



UNIVERSIDADE  
**LUSÓFONA**

**Centro Universitário de Lisboa**

Faculdade de Medicina Veterinária

Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

**AVALIAÇÃO E COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE  
VENTILAÇÃO POR PRESSÃO DE SUPORTE E  
VENTILAÇÃO ESPONTÂNEA DURANTE O DESMAME  
DO VENTILADOR APÓS A CIRURGIA**

Dissertação de Mestrado apresentada a provas públicas para a obtenção de grau de Mestre em Medicina Veterinária, orientada por Professor Doutor Lénio Bruno Martins Ribeiro e Doutor José Diogo Gonçalves dos Santos.

**Beatriz Margarida McKinnon da Fonseca, a21703061**

**2024**

[www.lusofona.pt](http://www.lusofona.pt)



UNIVERSIDADE  
**LUSÓFONA**

**Centro Universitário de Lisboa**

Faculdade de Medicina Veterinária

Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

**AVALIAÇÃO E COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE  
VENTILAÇÃO POR PRESSÃO DE SUPORTE E  
VENTILAÇÃO ESPONTÂNEA DURANTE O DESMAME  
DO VENTILADOR APÓS A CIRURGIA**

**Versão Final**

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa no dia 08/04/2024, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação n.o: 772/2024, de 20 Março de 2024, com a seguinte composição: Presidente: Professor Doutor Pedro Faísca; Arguente: Professora Doutora Sónia Campos; Orientador: Professor Doutor Lénio Ribeiro. Este trabalho também foi orientado por: Doutor José Diogo Gonçalves dos Santos.

**Beatriz Margarida McKinnon da Fonseca, a21703061**

**2024**

[www.lusofona.pt](http://www.lusofona.pt)

## **Dedicatória**

Para os meus pais e avô

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona, e à sua Diretora, Professora Doutora Laurentina Pedroso, pela oportunidade de realizar o meu sonho.

A todo o corpo docente, pela transmissão de conhecimentos e exigência ao longo destes seis anos. Foram peças imprescindíveis na minha formação enquanto futura Médica Veterinária.

Ao meu orientador, Professor Doutor Lénio Ribeiro, por ser o responsável pelo meu interesse na área de Anestesia no decorrer destes anos todos. Obrigada por todo o entusiasmo à volta do tema da dissertação e por todo o apoio durante a realização da mesma. Foi e sempre será um exemplo a seguir.

Ao meu coorientador, Doutor José Diogo dos Santos, por toda a partilha de conhecimento e por transmitir a sua visão pragmática e metódica na vida profissional.

A toda a equipa do VetOeiras, auxiliares, enfermeiros e médicos, por me terem acolhido tão bem e por ser um Hospital que prima por um serviço de excelência. O meu sincero agradecimento por todos os momentos de boa disposição, aprendizagem e apoio. Aos Enfermeiros João, Ana Lúcia e Vanessa por todo o tempo que despenderam para me ensinar conteúdos da área de anestesia (e não só) e me motivarem sempre.

Aos meus pais, Francisco e Carol, pelo inalcançável apoio e dedicação durante toda a minha formação. Obrigada por terem acreditado em mim. Sem vocês, nada disto seria possível.

Aos meus amigos da faculdade, por todos as aventuras que tivemos o privilégio passar. Sem vocês, o curso não teria sido o mesmo. À Teresa, por ser a melhor companheira de estudo e de vida que tive a sorte de conhecer. Ao Guga, por toda a confiança e amizade incondicional.

À Catarina, por todas a ajuda e paciência durante estes 6 anos. Não há palavras que expressem o quão grata estou por te ter na minha vida.

Às minhas amigas de longa data, Inês, Joana, Inácia e Carolina, por estarem sempre presentes e me apoiarem em tudo.

Ao Gonçalo, por ser um dos meus maiores pilares. Obrigada por todo o amor, apoio e paciência.

A todos os meus animais, por serem a minha grande motivação e companhia ao longo destes seis anos de muito trabalho.

## Resumo

A ventilação mecânica é a técnica de suporte de vida mais aplicada em todo o mundo. Contudo, não é um processo inócuo e pode induzir dano pulmonar significativo e/ou agravar patologias pré-existentes. Apesar de haver inúmeros estudos referentes às técnicas de desmame ventilatório, não existe evidência científica que demonstre que um método é superior a outro.

Desta forma, pretendeu-se com o presente trabalho comparar duas técnicas de desmame do ventilador, nomeadamente ventilação espontânea (VE) e ventilação por pressão de suporte (PSV). Para isso, os dois métodos foram comparados durante o despertar em relação aos parâmetros ventilatórios, hemodinâmicos, tempo até à ventilação espontânea, duração até ao momento da extubação e qualidade do despertar.

Para tal, foram usados vinte e um cães (n=21) submetidos a cirurgia no âmbito clínico com necessidade de ventilação mecânica e, no momento do desmame, foram distribuídos de forma aleatória em dois grupos e o desmame realizado de acordo com o grupo atribuído: Grupo submetido a ventilação por pressão de suporte (PSV) (n=11) e grupo submetido a ventilação espontânea (VE) (n=10).

Todos os animais incluídos no estudo apresentaram hipercapnia antes do início da ventilação mecânica. O desmame ventilatório através de PSV apresentou valores de  $ETCO_2$  significativamente inferiores ( $42,91 \pm 4,89$  mmHg), em comparação com o grupo VE ( $48 \pm 6,09$  mmHg). A duração, em segundos, até ao início da ventilação espontânea diferiu entre grupos ( $p=0,043$ ).

Não foram observadas diferenças significativas em relação à duração até à extubação, aos parâmetros PAM e  $SpO_2$ , nem foram observados sinais ecográficos de atelectasia pulmonar em nenhum animal.

Com o presente estudo foi possível afirmar que o desmame ventilatório através de PSV parece evitar fenómenos de hipercapnia, em contraste com o método de ventilação espontânea, em que todos os animais apresentaram valores de  $ETCO_2$  superiores a 45mmHg.

**Palavras-chave:** Desmame ventilatório, ventilação mecânica, ventilação por pressão de suporte, ventilação espontânea, cães.

## **Abstract**

Mechanical ventilation is the most widely used life support technique in the world. However, it is not a benign technique and can induce significant lung damage and/or worsen pre-existing conditions. Although there are numerous studies regarding ventilator weaning techniques, there is no scientific evidence that indicates that one approach is superior to another.

Therefore, the aim of this study was to compare two weaning techniques, spontaneous ventilation (SV) and pressure support ventilation (PSV), during anesthetic emergence in terms of ventilatory and hemodynamic parameters, duration until anesthetic emergence, time until extubation and quality of recovery.

For this purpose, twenty-one dogs (n=21) undergoing surgery in the clinical setting were mechanically ventilated and, in the weaning stage, were randomly assigned to two groups and anesthetic emergence was carried out according to the group: PSV group (n=11) and SV group (n=10).

All animals included in the study presented hypercapnia before starting mechanical ventilation. Ventilatory weaning technique, such as PSV showed significantly lower ETCO<sub>2</sub> values ( $42,91 \pm 4,89$  mmHg) compared to the SV group ( $48 \pm 6,09$  mmHg). The time span, in seconds, until spontaneous ventilation differed between groups (p=0.043). There were no significant differences in terms of duration until extubation, hemodynamic parameters (MAP, SpO<sub>2</sub>), nor was pulmonary atelectasis observed in any animal.

In this study, the use of PSV during emergence from general anesthesia appears to mitigate hypercapnia, in contrast to the spontaneous ventilation method, in which all the animals had ETCO<sub>2</sub> values higher than 45mmHg.

**Keywords:** Anesthetic emergence, mechanical ventilation, pressure support ventilation, spontaneous ventilation, dogs.

## Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

% – Por cento

® - Marca registada

< – Menor que

> – Maior que

ALB – Albumina

ALB/GLOB – Rácio Albumina: Globulinas

ALKP – Fosfatase Alcalina

ALT – Alanina Aminotransferase

ASA – do inglês, *American Society of Anesthesiologists*

BUN – Nitrogénio Ureico Sanguíneo

BUN/CREA – Rácio nitrogénio ureico sanguíneo: Creatinina

cmH<sub>2</sub>O – centímetro(s) de água

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

CREA – Creatinina

ECG – Traçado eletrocardiográfico

*Et al.* – E outros, da locução latina ‘*et alii*’

ETCO<sub>2</sub> – do inglês, *End Tidal Carbon dioxide*

FA – Frequência absoluta

FC – Frequência cardíaca

FiO<sub>2</sub> – Fração de oxigénio no ar inspirado

FR – Frequência respiratória

FRe – Frequência relativa

GLOB – Globulinas

GLU – Glucose

h – Horas

HVCLC – Hospital Veterinário Central da Linha de Cascais

I: E – Rácio inspiração: expiração

IM - Intramuscular

IV – Intravenoso

Kg – Quilograma(s)

L - Litros

L/minuto – Litro(s) por minuto

mg – Miligrama(s)  
mg/Kg – Miligrama por quilograma  
ml – Mililitros  
ml/Kg – mililitro(s) por quilograma  
ml/Kg/h – Mililitros por quilograma por hora  
mmHg – milímetros de mercúrio  
O<sub>2</sub> – Oxigénio  
PAAF – Punção Aspirativa por Agulha Fina  
PAD – Pressão Arterial Diastólica  
PAM – Pressão Arterial Média  
PANI – Pressões arteriais não invasivas  
PAS – Pressão Arterial Sistólica  
PCO<sub>2</sub> – Pressão parcial de dióxido de carbono no sangue  
PEEP – do inglês, *Positive End-Expiratory Pressure*  
PO<sub>2</sub> – Pressão parcial de oxigénio  
PSV – do inglês, *Pressure Support Ventilation*  
PT – Proteínas Totais  
rpm – Respirações por minuto  
SC – Subcutâneo  
SpO<sub>2</sub> – Saturação de oxigénio na hemoglobina periférica  
TC – Tomografia computadorizada  
TP – Tempo de Protrombina  
TRC – Tempo de repleção capilar  
TTPA – Tempo de Tromboplastina Parcial Ativada  
VC – Volume Corrente  
VCP – Ventilação Controlada por Pressão  
VCV – Ventilação Controlada por Volume  
VE – Ventilação espontânea  
µg/Kg – Micrograma(s) por quilograma

# Índice Geral

Casuística do estágio .....	14
Introdução.....	19
1. Fisiologia da ventilação .....	19
2. Princípios gerais da ventilação mecânica .....	21
2.1. Parâmetros ventilatórios .....	23
2.1.1. Volume tidal .....	23
2.1.2. Pressão pico, pressão platô e pressão inspiratória máxima .....	24
2.1.3. Frequência respiratória e rácio inspiração: expiração (I:E).....	24
2.1.4. Tempo de pausa inspiratória.....	25
2.1.5. Pressão positiva no fim da expiração (PEEP) .....	25
2.1.6. <i>Tslope</i> .....	26
3. Tipos de ventilação mecânica.....	27
3.1. Modos controlados .....	28
3.1.1. Ventilação controlada por volume.....	28
3.1.2. Ventilação controlada por pressão.....	29
3.2. Modos assistidos.....	31
3.2.1. Ventilação por Pressão de Suporte .....	31
4. Descontinuação da ventilação .....	32
5. Complicações associadas à ventilação mecânica .....	34
5.1. Volutrauma, inflamação alveolar e barotrauma .....	34
5.2. Atelectasia pulmonar .....	35
5.2.1. Patofisiologia e fatores predisponentes .....	35
5.2.2. Exames complementares de diagnóstico .....	36
5.2.3. Estratégias para evitar o desenvolvimento de atelectasia pulmonar.....	37
6. Objetivos do estudo .....	38
Materiais e métodos.....	39
1. Tipo de estudo e amostragem .....	39
2. Critérios de inclusão .....	39

3. Critérios de exclusão .....	39
4. Caracterização da amostra .....	40
5. Metodologia.....	40
5.1. Protocolo anestésico .....	40
5.2. Monitorização anestésica.....	41
5.3. Protocolo de recolha de dados .....	41
5.4. Protocolo de avaliação ecográfica .....	43
6. Análise estatística .....	44
Resultados.....	45
1. Caracterização da amostra .....	45
2. Monitorização Anestésica.....	46
2.1. Análise das alterações ecográficas no período pré e pós-operatório .....	49
2.2. Análise do tempo cirúrgico, duração desde o fim da cirurgia até ventilação espontânea e extubação .....	51
2.3. Análise da qualidade do despertar .....	51
Discussão .....	52
Conclusão .....	56
Referências bibliográficas .....	57
Apêndices .....	I
Apêndice A.....	I
Apêndice B.....	III
Anexos.....	IV
Anexo A.....	IV
Anexo B.....	V
Anexo C.....	VI

## Índice de tabelas

<b>Tabela 1</b> – Distribuição dos exames complementares acompanhados durante o estágio. ....	15
<b>Tabela 2</b> – Parâmetros iniciais ventilatórios em cães. ....	26
<b>Tabela 3</b> – Tabela sumativa das vantagens e desvantagens dos dois modos de ventilação controlada. ....	30
<b>Tabela 4</b> – Tabela sumativa das vantagens e desvantagens da ventilação por pressão de suporte. ....	32
<b>Tabela 5</b> – Descrição das alterações apresentadas, em função da escala de despertar pós-cirúrgico. ....	43
<b>Tabela 6</b> – Descrição das alterações ecográficas apresentadas, em função do grau de atelectasia. ....	44
<b>Tabela 7</b> – Tabela sumativa das características da população e dos procedimentos cirúrgicos aos quais foram submetidos. ....	45
<b>Tabela 8</b> – Parâmetros hemodinâmicos e de ventilação registados antes do início da ventilação mecânica (T1) e durante o início da ventilação espontânea (T2), em função do grupo de estudo. ....	46
<b>Tabela 9</b> – Resultados das alterações ecográficas apresentadas no período pré-operatório, em função do grupo de estudo. ....	49
<b>Tabela 10</b> – Resultados das alterações ecográficas apresentadas no período pós-operatório, em função do grupo de estudo. ....	49
<b>Tabela 11</b> – Duração, em segundos, desde o fim da cirurgia até o início da ventilação espontânea e até à extubação, em função do grupo de estudo. ....	51

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> – Figura ilustrativa das trocas gasosas que ocorrem nos alvéolos durante o ciclo respiratório. (A) Inspiração; (B) Trocas gasosas nos alvéolos pulmonares. O <sub>2</sub> – Oxigénio; CO <sub>2</sub> – Dióxido de Carbono. .....	20
<b>Figura 2</b> – Imagem ecográfica do parênquima pulmonar, em modo B. A: Linhas A; P: Linha pleural; S: Sombras costais. .....	50
<b>Figura 3</b> – Imagem ecográfica do parênquima pulmonar, em modo B. B: Linha B; P: Linha pleural; S: Sombras costais. .....	50

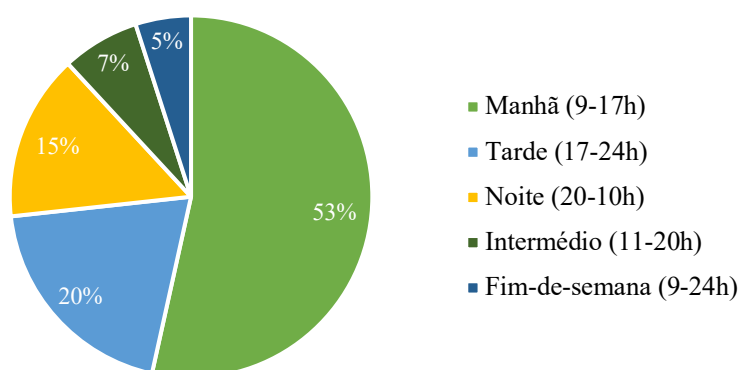
## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1</b> – Distribuição de participação nos diferentes turnos hospitalares. .....	14
<b>Gráfico 2</b> – Distribuição horária por serviço acompanhado durante o estágio. ....	14
<b>Gráfico 3</b> – Distribuição, por especialidade, das consultas acompanhadas. ....	16
<b>Gráfico 4</b> – Distribuição, por especialidade, das cirurgias acompanhadas. .....	17
<b>Gráfico 5</b> – O gráfico mostra a distribuição da PAM (mmHg) antes do início da ventilação mecânica (T1) e durante o desmame ventilatório e início da ventilação espontânea (T2), em função do grupo de estudo. .....	46
<b>Gráfico 6</b> – O gráfico mostra a distribuição da FC (bpm) antes do início da ventilação mecânica (T1) e durante o desmame ventilatório e início da ventilação espontânea (T2), em função do grupo de estudo. .....	47
<b>Gráfico 7</b> – O gráfico mostra a distribuição do ETCO <sub>2</sub> (mmHg) antes do início da ventilação mecânica (T1) e durante o desmame ventilatório e início da ventilação espontânea (T2), em função do grupo de estudo. .....	47
<b>Gráfico 8</b> – O gráfico mostra a distribuição da SpO <sub>2</sub> (%) antes do início da ventilação mecânica (T1) e durante o desmame ventilatório e início da ventilação espontânea (T2), em função do grupo de estudo .....	48

## Casuística do estágio

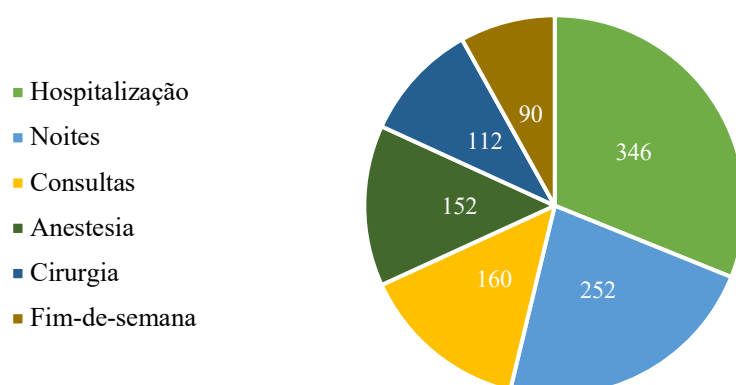
O estágio curricular da autora foi realizado entre os dias 5 de Setembro de 2022 e 3 de Março de 2023, no Hospital Veterinário Central da Linha de Cascais – VetOeiras (HVCLC), sob orientação científica do Doutor José Diogo dos Santos.

Durante as 26 semanas de estágio, os horários foram rotativos – manhã (das 9 às 17 horas), intermédio (das 11 às 20 horas), tarde (das 17 às 24 horas), noite (das 20 às 10 horas do dia seguinte) e fins-de-semana (das 9 às 24 horas). A participação nos diferentes turnos hospitalares encontra-se discriminada no gráfico 1.



**Gráfico 1** - Distribuição de participação nos diferentes turnos hospitalares.

Os turnos da manhã foram os mais prevalentes e incluíram os serviços de cirurgia, anestesia e hospitalização, que eram também rotativos. Os turnos de intermédio correspondiam ao serviço de consultas e os turnos de tarde, a hospitalização. No gráfico 2 apresenta-se a distribuição horária, por serviço acompanhado, perfazendo um total de 1112 horas de estágio.



**Gráfico 2** – Distribuição horária por serviço acompanhado durante o estágio.

Com base na interpretação do gráfico, verifica-se que o serviço com o qual a autora contactou mais foi a hospitalização, o que permitiu adquirir e cimentar conceitos na área da Medicina Interna. No internamento foi permitido participar na passagem e discussão de casos clínicos, preparar e administrar medicação e alimentação, realizar passeios e efetuar exames físicos (avaliação do estado mental, medição da temperatura retal, verificar o tempo de repleção capilar (TRC), medição das frequências cardíaca (FC) e respiratória (FR), avaliação do pulso femoral e medição das pressões arteriais não invasivas (PANI)).

Sob supervisão médica e de forma autónoma, foi também possível a colocação de cateteres venosos periféricos, recolha e processamento de amostras biológicas, nomeadamente sangue e urina por cistocentese, algaliação de machos e outros exames complementares que estão representados, por espécie, na tabela 1.

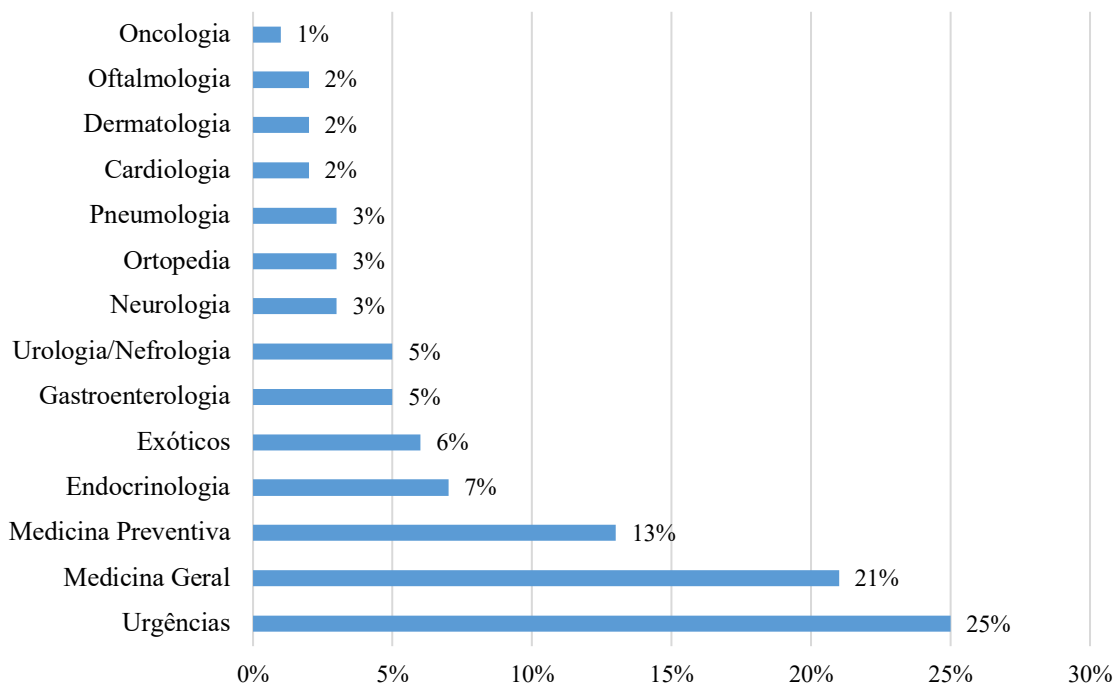
**Tabela 1** – Distribuição dos exames complementares acompanhados durante o estágio.

Exame(s) complementar(es)	FA			Total	
	Cães	Gatos	Exóticos	FA	FRe
Análises bioquímicas	59	52	3	114	20,6%
Análises endócrinas	6	5	0	11	2,0%
Citologia	12	9	2	23	4,2%
Coprologia	0	0	2	2	0,4%
Ecocardiografia	7	2	0	9	1,6%
Ecografia abdominal	35	28	4	67	12,1%
Ecografia torácica	12	3	0	15	2,7%
Eletrocardiograma	2	0	0	2	0,4%
Hemograma	60	53	4	117	21,1%
PAAF	12	7	0	19	3,4%
Radiografia	58	41	12	111	20,0%
TC	6	2	1	9	1,6%
Tempos de coagulação (TP e TTPA)	5	0	0	5	0,9%
Testes de fluoresceína	2	3	0	5	0,9%
Urianálise	16	28	1	45	8,1%
<b>Número total de exames</b>	554			554	100%

FA – Frequência absoluta, FRe – Frequência relativa, PAAF – Punção Aspirativa por Agulha Fina, TC – Tomografia computadorizada, TP – Tempo de Protrombina, TTPA – Tempo de Tromboplastina Parcial Ativada.

O segundo serviço com maior prevalência foram os turnos de noite. Ao longo destes, a autora participou e auxiliou em consultas de urgência através da recolha da anamnese, realização de exame físico completo, estabilização do paciente e execução de exames complementares para obtenção de diagnóstico. Era também da responsabilidade do Médico Veterinário e do estagiário presente de assegurar os cuidados de hospitalização e vigilância noturna (preparação e administração de medicação e alimentação, passeios e cuidados de higiene).

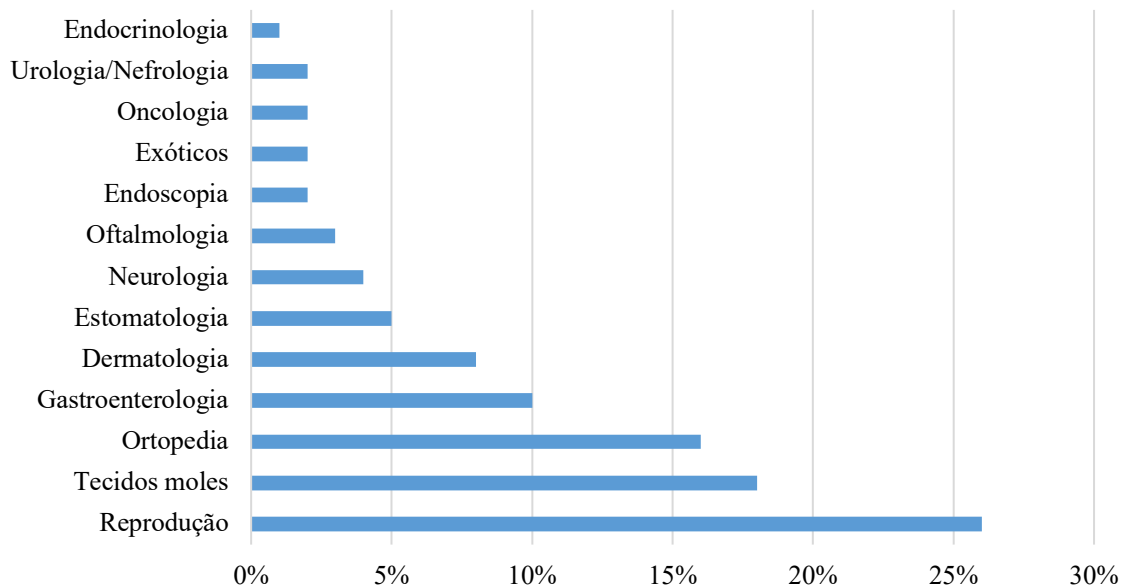
No que se refere ao serviço de consultas, a autora participou na recolha da história clínica, realização de exame físico completo, contenção do animal, colheita de amostras biológicas, processamento das mesmas no laboratório interno e realização de outros exames complementares para obtenção de diagnóstico. No fim de cada consulta, ou sempre que possível, era discutido o caso com o Médico Veterinário presente (elaboração de lista de problemas, lista de diagnósticos diferenciais e discussão do plano terapêutico). De forma autónoma, a autora realizou consultas de serviço de enfermagem – administração de fluidoterapia e de medicação, realização de pensos e controlo de feridas cirúrgicas. O gráfico 3 apresenta a distribuição, por ordem crescente, das especialidades acompanhadas durante as consultas.



**Gráfico 3** – Distribuição, por especialidade, das consultas acompanhadas.

Relativamente à rotação de anestesia, a autora teve a possibilidade de receber os animais no hospital, realizar exame físico completo e recolher amostras de sangue para análises pré-cirúrgicas. Posteriormente, era discutido com o Médico Veterinário responsável pelo serviço, o risco anestésico e o protocolo que era adequado para cada paciente. Em seguida, prestava auxílio na preparação pré-cirúrgica do paciente - cateterização venosa, cálculo, preparação e administração da pré-medicação, indução do paciente, entubação endotraqueal, preparação de infusões contínuas e acompanhar a realização de técnicas de anestesia loco-regional. Já no bloco cirúrgico, era responsável, sob supervisão médica, de realizar a monitorização do paciente.

Em relação à cirurgia, para além da admissão do paciente, era permitido à autora, sob supervisão médica, de efetuar a preparação pré-cirúrgica do animal (cateterização, tricotomia da área cirúrgica e assepsia da mesma), auxiliar durante procedimentos cirúrgicos e realizar, de forma autónoma, pequenas cirurgias, como é o caso de orquiectomias e colocação de tubos de esofagostomia. Foi também possível acompanhar os animais no recobro e comunicar aos tutores as informações das altas. No gráfico 4 encontra-se a distribuição, por especialidade, das cirurgias acompanhadas.



**Gráfico 4** – Distribuição, por especialidade, das cirurgias acompanhadas.

No que se refere ao estágio curricular, os objetivos pessoais da autora passavam por integrar uma equipa multidisciplinar com um sistema de rotatividade de horários. Isto permitia passar pelas diversas áreas da Medicina Veterinária, com o intuito de aprofundar e aplicar conhecimentos adquiridos ao longo da formação académica.

A seleção do VetOeiras como local de estágio deveu-se ao facto de este ser um Hospital de Referência na zona de Lisboa que prima por um serviço de excelência, o que permitiu ter acesso uma grande casuística, indo de encontro aos objetivos previamente estabelecidos.

Ao longo dos seis meses, a autora teve a possibilidade de acompanhar a equipa altamente qualificada do VetOeiras, o que contribuiu, a nível profissional, para aplicar e desenvolver as competências teóricas e práticas. A nível pessoal, permitiu fortalecer a comunicação com tutores e colegas e aprimorar a integração e o trabalho em equipa, que é essencial na Medicina Veterinária.

Em geral, o estágio foi extremamente enriquecedor e bastante benéfico para a aprendizagem enquanto futura Médica Veterinária, excedendo os objetivos estabelecidos.

# Introdução

## 1. Fisiologia da ventilação

O sistema respiratório é o principal responsável por garantir as trocas gasosas entre o meio ambiente e os tecidos e pode ser dividido em vias respiratórias e locais de troca gasosa (König & Liebich, 2020; Klein, 2021c).

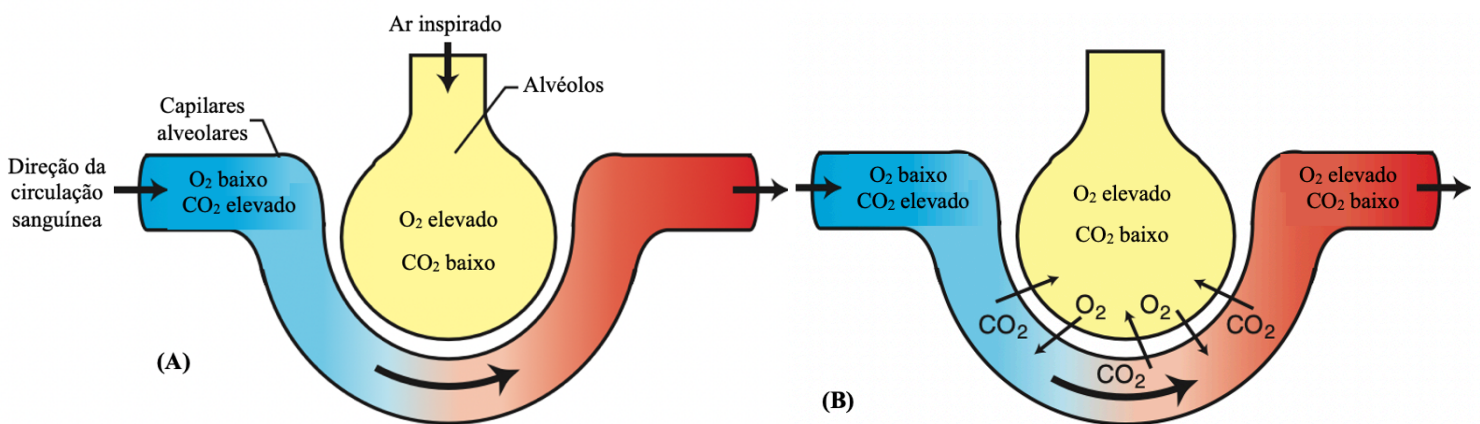
As vias respiratórias, também denominadas de estruturas de condução do ar, incluem o nariz externo, cavidade nasal, porção nasal da faringe, laringe, traqueia e brônquios e, como o nome indica, são responsáveis por conduzir o ar inspirado para os alvéolos (König & Liebich, 2020).

Os locais de troca gasosa inserem-se nos pulmões, e incluem os bronquíolos respiratórios, ductos alveolares, sacos alveolares e alvéolos pulmonares. Estas estruturas permitem difundir o oxigênio ( $O_2$ ) proveniente do meio ambiente para a circulação pulmonar e, simultaneamente, remover produtos desse metabolismo, como o dióxido de carbono, através do ar expirado (Aspinall & Cappello, 2015; Baquero, 2018; König & Liebich, 2020; Klein, 2021c). Esse movimento de ar para dentro e para fora dos pulmões designa-se por ventilação (McDonnell & Kerr, 2015; Klein, 2021c).

A ventilação é garantida através do movimento coordenado dos músculos respiratórios. A inspiração inicia-se com a contração do diafragma, que faz com que este se desloque caudalmente e seja responsável por dois terços do aumento do volume torácico (VanPutte, Regan & Russo, 2016). Com o aumento de volume, a pressão dentro dos alvéolos é inferior à pressão atmosférica, o que gera um gradiente de pressão negativa que leva à entrada de ar nos pulmões, atingido um equilíbrio entre as mesmas no fim da inspiração. Nesta fase atinge-se o volume corrente e, devido ao acúmulo de energia elástica nos pulmões, o diafragma relaxa e há diminuição passiva do volume torácico (Chambers, Huang & Matthews, 2019). Consequentemente, a pressão intratorácica aumenta e o ar é expelido. Mesmo quando não insuflados, os pulmões retêm uma pequena quantidade de ar nos alvéolos de forma a evitar o colapso pulmonar, denominada de capacidade residual funcional (VanPutte *et al.*, 2016; Baquero, 2018; Chambers *et al.*, 2019; Klein, 2021b).

Tal como durante a mecânica da ventilação, as trocas gasosas também ocorrem em função de um gradiente de pressão. Os gases difundem-se consoante um gradiente de pressão parcial estabelecido entre o sangue presente nos capilares pulmonares e o ar nos alvéolos, tal como demonstrado na figura 1. O ar inspirado é rico em oxigênio e, portanto, apresenta uma pressão parcial em oxigênio ( $PO_2$ ) superior a essa mesma pressão no sangue. Assim, realiza-se

a difusão passiva de oxigénio para os capilares sanguíneos. Da mesma forma, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) apresenta maior pressão parcial no sangue dos capilares pulmonares, o que gera um gradiente de pressão negativa que faz com que o  $\text{CO}_2$  realize difusão para os alvéolos e seja eliminado através da expiração (Hedenstierna, 2009; Aspinall & Cappello, 2015; VanPutte *et al.*, 2016; Klein, 2021b). É de referir que o dióxido de carbono, por apresentar uma maior solubilidade, ou seja, maior facilidade em se difundir para outros locais, difunde-se cerca de 20 vezes mais rápido do que o oxigénio (Aspinall & Cappello, 2015; VanPutte *et al.*, 2016; Chambers *et al.*, 2019).



**Figura 1.** Figura ilustrativa das trocas gasosas que ocorrem nos alvéolos durante o ciclo respiratório. (A) Inspiração; (B) Trocas gasosas nos alvéolos pulmonares. O<sub>2</sub> – Oxigénio; CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono (Adaptado de Colville, 2016).

De forma a assegurar as necessidades de oxigénio, é necessário que os animais recebam um determinado volume de ar inspirado a cada minuto, denominado de ventilação-minuto. A ventilação por minuto corresponde ao produto entre a frequência respiratória (FR), ou seja, o número de respirações por minuto (rpm) que o animal realiza, e o volume de ar inspirado por movimento inspiratório, o qual é intitulado de volume corrente (VC) (McDonell & Kerr, 2015; Baquero, 2018; Klein, 2021b).

Como mencionado anteriormente, nem todas as estruturas do sistema respiratório são locais de troca gasosa. As estruturas de condução, por conduzirem o ar para os alvéolos e não participarem nas trocas, denominam-se de espaço morto anatómico. No entanto, este espaço morto pode também ser observado nos alvéolos pulmonares, quando o aporte de ar e de sangue para os alvéolos não é suficiente, contribuindo para o desequilíbrio entre a ventilação e a

perfusão. Deste modo, o espaço morto fisiológico corresponde à soma do espaço morto anatómico e do espaço morto alveolar (Chambers *et al.*, 2019). A ventilação por minuto indica apenas a quantidade de ar movido e não aquele que está disponível para realizar trocas gasosas. Assim, corresponde à soma da ventilação alveolar, ou seja, à fração de volume que entra nos alvéolos e realiza trocas gasosas, e da ventilação do espaço morto, que corresponde ao volume não está disponível para realizar trocas (McDonell & Kerr, 2015; VanPutte *et al.*, 2016; Baquero, 2018; Chambers *et al.*, 2019; Klein, 2021b).

Consoante a atividade dos animais, as necessidades metabólicas dos mesmos variam e a ventilação carece de ajustes. O controlo da ventilação é assegurado por recetores, químicos e mecânicos, que detetam alterações ao nível do sangue e dos pulmões (VanPutte *et al.*, 2016; Chowdhuri & Badr, 2017). Os quimiorrecetores modulam a ventilação em função das concentrações de oxigénio e dióxido de carbono presentes no sangue, enquanto os mecanorreceptores referem-se a recetores de estiramento que se encontram na superfície dos pulmões e que integram informação relativa ao nível de expansão e enviam essa informação posteriormente ao centro respiratório, de forma a regular o ritmo e profundidade (VanPutte *et al.*, 2016; Chowdhuri & Badr, 2017; Baquero, 2018). A administração de fármacos, nomeadamente, opióides, benzodiazepinas, hipnóticos e agentes anestésicos voláteis, tem efeito depressor sobre o centro respiratório e os recetores periféricos, inibindo o mecanismo regulador da ventilação em resposta à hipóxia e hipercapnia, induzindo alterações ventilatórias no paciente (Baquero, 2018; Chambers *et al.*, 2019; Oliveira, Lino-Alvarado, Moriya & Vitorasso, 2021).

## **2. Princípios gerais da ventilação mecânica**

O termo ‘ventilação mecânica’ refere-se à utilização de uma máquina para realizar parte ou todo o trabalho respiratório de um paciente, garantindo que a ventilação alveolar e as trocas gasosas sejam eficientes para manter a oxigenação dos tecidos (Clare & Hopper, 2005; Grasso, Mascia & Ranieri, 2009).

Em Medicina Veterinária, o suporte ventilatório é amplamente aplicado em Unidades de Cuidados Intensivos e durante procedimentos cirúrgicos (Hopper, Haskins, Kass, Rezende & Aldrich, 2007; Hammond & Muris, 2016; Donaldson & Barfield, 2020). A ventilação mecânica deve ser iniciada em estados persistentes de hipoxemia severa (definida como  $PO_2 < 60$  mmHg ou uma saturação de oxigénio na hemoglobina periférica ( $SpO_2$ ) inferior a 90% apesar de suplementação com oxigénio), em hipercapnia associada a hipoventilação (pressão

parcial de dióxido de carbono ( $PCO_2$ ) > 50 mmHg ou concentração de dióxido de carbono no fim da expiração ( $ETCO_2$ ) superior a 45 mmHg) e em situações de esforço respiratório excessivo (Hopper *et al.*, 2007). Outras indicações incluem cirurgia torácica e laparoscópica, patologia neurológica ou intracraniana e a utilização de bloqueadores neuromusculares, uma vez que paralisam os músculos da ventilação e, conseqüentemente, levam a apneia (Hammond & Muris, 2016; Pino, 2018; Papastefanou & Rioja, 2023).

Ao contrário do que acontece durante a ventilação espontânea, a ventilação mecânica garante a entrada de ar nos pulmões através de um gradiente de pressão positiva estabelecido entre as vias aéreas e os alvéolos do paciente (Grasso *et al.*, 2009; Taboada, 2022). Durante a inspiração, o ventilador fornece fluxo positivo para os pulmões, permitindo que estes insuflam (Taboada, 2022). A expiração procede-se de forma semelhante à ventilação espontânea, uma vez que continua a ser um processo passivo, que depende diretamente do gradiente de pressão no fim da inspiração. Nessa fase, a pressão é positiva devido ao acúmulo de energia elástica durante a fase inspiratória e, assim, o ar é expelido (Grasso *et al.*, 2009; Hammond & Muris, 2016). Esta capacidade que os pulmões têm para se expandir e contrair denomina-se de complacência pulmonar e é o resultado das propriedades elásticas e da tensão presente na superfície dos pulmões (Plantier *et al.*, 2018; Klein, 2021c). Esta medida de distensibilidade pode ser definida pela razão entre a variação de volume pulmonar em função de uma dada mudança de pressão, ou seja, o grau de insuflação pulmonar em função de uma variação de pressão, seja esta negativa (durante a ventilação espontânea) ou positiva (quando submetidos ventilação mecânica) (Hammond & Muris, 2016; Chambers *et al.*, 2019). É de salientar que um pulmão complacente é aquele que é fácil de ventilar, sendo por isso um conceito imprescindível na ventilação mecânica (Klein, 2021c). Fatores como condição corporal, formato do tórax e decúbito cirúrgico parecem ter influência na complacência pulmonar. Em contrapartida, a idade e o tipo de cirurgia não parecem interferir (Asorey, Pellegrini, Canfrán, Ortiz-Díez & Aguado, 2020).

Devido aos fármacos utilizados, a maior parte dos animais submetidos a anestesia geral apresentam depressão respiratória, isto é, hipoventilam. Deste modo, os esforços ventilatórios espontâneos durante a ventilação mecânica, designados por assincronias com o ventilador, não são muito comuns (Hammond & Muris, 2016). Quando estas situações ocorrem, a causa mais comum passa por incompatibilidade entre as necessidades do paciente e o que o ventilador está a fornecer. Assim, é necessário que os parâmetros ventilatórios sejam ajustados a cada situação, de forma a facilitar a interação paciente-ventilador (Bailey, 2021).

## **2.1. Parâmetros ventilatórios**

Antes de prosseguir para as configurações ventilatórias e iniciar a ventilação mecânica, o anestesiologista deve sempre considerar a espécie do paciente, a raça, a condição corporal, o motivo pelo qual vai ser submetido a suporte ventilatório e se há a presença de patologias pulmonares (Pino, 2018).

Em seguida, é necessário definir o modo ventilatório com o qual o paciente irá ser ventilado: modo controlado – ventilação controlada por volume ou por pressão - ou modo de suporte, os quais irão ser abordados com maior detalhe adiante (Hammond & Muris, 2016).

Em ambos os modos ventilatórios, é recomendando que o paciente seja inicialmente colocado no ventilador com uma suplementação de oxigênio de 100% e, assim que os parâmetros ventilatórios forem determinados e o paciente for estabilizado, a fração de oxigênio no ar inspirado ( $FiO_2$ ) deverá ser reduzida de forma evitar os efeitos nocivos associados à toxicidade do oxigênio e impedir o desenvolvimento colapso alveolar (Hopper & Powell, 2013; Hedenstierna & Edmark, 2015; Baquero, 2018).

Num estudo realizado por Staffieri e colaboradores (2007), observou-se que cães saudáveis submetidos a ventilação mecânica com  $FiO_2$  de 40% apresentaram melhor ventilação e maior eficiência nas trocas gasosas, em comparação com o grupo submetido a uma fração inspiratória de oxigênio de 100%. Contudo, num estudo mais recente, Martin-Flores e colaboradores (2020) observaram que uma  $FiO_2$  de 40% em cães saudáveis anestesiados não resultou em melhor oxigenação no período pós-operatório, em comparação com  $FiO_2$  de 100%. Deste modo, não existe evidência científica suficiente para estabelecer um valor padrão de fração inspiratória de oxigênio. Esta deve ser ajustada conforme as necessidades de cada paciente.

### **2.1.1. Volume tidal**

O volume tidal corresponde ao fluxo que é fornecido pelo ventilador aos pulmões em cada ciclo respiratório, possibilitando as trocas gasosas e prevenindo fenômenos como hipoventilação e hipercapnia (Pino, 2018). Devido às grandes variações morfológicas que existem entre as diferentes raças de animais, torna-se difícil extrapolar os dados da Medicina Humana para a Veterinária e estabelecer um valor único (Donati *et al.*, 2019; Fantoni, Ida, Soares & Ambrosio, 2022). Segundo Haskins (2015) e Pino (2018), o intervalo de volume tidal para os animais domésticos varia entre 6 e 15 ml/Kg de peso ideal. Apesar de estudos prévios recomendarem iniciar a ventilação mecânica em pacientes saudáveis com 10 ml/Kg de peso

ideal, os atuais indicam que a utilização de volumes altos (15 ml/Kg de peso ideal) em cães saudáveis resulta em maior eficiência da ventilação alveolar, sem provocar sobredistensão pulmonar e sem comprometer a função cardiovascular (Bumbacher, Schramel & Mosing, 2017; De Monte *et al.*, 2018). De acordo com Donati e colaboradores (2018), a seleção do volume tidal apenas com base no peso corporal pode ser excessivo, provocando dano pulmonar, ou até ser insuficiente. Uma das estratégias relatadas pelos autores e que parece determinar o volume corrente adequado para cada paciente é através da medição da capacidade inspiratória, uma vez que o volume tidal ideal corresponde a 17% desse mesmo valor.

### **2.1.2. Pressão pico, pressão plateau e pressão inspiratória máxima**

A pressão pico corresponde ao valor de pressão inspiratória máxima e, em pacientes saudáveis, deve estar compreendida entre 8 e 15 cmH<sub>2</sub>O. Valores de pressão pico acima dos 20 cmH<sub>2</sub>O podem induzir barotrauma e, por esse motivo, não devem ser excedidos (Hopper & Powell, 2013). Após se atingir o valor de pressão inspiratória máxima, o volume tidal mantém-se estável nas vias aéreas durante um intervalo de tempo, gerando uma pressão também estável.

A pressão plateau corresponde à pressão presente nos alvéolos durante o período de pausa inspiratória e é um parâmetro importante para evitar a formação de dano pulmonar (Donati & Plotnikow, 2020). A monitorização da pressão alveolar é uma estratégia bastante utilizada para se estabelecer o volume tidal adequado a cada paciente. É de salientar que a pressão inspiratória máxima nunca deve exceder os 25 a 30 cmH<sub>2</sub>O (Pino, 2018).

### **2.1.3. Frequência respiratória e rácio inspiração: expiração (I:E)**

A fim de garantir o volume-minuto, é necessário que o volume tidal seja entregue ao paciente numa determinada frequência (Pino, 2018). A frequência respiratória é um dos principais parâmetros definidos durante a programação da ventilação mecânica e, por norma, os valores iniciais variam entre 10 e 20 respirações por minuto, sendo posteriormente ajustados de acordo com os valores de ETCO<sub>2</sub> presentes no monitor multiparamétrico (Hopper & Powell, 2013; Akoumianaki, Vaporidi & Georgopoulos, 2019).

A frequência respiratória está diretamente associada ao rácio inspiração: expiração (I:E) e ao tempo inspiratório. O rácio I:E corresponde à relação entre o tempo de inspiração e expiração durante um ciclo respiratório (Pino, 2018). Em animais saudáveis não anestesiados, a expiração tem uma duração duas vezes superior à inspiração (rácio 1:2). Assim, durante a ventilação mecânica, de modo a manter a fisiologia e garantir que o animal efetue a expiração

na totalidade, é recomendado que a relação I:E seja definida como 1:2 (Hess & Kacmarek, 2018). Esta deve ser ajustada conforme a frequência respiratória determinada, isto é, à medida que a FR aumenta, o tempo expiratório deverá ser reduzido, sem ultrapassar a relação 1:1 (Taboada, 2022).

Consoante a frequência respiratória, o rácio I:E e o volume tidal definidos, o monitor indica o tempo inspiratório, ou seja, o tempo que o paciente demora a realizar uma inspiração completa. Segundo Dugdale (2007) e Hopper (2009), é aconselhado que o tempo inspiratório esteja compreendido entre 0,8 e 1 segundos. Contudo, os valores podem variar entre 0,5 e 3,9 segundos (Hammond & Muris, 2016; Hess & Kacmarek, 2018a). É importante destacar que tempos inspiratórios muito reduzidos podem induzir barotrauma e, tempos muito longos podem ter implicações hemodinâmicas no paciente (Pino, 2018).

#### **2.1.4. Tempo de pausa inspiratória**

O tempo inspiratório divide-se em duas etapas – entrada de ar nas vias aéreas e distribuição desse mesmo gás pelos pulmões (Álvarez & Cid, 2003). Após a entrada de ar nas vias aéreas, a difusão dos gases nos locais de troca gasosa é tempo-dependente (Devaquet *et al.*, 2008). Este tempo, intitulado de tempo de pausa inspiratória, contribui para a eficiência da ventilação pulmonar, através da redistribuição de gás por todos os alvéolos e eliminação do CO<sub>2</sub> (Álvarez & Cid, 2003; Devaquet *et al.*, 2008). Os valores de pausa inspiratória são expressos em percentagem de ciclo respiratório e devem estar compreendidos entre 10 e 30% (Pino, 2018). Num estudo recente de López-Herrera e De La Matta (2022) foi observado que tempos de pausa inspiratória mais elevados contribuíram para melhor ventilação alveolar e, conseqüentemente, maior eficiência nas trocas gasosas. A substituição do tempo de pausa inspiratória de 10% para 30% permitiu diminuir a pressão nas vias aéreas e, dessa forma, melhorar a complacência pulmonar.

#### **2.1.5. Pressão positiva no fim da expiração (PEEP)**

Como o nome sugere, a pressão positiva no fim da expiração (PEEP) previne que haja a expiração de todo o ar durante o ciclo respiratório, mantendo uma determinada pressão positiva nas vias aéreas e permitindo que os pulmões se mantenham num estado semi-insuflado (Hopper & Powell, 2013; Taboada, 2022). Ao manter os pulmões neste estado, o PEEP garante maior volume pulmonar, melhor distribuição do gás pelos pulmões e maior estabilização alveolar, o que previne o desenvolvimento de colapso pulmonar (Hedenstierna & Edmark,

2015). Os valores de PEEP recomendados variam entre 2 e 4 cmH<sub>2</sub>O (Hopper & Powell, 2013; Taboada, 2022). Tal como demonstrado por Araos (2022), cães saudáveis submetidos a cirurgia em decúbito dorsal com a presença de PEEP de 4 cmH<sub>2</sub>O apresentaram melhor ventilação e homogeneização do ar, em comparação com PEEP de zero. A associação de PEEPs elevados (5 cmH<sub>2</sub>O) com volumes tidais também elevados (15 ml/Kg de peso ideal) parece ser a melhor estratégia para melhorar, de forma considerável, a complacência pulmonar e reduzir a incidência de atelectasia (De Monte *et al.*, 2018).

### 2.1.6. *Tslope*

O *Tslope*, também denominado por ‘tempo de rampa’, corresponde ao tempo que é necessário para ser atingida a pressão inspiratória previamente definida pelo anestesista (Hess, 2005; Chong, Kayser, Szakmar, Morley & Belteki, 2020). Esta variável está diretamente relacionada com o pico de fluxo inspiratório e a duração para ser atingido o mesmo (Chiumello, Pelosi, Taccone, Slutsky & Gattinoni, 2003). Segundo Hopper (2009), os valores de referência variam entre os 0,1 e 0,5 segundos. Tempos de rampa mais curtos estão associados a tempos inspiratórios mais reduzidos e, conseqüentemente, fluxos mais elevados no início da fase inspiratória, o que pode diminuir o trabalho respiratório e contribuir para dano pulmonar (Chong *et al.*, 2020). Em contrapartida, tempos muito longos estão relacionados com fluxos mais baixos, o que pode causar hipoventilação. Assim, é essencial que o tempo de rampa seja ajustado a cada paciente, de forma a garantir conforto ao mesmo (Hess, 2005).

Na tabela 2 é apresentada uma síntese dos valores dos parâmetros iniciais ventilatórios em cães.

**Tabela 2** – Parâmetros iniciais ventilatórios em cães (Adaptado de Pino, 2018).

<b>Parâmetros iniciais ventilatórios</b>	
<b>Fração inspiratória de oxigênio (FiO<sub>2</sub>)</b>	100 %
<b>Volume Tidal (VCV)</b>	6 - 15 ml/Kg
<b>Pressão inspiratória (PCV)</b>	8 - 15 cmH <sub>2</sub> O
<b>Frequência respiratória</b>	10 - 20 rpm
<b>Relação inspiração: expiração (I:E)</b>	1:2.0
<b>Pausa inspiratória</b>	10 - 30 %
<b>PEEP</b>	2 - 4 cmH <sub>2</sub> O
<b><i>Tslope</i></b>	0,1 - 0,5 segundos
<b>Pressão máxima</b>	25 - 30 cmH <sub>2</sub> O

### 3. Tipos de ventilação mecânica

Um modo ventilatório representa a forma como o ventilador interage com o paciente e pode ser determinado através de vários parâmetros, tais como, tipo de ventilação (substituição total ou parcial da ventilação do paciente), variável primária de controlo (volume, pressão ou fluxo) e variáveis de fase (*trigger*, limite e ciclo) (Garnero, Abbona, Gordo-Vidal & Hermosa-Gelbard, 2013; Pino, 2018c; Pearson, Koyner & Patel, 2022).

O suporte ventilatório pode substituir a ventilação do paciente de forma total, designando-se por modo controlado, ou de forma parcial, o qual se intitula por ventilação assistida (Grasso *et al.*, 2009). No modo controlado, o ventilador substitui completamente a respiração do paciente e entrega fluxo, volume ou pressão, conforme programado na variável de controlo (Grasso *et al.*, 2009; Pino, 2018; Taboada, 2022). A ventilação assistida auxilia o paciente em resposta ao esforço inspiratório que este efetua e, de acordo com a variável primária, o ventilador pode fornecer volume ou fluxo inspiratório (Grasso *et al.*, 2009). A fim de atender às necessidades ventilatórias, é recomendado que nas fases iniciais do suporte ventilatório, o modo elegido substitua de forma total a ventilação espontânea, como é o caso dos modos controlados (Pino, 2018). Contudo, a anestesia geral não implica necessariamente a utilização de ventilação mecânica controlada (Magnusson, 2010).

A variável primária de controlo, isto é, a variável que o ventilador fornece ao paciente para alcançar a inspiração, pode ser entregue em função de volume, pressão ou fluxo (Dugdale, 2007; Pino, 2018c). Conforme a variável de controlo e o tipo de ventilação que se pretende, é possível destacar, dentro dos modos controlados, a ventilação controlada por volume (em que o ventilador fornece ao paciente volume para realizar a inspiração) e ventilação controlada por pressão (o ventilador fornece pressão durante a inspiração).

Com o intuito de entregar ao paciente respirações intermitentes, o ventilador deve ter a capacidade de fornecer as quatro fases da respiração, as quais são garantidas através das variáveis de fase (*trigger*, limite e ciclo) (Dugdale, 2007; Garnero *et al.*, 2013; Walter, Corbridge & Singer, 2018).

A variável de fase *trigger* corresponde ao modo como o ventilador finaliza a expiração e inicia a inspiração (Dugdale, 2007). Este início ou *trigger* pode ser realizado pelo ventilador (modo controlado) ou pelo paciente (modo assistido). Nos modos em que existe substituição total da ventilação do paciente, é predefinida uma frequência respiratória e, deste modo, o ventilador inicia a inspiração em função do tempo. No que se refere aos modos assistidos, o ventilador reconhece os esforços inspiratórios do paciente e, consoante a necessidade do

mesmo, completa o restante ciclo respiratório. O *trigger* pelo paciente pode ser acionado em função de pressão, quando o esforço inspiratório provoca um decréscimo de pressão, ou por fluxo, quando há redução do fluxo inspiratório (Dugdale, 2007; Garnero *et al.*, 2013; Walter *et al.*, 2018). Nos modos assistidos, a ventilação mecânica apenas tem início quando o esforço inspiratório (decréscimo de fluxo ou pressão) ultrapassa um determinado limite programado. É de salientar que um *trigger* mal ajustado ao paciente poderá causar desconforto e dificultar a interação entre ventilador e animal (Pino, 2018c).

A variável limite, como o nome sugere, corresponde ao valor máximo que a variável de controle pode atingir e se manter durante a fase inspiratória. É importante ressaltar que o limite imposto na fase inspiratória não é sinônimo de que a inspiração está completa. O controle da duração da inspiração é atribuído à variável de ciclo (Dugdale, 2007; Walter *et al.*, 2018).

Em relação à variável ciclo, este é o parâmetro que determina a extensão da inspiração e a alternância para a expiração, que pode ser dada em função de tempo, volume, pressão ou fluxo (Dugdale, 2007; Pino, 2018c). Por exemplo, nos modos de ventilação controlada, dado que é estipulada a frequência respiratória, a variável de ciclo é o tempo (Grasso *et al.*, 2009; Garnero *et al.*, 2013; Pino, 2018c).

Segundo Esteban e colaboradores (2013) e Bellani e colaboradores (2016), a ventilação controlada por volume, a ventilação controlada por pressão e a ventilação por pressão de suporte são, atualmente, os três principais modos de ventilação utilizados em todo o mundo.

### **3.1.Modos controlados**

#### **3.1.1. Ventilação controlada por volume**

A ventilação controlada por volume (VCV) é o modo ventilatório mais aplicado em Medicina Veterinária, uma vez que permite garantir o volume-minuto indicado ao paciente, ter controle sobre as diferentes fases do ciclo respiratório e possibilitar a monitorização das pressões nas vias aéreas (Ball, Dameri & Pelosi, 2015; Pino, 2018; Donati & Plotnikow, 2020).

A VCV é um modo ventilatório dado em função de tempo que fornece ao paciente, através de um fluxo rápido e constante, o volume tidal definido, independentemente da pressão gerada nas vias aéreas (Grasso *et al.*, 2009; Ball *et al.*, 2015; Donati & Plotnikow, 2020). Assim, o volume-minuto dependerá, na sua totalidade, dos parâmetros estabelecidos pelo anestesista (Pino, 2018c). Os parâmetros passíveis de serem determinados neste modo ventilatório são volume tidal, frequência respiratória (FR), relação entre a inspiração e a expiração (I: E), tempo

de pausa inspiratória, pressão positiva no fim da expiração (PEEP) e a pressão limite (Donati & Plotnikow, 2020).

Durante o período inspiratório, à medida que o fluxo é entregue ao paciente, observa-se um aumento quase linear da pressão nas vias aéreas, até ser atingido o ponto máximo de pressão alveolar, o qual é representado pela pressão pico. Esta pressão resulta da interação entre a resistência das vias aéreas e a complacência pulmonar e é atingida quando o volume tidal programado é alcançado (Ball *et al.*, 2015; Taboada, 2022). Em seguida, de forma a homogeneizar o volume pelo parênquima pulmonar e garantir a eficiência das trocas gasosas, realiza-se uma pausa inspiratória, na qual o ventilador não gera fluxo e o volume se mantém constante (Mellema, 2013). Assim, a pressão obtida é menor e constante ao longo do tempo, a qual se denomina de pressão plateau (Taboada, 2022). Durante a fase expiratória, em consequência da diminuição do fluxo e do volume pulmonar, a pressão nas vias aéreas também reduz drasticamente, aproximando-se de zero no fim do período expiratório (Ball *et al.*, 2015) (Anexo A).

Para além das indicações anteriormente referidas para iniciar a ventilação mecânica, a ventilação controlada por volume deve ser aplicada em situações onde o volume-minuto tem de ser garantido, nomeadamente em traumatismo craniano e hérnias diafragmáticas (Grasso *et al.*, 2009; Hayes, 2009; Pino, 2018c).

Na tabela 3 estão representadas as vantagens e inconvenientes deste modo controlado.

### **3.1.2. Ventilação controlada por pressão**

A ventilação controlada por pressão (VCP) é um modo ventilatório dado em função de tempo que entrega ao paciente, através de um fluxo rápido, uma determinada pressão constante que tem como consequência um volume variável a cada ciclo respiratório (Pino, 2018c).

Durante a inspiração, o fluxo inspiratório é rapidamente entregue ao paciente de forma a atingir e manter a pressão inspiratória desejada, sendo representada através de uma curva quadrada (Taboada, 2022). No entanto, este fluxo diminui ao longo da inspiração, em consequência da interação entre a pressão nas vias aéreas, que se mantém constante, e a pressão alveolar, que diminui ao longo do tempo. Assim, o fluxo pode ser representado através de uma curva desacelerada que atinge o zero no fim da inspiração (Mellema, 2013). Como o fluxo não é constante, o resultado é um volume tidal variável em função da complacência pulmonar, resistência das vias aéreas e parâmetros definidos pelo anestesista, tais como pressão inspiratória, frequência respiratória, relação I:E e PEEP (Garnero *et al.*, 2013; Becher, Schranz,

Schädler, Weiler & Möller, 2014; Ball *et al.*, 2015; Şenay *et al.*, 2016). No período expiratório, há uma queda abrupta da pressão devido à abertura da válvula expiratória e, em consequência, há diminuição do fluxo e do volume tidal (Anexo B).

É recomendado este tipo de ventilação em pacientes de tamanho muito reduzido (< 5 Kg), em animais nos quais é necessária a utilização de estratégias de ventilação de proteção pulmonar e em endoscopias respiratórias, dado que permite compensar fugas (Garnero *et al.*, 2013; Pino, 2018c).

Na tabela 3 estão representadas as vantagens e desvantagens.

**Tabela 3** – Tabela sumativa das vantagens e desvantagens dos dois modos de ventilação controlada (Ball *et al.*, 2015; Hammond & Muris, 2016; Pino, 2018; Donati & Plotnikow, 2020; Taboada, 2022).

	Ventilação controlada por volume	Ventilação controlada por pressão
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite controlo de todas as fases do ciclo respiratório;</li> <li>- Volume minuto constante, apesar de variações na resistência e complacência pulmonar ao longo do ciclo respiratório;</li> <li>- Controlo exato de ETCO<sub>2</sub> e PCO<sub>2</sub>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite ventilar pacientes pequenos;</li> <li>- Minimiza o risco de barotrauma por ter controlo direto sobre a pressão pico;</li> <li>- Melhora as trocas gasosas e a distribuição do gás pelos alvéolos devido ao fluxo desacelerado;</li> <li>- Compensa fugas no sistema.</li> </ul>
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não permite ventilar pacientes de dimensões reduzidas;</li> <li>- Maior comprometimento hemodinâmico;</li> <li>- Não compensa fugas;</li> <li>- Pressão nas vias aéreas variável, o que pode levar a volutrauma e sobredistensão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não garante um volume tidal constante;</li> <li>- Maior risco de hipoventilação por alterações na complacência e resistência das vias aéreas ao longo do ciclo respiratório.</li> </ul>

ETCO<sub>2</sub> – concentração de dióxido de carbono no fim da expiração, PCO<sub>2</sub> – Pressão parcial de dióxido de carbono.

## 3.2.Modos assistidos

### 3.2.1. Ventilação por Pressão de Suporte

Por ser um modo assistido, a ventilação por pressão de suporte (PSV) consiste em auxiliar, de forma parcial, a ventilação do paciente, quando este não tem a capacidade de a realizar de forma apropriada (Grasso *et al.*, 2009). Assim, o principal objetivo deste modo ventilatório é preservar a ventilação espontânea (Raidal *et al.*, 2023).

A PSV é um modo de ventilação limitado a pressão, ciclado a fluxo e no qual o *trigger* é realizado pelo paciente (Hess, 2005; Singer & Corbridge, 2009; Walter *et al.*, 2018). Desta forma, a frequência respiratória e a duração da inspiração são controladas pelo animal (Singer & Corbridge, 2009; Walter *et al.*, 2018; Donati & Plotnikow, 2020).

A inspiração é iniciada em função do decréscimo de fluxo gerado pela ventilação espontânea do paciente, que ultrapassa o valor definido pelo operador. Este limite denomina-se de sensibilidade de fluxo e os valores de referência variam entre 1 e 5L/minuto (Hess, 2005). Como resultado, o ventilador tem a capacidade de reconhecer a ventilação e auxiliar na mesma através da aplicação de uma pressão positiva que se mantém durante todo o período inspiratório (Pino, 2018c; Walter *et al.*, 2018; Heejoon *et al.*, 2021). Esta pressão positiva corresponde à pressão inspiratória que é previamente definida pelo anestesista e permite que haja a entrada de ar nos pulmões e aumento do volume (Singer & Corbridge, 2009; Pino, 2018c).

A fase expiratória ocorre quando a pressão inspiratória é atingida e o fluxo gerado pelo paciente desacelera até o valor previamente determinado pelo operador (por norma, 25% do pico de fluxo inspiratório) (Hess, 2001). Deste modo, o ventilador reconhece o fim da inspiração e permite que ocorra a exalação do ar (Pino, 2018c) (Anexo C).

Em Medicina Veterinária, a maior parte dos ventiladores modernos adaptados ao bloco cirúrgico oferece um modo de segurança quando selecionado o modo PSV, a fim de fornecer ao paciente suporte caso se sucedam períodos de apneia (Ball *et al.*, 2015; Pino, 2018c). Desta forma, para além da pressão inspiratória, outros parâmetros passíveis de serem determinados são *trigger* inspiratório, frequência respiratória mínima (em caso de apneia), *Tslope* e PEEP (Pino, 2018c; Donati & Plotnikow, 2020).

É recomendado este modo ventilatório em pacientes críticos que estiveram ventilados mecanicamente durante um longo período e necessitam de recuperar a ventilação espontânea de forma gradual, em pacientes muitos sedados após anestesia locoregional e animais com lesão cerebral (Clare & Hopper, 2005; Ball *et al.*, 2015; Donati & Plotnikow, 2020).

Na Medicina Veterinária, o PSV é amplamente aplicado no desmame do ventilador, uma vez que é considerado um dos modos mais confortáveis para os pacientes, permitindo que o desmame seja gradual e progressivo (Donati & Plotnikow, 2020; Heejoon *et al.*, 2021). Na tabela 4 estão enumeradas as vantagens e inconvenientes deste modo ventilatório.

**Tabela 4** – Tabela sumativa das vantagens e desvantagens da ventilação por pressão de suporte (Pino, 2018c; Donati & Plotnikow, 2020; Raidal *et al.*, 2023).

<b>Ventilação por Pressão de Suporte</b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preserva a ventilação espontânea;</li> <li>- Reduz o esforço respiratório;</li> <li>- Facilita o desmame do ventilador;</li> <li>- Melhora a sincronia paciente-ventilador;</li> <li>- Reduz a fadiga muscular (diafragma).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume tidal variável;</li> <li>- Pode induzir hiperventilação;</li> <li>- Não é aconselhado durante a fase inicial de procedimentos cirúrgicos.</li> </ul>

#### **4. Descontinuação da ventilação**

Como supramencionado, a ventilação mecânica refere-se à utilização de um ventilador para realizar parte ou todo o trabalho respiratório de um paciente (Clare & Hopper, 2005). Dado que os animais têm uma grande eficiência respiratória, qualquer período de ausência de utilização dos músculos respiratórios, tal como se sucede durante a ventilação mecânica, tenha de ser seguido de um modo de adaptação, o qual é intitulado de desmame ventilatório (Taboada, 2022).

Entende-se por remoção do suporte ventilatório, a transição física e gradual da ventilação mecânica para a ventilação espontânea, que culmina posteriormente na extubação. Durante este período é expectável que o animal reassuma, de forma fisiológica, o trabalho respiratório e, conseqüentemente, retome a ventilação espontânea (Donati & Julian, 2020). A duração deste período e o prognóstico do desmame estão diretamente relacionados com a extensão do suporte ventilatório e a indicação para início do mesmo (Taboada, 2022). Geralmente, pacientes submetidos a ventilação mecânica por curtos períodos (<48h) têm desmames mais curtos, enquanto animais ventilados durante longos períodos (>48h), o desmame pode estender-se até metade da duração total do suporte ventilatório (Donati & Julian, 2020).

Segundo Tobin (2001), as duas principais técnicas de desmame do ventilador são através da diminuição dos parâmetros ventilatórios e pela ventilação por pressão de suporte (PSV).

Antes de se proceder ao desmame, e de forma a reduzir a duração desta fase, é importante que haja diminuição ou suspensão da administração de agentes sedativos e/ou bloqueadores neuromusculares (Girard *et al.*, 2008; Donati & Julian, 2020).

O desmame por redução dos parâmetros ventilatórios atinge-se através da diminuição da frequência respiratória e, em simultâneo, do aumento da relação entre a inspiração e a expiração (Hammond & Muris, 2016). Estas alterações provocam um aumento da PCO<sub>2</sub>, que induz uma resposta ventilatória por parte das estruturas de controlo da ventilação, os quimiorreceptores. Face ao aumento da pressão parcial de dióxido de carbono, estes recetores aumentam a ventilação do paciente, estimulando o retorno à ventilação espontânea (VE) (Hammond & Muris, 2016; Chowdhuri & Badr, 2017; Klein, 2021a). O mesmo efeito pode ser atingido através da remoção do paciente do ventilador e auxiliar, de forma intermitente e quando necessário, a ventilação até o mesmo recuperar a VE (Heejoon *et al.*, 2021).

No que se refere ao desmame por pressão de suporte, a inspiração é iniciada pelo paciente e, como resultado, o ventilador fornece um nível de pressão de suporte (pressão inspiratória), conforme previamente determinado pelo anestesista (Donati & Julian, 2020; Heejoon *et al.*, 2021). Este nível de suporte permite reduzir o trabalho respiratório em cerca de 30 a 40%, uma vez que auxilia o paciente na expansão pulmonar durante a fase inspiratória. Deste modo, a pressão inspiratória é uma das grandes vantagens deste protocolo de desmame, que é responsável por garantir maior conforto ao paciente (Sklar *et al.*, 2017).

Durante a remoção do ventilador, o nível de suporte é reduzido de forma gradual, a fim de aumentar sucessivamente a carga imposta sobre os músculos respiratórios e exigir mais esforço do paciente para manter a ventilação espontânea. Quando o nível de pressão de suporte atinge valores inferiores a 5 cmH<sub>2</sub>O, considera-se que o animal é capaz de suportar a ventilação espontânea, sendo então removido do suporte ventilatório. Entende-se que este valor é o nível mínimo de suporte que permite compensar a carga imposta pelo tórax endotraqueal (Hess, 2001; Donati & Julian, 2020).

Embora haja vários estudos na Medicina Humana que definam parâmetros preditivos que indicam que o paciente está pronto para ser removido do suporte ventilatório, em Medicina Veterinária a decisão é apenas clínica (Hopper, 2009b). Outros fatores a ter em consideração para a descontinuação da ventilação mecânica incluem reversão da indicação para iniciar a mesma, trocas gasosas adequadas e estabilidade hemodinâmica (Hess & Kacmarek, 2018b).

A extubação realiza-se quando o paciente recuperar da anestesia e apresentar reflexo de deglutição (Hopper, 2009b).

Apesar de haver inúmeros estudos em relação às técnicas de desmame, até à data, não existe evidência científica que demonstre que um método é superior a outro (Taboada, 2022).

## **5. Complicações associadas à ventilação mecânica**

A ventilação mecânica é a técnica de suporte de vida a curto prazo mais aplicada em todo o mundo (Pham, Brochard & Slutsky, 2017). No entanto, a aplicação de pressão positiva não é um processo benigno e pode induzir dano pulmonar significativo (cl clinicamente aparente ou não) e/ou agravar patologias pulmonares pré-existentes (Hopper, 2009a; Smart, 2009; Silva, Ball, Rocco & Pelosi, 2022).

Segundo Pham e colaboradores (2017), as principais complicações derivadas do suporte ventilatório a curto prazo (<48h) estão associadas aos efeitos mecânicos que o ventilador tem sobre o sistema respiratório, nomeadamente volutrauma com inflamação alveolar associada, barotrauma e atelectasia pulmonar.

### **5.1. Volutrauma, inflamação alveolar e barotrauma**

Designa-se por volutrauma a lesão pulmonar que ocorre como consequência da sobredistensão alveolar para além da capacidade pulmonar total, que é provocada pela programação do suporte ventilatório com volumes excessivos (Smart, 2009; Beitler, Malhotra & Thompson, 2016; Gattinoni, Quintel & Marini, 2018). A utilização destes volumes consideráveis provoca estiramento máximo das fibras de colagénio presentes nos alvéolos, o que induz a ocorrência de resposta inflamatória local (Wakabayashi *et al.*, 2014). Num estudo realizado por Hajjar e colaboradores (2021) em cães saudáveis e sem patologias pulmonares prévias, foi demonstrado que a utilização de volumes tidais mais altos (12 ml/Kg de peso ideal), em comparação com volumes mais reduzidos (6 ml/Kg), induziu maior libertação de mediadores inflamatórios.

Em contrapartida, o barotrauma corresponde à lesão pulmonar causada pela ventilação mecânica com a utilização de elevada pressão positiva nas vias aéreas do paciente (Hamilton-Farrell & Bhattacharyya, 2004; Smart, 2009; Beitler *et al.*, 2016).

A aplicação de estratégias ventilatórias adequadas a cada animal permite minimizar ou reduzir as complicações associadas aos efeitos negativos que o ventilador tem sobre o sistema respiratório (Pham *et al.*, 2017; Pino, 2018a).

## **5.2. Atelectasia pulmonar**

A atelectasia pulmonar, também denominada de colapso alveolar, é uma das complicações respiratórias mais prevalentes em pacientes submetidos a anestesia geral (Hedenstierna & Rothen, 2012; Klein, 2021c). Este colapso das vias aéreas de menor calibre é bastante prejudicial, uma vez que pode persistir vários dias após a anestesia, contribuir para o desenvolvimento de outras complicações pulmonares pós-cirúrgicas e atrasar a alta do paciente (Van Kaam *et al.*, 2004; Mosing, 2016; Miskovic & Lumb, 2017).

### **5.2.1. Patofisiologia e fatores predisponentes**

A atelectasia pulmonar pode desenvolver-se em qualquer momento do período anestésico, porém, esta é mais frequente ocorrer durante a pré-oxigenação, devido à utilização de FiO<sub>2</sub> muito elevadas, e imediatamente após a indução anestésica, uma vez que a incidência de apneia nessa fase é bastante elevada (Pino, 2018b).

Como supramencionado, a administração de agentes anestésicos, intravenosos e/ou voláteis, deprime o centro respiratório e os recetores periféricos que controlam a ventilação, o que resulta em insuficiência respiratória (Egger, 2016). Deste modo, a anestesia geral provoca uma redução da capacidade residual funcional e diminuição da complacência pulmonar, o que produz alterações ao nível da relação ventilação-perfusão (Egger, 2016; Mosing, 2016; Pino, 2018b). Em resposta à diminuição da ventilação pulmonar e, conseqüentemente, hipoxia alveolar em determinadas áreas do pulmão, há redistribuição do fluxo sanguíneo dessas zonas para as áreas mais bem ventiladas, o que induz colapso alveolar (Hedenstierna & Rothen, 2012; Mosing, 2016; Bigatello & Ostberg, 2021; Klein, 2021b).

Para além dos agentes anestésicos, outros fatores que parecem favorecer o desenvolvimento de colapso pulmonar incluem elevada condição corporal, posicionamento cirúrgico e parâmetros ventilatórios mal adaptados ao paciente (Hedenstierna & Rothen, 2012; Pino, 2018b). No que se refere a animais com elevada condição corporal, estes apresentam maior distensão abdominal e menor volume pulmonar, o que resulta em menor capacidade residual funcional e menor eficiência nas trocas gasosas, contribuindo para a formação de atelectasia (Mosing, 2016; Pino, 2018b). Isto pode ser agravado durante procedimentos cirúrgicos em decúbito dorsal e na posição *Trendelenburg* (uma variação do decúbito dorsal em que os membros posteriores são elevados e o dorso baixado), uma vez que os órgãos abdominais são conduzidos pela gravidade para o diafragma, elevando a pressão pleural (Egger, 2016; Mosing, 2016). Assim, é imprescindível adaptar os parâmetros ventilatórios a cada paciente.

A utilização de ventilação mecânica com volumes tidais insuficientes impede que a ventilação ocorra de forma eficiente, comprometendo as trocas gasosas (Hedenstierna & Rothen, 2012; Pino, 2018b).

Apesar de não haver evidência científica clara acerca do intervalo de valores ideal para a fração inspiratória de oxigênio, julga-se ser possível que tenha influência sobre a formação de atelectasia. Segundo Pino (2018b), a utilização de  $FiO_2$  elevada durante a pré-oxigenação e manutenção da anestesia aumenta a formação de colapso alveolar. No entanto, num estudo mais recente realizado por Martin-Flores e colaboradores (2020) em cães saudáveis, observou-se que não há vantagem em diminuir a  $FiO_2$  no período intra-operatório e, além disso, a incidência de hipóxia foi superior no grupo com frações inspiratórias mais baixas. Assim, e segundo Donati (2020), é recomendada a utilização de  $FiO_2$  inferiores a 60% nas primeiras 6 horas, de modo a evitar a formação de atelectasia pulmonar.

### **5.2.2. Exames complementares de diagnóstico**

Durante a última década, a ultrassonografia torácica adquiriu grande importância no diagnóstico de patologias pulmonares no período peri-operatório, não só na Medicina Humana, como também na Veterinária (Mellado, 2018). A ecografia é um método de diagnóstico simples, livre de radiação e não-invasivo que permite realizar uma avaliação em tempo real sem ser necessário transportar o animal (Mellado, 2018; Donati & Magnano, 2020).

Segundo Mellado (2018), atualmente têm sido descritos protocolos rápidos e simples de avaliação pulmonar, como é o exemplo do VetBLUE® (*Bedside Lung Ultrasound Exam*). Este protocolo consiste numa avaliação fácil e rápida que pode ser realizada com o paciente em estação ou em decúbito esternal ou lateral, sem necessidade de tricotomia. A avaliação centra-se em oito janelas acústicas, quatro em cada hemitórax, entre os espaços intercostais 2 e 3, 4 e 5, 6 e 7 e 8 e 9 (Lisciandro, 2017).

Para o diagnóstico de atelectasia pulmonar, a ecografia apresenta sensibilidade de 88%, especificidade de 92% e precisão de diagnóstico de 91% (Yu *et al.*, 2016; Riveiro, 2021). Em contraste, a radiografia torácica apresenta uma sensibilidade e especificidade inferior, 53% e 78%, respetivamente (Hansell, Milross, Delaney, Tian & Ntoumenopoulos, 2021). Todavia, o *gold-standard* para diagnóstico de atelectasia pulmonar é a tomografia computadorizada, com sensibilidade de 90% e especificidade de 92% (Edwards, Godwin, Hippe & Kicska, 2016; Bigatello & Ostberg, 2021).

### **5.2.3. Estratégias para evitar o desenvolvimento de atelectasia pulmonar**

A atelectasia pulmonar pode ser reduzida através da aplicação de estratégias de proteção pulmonar, nomeadamente através da limitação da  $FiO_2$  (abordado anteriormente), aplicação de PEEP e desmame ventilatório adequado (Hedenstierna, 2009; Pino, 2018b).

Como o nome sugere, a pressão positiva no fim da expiração (PEEP) permite que se mantenha uma determinada pressão dentro do pulmão, o que resulta em maior volume pulmonar, melhor distribuição de gás pelos alvéolos e maior estabilização alveolar, prevenindo fenómenos de colapso (Hopper & Powell, 2013; Hedenstierna & Edmark, 2015; Taboada, 2022).

A remoção física e gradual do suporte ventilatório representa cerca de 40% da duração total da ventilação e é estimado que cerca de 39% da atelectasia pulmonar total ocorra durante esse período, dado que as estratégias de proteção pulmonar são perdidas nessa fase (Pham *et al.*, 2017; Heejoon *et al.*, 2021). Um estudo recente realizado por Bigatello e Ostberg (2021), revela que a incidência de atelectasia pode ser reduzida através da aplicação da ventilação por pressão de suporte durante o desmame ventilatório, o que permite reduzir o trabalho respiratório em cerca de 30 a 40%. A utilização deste modo ventilatório parece ser suficiente para prevenir ou até reverter alterações pulmonares decorrentes da ventilação durante o procedimento cirúrgico.

## 6. Objetivos do estudo

A ventilação mecânica é uma prática bastante comum em Medicina Veterinária, não só durante o procedimento cirúrgico, como também no desmame do suporte ventilatório. A descontinuação da ventilação por tentativas de ventilação espontânea é o modo mais empregue, no entanto, estudos recentes na Medicina Humana afirmam que esta técnica de desmame parece estar associada a maior incidência de complicações pulmonares no período pós-operatório. Em Medicina Humana, a utilização da PSV durante o desmame ventilatório parece ser suficiente para prevenir ou até reverter alterações pulmonares, reduzindo a presença de atelectasia (Heejoon *et al.*, 2021).

Desta forma, este trabalho visa avaliar e comparar duas técnicas de desmame do ventilador, Ventilação por Pressão de Suporte e ventilação espontânea, em relação a (1) concentração de dióxido de carbono no ar expirado durante o despertar; (2) saturação de oxigênio na hemoglobina periférica durante o despertar; (3) duração desde o fim da cirurgia até ao início da ventilação espontânea; (4) duração desde o fim da cirurgia até ao momento da extubação e (5) avaliação da presença de atelectasia no período pós-cirúrgico.

## **Materiais e métodos**

O presente estudo foi desenvolvido no Hospital Veterinário Central da Linha de Cascais – VetOeiras, entre os meses de Outubro e Maio de 2023, após aprovação pela Comissão de Ética e Bem Estar Animal da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona (processo número 8-2023).

Todos os dados incluídos no estudo foram retirados de cirurgias realizadas no decurso de algum tratamento no âmbito clínico.

### **1. Tipo de estudo e amostragem**

Este estudo corresponde a um estudo observacional de coorte do tipo prospetivo em que todos os animais foram selecionados por julgamento (amostragem não probabilística – amostra subjetiva).

### **2. Critérios de inclusão**

Incluíram-se no estudo cães com classificação *American Society of Anesthesiologists* (ASA) I ou II, que foram submetidos a cirurgia em decúbito dorsal e com indicação para iniciar a ventilação mecânica. Para além disso, todos os animais apresentaram exame físico no período pré-cirúrgico sem alterações detectáveis, perfil hematológico dentro dos valores considerados normais para a espécie (hemograma e leucograma), perfil bioquímico dentro dos valores considerados normais para a espécie (Albumina - ALB; Rácio Albumina: Globulinas - ALB/GLOB; Fosfatase Alcalina – ALKP; Alanina Aminotransferase - ALT; Nitrogénio Ureico Sanguíneo – BUN; Rácio nitrogénio ureico sanguíneo: Creatinina – BUN/CREA; Creatinina – CREA; Globulinas – GLOB; Glucose – GLU; Proteínas Totais – PT). Foi realizado um estudo ecográfico, com a técnica VetBLUE<sup>®</sup>, antes da indução anestésica também sem alterações.

### **3. Critérios de exclusão**

Não foram incluídos no estudo cães agressivos e/ou de difícil manipulação, animais com classificação ASA III ou superior, nem cães com alterações no exame físico, nas análises pré-cirúrgicas ou no estudo ecográfico realizado no dia da cirurgia.

## **4. Caracterização da amostra**

Foram selecionados 26 cães, os quais foram submetidos a procedimentos cirúrgicos em decúbito dorsal e ventilados mecanicamente através da ventilação controlada por volume. A idade, sexo, raça ou condição corporal não foram considerados na seleção dos animais.

No momento de desmame do ventilador mecânico, de forma aleatória, os cães foram divididos em dois grupos: (1) Grupo submetido a ventilação por pressão de suporte (PSV) (n=13); (2) Grupo submetido a ventilação espontânea (VE) (n=13).

## **5. Metodologia**

### **5.1. Protocolo anestésico**

Todos os cães incluídos no estudo apresentaram-se ao HVCLC no dia do procedimento cirúrgico, cumprindo o jejum de sólidos recomendado entre 8 e 12 horas. Aquando da admissão, os cães foram pesados e submetidos a exame físico completo. Em seguida, foram realizadas análises sanguíneas pré-anestésicas, nomeadamente, hemograma completo (Idexx<sup>®</sup> Procyte Dx) e bioquímicas séricas (Idexx<sup>®</sup> Catalyst One).

Dado que os procedimentos cirúrgicos não foram padronizados, a seleção dos fármacos para a pré-medicação foi adaptada a cada paciente, conforme o estado físico, as análises pré-cirúrgicas e o próprio procedimento.

Após a pré-medicação, a todos os animais foi colocado um cateter venoso periférico, instituída fluidoterapia com cristalóides isotónicos Lactato de Ringer (B| Braun Medical, Portugal) numa taxa de 3ml/Kg/h e realizada tricotomia e assépsia da zona cirúrgica. Durante esta fase foi realizada pré-oxigenação com máscara adaptada a cada animal, durante, pelo menos, dois minutos, com um fluxo de oxigénio de 5L/minuto.

A indução foi realizada com propofol (Propomitor<sup>®</sup>, Orion Corporation, Finlândia) intravenoso (IV) dose-efeito e, posteriormente, foram observados a posição do globo ocular, os reflexos palpebrais e o tónus mandibular. Quando o tónus e os reflexos ficaram ausentes, procedeu-se à intubação endotraqueal. É de referir que esta foi realizada até quatro minutos após o início da pré-oxigenação.

A manutenção do plano anestésico foi obtida através do anestésico volátil isoflurano (IsoFlo<sup>®</sup>, Zoetis Portugal, Portugal) numa concentração alveolar mínima entre 0,5 e 2,0%.

## **5.2. Monitorização anestésica**

No bloco cirúrgico, todos os animais foram colocados em decúbito dorsal e foi realizada monitorização (BeneView T8, Mindray, China) durante toda a cirurgia, em intervalos de 5 minutos, através da:

- a) Monitorização da profundidade anestésica – De forma a manter o estadio III plano II, foram avaliados o tónus mandibular, o reflexo palpebral e a posição do globo ocular;
- b) Monitorização cardiovascular – Avaliação da cor das mucosas e TRC, frequência cardíaca (FC) através do traçado eletrocardiográfico (ECG) e pressão arterial não invasiva (Pressão Arterial Sistólica (PAS), Diastólica (PAD) e Média (PAM)), por meio de um manguito adaptado a cada paciente (cerca de 40% da circunferência do membro que o mesmo é colocado);
- c) Monitorização do sistema respiratório – De forma a monitorizar a oxigenação do paciente, recorreu-se à pulsioximetria para obter a saturação de oxigénio na hemoglobina periférica ( $SpO_2$ ) e a frequência respiratória (FR). Para a ventilação, monitorizou-se a concentração de dióxido de carbono no fim da expiração ( $ETCO_2$ ) através da capnografia. Com recurso a um monitor WATO EX-35 (Mindray, China), foram também monitorizados os parâmetros ventilatórios associados à ventilação mecânica, nomeadamente pressão pico, pressão plateau, volume minuto, volume tidal, PEEP, relação I:E e complacência pulmonar;
- d) Monitorização da temperatura esofágica.

## **5.3. Protocolo de recolha de dados**

Antes de iniciar a ventilação mecânica (T1) foram registados os parâmetros hemodinâmicos presentes no monitor multiparamétrico (FC e PAM) e os parâmetros ventilatórios ( $SpO_2$  e  $ETCO_2$ ). Perante estes parâmetros fisiológicos, foi possível aferir o motivo para iniciar a ventilação mecânica.

Todos os cães foram submetidos a ventilação controlada por volume durante o procedimento cirúrgico, respeitando os seguintes parâmetros ventilatórios:

- a) Fração inspiratória de oxigénio ( $FiO_2$ ) de, pelo menos, 50%;
- b) Volume tidal entre 10 e 15 ml/Kg;
- c) Frequência respiratória ajustada, de forma a manter o  $ETCO_2$  entre 35 e 45 mmHg;
- d) Relação entre a inspiração e a expiração de 1:2;
- e) Pressão positiva no fim da expiração (PEEP) de 4 cmH<sub>2</sub>O.

No fim do procedimento cirúrgico, o isoflurano foi cessado e foi iniciado o protocolo de desmame do ventilador. Nesta fase, os cães foram divididos de forma aleatória em dois grupos: (1) Grupo PSV – Grupo submetido a ventilação por pressão de suporte; (2) Grupo VE – Grupo submetido a ventilação espontânea.

No grupo submetido a desmame por PSV, foi determinada uma *driving pressure* com base nos parâmetros da ventilação durante a cirurgia e sendo ajustada de forma a manter um volume corrente de 10 ml/Kg. Foi também definido um PEEP de 4 cmH<sub>2</sub>O, que foi mantido até ao momento da extubação. A pressão de suporte foi interrompida quando os animais apresentavam frequência respiratória de 10 rpm ou superior, uma *driving pressure* inferior a 5 cmH<sub>2</sub>O, com um volume corrente superior a 8 ml/Kg.

No grupo submetido a desmame do ventilador mecânico por VE, o volume tidal foi mantido e reduziu-se a frequência respiratória e aumentou-se o intervalo entre inspiração e expiração.

Independentemente do grupo, foi realizada a monitorização no fim da ventilação mecânica e início da ventilação espontânea (T2), registando-se, novamente, FC, PAM, SpO<sub>2</sub> e ETCO<sub>2</sub>.

Em ambos os grupos foi contabilizada a duração da cirurgia, o tempo desde o fim da cirurgia e o início da ventilação espontânea e o tempo entre o fim da cirurgia e o momento da extubação. A duração da cirurgia foi considerada desde o momento da primeira incisão até ao encerramento do último ponto cirúrgico.

No período pós-cirúrgico, foi classificada a qualidade do despertar dos pacientes, segundo a tabela 5.

Todas as informações referentes à colheita de dados foram anotadas na Ficha individual de monitorização anestésica, única para cada animal, tal como demonstrado no Apêndice A.

**Tabela 5** – Descrição das alterações apresentadas, em função da escala de despertar pós-cirúrgico (Adaptado de Wolfe & Hofmeister, 2021).

<b>Escala</b>	<b>Descrição das alterações apresentadas</b>
<b>0</b>	Boa transição para um estado de recuperação, livre de hiperatividade, agressividade ou hiperventilação. Animal permanece calmo e relaxado.
<b>1</b>	Transição razoável para o estado alerta, acompanhado de vocalizações ligeiras (com duração inferior a 30 segundos), excitação e/ou necessidade de contenção física.
<b>2</b>	Animal apresenta inquietação, acompanhada de tentativas de mudança de decúbito. Vocalizações com duração inferior a 5 minutos, tremores e movimentos de pedalada.
<b>3</b>	Estado de delírio com vocalização persistente, movimentos violentos e excitação extrema e persistente (superior a 10 minutos). Necessários fármacos de resgate.

#### **5.4. Protocolo de avaliação ecográfica**

O exame ecográfico foi realizado em todos os cães após a administração da pré-medicação e imediatamente antes da indução anestésica. Este exame foi novamente realizado em todos os animais 1 hora após o fim do procedimento cirúrgico, ou seja, 60 minutos após o encerramento da última sutura.

A ecografia torácica teve como objetivo avaliar e comparar a presença de atelectasia pulmonar nos períodos pré e pós-cirúrgico. O protocolo ecográfico consistiu na obtenção de quatro cortes transversais do parênquima pulmonar, em ambos os hemitórax, com recurso ao Esaote® MyLabSix com a sonda linear (SP2730) em modo B.

Os exames ecográficos foram realizados de acordo com o protocolo Vet BLUE® e foram realizados pelo Dr. Diogo Santos e pela autora, sob supervisão médica.

Todas as imagens ecográficas foram analisadas por um operador experiente e classificadas, no período pré e pós-cirúrgico em função da tabela 6.

**Tabela 6** – Descrição das alterações ecográficas apresentadas, em função do grau de atelectasia (Adaptado de Bouhemad *et al.*, 2011).

<b>Grau</b>	<b>Descrição das alterações ecográficas apresentadas</b>
<b>Grau 0</b>	Pulmão sem alterações, com presença de linhas A.
<b>Grau 1</b>	Presença de linhas B em número superior a 3, no mesmo espaço intercostal; Múltiplas áreas com a presença de linhas B; Consolidação pulmonar com pleura normal.
<b>Grau 2</b>	Pleura irregular com múltiplas áreas de consolidação; Ausência de linhas A.
<b>Grau 3</b>	Ausência de <i>sliding</i> pulmonar; Presença de pulso pulmonar.
<b>Grau 4</b>	Consolidação superior a 1x2 cm; Presença de broncogramas.

No apêndice B encontra-se um esquema sumativo da metodologia aplicada no estudo.

## 6. Análise estatística

Neste estudo, a análise estatística foi realizada através de dois programas de *software*: o *Microsoft Office Excel 2013* (Microsoft, EUA) e o programa de análise estatística *Statistical Package for the Social Sciences*<sup>®</sup> (SPSS), na versão 27 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA).

A análise teve como objetivo fornecer uma visão geral das medidas de tendência central, tais como a média, e medidas de dispersão, como o desvio padrão, das variáveis em estudo. A estatística descritiva foi ainda complementada pela representação distribuição dos dados através de gráficos “*box-plot*”, contribuindo para uma interpretação mais completa dos resultados.

A hipótese que os diferentes métodos de descontinuação da ventilação mecânica, ventilação por pressão de suporte e descontinuação por ventilação espontânea para a variáveis hemodinâmicas e de ventilação foi avaliada pelo teste não paramétrico *Wilcoxon-Mann-Whitney*. Para avaliar a qualidade do despertar foi utilizado o teste Qui-Quadrado de independência. Consideraram-se estatisticamente significativas as diferenças entre médias cujo *p-value* do teste foi inferior ou igual a 0,05.

## Resultados

### 1. Caracterização da amostra

Dos 26 animais incluídos no estudo, cinco foram excluídos, (n=3) do grupo VE e (n=2) do grupo PSV, devido à ausência de seguimento ecográfico no período pós-cirúrgico no tempo definido. Assim, foram incluídos no estudo 21 animais, (n=10) pertencentes ao grupo VE e (n=11) ao grupo PSV. A tabela 7 apresenta a caracterização da população, em função do grupo em estudo.

**Tabela 7** – Tabela sumativa das características da população e dos procedimentos cirúrgicos aos quais foram submetidos.

Variáveis	Grupo PSV n=11	Grupo VE n=10
Sexo (macho)	2	6
Idade (meses)	27 (8 – 106)	50 (9 – 115)
Peso (Kg)	14,95 ± 11,08	18,13 ± 12,57
<u>Condição corporal</u> (escala de 1 a 9)		
4 em 9	1	3
5 em 9	6	2
6 em 9	3	4
7 em 9	1	1
<u>Classificação ASA</u>		
ASA I	9	7
ASA II	2	3
<u>Procedimento cirúrgico</u>		
Cistotomia	0	1
Biópsia intestinal	0	1
Gastrotomia e enterotomia	0	1
Orquiectomia	2	4
Ovariectomia	1	0
Ovariohisterectomia	6	3
Ovariohisterectomia e mastectomia	1	0
Vulvoplastia	1	0
Duração da cirurgia (em minutos)	34,82 ± 12,51	43,5 ± 36,01

Os dados são apresentados como n, n (mínimo – máximo) ou média ± desvio-padrão. ASA – *American Society of Anesthesiologists*, Kg – Quilograma(s), n – Número

As raças incluídas no estudo foram indeterminada (33,3%), *Border Collie* (9,5%), *Epagneul Breton* (9,5%), Labrador (9,5%), Buldogue Francês (4,8%), Cane Corso (4,8%), *Cavalier King Charles Spaniel* (4,8%), *Fox Terrier* (4,8%), *Jack Russel* (4,8%), *Shih Tzu* (4,8%), Teckel (4,8%) e *Weimaraner* (4,8%).

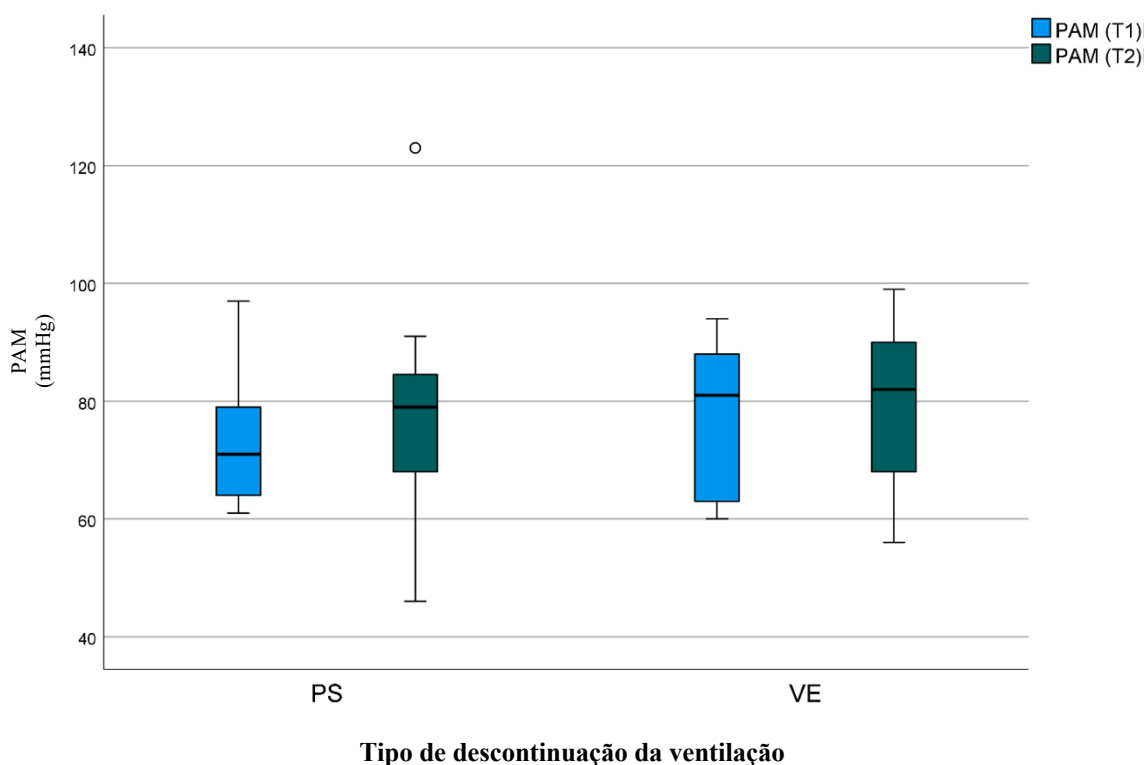
## 2. Monitorização Anestésica

Os parâmetros hemodinâmicos e ventilatórios registados no início da ventilação mecânica (T1) e no retorno à ventilação espontânea (T2) para os dois grupos de estudo encontram-se discriminados na tabela 8 e nos gráficos 5, 6, 7 e 8.

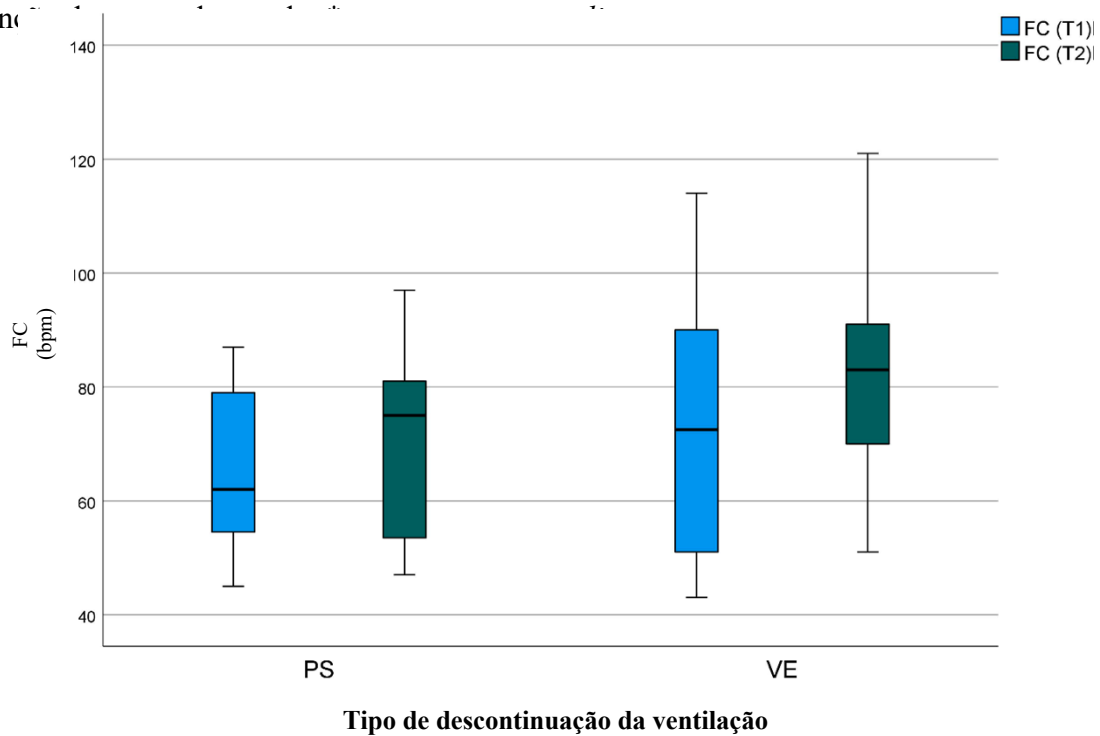
**Tabela 8** - Parâmetros hemodinâmicos e de ventilação registados antes do início da ventilação mecânica (T1) e durante e início da ventilação espontânea (T2), em função do grupo de estudo.

Variáveis	T1			T2		
	Grupo PSV	Grupo VE	<i>p-value</i>	Grupo PSV	Grupo VE	<i>p-value</i>
<b>PAM (mmHg)</b>	72,91±11,37	70,40±13,83	0,557	77,36±19,86	79,90± 3,45	0,605
<b>FC (bpm)</b>	74±11,91	76,50±27,85	0,918	75±17,05	83±21,15	0,152
<b>ETCO<sub>2</sub> (mmHg)</b>	54,82±3,84	53,20±2,49	0,468	42,91±4,89	48±6,09	0,013*
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	98,18±1,40	98±1,76	0,512	98±1,48	98,5±1,08	0,512

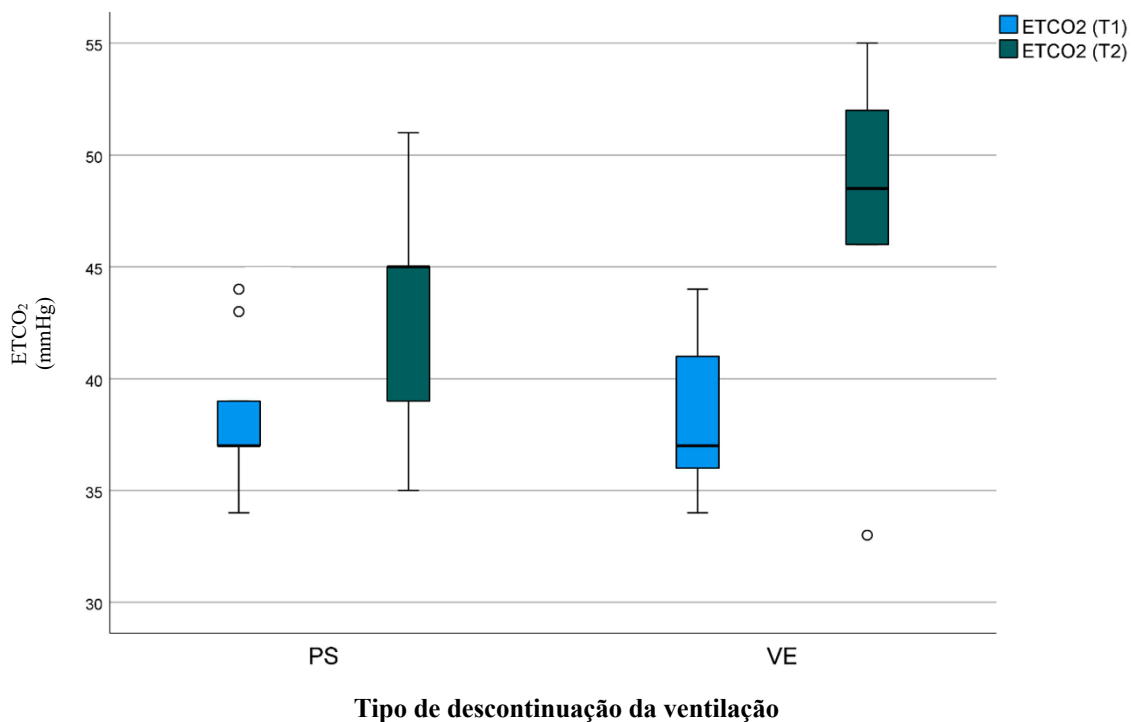
Os dados são apresentados como média ± desvio-padrão. \* - Valor estatisticamente significativo.



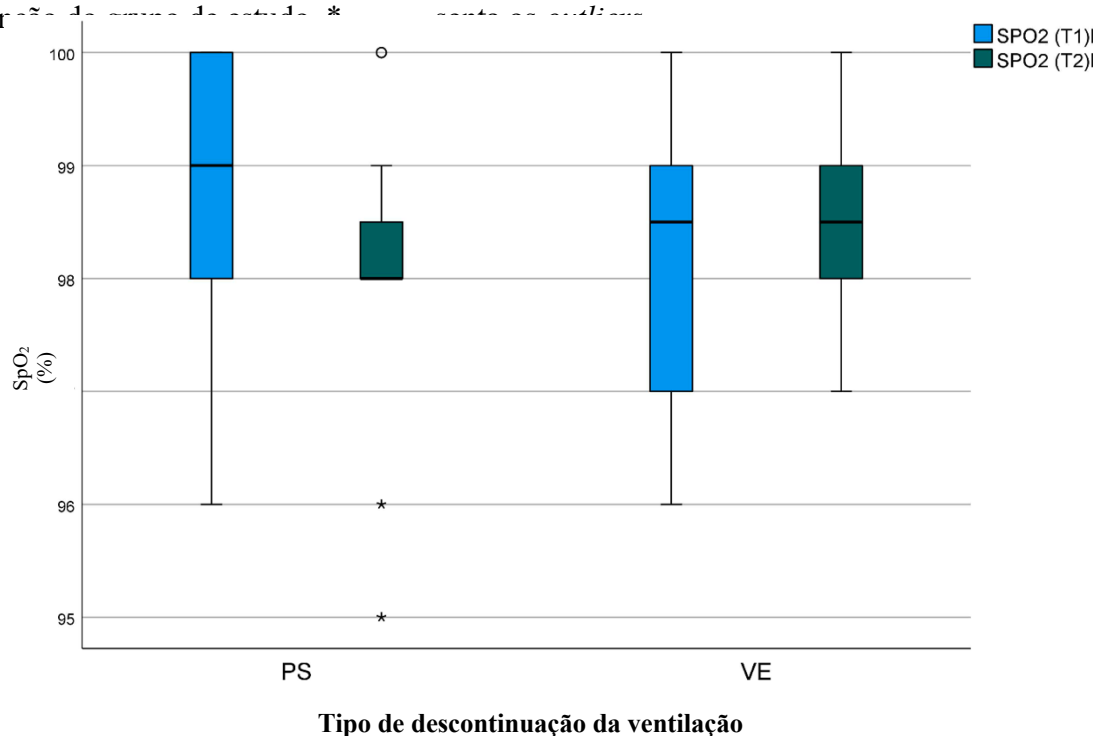
**Gráfico 5** – O gráfico mostra a distribuição da PAM (mmHg) antes do início da ventilação mecânica (T1) e durante o desmame ventilatório e início da ventilação espontânea (T2), em função do tipo de descontinuação da ventilação.



**Gráfico 6** – O gráfico mostra a distribuição da FC (bpm) antes do início da ventilação mecânica (T1) e durante o desmame ventilatório e início da ventilação espontânea (T2), em função do grupo de estudo.



**Gráfico 7** – O gráfico mostra a distribuição do ETCO<sub>2</sub> (mmHg) antes do início da ventilação mecânica (T1) e durante o desmame ventilatório e início da ventilação espontânea (T2), em função do grupo de estudo. \* - representa os *outliers*.



**Gráfico 8** – O gráfico mostra a distribuição da SpO<sub>2</sub> (%) antes do início da ventilação mecânica (T1) e durante o desmame ventilatório e início da ventilação espontânea (T2), em função do grupo de estudo. \* - representa os *outliers*.

Da análise da tabela 8 e dos gráficos 5 e 6, podemos observar que os parâmetros hemodinâmicos (PAM e FC) variaram pouco em ambos os grupos, nos dois momentos de monitorização. No entanto, nas duas variáveis foi observado um aumento ligeiro dos valores no momento T2.

Em relação aos parâmetros ventilatórios, tendo em conta a tabela 8 e os gráficos 7 e 8, o SpO<sub>2</sub> manteve-se permanente ao longo do tempo, nos dois grupos, enquanto o ETCO<sub>2</sub> apresentou grandes variações. No momento T1 todos os animais apresentaram valores de ETCO<sub>2</sub> superiores a 45mmHg, enquanto no momento T2 apenas os animais pertencentes ao grupo VE apresentaram valores superiores a 45mmHg. Nenhum animal do grupo PSV apresentou hipercapnia no momento T2. Deste modo, os resultados foram estatisticamente significativos em T2.

## 2.1. Análise das alterações ecográficas no período pré e pós-operatório

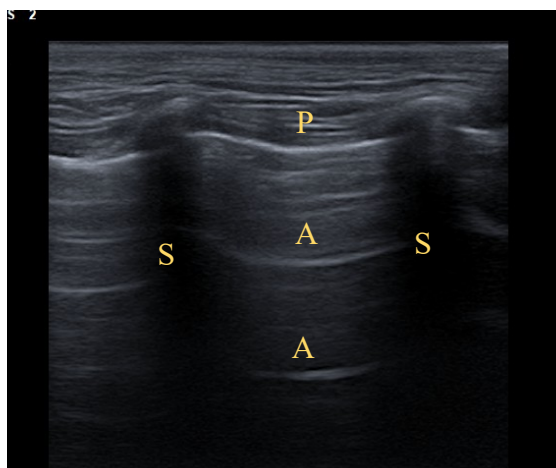
Nas tabelas 9 e 10 estão representadas, por grupo de estudo, a classificação do grau de atelectasia, em função das alterações ecográficas observadas nos períodos pré e pós-cirúrgico, respetivamente.

**Tabela 9** – Resultados das alterações ecográficas apresentadas no período pré-operatório, em função do grupo de estudo.

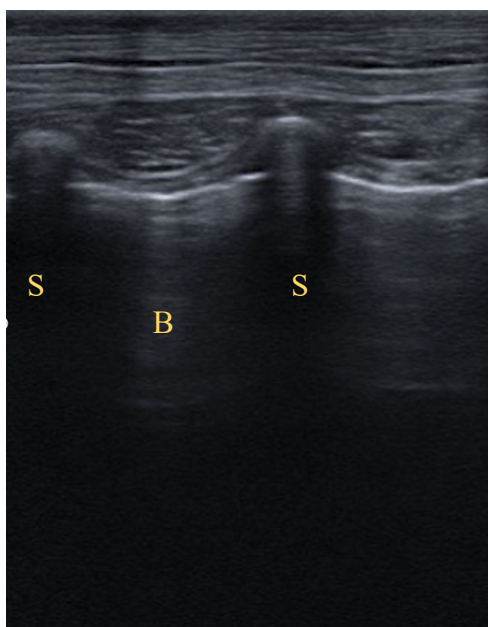
Alterações ecográficas observadas	Grupo PSV	Grupo VE
	n=11	n=10
<b>Grau 0</b> (pulmão sem alterações, com linhas A)	11	10
Presença de linhas B=1	3	2
Presença de linhas B=2	0	0

**Tabela 10** – Resultados das alterações ecográficas apresentadas no período pós-operatório, em função do grupo de estudo.

Alterações ecográficas observadas	Grupo PSV	Grupo VE
	n=11	n=10
<b>Grau 0</b> (pulmão sem alterações, com linhas A)	11	10
Presença de linhas B=1	3	2
Presença de linhas B=2	0	0



**Figura 2** – Imagem ecográfica do parênquima pulmonar, em modo B. A: Linhas A; P: Linha pleural; S: Sombras costais. Fonte: Imagem gentilmente cedida pelo HVCLC – VetOeiras.



**Figura 3** – Imagem ecográfica do parênquima pulmonar, em modo B. B: Linha B; P: Linha pleural; S: Sombras costais. Fonte: Imagem gentilmente cedida pelo HVCLC – VetOeiras.

## 2.2. Análise do tempo cirúrgico, duração desde o fim da cirurgia até ventilação espontânea e extubação

A duração, em segundos, desde o fim da cirurgia e início da ventilação espontânea, bem como o tempo desde o fim da cirurgia até à extubação, encontram-se discriminados, por grupo, na tabela 11.

**Tabela 11** – Duração, em segundos, desde o fim da cirurgia até o início da ventilação espontânea e até à extubação, em função do grupo de estudo.

	<b>Grupo PSV</b>	<b>Grupo VE</b>	<b><i>p-value</i></b>
<b>Fim da cirurgia até início da VE (segundos)</b>	473,55 ± 318,23	214,40 ± 290,73	0,043*
<b>Fim da cirurgia até à extubação (segundos)</b>	770,55 ± 294,86	562,40 ± 321,66	0,099

Os dados são apresentados como média ± desvio-padrão. \* - Valor estatisticamente significativo.

## 2.3. Análise da qualidade do despertar

A qualidade do despertar foi avaliada consoante a análise estatística descritiva e classificada de acordo com Wolfe & Hofmeister (2021). Quanto ao grupo submetido a VE (n=10), seis (60%) apresentaram um despertar classificado como 0, numa escala de 0 a 3, três (30%) um despertar de 1 e apenas um animal (10%) apresentou um despertar de 2 em 3. Em contraste, o grupo PSV (n=11) verificou nove (81,82%) com despertar 0, um cão (9,09%) com despertar 1 e um apenas um (9,09%) classificado como 2 em 3. Não foram observadas diferenças significativas entre os dois grupos na qualidade do despertar ( $p=0,459$ ).

## Discussão

O presente estudo teve como objetivo principal comparar duas técnicas de desmame do ventilador durante o despertar, através da análise dos parâmetros hemodinâmicos e ventilatórios. As variáveis secundárias em estudo incluíram a duração entre o fim da cirurgia e o início da ventilação espontânea, tempo até à extubação, qualidade do despertar e presença de atelectasia no período pós-operatório.

No que se refere aos parâmetros hemodinâmicos, tal como demonstrado na tabela 8, as técnicas de desmame não apresentaram diferenças significativas para ambas as variáveis (PAM e FC), tal como os resultados obtidos por Ida e colaboradores (2013) em equinos.

A pressão arterial é um indicador indispensável para avaliar a função cardiovascular durante o período anestésico. Segundo Schauvliege (2016), cães submetidos a anestesia geral devem apresentar pressão arterial média compreendida entre 60 e 100 mmHg, dado que este intervalo permite garantir a perfusão adequada nos órgãos vitais e assegurar a estabilidade hemodinâmica do paciente. Isto vai de encontro com os resultados apresentados e, desta forma, é possível aferir que os indivíduos incluídos no estudo mostraram estabilidade hemodinâmica desde a indução anestésica até ao despertar (Schauvliege, 2016).

A pressão arterial média foi levemente superior em ambos os grupos no momento do desmame ventilatório (T2). O aumento da pressão arterial no período do despertar pode estar associado a vários fatores: suspensão do agente anestésico volátil (isoflurano), dado que apresenta como principal efeito secundário a depressão cardiovascular; término do suporte ventilatório, uma vez que o retorno à ventilação espontânea leva a aumento do retorno venoso e aumento da pós-carga no ventrículo esquerdo; presença de agitação no momento de desmame, que é bastante comum em animais no período pós-cirúrgico (Frazier, 2008; Pang, 2016; Donati & Julian, 2020; García, 2022). O valor atípico presente no gráfico 5 no grupo PSV pode ser justificado por todos os fatores supramencionados. Valores de pressão arterial média inferiores ao intervalo de referência podem ser associados a fatores individuais e a oscilações associadas à medição, o que reforça a necessidade de métodos de diagnóstico mais fiáveis, como cateterização arterial para medição das pressões arteriais invasivas, a qual é considerada como *gold-standart* (Schauvliege, 2016). No presente estudo, não foram realizadas quaisquer intervenções nos casos de pressão arterial média inferior a 60 mmHg, dado que foram associadas a oscilações de medição, tal como *cuff* inadequado ou incorreta colocação do mesmo.

Em relação aos parâmetros ventilatórios apresentados na tabela 8, enquanto a SpO<sub>2</sub> não apresentou diferenças significativas entre ambos os grupos nos vários momentos de monitorização, todos os animais incluídos no estudo apresentaram hipercapnia antes do início da ventilação mecânica (T1). Segundo Chambers e colaboradores (2019), a administração de opióides, hipnóticos e agentes anestésicos voláteis tem efeito depressor sobre o centro respiratório, induzindo alterações ventilatórias no paciente, tal como hipoventilação, o que pode justificar os resultados obtidos.

Quanto ao momento do desmame ventilatório (T2), conforme apresentado no gráfico 7, todos os animais pertencentes ao grupo VE apresentaram hipercapnia, em contraste com o grupo PSV, em que apenas um caso ligeiro foi observado. Até à data, não existe evidência científica, quer em Medicina Veterinária, quer na Medicina Humana, que afirme que a ventilação por PSV previna o desenvolvimento de hipercapnia. Ida e colaboradores (2013), comparou as mesmas duas técnicas de desmame em relação aos parâmetros ventilatórios em cavalos e relatou que os animais do grupo PSV não apresentaram valores de CO<sub>2</sub> acima dos valores de referência, enquanto todos os cavalos submetidos a desmame por VE apresentaram hipercapnia, o que vai de encontro com os resultados obtidos.

Recentemente, os efeitos nocivos derivados do dióxido de carbono têm sido alvo de grande pesquisa na Medicina Humana, uma vez que esta molécula tem uma grande capacidade de difusão, sendo capaz de atravessar a barreira hematoencefálica (Deng, Liu, Li, Xu & Chen, 2020). Segundo Davis e colaboradores (2006) e Herrington, Thrall, Mann, Tymko e Day (2019), a presença de hipercapnia transitória em pacientes com lesão cerebral parece piorar o prognóstico dos mesmos. Valores de dióxido de carbono acima dos valores fisiológicos induzem vasodilatação cerebral e aumento da pressão intracraniana, o que forma a base fisiopatológica de edema cerebral (Deng, Liu, Li, Xu & Chen, 2020). Num estudo recente realizado por Hetzer e colaboradores (2019), foi observado que hipercapnia moderada a severa tem a capacidade de aumentar a viscosidade sanguínea, pelo que a prevenção deste fenómeno é imprescindível.

Apesar de não haver evidência científica na Medicina Veterinária, o dióxido de carbono poderá ter efeito prejudicial, principalmente em pacientes com traumatismo craniano e/ou patologia neurológica. Em Medicina Humana, a ventilação por pressão de suporte parece prevenir hipercapnia durante o desmame, uma vez que permite reduzir o trabalho respiratório em cerca de 30 a 40%, garantindo maior conforto ao paciente e permitir um desmame mais

gradual (Sklar *et al.*, 2017). Neste sentido, seria importante estudar o impacto do aumento do dióxido de carbono em animais com este tipo de patologia.

Apenas um animal durante a descontinuação da ventilação apresentou hipocapnia, o que pode estar associado a hiperventilação durante o despertar (Hammond & Muris J., 2016).

A saturação de oxigénio na hemoglobina periférica não variou, permanecendo constante ao longo do tempo. Valores mais baixos, como observado no gráfico 8, no grupo PSV, parecem estar relacionados com o método de medição (pulsioxímetro), encontrando-se o valor próximo do limite inferior que é de 90% (Schauvliege, 2016). Tal como demonstrado por Mair e colaboradores (2020), o local de colocação do pulsioxímetro influencia o nível de saturação de oxigénio. Estratégias como a colocação de uma compressa entre a sonda e a língua para aumentar a área de contacto melhoraram significativamente os valores de SpO<sub>2</sub> em cães saudáveis submetidos a anestesia geral (Mair, Martinez-Taboada & Nitzan, 2017).

A incidência de atelectasia pulmonar não diferiu entre grupos e nenhum dos animais apresentou sinais ecográficos de colapso alveolar, tal como demonstrado nas tabelas 9 e 10. Num estudo realizado por Heejoon e colaboradores (2021) em pacientes adultos, o desmame através da técnica PSV reduziu a incidência de atelectasia em cerca de 42%. No presente estudo, adotaram-se estratégias de proteção pulmonar, nomeadamente através da aplicação de PEEP e limitação da fração inspiratória de oxigénio, o que pode ter contribuído para resultados obtidos.

Em relação ao tempo entre o fim da cirurgia e o retorno à ventilação espontânea, foram observadas diferenças significativas entre os grupos, como demonstrado na tabela 11. No entanto, clinicamente, estas diferenças poderão não ser decisivas na escolha do método de desmame, dado que se trata de um curto intervalo de minutos de diferença (cerca de 4 minutos). Estudos realizados por Heejoon e colaboradores (2021) em Medicina Humana e por Ida e colaboradores (2013) em cavalos obtiveram resultados semelhantes.

A duração entre o fim da cirurgia e o momento da extubação não apresentou diferenças significativas entre os grupos, o que coincide com os resultados obtidos por Heejoon e colaboradores (2021) e os de Ida e colaboradores (2013).

A qualidade do despertar não foi estatisticamente diferente entre as duas técnicas de desmame, não havendo evidência científica sobre este tópico de forma a suportar a afirmação, o que reforça a necessidade de estudos que comparem ambas as técnicas de desmame na qualidade do despertar. De acordo com um estudo realizado por Vermedal, Valverde e Sears (2021) em cavalos, a duração da anestesia e os próprios fármacos utilizados parecem ter um impacto negativo na qualidade do despertar. Para além disso, despertares mais agitados podem

também estar associados às condições do local do recobro, tal como intensa iluminação, ruído e/ou baixas temperaturas (Grubb *et al.*, 2020).

Este estudo apresenta algumas limitações. No que se refere à amostra em estudo, esta foi reduzida, o que pode ter interferido na análise estatística e nos resultados obtidos, especialmente na deteção de pequenas alterações entre grupos. Apesar de todas as cirurgias serem em decúbito dorsal, o operador, a própria cirurgia e a duração da mesma podem ter influência na formação de atelectasia pulmonar. A aplicação de estratégias de proteção pulmonar, tal como limitação da fração inspiratória de oxigénio e aplicação de PEEP até à extubação podem ter contribuído para a ausência de alterações ecográficas. Por fim, o método de diagnóstico utilizado, dado que não corresponde ao *gold-standard* para diagnóstico de atelectasia pulmonar.

Permanece a necessidade de estudos com maior amostra e em animais com maior risco de desenvolverem atelectasia, dado que não se conhece o efeito da pressão de suporte durante o desmame nesses pacientes.

## **Conclusão**

Perante o presente estudo, os resultados obtidos sugerem que a utilização da pressão de suporte para desmame do ventilador após a cirurgia parece prevenir fenômenos de hipercapnia. Embora a duração entre o fim da cirurgia e retorno à ventilação espontânea seja superior através de PSV, clinicamente estas diferenças poderão não interferir na escolha do método de desmame, dado que se trata de um curto intervalo de minutos.

Em relação aos restantes parâmetros hemodinâmicos e ventilatórios em estudo, nomeadamente PAM, FC e SpO<sub>2</sub>, respetivamente, não foram apresentadas diferenças significativas entre os dois métodos, o que suporta que as técnicas de desmame parecem ser semelhantes. A duração até ao momento da extubação e a própria qualidade do despertar também não divergiram.

Em pacientes saudáveis, tal como representado no presente estudo, a hipercapnia não favoreceu o desenvolvimento de colapso alveolar, o que não parece ter grande importância nestes pacientes. No entanto, considerando os efeitos nocivos do dióxido de carbono, pode ser benéfico em pacientes com lesão neurológica a aplicação da pressão de suporte como método de desmame do ventilador.

## Referências bibliográficas

Akoumianaki, E., Vaporidi, K., & Georgopoulos, D. (2019). The Injurious Effects of Elevated or Nonelevated Respiratory Rate during Mechanical Ventilation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 199(2), 149–157. <https://doi.org/10.1164/rccm.201804-0726CI>

Álvarez, A., & Cid, J. (2003). Programación de la ventilación mecánica. *Anales de Pediatría*, 59(1), 59–81.

Araos, J., Cruces, P., Martin-Flores, M., Donati, P., Gleed, R. D., Boullhesen-Williams, T., ... Hurtado, D. E. (2022). Distribution and Magnitude of Regional Volumetric Lung Strain and Its Modification by PEEP in Healthy Anesthetized and Mechanically Ventilated Dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 1–12. <https://doi.org/10.3389/FVETS.2022.839406>

Asorey, I., Pellegrini, L., Canfrán, S., Ortiz-Díez, G., & Aguado, D. (2020). Factors affecting respiratory system compliance in anaesthetised mechanically ventilated healthy dogs: a retrospective study. *Journal of Small Animal Practice*, 61, 617–623. <https://doi.org/10.1111/jsap.13194>

Aspinall, V., & Cappello, M. (2015). Respiratory system. In *Introduction to Veterinary Anatomy and Physiology Textbook* (3rd ed., pp. 91–98). Elsevier.

Bailey, J. M. (2021). Management of Patient–Ventilator Asynchrony. *This Month in Anesthesiology*, 134(4), 629–665. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003704>

Ball, L., Dameri, M., & Pelosi, P. (2015). Modes of mechanical ventilation for the operating room. *Best Practice and Research: Clinical Anaesthesiology*, 29(3), 1–20. <https://doi.org/10.1016/J.BPA.2015.08.003>

Baquero, A. M. (2018). Fisiología respiratoria relacionada con la ventilación mecánica. In J. Pino (Ed.), *Manual de Ventilación Mecánica en Pequeños animales* (1st ed., pp. 1–17). Multimédica.

Beitler, J. R., Malhotra, A., & Thompson, B. T. (2016). Ventilator-induced Lung Injury. *Clinics in Chest Medicine*, 37(4), 1–14. <https://doi.org/10.1016/J.CCM.2016.07.004>

Bellani, G., Laffey, J. G., Pham, T., Fan, E., Brochard, L., Esteban, A., ... Pesenti, A. (2016). Epidemiology, Patterns of Care, and Mortality for Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome in Intensive Care Units in 50 Countries. *The Journal of the American Medical Association*, 315(8), 788–800. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2016.0291>

Bigatello, L., & Ostberg, E. (2021). Pursuing the Importance of Postoperative Atelectasis. *Anesthesiology*, 135(6), 943–944. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000004045>

Bouhemad, B., Brisson, H., Le-Guen, M., Arbelot, C., Lu, Q., & Rouby, J. J. (2011). Bedside ultrasound assessment of positive end-expiratory pressure-induced lung recruitment. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 183(3), 341–347. <https://doi.org/10.1164/rccm.201003-0369OC>

Bumbacher, S., Schramel, J. P., & Mosing, M. (2017). Evaluation of three tidal volumes (10, 12 and 15 mL/kg) in dogs for controlled mechanical ventilation assessed by volumetric capnography: a randomized clinical trial. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*, 44(4), 775–784.

Chambers, D., Huang, C., & Matthews, G. (2019). Respiratory Physiology. In D. Chambers, C. Huang, & G. Matthews (Eds.), *Basic Physiology for Anesthetists* (2nd ed., pp. 21–107). Cambridge University Press.

Chiumello, D., Pelosi, P., Taccone, P., Slutsky, A., & Gattinoni, L. (2003). Effect of different inspiratory rise time and cycling off criteria during pressure support ventilation in patients recovering from acute lung injury. *Critical Care Medicine*, 31(11), 2604–2610. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000089939.11032.36>

Chong, D., Kayser, S., Szakmar, E., Morley, C. J., & Belteki, G. (2020). Effect of pressure rise time on ventilator parameters and gas exchange during neonatal ventilation. *Pediatric Pulmonology*, 55(5), 1131–1138. <https://doi.org/10.1002/PPUL.24724>

Chowdhuri, S., & Badr, M. S. (2017). Control of Ventilation in Health and Disease. *CHEST*, 151(4), 5–9. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2016.12.002>

Clare, M., & Hopper, K. (2005). Mechanical Ventilation: Indications, Goals, and Prognosis. *Compendium*, 27(3), 195–206.

Colville, T. (2016). The Respiratory System. In T. Colville & J. Bassert (Eds.), *Clinical Anatomy and Physiology for Veterinary Technicians* (3rd ed., p. 375). Elsevier.

Davis, D. P., Idris, A. H., Sise, M. J., Kennedy, F., Eastman, A. B., Velky, T., Vilke, G. M., & Hoyt, D. B. (2006). Early ventilation and outcome in patients with moderate to severe traumatic brain injury. *Critical Care Medicine*, 34(4), 1202–1208. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000208359.74623.1C>

De Monte, V., Bufalari, A., Grasso, S., Ferrulli, F., Crovace, A. M., & Staffieri, F. (2018). Respiratory effects of low versus high tidal volume with or without positive end-expiratory pressure in anesthetized dogs with healthy lungs. *American Journal of Veterinary Research*, 79(5), 496–504.

Deng, R. M., Liu, Y. C., Li, J. Q., Xu, J. G., & Chen, G. (2020). The role of carbon dioxide in acute brain injury. In *Medical Gas Research* (Vol. 10, Issue 2, pp. 81–84). <https://doi.org/10.4103/2045-9912.285561>

Devaquet, J., Jonson, B., Niklason, L., Larbi, A.-G. S., Uttman, L., Aboab, J., & Brochard, L. (2008). Effects of inspiratory pause on CO<sub>2</sub> elimination and arterial PCO<sub>2</sub> in acute lung injury. *Journal of Applied Physiology*, 105, 1944–1949. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90682.2008.-A>

Donaldson, R. E., & Barfield, D. (2020). Quality of life following mechanical ventilation in dogs and cats. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 30(6), 1–4. <https://doi.org/10.1111/VEC.13002>

Donati, P. (2020). Injuria pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI) y controversias en la selección del volumen tidal. In P. Donati & M. Lavalle (Eds.), *Ventilación mecánica en Medicina Veterinaria* (1st ed., pp. 102–110). Inter-Médica.

Donati, P., Gogniat, E., Madorno, M., Guevara, J., Guillemi, E., Lavalle, M., ... Rodriguez, P. (2018). Sizing the lung in dogs: the inspiratory capacity defines the tidal volume. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, 30(2), 144–152. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20180028>

Donati, P., & Julian, N. (2020). Suspensión de la ventilación mecánica. In P. Donati & M. Lavalle (Eds.), *Ventilación mecánica en medicina veterinaria* (1st ed., pp. 177–181). Inter-Médica.

Donati, P., & Magnano, F. (2020). Maniobras de reclutamiento alveolar y titulación de presión positiva al final de la espiración (PEEP). In P. Donati & M. Lavalle (Eds.), *Ventilación mecánica en medicina veterinaria* (1st ed., pp. 112–120). Inter-Médica.

Donati, P., & Plotnikow, G. (2020). Modos ventilatorios. In P. Donati & M. Lavalle (Eds.), *Ventilación mecánica en medicina veterinaria* (1st ed., pp. 61–73). Inter-Médica.

Donati, P., Plotnikow, G., Benavides, G., Belerenian, G., Jensen, M., & Londoño, L. (2019). Tidal volume in mechanically ventilated dogs: can human strategies be extrapolated to veterinary patients? *Journal of Veterinary Science*, 20(3), 1–8. <https://doi.org/10.4142/jvs.2019.20.e21>

Dugdale, A. (2007). The ins and outs of ventilation 2. Mechanical ventilators. *In Practice*, 29(5), 272–282. <https://doi.org/10.1136/INPRACT.29.5.272>

Edwards, R. M., Godwin, J. D., Hippe, D. S., & Kicska, G. (2016). A Quantitative Approach to Distinguish Pneumonia from Atelectasis Using Computed Tomography Attenuation. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 40(5), 746–751. <https://doi.org/10.1097/RCT.0000000000000438>

Egger, C. (2016). Anaesthetic complications, accidents, and emergencies. In T. Duke-Novakovski, M. de-Vries, & C. Seymour (Eds.), *BSAVA Manual of Canine and Feline Anesthesia and Analgesia* (3rd ed., pp. 428–444). British Small Animal Veterinary Association.

Esteban, A., Frutos-Vivar, F., Muriel, A., Ferguson, N. D., Peñuelas, O., Abreira, V., ... Anzueto, A. (2013). Evolution of mortality over time in patients receiving mechanical ventilation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 188(2), 220–230. <https://doi.org/10.1164/RCCM.201212-2169OC>

Fantoni T., D., Ida K., K., Soares N. H., J., & Ambrosio M., A. (2022). Editorial: Mechanical ventilation in anesthesia and critical care small animal patients. *Frontiers in Veterinary Science*, 1–2. <https://doi.org/10.1213/00000539-199809000-00031>

Frazier, S. K. (2008). Cardiovascular Effects of Mechanical Ventilation and Weaning. *Nursing Clinics of North America*, 43(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/J.CNUR.2007.10.001>

García, R. E. (2022). Anestesia general. In R. E. García, S. V. Nussio, M. M. Fernández, & M. F. Taboada (Eds.), *Manual de Anestesia y Analgesia de pequeños animales* (2nd ed., pp. 55–65). Edra.

Garnero, A. J., Abbona, H., Gordo-Vidal, F., & Hermosa-Gelbard, C. (2013). Pressure versus volume-controlled modes in invasive mechanical ventilation. *Medicina Intensiva*, 37(4), 292–298. <https://doi.org/10.1016/J.MEDIN.2012.10.007>

Gattinoni, L., Quintel, M., & Marini, J. J. (2018). Volutrauma and atelectrauma: which is worse? Volutrauma and atelectrauma: the physical basis. *Critical Care*, 22(264), 1–3. <https://doi.org/10.1186/s13054-018-2199-2>

Girard, T. D., Kress, J. P., Fuchs, B. D., Thomason, J. W., Schweickert, W. D., Pun, B. T., ... Ely, E. W. (2008). Efficacy and safety of a paired sedation and ventilator weaning protocol for mechanically ventilated patients in intensive care (Awakening and Breathing Controlled trial): a randomised controlled trial. *The Lancet*, *371*(9607), 126–134. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60105-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60105-1)

Grasso, S., Mascia, L., & Ranieri, V. M. (2009). Respiratory Care. In D. R. Miller, I. L. Eriksson, A. L. Fleisher, P. J. Wiener-Kronish, & L. W. Young (Eds.), *Miller's Anesthesia* (7th ed., Vol. 1, pp. 2879–2897). Churchill Livingstone Elsevier.

Grubb, T., Sager, J., Gaynor, J. S., Montgomery, E., Parker, J. A., Shafford, H., & Tearney, C. (2020). 2020 AAHA Anesthesia and Monitoring Guidelines for Dogs and Cats\*. *Journal of the American Animal Hospital Association*, *56*(2), 59–82. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-7055>

Hajjar, W. M., Eldawlatly, A., Alnassar, S. A., Ahmed, I., Alghamedi, A., Shakoor, Z., Alrikabi, A. C., Hajjar, A. W., & Ahmad, A. E. (2021). The effect of low versus high tidal volume ventilation on inflammatory markers in animal model undergoing lung ventilation: A prospective study. *Saudi Journal of Anaesthesia*, *15*, 1–6. [https://doi.org/10.4103/sja.SJA\\_650\\_20](https://doi.org/10.4103/sja.SJA_650_20)

Hamilton-Farrell, M., & Bhattacharyya, A. (2004). Barotrauma. *International Journal of the Care of the Injured*, *35*(4), 359–370. <https://doi.org/10.1016/J.INJURY.2003.08.020>

Hammond, R., & Muris J., P. (2016). Automatic ventilators. In T. Duke-Novakovski, M. de Vries, & C. Seymour (Eds.), *BSAVA Manual of Canine and Feline Anaesthesia and Analgesia* (3rd ed., pp. 65–76). British Small Animal Veterinary Association.

Hansell, L., Milross, M., Delaney, A., Tian, D. H., & Ntoumenopoulos, G. (2021). Lung ultrasound has greater accuracy than conventional respiratory assessment tools for the diagnosis of pleural effusion, lung consolidation and collapse; systematic review. *Journal of Physiotherapy*, *67*, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2020.12.002>

Haskins, S. (2015). Monitoring Anesthetized Patients. In A. K. Grimm, A. L. Lamont, J. W. Tranquilli, A. S. Greene, & A. S. Robertson (Eds.), *Veterinary Anesthesia and Analgesia* (5th ed., pp. 100–104). Wiley Blackwell.

Hayes, G. M. (2009). Severe seizures associated with traumatic brain injury managed by controlled hypothermia, pharmacologic coma, and mechanical ventilation in a dog: Case report. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 19(6), 629–634. <https://doi.org/10.1111/J.1476-4431.2009.00478.X>

Hazra, A., & Gogtay, N. (2016). Biostatistics Series Module 3: Comparing Groups: Numerical Variables. *Indian Journal of Dermatology*, 61(3), 251–260.

Hedenstierna, G. (2009). Respiratory Physiology. In D. R. Miller, I. L. Eriksson, A. L. Fleisher, P. J. Wiener-Kronish, & L. W. Young (Eds.), *Miller's Anesthesia* (7th ed., Vol. 1, pp. 361–386). Churchill Livingstone Elsevier.

Hedenstierna, G., & Edmark, L. (2015). Effects of anesthesia on the respiratory system. *Best Practice & Research. Clinical Anaesthesiology*, 29(3), 273–284. <https://doi.org/10.1016/J.BPA.2015.08.008>

Hedenstierna, G., & Rothen, H. U. (2012). Respiratory function during anesthesia: Effects on gas exchange. *American Physiological Society*, 2, 69–96. <https://doi.org/10.1002/CPHY.C080111>

Heejoon, J., Pisipitayasaree, T., Hyun, J. A., Mikyung, Y., Jie, A. K., Hyeon, Y., & Woojin, K. (2021). Pressure Support versus Spontaneous Ventilation during Anesthetic Emergence - Effect on Postoperative Atelectasis: A Randomized Controlled Trial. *Anesthesiology*, 135(6), 1004–1014. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003997>

Herrington, B. A., Thrall, S. F., Mann, L. M., Tymko, M. M., & Day, T. A. (2019). The effect of steady-state CO<sub>2</sub> on regional brain blood flow responses to increases in blood pressure via the cold pressor test. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 222, 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.AUTNEU.2019.102581>

Hess, D. (2001). Ventilator modes used in weaning. *CHEST*, 120(6), 474S-476S. [https://doi.org/10.1378/CHEST.120.6\\_SUPPL.474S](https://doi.org/10.1378/CHEST.120.6_SUPPL.474S)

Hess, D., & Kacmarek, R. (2018a). Initial Settings for Mechanical Ventilation. In *Essentials of Mechanical Ventilation* (4th ed., pp. 144–149). McGraw-Hill Education.

Hess, D., & Kacmarek, R. (2018b). Ventilator Liberation. In D. Hess & R. Kacmarek (Eds.), *Essentials of Mechanical Ventilation* (4th ed., pp. 164–174). McGraw-Hill Education.

Hess, D. R. (2005). Ventilator Waveforms and the Physiology of Pressure Support Ventilation. *Journal of Respiratory Care*, 50(2), 166–183.

Hetzer, S., Dittmann, F., Bormann, K., Hirsch, S., Lipp, A., Wang, D. J. J., Braun, J., & Sack, I. (2019). Hypercapnia increases brain viscoelasticity. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 39(12), 2445–2455. <https://doi.org/10.1177/0271678X18799241>

Hopper, K. (2009a). Basic Mechanical Ventilation. In D. Silverstein & K. Hopper (Eds.), *Small Animal Critical Care Medicine* (2nd ed., pp. 161–165). Elsevier.

Hopper, K. (2009b). Discontinuing Mechanical Ventilation. In D. Silverstein & K. Hopper (Eds.), *Small Animal Critical Care Medicine* (2nd ed., pp. 190–194). Elsevier.

Hopper, K., Haskins, S., Kass, P., Rezende, M., & Aldrich, J. (2007). Indications, management, and outcome of long-term positive-pressure ventilation in dogs and cats: 148 cases (1990–2001). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 203(1), 64–75.

Hopper, K., & Powell, L. L. (2013). Basics of mechanical ventilation for dogs and cats. *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice*, 43(4), 955–969. <https://doi.org/10.1016/J.CVSM.2013.03.009>

Ida, K. K., Fantoni, D. T., Souto, M. T. M. R., Otsuki, D. A., Zoppa, A. L. V., Silva, L. C. L. C., & Ambrósio, A. M. (2013). Effect of pressure support ventilation during weaning on

ventilation and oxygenation indices in healthy horses recovering from general anesthesia. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 40(4), 339–350. <https://doi.org/10.1111/VAA.12041>

Klein. (2021a). Controle da Ventilação. In B. Klein (Ed.), *Tratado de Fisiologia Veterinária* (6th ed., pp. 1842–1865). Elsevier.

Klein. (2021b). Fluxo sanguíneo pulmonar. In B. G. Klein (Ed.), *Tratado de Fisiologia Veterinária* (6th ed., pp. 1758–1772). Elsevier.

Klein. (2021c). Síntese da Função Respiratória: Ventilação do pulmão. In B. G. Klein (Ed.), *Tratado de Fisiologia Veterinária* (6th ed., pp. 1721–1756). Elsevier.

Klein, B. G. (2021d). Função respiratória. In *Tratado de Fisiologia Veterinária* (6th ed., pp. 1723–1860). Elsevier.

Kleine, S., Hofmeister, E., & Egan, K. (2014). Multivariable analysis of anesthetic factors associated with time to extubation in dogs. *Research in Veterinary Science*, 97(3), 592–596. <https://doi.org/10.1016/J.RVSC.2014.09.009>

König, H. E., & Liebich, H.-G. (2020). Sistema Respiratório. In H. E. König & H.-G. Liebich (Eds.), *Anatomia dos Animais Domésticos* (6th ed., pp. 377–398). ArtMed.

Lisciandro, R. G. (2017). Vet BLUE® Lung Ultrasound in Small Animals - The New Way to Do Respiratory Distress. In *Southwest Veterinary Symposium* (pp. 1–9).

López-Herrera, D., & De La Matta, M. (2022). Influence of the end inspiratory pause on respiratory mechanics and tidal gas distribution of surgical patients ventilated under a tailored open lung approach strategy: A randomised, crossover trial. *Anaesthesia Critical Care and Pain Medicine*, 41(2), 1–7. <https://doi.org/10.1016/J.ACCPM.2022.101038>

Magnusson, L. (2010). Role of spontaneous and assisted ventilation during general anaesthesia. *Best Practice and Research: Clinical Anaesthesiology*, 24(2), 243–252. <https://doi.org/10.1016/J.BPA.2010.02.008>

Mair, A., Ferreira, J., Ricco, C., & Nitzan, M. (2020). Appraisal of the “penumbra effect” using lingual pulse oximetry in anaesthetized dogs and cats. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 47(2), 177–182. <https://doi.org/10.1016/J.VAA.2019.08.050>

Mair, A., Martinez-Taboada, F., & Nitzan, M. (2017). Effect of lingual gauze swab placement on pulse oximeter readings in anaesthetised dogs and cats. *Veterinary Record*, 180(2). <https://doi.org/10.1136/VR.103861>

Martin-Flores, M., Cannarozzo, C. J., Tseng, C. T., Lorenzutti, A. M., Araos, J. D., Harvey, H. J., Gleed, R. D., & Campoy, L. (2020). Postoperative oxygenation in healthy dogs following mechanical ventilation with fractions of inspired oxygen of 0.4 or >0.9. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 47(3), 295–300. <https://doi.org/10.1016/J.VAA.2020.01.002>

McDonnell, N. W., & Kerr, L. C. (2015). Physiology, Pathophysiology, and Anesthetic Management of Patients with Respiratory Disease. In K. A. Grimm, L. A. Lamont, W. J. Tranquilli, S. A. Greene, & S. A. Robertson (Eds.), *Veterinary Anesthesia and Analgesia* (5th ed., pp. 513–524). Wiley Blackwell.

Mellado, B. E. (2018). Ecografía pulmonar en ventilación mecánica. In J. Pino (Ed.), *Manual de ventilación mecánica en pequeños animales* (pp. 147–153). Multimédica.

Mellema, M. S. (2013). Ventilator waveforms. *Topics in Companion Animal Medicine*, 28(3), 112–123. <https://doi.org/10.1053/J.TCAM.2013.04.001>

Miskovic, A., & Lumb, A. B. (2017). Postoperative pulmonary complications. *British Journal of Anaesthesia*, 118(3), 317–334. <https://doi.org/10.1093/bja/aex002>

Mosing, M. (2016). General principles of perioperative care. In T. Duke-Novakovski, M. de Vries, & C. Seymour (Eds.), *BSAVA Manual of Canine and Feline Anesthesia and Analgesia* (3rd ed., pp. 13–23). British Small Animal Veterinary Association.

Oliveira, M. A., Lino-Alvarado, A. E., Moriya, H. T., & Vitorasso, R. L. (2021). Drug class effects on respiratory mechanics in animal models: access and applications. *Experimental Biology and Medicine*, 246(9), 1094–1103. <https://doi.org/10.1177/1535370221993095>

Pang, S. J. D. (2016). Inhalant anaesthetic agents. In T. Duke-Novakovski, M. de-Vries, & C. Seymour (Eds.), *BSAVA Manual of Canine and Feline Anesthesia and Analgesia* (3rd ed., pp. 207–213). British Small Animal Veterinary Association.

Papastefanou, A., & Rioja, E. (2023). Severe Hypercapnia during Anaesthesia under Mechanical Ventilation in Two Paediatric Patients. *Animals*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/ani13040663>

Pearson, S. D., Koyner, J. L., & Patel, B. K. (2022). Management of Respiratory Failure - Ventilator Management 101 and Noninvasive Ventilation. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 17(4), 572–580. <https://doi.org/10.2215/CJN.13091021>

Pham, T., Brochard, L. J., & Slutsky, A. S. (2017). Mechanical Ventilation: State of the Art. *Mayo Clinic Proceedings*, 92(9), 1395. <https://doi.org/10.1016/J.MAYOCP.2017.05.004>

Pino, J. (2018a). Complicaciones en ventilación mecánica. In J. Pino (Ed.), *Manual de ventilación mecánica en pequeños animales* (pp. 141–145). MultiméDica.

Pino, J. (2018b). Manejo de la PEEP y reclutamiento alveolar . In J. Pino (Ed.), *Manual de Ventilación Mecánica en Pequeños Animales* (pp. 75–90). MultiméDica.

Pino, J. (2018c). Modos ventilatorios. In J. Pino (Ed.), *Manual de ventilación mecánica en pequeños animales* (pp. 37–47). MultiMéDica.

Pino M., J. (2018). Programación del respirador. In J. Pino (Ed.), *Manual de Ventilación Mecánica en Pequeños Animales* (pp. 65–74). MultiméDica.

Plantier, L., Cazes, A., Dinh-Xuan, A.-T., Bancal, C., Marchand-Adam, S., & Crestani, B. (2018). Physiology of the lung in idiopathic pulmonary fibrosis. *European Respiratory Society*, 27(147), 1–10. <https://doi.org/10.1183/16000617.0062-2017>

Raidal, S. L., Catanchin, M., Sacks, Muriel, Carstens, A., Quinn, C., & Mosing, M. (2023). Effects of 2 modes of positive pressure ventilation on respiratory mechanics and gas exchange in foals. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 37, 1233–1242. <https://doi.org/10.1111/jvim.16651>

Riveiro, L. J. (2021). Ecografía pulmonar en Ventilación Mecánica. *Consulta de Difusión Veterinaria*, 29(279), 55–65.

Schauvliege, S. (2016). Patient monitoring and monitoring equipment. In T. Duke-Novakovski, M. de-Vries, & C. Seymour (Eds.), *BSAVA Manual of Canine and Feline Anesthesia and Analgesia* (3rd ed., pp. 77–96). British Small Animal Veterinary Association.

Schranz, C., Becher, T., Schädler, D., Weiler, N., & Möller, K. (2014). Model-based setting of inspiratory pressure and respiratory rate in pressure-controlled ventilation. *Physiological Measurement*, 35(3), 383–397. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/35/3/383>

Şenay, H., Sivacı, R., Kokulu, S., Koca, B., Bakı, E. D., & Ela, Y. (2016). The Effect of Pressure-Controlled Ventilation and Volume-Controlled Ventilation in Prone Position on Pulmonary Mechanics and Inflammatory Markers. *Inflammation*, 39(4). <https://doi.org/10.1007/S10753-016-0379-2>

Silva, P. L., Ball, L., Rocco, P. R. M., & Pelosi, P. (2022). Physiological and Pathophysiological Consequences of Mechanical Ventilation. *Respiratory and Critical Care Medicine*, 43(3), 321–334. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1744447>

Singer, B. D., & Corbridge, T. C. (2009). Basic invasive mechanical ventilation. *Southern Medical Journal*, 102(12), 1238–1245. <https://doi.org/10.1097/SMJ.0B013E3181BFAC4F>

Sklar, M. C., Burns, K., Rittayamai, N., Lanys, A., Rauseo, M., Chen, L., ... Friedrich, J. O. (2017). Effort to breathe with various spontaneous breathing trial techniques. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 195(11), 1477–1485. <https://doi.org/10.1164/RCCM.201607-1338OC>

Smart, L. (2009). Ventilator induced lung injury. In D. Silverstein & K. Hopper (Eds.), *Small Animal Critical Care Medicine* (2nd ed., pp. 194–197). Elsevier.

Staffieri, F., Franchini, D., Carella, G. L., Montanaro, M. G., Valentini, V., Driessen, B., Grasso, S., & Crovace, A. (2007). Computed tomographic analysis of the effects of two inspired oxygen concentrations on pulmonary aeration in anesthetized and mechanically ventilated dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 68(9), 925–931. <https://doi.org/10.2460/AJVR.68.9.925>

Taboada M., F. (2022). Ventilación mecánica. In E. García R., V. Nussio S., M. Fernández M., & F. Taboada M. (Eds.), *Manual de Anestesia y Analgesia de pequeños animales* (2nd ed., pp. 159–165). Edra.

Tobin, M. J. (2001). Advances in Mechanical Ventilation. *New England Journal of Medicine*, 344(26), 1986–1996. <https://doi.org/10.1056/NEJM200106283442606>

Van Kaam, A. H., Lachmann, R. A., Herting, E., De Jaegere, A., Van Iwaarden, F., Noorduyn, L. A., ... Lachmann, B. (2004). Reducing Atelectasis Attenuates Bacterial Growth and Translocation in Experimental Pneumonia. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 169, 1046–1053. <https://doi.org/10.1164/rccm.200312-1779OC>

VanPutte, C., Regan, J., & Russo, A. (2016). Sistema respiratório. In *Anatomia e Fisiologia de Seeley* (10th ed., pp. 812–848). ArtMed.

Vermedal, H., Valverde, A., & Sears, W. (2021). Effect of anesthesia duration on the quality of recovery in horses undergoing elective and emergency surgeries using the same anesthetic protocol. *The Canadian Journal of Veterinary Research*, 85, 193–200.

Wakabayashi, K., Wilson, M. R., Tatham, K. C., Freca, M., Kieran, O’dea, P., & Takata, M. (2014). Volutrauma, but not atelectrauma, induces systemic cytokine production by lung-marginated monocytes. *Critical Care Medicine*, 42(1), 49–57.

Walter, J. M., Corbridge, T. C., & Singer, B. D. (2018). Invasive Mechanical Ventilation. *Southern Medical Journal*, 111(12), 746–753.  
<https://doi.org/10.14423/SMJ.00000000000000905>

Wolfe, K. L., & Hofmeister, E. H. (2021). Scoping review of quality of anaesthetic induction and recovery scales used for dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 48(6), 823–840.

Yu, X., Zhai, Z., Zhao, Y., Zhu, Z., Tong, J., Yan, J., & Ouyang, W. (2016). Performance of Lung Ultrasound in Detecting Peri-Operative Atelectasis after General Anesthesia. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 42(12), 1–10.  
<https://doi.org/10.1016/J.ULTRASMEDBIO.2016.06.010>

# Apêndices

## Apêndice A

Ficha individual de monitorização anestésica

### Informação clínica do animal:

Nome	Idade	Raça	Peso	CC (1 a 9)	Temperamento	ASA

Procedimento cirúrgico: \_\_\_\_\_.

### Exames complementares no período pré-cirúrgico:

Exame complementar	Realizado?	Alterações observadas
Ecografia torácica (através do protocolo <i>VetBLUE</i> ®)		

### Pré-medicação:

Fármaco	Via de administração	Dose

### Indução:

Fármaco	Via de administração	Dose

### Monitorização no período intra-cirúrgico:

Parâmetros ventilatórios de referência	Parâmetros usados
Fração inspiratória de oxigénio	pelo menos, 50%
Volume Tidal	10-15 ml/Kg
Frequência respiratória	manter EtCO <sub>2</sub> entre 35-45 mmHg
Relação inspiração: expiração	1:2
Pressão positiva no final da expiração (PEEP)	4 cmH <sub>2</sub> O

### Monitorização antes do início da ventilação mecânica (T1):

FC	FR	SPO <sub>2</sub>	Temperatura	ETCO <sub>2</sub>	PANI

### Motivo para iniciar a ventilação mecânica:

- A. Hipóxia      B. Hipercapnia      C. Apneia      D. Bloqueadores neuromusculares

**Parâmetros ventilatórios durante o procedimento cirúrgico:**

VC	FiO <sub>2</sub>	FR	Tempo de pausa insp.	P <sub>plateau</sub>	Driving pressure

**Monitorização no fim da cirurgia:**

FC	FR	SPO <sub>2</sub>	Temperatura	ETCO <sub>2</sub>	PANI

**Resgate anestésico durante cirurgia?** Sim / Não    **Se sim** → Fármaco e dose \_\_\_\_\_.

**Técnica de ventilação no desmame do ventilador após a cirurgia:**

- A. Ventilação por pressão de suporte                      B. Ventilação espontânea

**Monitorização no início da ventilação espontânea (T2):**

FC	FR	SPO <sub>2</sub>	Temperatura	ETCO <sub>2</sub>	PANI

**Tempo decorrente entre o fim da cirurgia e o início da ventilação espontânea:** \_\_\_\_\_.

**Tempo decorrente entre o fim da cirurgia e o momento da extubação:** \_\_\_\_\_.

**Tempo cirúrgico (desde a primeira incisão até ao encerramento do último ponto):** \_\_\_\_\_.

**Classificação da qualidade do despertar:**

- A. Suave                      B. Agitado                      C. Delírio

**Presença de náusea ou vômito?** Sim / Não

**Exames complementares uma hora (1h) após o término do procedimento cirúrgico:**

<b>Ecografia torácica</b> (através do protocolo <i>VetBLUE</i> <sup>®</sup> )	<u>Comentários:</u>
--	---------------------

**Exame físico no recobro:**

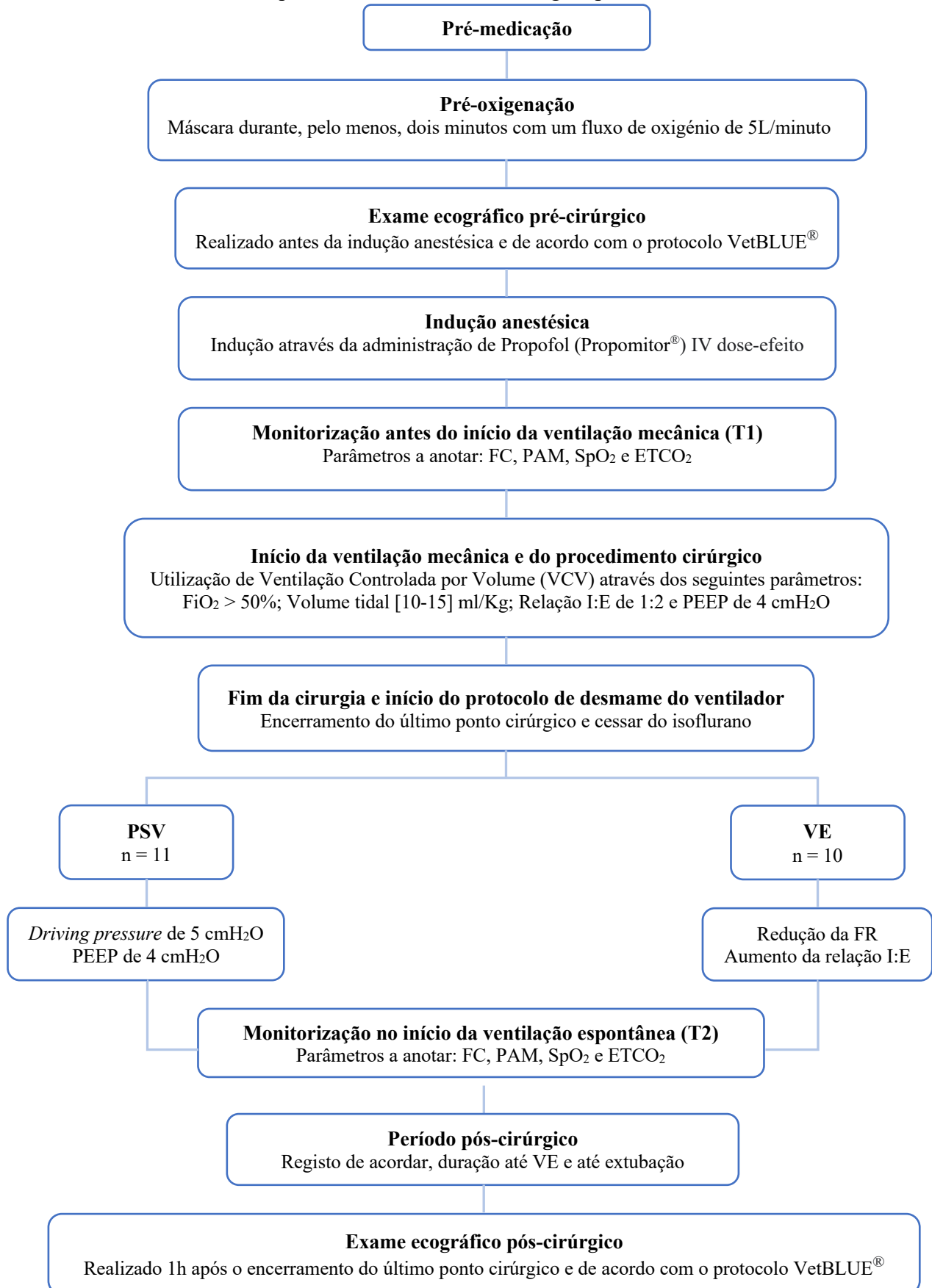
Temperatura	
Estado mental	
Hidratação	

Mucosas	
TRC	
Freq. respiratória	

Freq. cardíaca	
Pulso	
PANI	

## Apêndice B

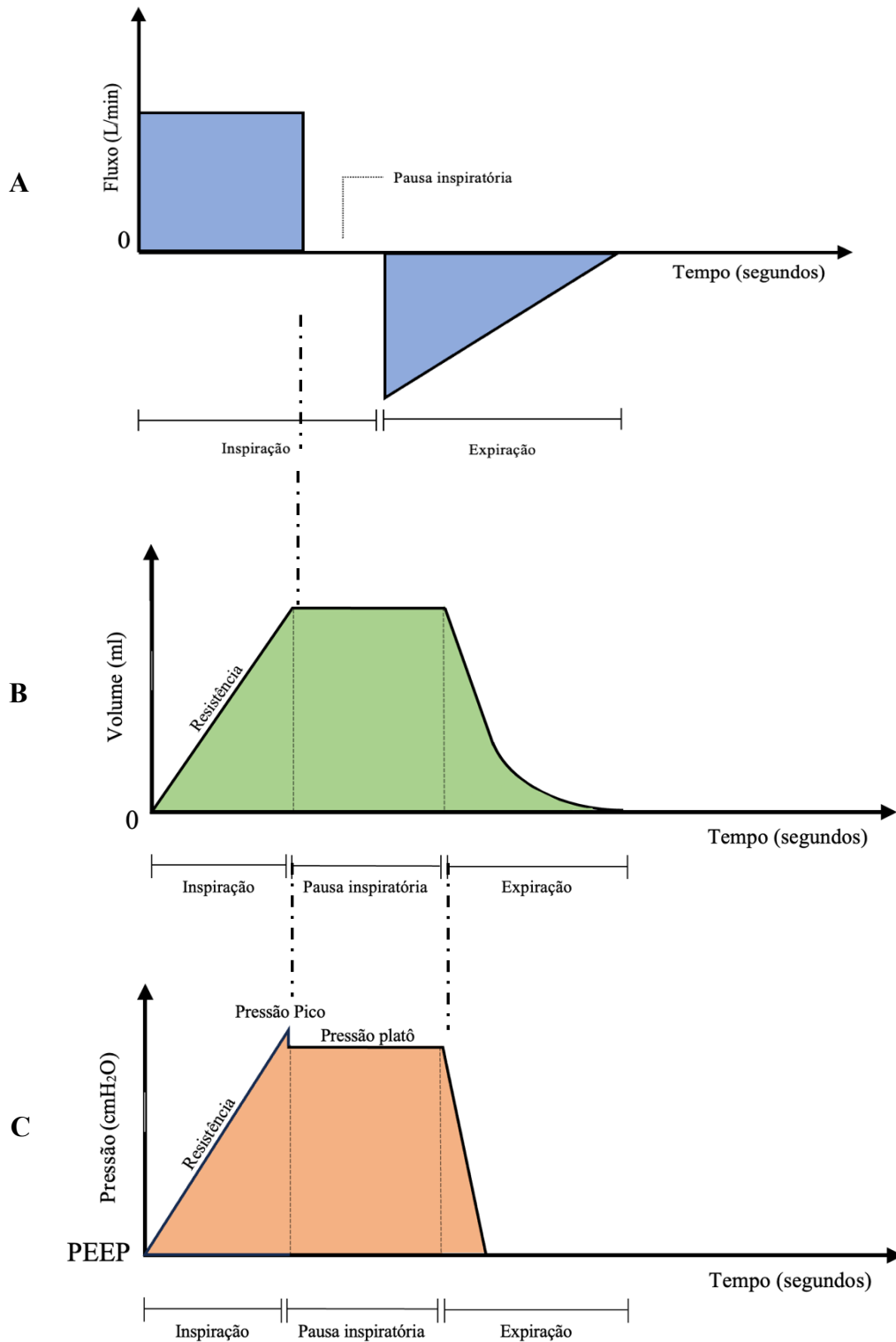
Esquema sumativo da metodologia aplicada no estudo



# Anexos

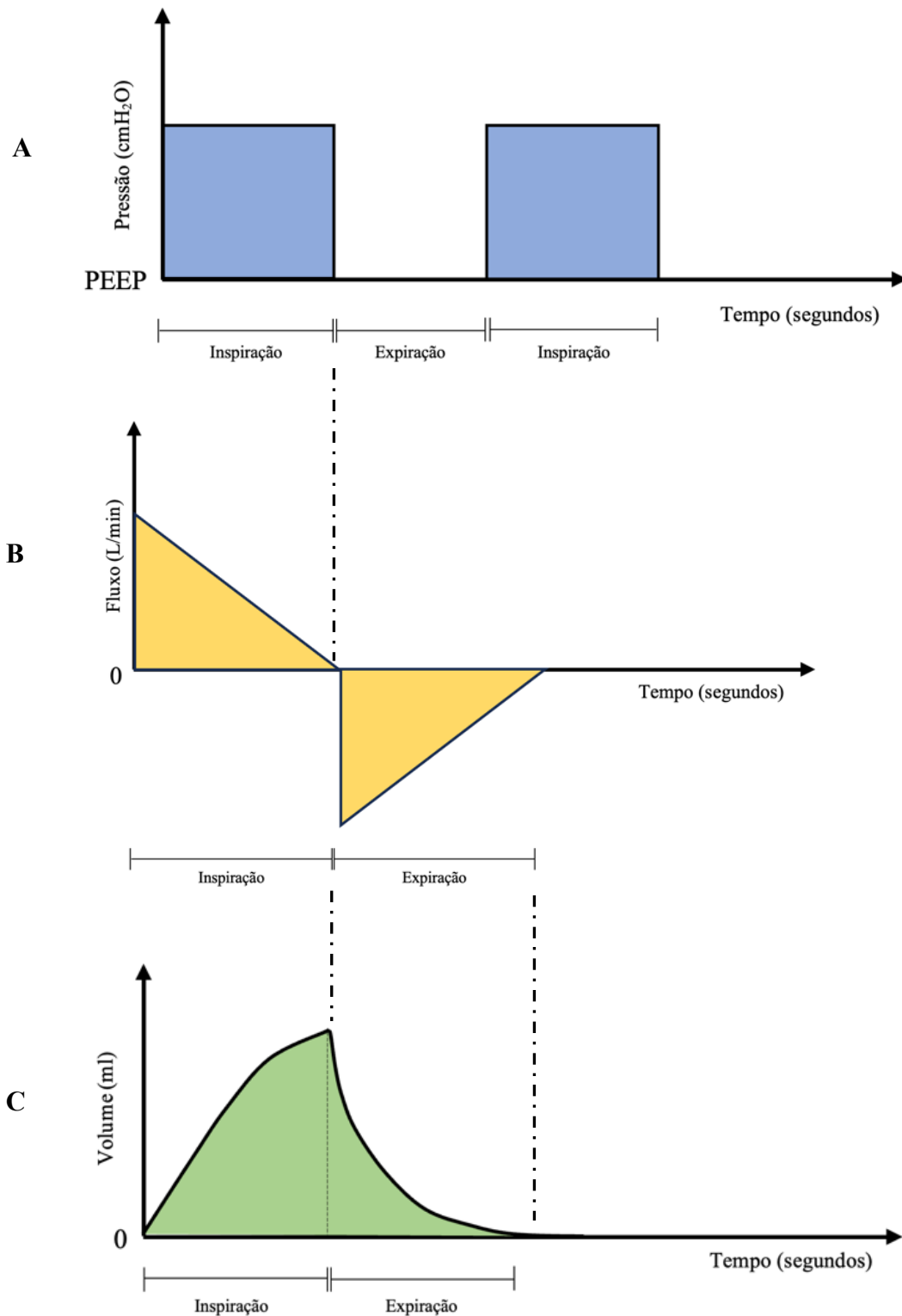
## Anexo A

Representação gráfica da ventilação controlada por volume em função de fluxo (A), volume (B) e pressão (C). PEEP: Pressão positiva no fim da expiração (Adaptado de Taboada, 2022).



## Anexo B

Representação gráfica da ventilação controlada por pressão em função de pressão (A), fluxo (B) e volume (C). PEEP: Pressão positiva no fim da expiração (Adaptado de Taboada, 2022).



## Anexo C

Representação gráfica da ventilação por pressão de suporte em função de pressão (A), fluxo (B) e volume (C). P: Esforço realizado pelo paciente representado pelo triângulo cor-de-laranja; PEEP: Pressão positiva no fim da expiração (Adaptado de Singer & Corbridge, 2009).

