E., Piper, A. J., Punjabi, N. M., Rahangdale, S., Rochweg, B., Wijkstra, P. J., & Yim-Yeh, S. (2020). Long-term noninvasive ventilation in chronic stable hypercapnic chronic obstructive pulmonary disease: An official american thoracic society clinical practice guideline. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 202(4), E74–E87. <https://doi.org/10.1164/rccm.202006-2382ST>
- Pan, M., Lednicky, J. A., & Wu, C. Y. (2019). Collection, particle sizing and detection of airborne viruses. In *Journal of Applied Microbiology* (Vol. 127, Issue 6, pp. 1596–1611). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/jam.14278>
- Parker, D., & Prince, A. (2012). Immunopathogenesis of *Staphylococcus aureus* pulmonary infection. In *Seminars in Immunopathology* (Vol. 34, Issue 2, pp. 281–297). <https://doi.org/10.1007/s00281-011-0291-7>
- Philips Respironics. (2021). *DreamStation heated humidifier: User manual*. Koninklijke Philips N.V. <https://www.usa.philips.com/healthcare/product/HCHT15/respironicsdreamstation-heated-humidifier>

- Philips Respironics. (2023). Field safety notice: Trilogy Evo, Trilogy Evo O2, Trilogy Evo Universal, Trilogy EV300 – Environmental contamination of device sensor (Ref. 2023-CC-SRC-003) [Relatório técnico].
- Patil, S. P., Ayappa, I. A., Caples, S. M., John Kimoff, R., Patel, S. R., & Harrod, C. G. (2019). Treatment of adult obstructive sleep apnea with positive airway pressure: An American academy of sleep medicine clinical practice guideline. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 15(2), 335–343. <https://doi.org/10.5664/jcsm.7640>
- Porte, P. (1999). Clinical indications for noninvasive positive pressure ventilation in chronic respiratory failure due to restrictive lung disease, COPD, and nocturnal hypoventilation - A consensus conference report. *Chest*, 116(2), 521–534. <https://doi.org/10.1378/chest.116.2.521>
- Qu, Y., Milross, M., McGuiness, O., Menadue, C., & Piper, A. (2022). Survey of Home Cleaning Practices With Noninvasive Ventilation Equipment. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*. <https://doi.org/10.1097/CPT.0000000000000215>
- Rabec, C., Rodenstein, D., Leger, P., Rouault, S., Perrin, C., & Gonzalez-Bermejo, J. (2011). Ventilator modes and settings during non-invasive ventilation: Effects on respiratory events and implications for their identification. In *Thorax* (Vol. 66, Issue 2, pp. 170–178). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/thx.2010.142661>
- ResMed. (2018). AirFit F20 full face mask: User guide. ResMed Pty Ltd.
- Reychler, G., Aarab, K., Van Ossel, C., Gigi, J., Simon, A., Leal, T., & Lebecque, P. (2005). In vitro evaluation of efficacy of 5 methods of disinfection on mouthpieces and facemasks contaminated by strains of cystic fibrosis patients. *Journal of Cystic Fibrosis*, 4(3), 183–187. <https://doi.org/10.1016/j.jcf.2005.06.001>
- Rganized, O., Ointly, J., Merican, T. A., Horacic, T., Ociety, S., Ociety, E. S., Are, N. C., Edicine, M., De, O., De, É., Angue, L., Rançaise, F., & Ats, T. (2001). American Thoracic Society International Consensus Conferences in Intensive Care Medicine: Noninvasive Positive Pressure Ventilation in Acute Respiratory Failure. In *Am J Respir Crit Care Med* (Vol. 163). www.atsjournals.org

- Rigauts, C., Aizawa, J., Taylor, S. L., Rogers, G. B., Govaerts, M., Cos, P., Ostyn, L., Sims, S., Vandeplasse, E., Sze, M., Dondelinger, Y., Vereecke, L., Van Acker, H., Simpson, J. L., Burr, L., Willems, A., Tunney, M. M., Cigana, C., Bragonzi, A., ... Crabbé, A. (2022). *Rothia mucilaginosa* is an anti-inflammatory bacterium in the respiratory tract of patients with chronic lung disease. *European Respiratory Journal*, 59(5). <https://doi.org/10.1183/13993003.01293-2021>
- Rodríguez González-Moro, J., Andrade Vivero, G., de Miguel Díez, J., López Martín, S., Sánchez, C., Izquierdo Alonso, J., & de Lucas Ramos, P. (2004). Bacterial Colonization and Home Mechanical Ventilation: Prevalence and Risk Factors. In *Arch Bronconeumol* (Vol. 40, Issue 9).
- Römling, U., & Balsalobre, C. (2012). Biofilm infections, their resilience to therapy and innovative treatment strategies. In *Journal of Internal Medicine* (Vol. 272, Issue 6, pp. 541–561). <https://doi.org/10.1111/joim.12004>
- Ryan, S., Doherty, L. S., Nolan, G. M., McNicholas, W. T., & McNicholas, W. (2009). Effects of Heated Humidification and Topical Steroids on Compliance, Nasal Symptoms, and Quality of Life in Patients with Obstructive Sleep Apnea Syndrome Using Nasal Continuous Positive Airway Pressure Scientific investigationS. In *Journal of Clinical Sleep Medicine* (Vol. 5, Issue 5).
- Sahoo, D., Bhatt, M., Jena, S., Dash, D., & Chayani, N. (2015). Study of biofilm in bacteria from water pipelines. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(3), 9–11. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/12415.5715>
- Sanner, B. M., Fluerebrock, N., Kleiber-Imbeck, A., Mueller, J. B., & Zidek, W. (2001). Clinical Investigations Effect of Continuous Positive Airway Pressure Therapy on Infectious Complications in Patients with Obstructive Sleep Apnea Syndrome. In *Respiration* (Vol. 68). www.karger.com/journals/res
- Seng, P., Boushab, B. M., Romain, F., Gouriet, F., Bruder, N., Martin, C., Paganelli, F., Bernit, E., Treut, Y. P. Le, Thomas, P., Papazian, L., Raoult, D., & Stein, A. (2016). Emerging role of *Raoultella ornithinolytica* in human infections: A series of cases

- and review of the literature. *International Journal of Infectious Diseases*, 45, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2016.02.014>
- Shimoyama, Y., Umegaki, O., Ooi, Y., Agui, T., Kadono, N., & Minami, T. (2017). *Bacillus cereus* pneumonia in an immunocompetent patient: a case report. *JA Clinical Reports*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40981-017-0096-3>
- Shrestha, B., K C, N., Bastola, C., Jahir, T., Risal, R., Thapa, S., Enriquez, D., & Schmidt, F. (2021). *Pantoea agglomerans*: An Elusive Contributor to Chronic Obstructive Pulmonary Disease Exacerbation. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.18562>
- Siddiqui, T., Patel, S. S., Sinha, R., Ghoshal, U., & Sahu, C. (2022). *Ralstonia mannitolilytica*: an emerging multidrug-resistant opportunistic pathogen in a tertiary care hospital setting. *Access Microbiology*, 4(5). <https://doi.org/10.1099/acmi.0.000367>
- Simonds, A. K., Hanak, A., Chatwin, M., Morrell, M. J., Hall, A., Parker, K. H., Siggers, J. H., & Dickinson, R. J. (2010). Evaluation of droplet dispersion during non-invasive ventilation, oxygen therapy, nebuliser treatment and chest physiotherapy in clinical practice: Implications for management of pandemic influenza and other airborne infections. *Health Technology Assessment*, 14(46), 131–172. <https://doi.org/10.3310/hta14460-02>
- Somers, V. K., White, D. P., Amin, R., Abraham, W. T., Costa, F., Culebras, A., Daniels, S., Floras, J. S., Hunt, C. E., Olson, L. J., Pickering, T. G., Russell, R., Woo, M., & Young, T. (2008). Sleep Apnea and Cardiovascular Disease: An American Heart Association/American College of Cardiology Foundation scientific statement from the American Heart Association Council for High Blood Pressure Research Professional Education Committee, Council on Clinical Cardiology, Stroke Council, and Council on Cardiovascular Nursing. In *Circulation* (Vol. 118, Issue 10, pp. 1080–1111). <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.189420>
- Sopkova, Z., Dorkova, Z., & Tkacova, R. (2009). Predictors of compliance with continuous positive airway pressure treatment in patients with obstructive sleep

- apnea and metabolic syndrome. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 121(11–12), 398–404. <https://doi.org/10.1007/s00508-009-1181-z>
- Srivali, N., Chongnarungsin, D., Ungprasert, P., & Edmonds, L. C. (2013). Two cases of Legionnaires' disease associated with continuous positive airway pressure therapy. In *Sleep Medicine* (Vol. 14, Issue 10, p. 1038). <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2013.06.007>
- Steinhauer, K., & Goroncy-Bermes, P. (2005). Investigation of the hygienic safety of continuous positive airways pressure devices after reprocessing. *Journal of Hospital Infection*, 61(2), 168–175. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2005.01.022>
- Stephens, J. H., Shaw, D. D., & Koehler, A. P. (2015). Legionella pneumophila: probable transmission from a contaminated respiratory device. *Communicable diseases intelligence quarterly report*, 39(2), E201–E203. <https://doi.org/10.33321/cdi.2015.39.18>
- Tejera, D., Limongi, G., Bertullo, M., & Cancela, M. (2016). Ralstonia pickettii bacteremia in hemodialysis patients: A report of two cases. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, 28(2), 195–198. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20160033>
- Tietjens, J. R., Claman, D., Kezirian, E. J., de Marco, T., Mirzayan, A., Sadroonri, B., Goldberg, A. N., Long, C., Gerstenfeld, E. P., & Yeghiazarians, Y. (2019). Obstructive sleep apnea in cardiovascular disease: A review of the literature and proposed multidisciplinary clinical management strategy. In *Journal of the American Heart Association* (Vol. 8, Issue 1). American Heart Association Inc. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.010440>
- Tuggey, J. M., Delmastro, M., & Elliott, M. W. (2007). The effect of mouth leak and humidification during nasal non-invasive ventilation. *Respiratory Medicine*, 101(9), 1874–1879. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2007.05.005>
- Wainwright, C. E., France, M. W., O'Rourke, P., Anuj, S., Kidd, T. J., Nissen, M. D., Sloots, T. P., Coulter, C., Ristovski, Z., Hargreaves, M., Rose, B. R., Harbour, C., Bell, S. C., & Fennelly, K. P. (2009). Cough-generated aerosols of Pseudomonas

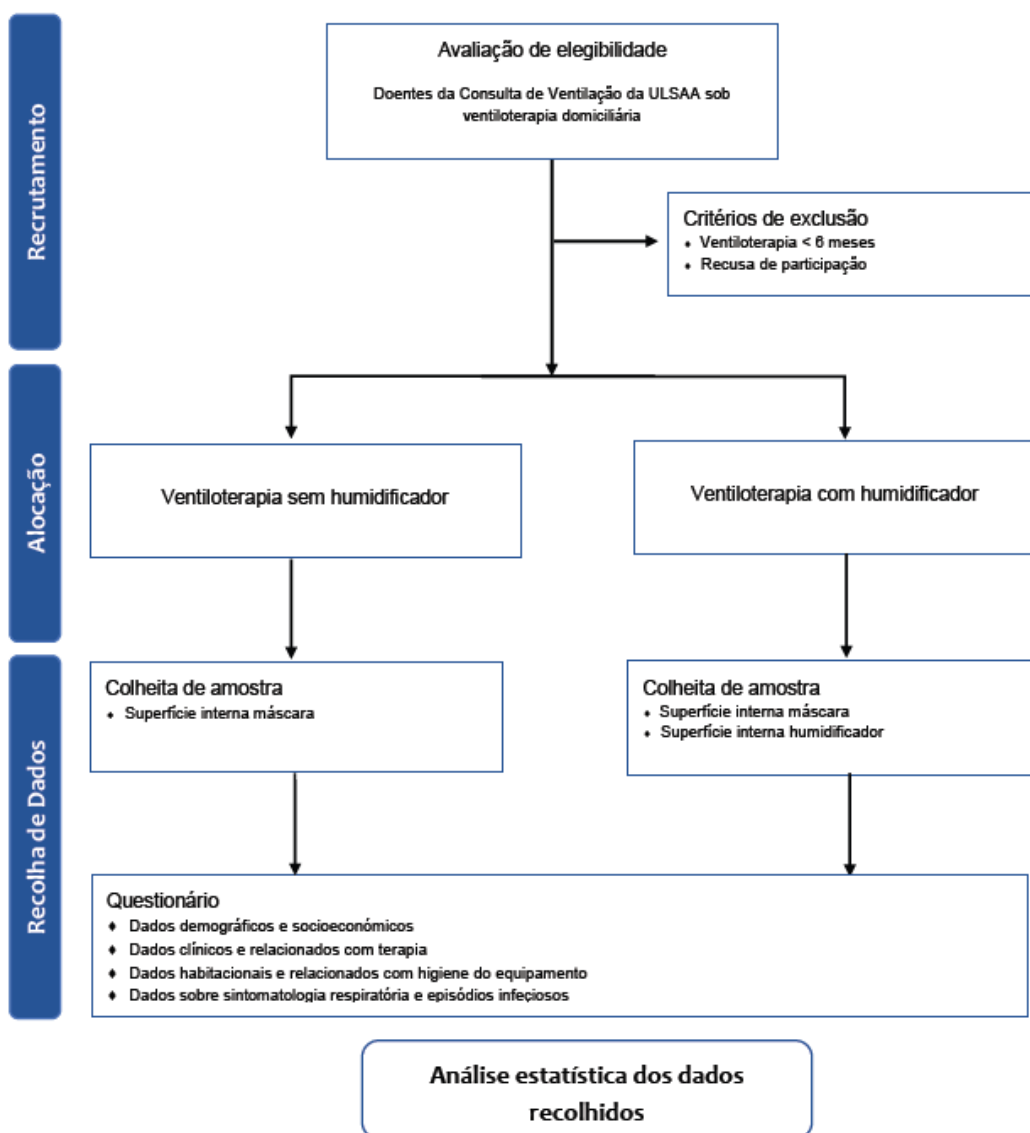
- aeruginosa and other Gram-negative bacteria from patients with cystic fibrosis. *Thorax*, 64(11), 926–931. <https://doi.org/10.1136/thx.2008.112466>
- Weaver, T. E., Maislin, G., Dinges, D. F., Bloxham, T., George, C. F. P., Greenberg, H., Kader, G., Mahowald, M., Younger, J., & Pack, A. I. (2007). Relationship between hours of CPAP use and achieving normal levels of sleepiness and daily functioning. *Sleep*, 30(6), 711–719. <https://doi.org/10.1093/sleep/30.6.711>
- Wedzicha, J. A., Miravittles, M., Hurst, J. R., Calverley, P. M. A., Albert, R. K., Anzueto, A., Criner, G. J., Papi, A., Rabe, K. F., Rigau, D., Sliwinski, P., Tonia, T., Vestbo, J., Wilson, K. C., & Krishnan, J. A. (2017). Management of COPD exacerbations: A European Respiratory Society/American Thoracic Society guideline. In *European Respiratory Journal* (Vol. 50, Issue 4). European Respiratory Society. <https://doi.org/10.1183/13993003.00791-2016>
- Wenzel, M., Klauke, M., Gessenhardt, F., Dellweg, D., Haidl, P., Schönhof, B., & Köhler, D. (2005). Sterile water is unnecessary in a continuous positive airway pressure convection-type humidifier in the treatment of obstructive sleep apnea syndrome. *Chest*, 128(4), 2138–2140. <https://doi.org/10.1378/chest.128.4.2138>
- Willis, L. D., Spray, B. J., Edmondson, E., Pruss, K., & Jambhekar, S. K. (2023). Positive Airway Pressure Device Care and Cleaning Practices in the Pediatric Home. *Respiratory Care*, 68(1), 87–91. <https://doi.org/10.4187/respcare.10241>
- Windisch, W. (2008). Impact of home mechanical ventilation on health-related quality of life. *European Respiratory Journal*, 32(5), 1328–1336. <https://doi.org/10.1183/09031936.00066407>
- Windisch, W., Kostić, S., Dreher, M., Virchow, J. C., & Sorichter, S. (2005). Outcome of patients with stable COPD receiving controlled noninvasive positive pressure ventilation aimed at a maximal reduction of Paco₂. *Chest*, 128(2), 657–662. <https://doi.org/10.1378/chest.128.2.657>
- Yao, Y., Chen, Q., & Zhou, H. (2023). Virulence Factors and Pathogenicity Mechanisms of *Acinetobacter baumannii* in Respiratory Infectious Diseases. In *Antibiotics* (Vol.

12, Issue 12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/antibiotics12121749>

Anexo 1 - Fluxograma do desenho do estudo e processo de recolha de dados

Especialização em Fisiopatologia do Sono e Ventilação Não Invasiva

Contaminação microbiológica dos humidificadores usados em ventiloterapia domiciliária



Anexo 2 - Instrumento de recolha de dados: Questionário ao doente

QUESTIONÁRIO:

"Contaminação microbiológica dos humidificadores
usados em ventiloterapia domiciliária"

Características sociodemográficas

1. Género:	☐ Masculino	☐ Feminino
2. Idade: ____ anos	Altura: ____ cm	Peso: ____ Kg IMC: ____ Kg/m ²
3. Estado Civil:	☐ Solteiro (a) ☐ União de Facto ☐ Separado (a)	☐ Casado(a) ☐ Divorciado (a) ☐ Viúvo (a)
4. Escolaridade:	☐ Analfabeto (a) ☐ 1º Ciclo/Instrução primária ☐ 3º Ciclo/10º ano ao 11º ano/7º ano complementar ☐ Curso Médio	☐ Sabe ler e escrever ☐ 2º Ciclo/9º ano/Antigo 5º ano ☐ 12º Ano ☐ Curso Superior
5. Profissão:	☐ Trabalhador (a) por conta de outrem ☐ Trabalhador (a) por conta própria ☐ Desempregado (a)	☐ Reformado (a) ☐ Estudante (a) ☐ Trabalhador (a) - Estudante
6. Composição do agregado familiar. Nº de elementos: _____		

Características habitacionais

7. Tipo de Residência:	☐ Rural	☐ Urbana
8. Tipo de habitação	☐ Andar/Apartamento ☐ Outro: _____	☐ Moradia/Vivenda
9. Tipo de abastecimento de água:	☐ Rede Pública ☐ Outro: _____	☐ Poço
10. Considera o quarto onde dorme livre de poeiras e alérgenos? ☐ Sim ☐ Não ☐ Não sei		
11. Como classificaria a humidade do ambiente em que dorme? ☐ Baixa ☐ Média ☐ Alta		
12. Enfrenta algum problema relacionado com mofo ou humidade no ambiente onde dorme? ☐ Sim ☐ Não		
Se sim, descreva brevemente as medidas que tomou para lidar com essas condições: 		
13. Como classificaria a ventilação no local onde dorme? ☐ Boa ☐ Média ☐ Má ☐ Nenhuma		
14. Qual o(s) tipo(s) de ventilação que existem no quarto onde dorme? ☐ Janelas ☐ Ar Condicionado ☐ Ventilação mecânica (Ventoinhas, exaustores) ☐ Outro: _____		

15. Tem animais de estimação com acesso ao local onde utiliza o ventilador?

☐ Sim ☐ Não

15.a. Se sim que tipo:

☐ Cães ☐ Gatos ☐ Pássaros

☐ Outros: _____

Educação sobre a higiene

16. Recebeu orientação sobre as práticas adequadas de higienização dos componentes da ventiloterapia?

☐ Sim ☐ Não ☐ Não sei

16.a. Se sim, que entidade realizou a formação?

☐ Equipa de CRD ☐ Equipa Hospitalar ☐ Familiares

☐ Outros: _____

16.b. Como classificaria o nível de informação sobre a limpeza que obteve?

☐ Excelente ☐ Bom ☐ Satisfatório ☐ Insatisfatório

17. Acredita que ter mais informações sobre a higiene seriam benéficas para os doentes?

☐ Sim ☐ Não ☐ Não sei

Se sim, que tipo de informações adicionais gostaria de ter acesso:

17.a. Qual a forma em que gostaria de receber informações adicionais?

☐ Panfletos ☐ Formações em grupo ☐ Formações individuais

☐ Outros: _____

17.b. Qual a periodicidade:

☐ Mensal ☐ Trimestral ☐ Semestral ☐ Anual

☐ Outra: _____

Terapia, reações adversas e práticas de higiene:

18. O seu ventilador tem humidificador acoplado?

☐ Sim ☐ Não

18.a. Se sim, quando foi colocado:

☐ <3 Meses ☐ 3 Meses – 6 Meses ☐ 6 Meses – 1 Ano ☐ > 1 Ano

19. Quais as reações adversas da terapia que motivaram a introdução do humidificador?

☐ Secura nariz ☐ Secura garganta ☐ Secura boca ☐ Irritação garganta
☐ Dor de garganta ☐ Irritação nasal ☐ Congestão nasal ☐ Sangramento nasal
☐ Dor de cabeça ☐ Outro: _____

20. Notou melhoria da sintomatologia referida após a introdução do humidificador?

☐ Sim ☐ Não ☐ Não sei

21. Que tipo de máscara usa?

☐ Nasal ☐ Oronasal ☐ Almofadas

☐ Outro: _____

22. Quando foi a última vez que a sua máscara foi trocada?

☐ <3 Meses ☐ 3 Meses – 6 Meses ☐ 6 Meses – 1 Ano ☐ > 1 Ano

☐ Outro: _____

23. Com que frequência lava a máscara?

☐ Diariamente ☐ Semanalmente ☐ Mensalmente ☐ Anualmente

☐ Nunca ☐ Outro: _____

24. Quais os produtos que utiliza para limpar a máscara?

☐ Água ☐ Água e sabão ☐ Toalhetes de limpeza ☐ Água e vinagre

☐ Álcool ☐ Outro: _____

25. Como seca a máscara após limpeza?

☐ Secagem ao Ar ☐ Toalha ☐ Ventilador (Secador, Desumidificador)

☐ Outro: _____

26. Com que frequência substitui o filtro do ventilador?

☐ Mensalmente ☐ Trimestralmente ☐ Semestralmente ☐ Anualmente

☐ Nunca ☐ Outro: _____

27. Com que frequência troca a água do humidificador (quando presente)?

☐ Diariamente ☐ Semanalmente ☐ Mensalmente ☐ Anualmente

☐ Nunca ☐ Outro: _____

28. Qual a proveniência da água que utiliza no humidificador?

☐ Poço ☐ Rede pública ☐ Água Engarrafada ☐ Água Destilada

☐ Outro: _____

29. Com que frequência lava o humidificador (quando presente)?

☐ Diariamente ☐ Semanalmente ☐ Mensalmente ☐ Anualmente

☐ Nunca ☐ Outro: _____

30. Quais os produtos que utiliza para limpar o humidificador (quando presente)?

☐ Água ☐ Água e sabão ☐ Toalhetes de limpeza ☐ Água e vinagre

☐ Álcool ☐ Outro: _____

31. Como seca o humidificador após limpeza?

☐ Secagem ao Ar ☐ Toalha ☐ Ventilador (Secador, Desumidificador)

☐ Sem secagem ☐ Outro: _____

Sintomatologia e história de infeção

32. É Fumador?

☐ Sim ☐ Não

Se sim, nº cigarros/dia: _____ Idade de início: _____ anos

33. É Ex-Fumador?

☐ Sim ☐ Não

Se sim, há quanto tempo parou: _____

34. Tomou a vacina da gripe no último ano?

☐ Sim ☐ Não ☐ Não sei

35. Tomou a vacina da Pneumonia?	☐ Sim	☐ Não	☐ Não sei
----------------------------------	------------------------------	------------------------------	----------------------------------

36. Teve algum destes sintomas durante o último ano:			
Tosse?	☐ Sim, Nº vezes: _____ NºDias: _____	☐ Não	
Febre?	☐ Sim, Nº vezes: _____ NºDias: _____	☐ Não	
Expetoração?	☐ Sim, Nº vezes: _____ NºDias: _____	☐ Não	
Secreção nasal?	☐ Sim, Nº vezes: _____ NºDias: _____	☐ Não	
Obstrução nasal?	☐ Sim, Nº vezes: _____ NºDias: _____	☐ Não	
Dor de cabeça/cefaleia localizada ou difusa?	☐ Sim, Nº vezes: _____ NºDias: _____	☐ Não	

37. Notou um aumento nas infeções respiratórias / gripe durante o último ano?			
☐ Sim	☐ Não	☐ Não tenho a certeza	

38. Precizou de recorrer ao serviço de urgência por sintomas relacionados com infeção respiratória no último ano?			
☐ Sim, Nº Vezes: _____		☐ Não	

39. Precizou de antibióterapia para infeção pulmonar durante o último ano?			
☐ Sim, Nº Vezes: _____		☐ Não	

40. Precizou de ser hospitalizado por infeção respiratória durante o último ano?			
☐ Sim, Nº Vezes: _____		☐ Não	

A preencher pelo investigador			
-------------------------------	--	--	--

41. Patologias/Comorbilidades			
☐ Asma	☐ DPOC	☐ SAOS	☐ HTA
☐ DRC	☐ Patologia cardíaca	☐ Dislipidemia	☐ DM
☐ Outra (s): _____			

42. Motivo de início de terapia.			
☐ SAOS	☐ DPOC	☐ DNM	☐ SHO
☐ SAS	☐ Síndrome de Overlap	☐ Outro: _____	

43. Tipo de ventiloterapia (modo ventilatório)			
☐ CPAP		☐ VNI	

44. Tempo de início de ventiloterapia.			
☐ <6 Meses	☐ 6 Meses - 1 Ano	☐ 1 Ano - 2 Anos	☐ > 2 Anos

45. Terapias respiratórias associadas			
☐ Oxigenoterapia de longa duração (OLD)	☐ Oxigenoterapia adjuvante de ventiloterapia noturna		
☐ Oxigenoterapia de deambulação	☐ Aerossoloterapia		
☐ In-exsufador (tosse mecanicamente assistida)	☐ Outro: _____		

46. Empresa de Cuidados Respiratórios Domiciliários: _____			
--	--	--	--

47. Nome do ventilador: _____			
-------------------------------	--	--	--

48. Nome da máscara: _____			
----------------------------	--	--	--

49. Percentagem de dias com uso superior a 4h: _____ %			
--	--	--	--

50. Número médio de horas de uso: _____ h			
---	--	--	--

51. IAH Residual: _____ /H			
----------------------------	--	--	--

52. Estado de limpeza da máscara (Inspeção visual)

- | | |
|--|--|
| ☐ Muito limpo (sem sujidade ou resíduos visíveis) | ☐ Limpo (Alguns vestígios de sujidade ou leves resíduos) |
| ☐ Moderadamente sujo (presença considerável de sujidade) | ☐ Sujo (Quantidade significativa de sujidade ou resíduos) |
| ☐ Muito sujo (Manchas escuras, presença de mofo ou bolor) | |

53. Estado de limpeza do humidificador (Inspeção visual)

- | | |
|--|--|
| ☐ Muito limpo (sem sujidade ou resíduos visíveis) | ☐ Limpo (Alguns vestígios de sujidade ou leves resíduos) |
| ☐ Moderadamente sujo (presença considerável de sujidade) | ☐ Sujo (Quantidade significativa de sujidade ou resíduos) |
| ☐ Muito sujo (Manchas escuras, presença de mofo ou bolor) | |

54. Realizada colheita amostra máscara	☐ Sim, Id _____	☐ Não
--	--	------------------------------

55. Realizada colheita amostra humidificador	☐ Sim, Id _____	☐ Não
--	--	------------------------------

Anexo 3 - Parecer favorável da Comissão de Ética para a Saúde



PARECER DO COORDENADOR DO CENTRO ACADÉMICO

Título: " Contaminação microbiológica dos humidificadores usados em ventiloterapia domiciliária ".

Ref: 188/2023 – Trabalho Académico de Investigação

Investigador Principal: Joana Rodrigues Ferreira de Melo, aluna do Mestrado em Fisiologia Clínica – Especialização em Fisiopatologia do Sono e Ventilação, na Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra e Médica Pneumologista, no HSOG.

Orientador / Supervisor da Instituição de Ensino: Paulo Júlio Moreira Caseiro, Docente na Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra.

Orientador / Supervisor no HSOG: Catarina Sofia Romano Gonçalves Guimarães, Assistente Hospitalar de Pneumologia, Médica Pneumologista, no HSOG.

Avaliação da exequibilidade e de mérito científico: Estudo com interesse clínico e académico, pelo que, nada a opor ao presente projeto.

Com os melhores cumprimentos,

Prof. Doutor Pedro Guimarães Cunha

Coordenador do Centro Académico e de Formação do HSOG

