



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM

ENGENHARIA MECÂNICA

**“Influência da pressão negativa e do nível de inserção da sonda na
aspiração do trato respiratório inferior sobre a impedância
elétrica pulmonar, mecânica respiratória e variáveis clínicas”**

Shirley Lima Campos

Belo Horizonte (MG), 30 de março de 2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

SHIRLEY LIMA CAMPOS

**“Influência da pressão negativa e do nível de inserção da sonda na
aspiração do trato respiratório inferior sobre a impedância
elétrica pulmonar, mecânica respiratória e variáveis clínicas”**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Bioengenharia

Orientador: Prof. Dr. Marcos Pinotti Barbosa

UFMG/DEMEC

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2010



Universidade Federal de Minas Gerais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha - 31.270-901 - Belo Horizonte – MG
Tel.: +55 31 3409-5145 - Fax: +55 31 3443-3783
www.demec.ufmg.br - E-mail: cpgeom@demec.ufmg.br

**“Influência da pressão negativa e do nível de inserção da sonda na
aspiração do trato respiratório inferior sobre a impedância
elétrica pulmonar, mecânica respiratória e variáveis clínicas”**

SHIRLEY LIMA CAMPOS

Tese defendida e aprovada em 30 de março de 2010, pela Banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de "**Doutora em Engenharia Mecânica**", na área de concentração de "**Bioengenharia**".

Prof. Dr. Marcos Pinotti Barbosa (UFMG/DEMEC) - Orientador

Prof. Dr. Roberto Márcio de Andrade (UFMG/DEMEC) - Examinador

Prof. Dr. Ricardo Luiz Utsch de Freitas Pinto (UFMG/DEMEC) - Examinador

Prof. Dr. Raúl González Lima (USP/ESCOLA POLITÉCNICA) - Examinador

Prof. Dra. Márcia Souza Volpe (UFTM/CURSO DE FISIOTERAPIA) – Examinadora

*Dedico aos meus pais, Sérgio e Elione Campos e
à minha irmã querida, Andrielly Campos.*

AGRADECIMENTOS

Parte I

Diante desta odisséia e aventura no mundo científico permitida por Deus, Jesus Cristo, Nossa Senhora, Santo Expedito e N. Senhora Desatadora de Nós, agradeço-LHES por favorecer o meu autoconhecimento e ensinar-me que limites não existem.

Agradeço a minha família, e em especial, ao meu pai, pelo exemplo, pela confiança, ensinamentos e pelo apoio incondicional, inclusive o financeiro para execução deste estudo.

Neste contexto, reforço o agradecimento ao professor Marcos Pinotti, que diante de oportunidades, provocou-me a superar as diversidades.

Ainda no processo de formação de um “Doutor”, que se segue, tenho que gritar “muito obrigada” a várias personalidades: Renato, que terminou virando ex-marido e continua me apoiando; Fabrício Carvalho Soares, sempre encontra uma alternativa, meu amigo; professor Roberto Márcio, longa história, não dá para explicar, motivador, uma força, uma alegria; professor Ricardo Utsch, pelo interesse, preocupação, carinho, um exemplo de ser. Estes dois últimos dividiram entre si um pouco a função de “pai” e “conselheiro”.

À professora Rosana Clark, da UESC (Ilhéus-BA), por ter me acolhido, reunir-se e discutir comigo várias vezes, ser honesta e exigente e pela convivência; professor Raúl Lima, por ter me recebido em São Paulo e pela disposição em me ajudar; professora Maria da Glória, da FCMMG, uma verdadeira “cientista”, de quem me orgulho de ser amiga; professor Walter Zin, da UFRJ, pelas sugestões e incentivo; antigos colegas de trabalho, Luciana Orlandi, Telma e Brandão no UNI-BH e Faculdade Pitágoras, e novos colegas na UESB (Jequié-BA), Marcos Henrique, Ana Angélica, Cléber, Luciana Reis, Gustavo, Poliana, Rodrigo Queiroz, Marília Fonseca, Jocinei, Matheus e Mirna; meus alunos, que me compreendem e comparecem às reposições das aulas e o Governo do Estado da Bahia / UESB por sua política de incentivo.

A Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC/MG), Oficina do Departamento de Física (ICEX) e Dalton Cozac (DEMEC e Empresa Cedro).

Também não podem ser esquecidos: Sr. João (ICEX) e professores Anilton e Rafael, ambos da UFMG e os amigos do DEMEC, em especial, Daniel, Adriano, Sara, Priscila, Thallis, Patrícia, Claysson, Fábio, André e Danilo.

Simplemente, muito obrigada.

AGRADECIMENTOS

Parte II

Os agradecimentos ainda não acabaram... O processo foi longo... Assim, mais uma vez agradeço ao professor Raúl Lima, não apenas por ser um grande incentivador deste trabalho, mas por ter-me dado um belo presente ao apresentar-me à equipe do Laboratório de Investigações Medicas (LIM) – 09 da Universidade de São Paulo, sob a coordenação do professor Marcelo Amato.

Lá, o trabalho foi desenvolvido com grande rigor metodológico e sobre os olhares de vários pesquisadores, que no intuito de contribuir com o estudo sempre faziam sugestões e discussões sobre a temática.

No dia-a-dia da execução dos experimentos, os integrantes da equipe do LIM – 09 foram, além de colaboradores, companheiros de jornada, orientadores e amigos, recebendo-me e integrando-me a aquela família. Quero registrar a minha gratidão a Guilherme, Adriana Hirota, Otília, Marcelinho, Vinicius, Erick e Professor Eduardo Costa.

De forma especial, agradeço à pesquisadora Susimeire Gomes. Este “muito obrigada” tem um significado peculiar, por que não existem palavras para representar o reconhecimento do seu papel no desenvolvimento deste estudo. Pessoa maravilhosa, seriíssima, competente, que apostou em mim, acompanhou e abraçou os experimentos com propriedade, ensinou-me muito. Uma grande admiração desta nova amiga.

Também agradeço a Neide, Thaís, Olavo e ao Pedrozo pela torcida.

Finalmente, obrigada ao professor Marcelo Amato, “*Big Boss*”, por ter aberto as portas de um centro avançado de pesquisa em pneumologia experimental a esta aprendiz.

“Na atividade de pesquisa, o pesquisador encontra situações onde suas decisões não estão previamente previstas nos manuais especializados. Isso não o impede de agir, de tomar decisões. Nessa atitude, ele pratica o que Kaplan (1964) denominou de "lógica-em-uso", em oposição à "lógica reconstruída". A primeira é aquela efetivamente utilizada pelos cientistas; a segunda é aquela, também feita por cientistas e filósofos, mas que, ao contrário da outra, se encontra explicitamente formulada nos referidos manuais”.

Ivan Sérgio Freire de Souza, Sociólogo
Fragmento de um artigo organizado para o corpo técnico da
Coordenação de Aperfeiçoamento
do Pessoal de Ensino Superior (Capes)

*Quando não está em nosso poder
seguir o que é verdadeiro,
Deveríamos seguir o que é mais
provável.*

René Descartes
Matemático e filósofo francês
(1596-1650)

SUMÁRIO

RESUMO	20
ABSTRACT	21
1 INTRODUÇÃO	22
1.1 JUSTIFICATIVA	25
1.2 OBJETIVOS	27
1.2.1 Objetivo geral.....	27
1.2.2 Objetivos específicos	27
1.3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	27
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
2.1. ASPIRAÇÃO TRAQUEAL	29
2.1.1 Definição, indicações e complicações da aspiração traqueal.....	29
2.1.2 Variáveis técnicas da aspiração traqueal	33
2.1.3 Parâmetros de controle na AET	36
2.1.3.1 Seleção da sonda de aspiração.....	36
2.1.3.2 Seleção da pressão negativa	40
2.1.4 Controle da AET e repercussões clínicas	43
2.1.5 Sistema de controle da pressão negativa para a AET	48
2.2 ESTUDO EXPERIMENTAL COM MODELO ANIMAL.....	51
2.2.1 Estudo experimental com delineamento intra-sujeitos	51
2.2.2 Seleção do modelo animal	52
2.3 MONITORAÇÃO DO SISTEMA RESPIRATÓRIO	53
2.3.1 Mecânica respiratória	53
2.3.2 Tomografia de impedância elétrica	58
3 METODOLOGIA.....	62
3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO	62
3.2 ETAPA MECÂNICA	65
3.2.1 Dimensionamento das molas da válvula de segurança.....	65
3.2.1.1 Cálculo do módulo de elasticidade ao cisalhamento	67
3.2.1.2 Equilíbrio de forças na válvula de segurança.....	68
3.2.1.3 Especificações das molas	69
3.2.2 Sistema de ajuste do parafuso da válvula de segurança	70
3.2.3 Redução de espaço morto no circuito de aspiração.....	73
3.3 ETAPA BIOLÓGICA.....	74
3.3.1 Seleção e normalização dos animais	74
3.3.2 Preparo dos animais.....	75
3.3.2.1 Higiene e tricotomia.....	75
3.3.2.2 Acessos vasculares.....	76
3.3.2.3 Sedação, analgesia e intubação endotraqueal:.....	76
3.3.2.4 Cistostomia.....	78
3.3.2.5 Gasometria padrão e critério de inclusão nos ensaios	79
3.3.2.6 Manutenção: manejo ventilatório e controle clínico	80
3.3.3 Ensaios: construção do protocolo experimental.....	80
3.3.4 Ensaios: intervenção de aspiração e de controle	86

3.3.5 Ensaio: monitoramento	88
3.3.5.1 Impedância elétrica	88
3.3.5.2 Mecânica pulmonar.....	90
3.3.5.3 Variáveis clínicas.....	91
3.3.6 Ensaio: detalhamento dos testes e procedimentos do protocolo.....	93
3.3.6.1 Medida de inserção da sonda para a aspiração traqueal, carinal e bronquial...	93
3.3.6.2 Titulação da PEEP ideal.....	94
3.3.6.3 Monitoração da Pn na sonda	95
3.3.6.4 Método de ajuste da pressurização do circuito de aspiração.....	97
3.3.7 Procedimentos ao término do ensaio	97
3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA MEDIÇÃO	97
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	99
4.1 ETAPA MECÂNICA	99
4.2 ETAPA BIOLÓGICA.....	103
4.2.1 Análise descritiva	103
4.2.2 Análise inferencial.....	112
4.2.2.1 Modelo de regressão múltipla para o colapso pulmonar	115
4.2.2.2 Modelo de regressão múltipla para a SaO ₂	121
4.2.2.3 Modelos de regressão múltipla para as demais variáveis	125
4.3 PONTOS-CHAVES DO ESTUDO	129
5 CONCLUSÃO.....	141
5.1 COMENTÁRIOS FINAIS	141
5.2 CONCLUSÕES.....	142
REFERÊNCIAS	144
ANEXO A AARC Clinical Practice Guideline.....	157
ANEXO B Certificado de Calibração do Vacuômetro.....	163
ANEXO C Calibração de Molas de Compressão.....	165
ANEXO D Análise Laboratorial da Solução de Cloreto de Diestearil Dimetil Amônio.....	170
ANEXO E Lei Municipal N° 10.309, de 22 de Abril de 1987	171
ANEXO F Lei Estadual N° 11.977, de 25 de Agosto de 2005.....	177
ANEXO G Suplemento do Tratamento Estatístico	186

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% colapso	Percentual de colapso
AARC	<i>American Association for Respiratory Care</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AET	aspiração endotraqueal
AISI	American Iron and Steel Institute
ANSI	American National Standards Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
bpm	batimentos por minuto
CCZ	Centro de Controle de Zoonoses
Cdyn	complacência dinâmica
CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
cm	centímetro(s)
cmH ₂ O/L/seg	centímetros de água por litros por segundo
COBEA	Colégio Brasileiro de Experimentação Animal
Cr	cromo
cSt	centistoke
Cst	complacência estática
DEMEC	Departamento de Engenharia Mecânica
D _{ext max} sonda	diâmetro externo máximo da sonda de aspiração
Dext/Dint	relação entre o diâmetro externo e o diâmetro interno
DIN	Deutschen Institut für Normung
D _{int} TOT/TQT	diâmetro interno do tubo orotraqueal ou cânula de traqueostomia
Dm	diâmetro médio da mola
ECG	eletrocardiograma
F.D.E	fundo de escala
FC	frequência cardíaca
FiO ₂	fração inspirada de oxigênio
Fr	French
FR	frequência respiratória
g/mL	gramas por mililitro
G _M	módulo da média da elasticidade transversal

HCO_3^-	íon bicarbonato
he	altura do filete da rosca externa (rosca métrica de perfil triangular)
hi	altura do filete da rosca interna (rosca métrica de perfil triangular)
I:E	relação entre tempo inspiratório e tempo expiratório
if	número de espiras ativas na mola
IM	intra-muscular
ipm	incursões por minuto
ISO	International Organization for Standardization
IV	intra-venoso
Kg	quilograma
kg/m^3	quilograma por metro cúbico
kHz	quilohertz
kPa	quilopascal
L/min	litros por minuto
LIM	Laboratório de Investigações Médicas
m/s^2	metros por segundo ao quadrado
m^3/s	metros cúbico por segundo
mA	miliampére
mbar	milibar
mg/Kg	miligramas por quilogramas
mg/Kg/h	miligramas por quilogramas por hora
min	minuto(s)
mL	mililitro (s)
$\text{mL/cmH}_2\text{O}$	mililitros por centímetros de água
mL/Kg	mililitros por quilograma
mL/Kg/h	mililitros por quilograma por hora
mL/seg	mililitros por segundo
mm	milímetro
mm^2	milímetro ao quadrado
mmHg	milímetro de mercúrio
MPa	megapascal
MRA	manobra de recrutamento alveolar
mseg	milisegundo(s)
N/m	Newton por metro
NBR	Norma Brasileira

Ni	níquel
N_{\max} sonda	numeração máxima da sonda de aspiração
$N_{TOT/TQT}$	numeração do tubo orotraqueal ou cânula de traqueostomia
P (t)	pressão total do sistema respiratório num determinado tempo
P_a	Pascal
PA	pressão arterial sistêmica
$PaCO_2$	pressão arterial de gás carbônico
P_{alv}	pressão alveolar
PAM	pressão arterial média
PaO_2	pressão arterial de oxigênio
PaO_2/FiO_2	relação entre a pressão arterial de oxigênio e a fração inspirada de oxigênio
PAS	pressão arterial sistólica
P_{aw}	pressão na via aérea proximal
PCV	ventilação a pressão controlada
PEEP	pressão positiva ao final da expiração
PEEP total	pressão positiva ao final da expiração total – soma da PEEP e da $PEEP_i$
$PEEP_i$	auto-PEEP ou PEEP intrínseca - pressão positiva final intrínseca
P_{el}	pressão elástica
P_{es}	pressão esofageana
$PETCO_2$	pressão expiratória de gás carbônico
P_i	ponto de inflexão
PIC	pressão intracraniana
P_{ins}	pressão inspiratória
P_n	pressão negativa
P_o	pressão de recolhimento elástico à expiração relaxada
PPGMEC	Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica
P_{pico}	pressão de pico inspiratório
$P_{platô}$	pressão de platô inspiratório
$P_{pleural}$	pressão pleural
P_{res}	pressão resistiva
P_{tri}	pressão no trato respiratório inferior
PVC	cloreto de polivinila
rre	arredondamento do fundo da rosca do parafuso
rri	arredondamento do fundo da rosca da porca
Rsr	resistência do sistema respiratório

Rtis	resistência tecidual
SaO ₂	saturação arterial de oxigênio
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SF 0,9%	soro Fisiológico
SpO ₂	saturação periférica de oxigênio mensurada pela oximetria de pulso
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
sr	sistema respiratório
TGI	Insuflação de Gás Traqueal
TIE	tomografia de impedância elétrica
Tins	tempo inspiratório
TOT	tubo orotraqueal
UESC	Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
U _G	coeficientes de atrito na rosca
U _K	coeficientes de atrito sob a cabeça do parafuso
VC	volume corrente
VCV	ventilação a volume controlado
VM	ventilação mecânica

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 Representação da aplicação da Equação de Bernoulli para uma sonda de aspiração com 3 orifícios.	37
FIGURA 2.2 Correlação entre a área total dos orifícios das sondas e as pressões de aspiração.	38
FIGURA 2.3 Normalidade e Anormalidade de variáveis fisiológicas no grupo controle e grupo experimental quinze minutos após a AET.	44
FIGURA 2.4 <i>Boxplot</i> mostrando todas as pressões referidas como desejadas, todas as pressões de saída e todas as pressões aplicadas durante a AET.	45
FIGURA 2.5 Registro do comportamento da oximetria de pulso (SpO ₂ – saturação periférica de oxigênio), volume pulmonar e pressão na via aérea (Paw) em um paciente durante AET em sistema aberto.	46
FIGURA 2.6 Mudanças no volume pulmonar ao final da expiração (Δ EEVL) durante e 10 minutos após AET sem pré-oxigenação.	47
FIGURA 2.7 Modelo de sistema de regulação da pressão negativa em um aparelho portátil de aspiração de secreções pulmonares.	49
FIGURA 2.8 Sistema de medição da pressão negativa em um aparelho portátil de aspiração.	49
FIGURA 2.9 Dispositivo de controle da pressão negativa.	51
FIGURA 2.10 Representação do sistema pneumotacográfico acoplado ao circuito respiratório de um indivíduo em ventilação mecânica.	54
FIGURA 2.11 Curva pressão x tempo durante a rápida oclusão da via aérea.	56
FIGURA 3.1 Fluxograma do planejamento do experimento dividido em duas etapas: mecânica e biológica.	64
FIGURA 3.2 Dispositivo de controle da pressão negativa (com contorno azul) acoplado ao sistema portátil de aspiração.	65
FIGURA 3.3 Válvula de segurança.	66
FIGURA 3.4 Representação esquemática e equacional do equilíbrio de forças atuantes na válvula de segurança.	68
FIGURA 3.5 Dimensões do parafuso de cabeça sextavada M 6 x 20 com rosca inteira MA-0,5 (passo 0,5 mm).	71
FIGURA 3.6 Elementos de uma rosca métrica de perfil triangular ISO - ABNT - NB97.	72
FIGURA 3.7 Preparo dos animais: fase de seleção dos animais (à esquerda), mensuração do peso (à direita) e execução da higiene e tricotomia (abaixo).	75
FIGURA 3.8 Punção do acesso venoso central.	76
FIGURA 3.9 Oxigenioterapia por máscara oronasal e procedimento de intubação endotraqueal.	77
FIGURA 3.10 Ventilador mecânico com detalhamento da tela de comandos e monitoramento.	78
FIGURA 3.11 Aparelho de hemogasometria.	80
FIGURA 3.12 Representação dos passos metodológicos seguidos para a elaboração de um protocolo experimental de investigação da influência da pressão negativa e do nível de inserção da sonda para a aspiração do trato respiratório inferior.	81

FIGURA 3.13 Fluxograma dos ensaios. Intervenção e monitoração no protocolo testado.	84
FIGURA 3.14 Fluxograma para as intervenções de aspiração e de controle e execução da monitoração.	87
FIGURA 3.15 Aparelho de TIE e detalhe de duas telas de monitoramento.	88
FIGURA 3.16 Faixa de eletrodos para monitoração da impedância elétrica pulmonar.	89
FIGURA 3.17 Capnógrafo volumétrico.	90
FIGURA 3.18 Monitor PICCOplus®.	92
FIGURA 3.19 Montagem do sistema de medição.	92
FIGURA 3.20 As relações da extremidade distal do tubo orotraqueal, manúbrio esternal e carina.	93
FIGURA 3.21 Sistema para monitoração da pressão negativa na sonda de aspiração.	96
FIGURA 4.1 Média, valor máximo e mínimo da pressão negativa gerada no sistema portátil de aspiração acoplado ao dispositivo de controle durante 15s de sucção com oclusão total do circuito de aspiração.	99
FIGURA 4.2 Média, valor máximo e mínimo da pressão negativa gerada no sistema portátil de aspiração acoplado ao dispositivo de controle durante 15s de sucção da solução de cloreto de diestearil dimetil amônio.	100
FIGURA 4.3 Teste de ajuste do parafuso.	101
FIGURA 4.4 Fixação do conjunto composto pelo filtro, válvula de segurança e vacuômetro sobre a tampa do frasco coletor de secreções.	102
FIGURA 4.5 Painel de <i>Box-plot</i> para a frequência cardíaca e pressão arterial média.	106
FIGURA 4.6 Painel de <i>Box-plot</i> para a SaO ₂ e PaCO ₂ .	107
FIGURA 4.7 Painel de <i>Box-plot</i> para a PaO ₂ /FiO ₂ e volume corrente.	108
FIGURA 4.8 Painel de <i>Box-plot</i> para a complacência dinâmica e resistência do sistema respiratório.	109
FIGURA 4.9 Painel de <i>Box-plot</i> para colapso pulmonar por nível de inserção da sonda de aspiração, de forma agrupada e isolada.	110
FIGURA 4.10 Painel de <i>Box-plot</i> para colapso pulmonar por número de ordem do ensaio.	111
FIGURA 4.11 Histograma (à esquerda) e diagrama P-P dos resíduos normalmente distribuídos para o colapso pulmonar.	121
FIGURA 4.12 Histograma (à esquerda) e diagrama P-P dos resíduos normalmente distribuídos para a SaO ₂ .	125
FIGURA 5.1 Representação dos métodos de ajuste da pressão negativa na válvula de segurança. Observa-se a perda na pressurização ao pré-ajustar a pressão negativa com o circuito de aspiração ocluído para o ambiente.	132
FIGURA 5.2 Gráficos da variação da impedância elétrica após 1 minuto da aspiração do trato respiratório inferior.	135
FIGURA 5.3 Comportamento do colapso pulmonar pré e ao longo de dez minutos pós-aspiração em dois animais.	137

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 Levantamento bibliográfico de pesquisas publicadas em revistas indexadas que abordam aspectos do procedimento de aspiração de vias aéreas.	32
QUADRO 2.2. Níveis de pressão negativa utilizados e/ou recomendados em estudos envolvendo a AET em adultos.	43
QUADRO 3.1. Dimensões das molas da válvula de segurança.	70
QUADRO 3.2 Procedimentos do teste de gasometria padrão.	79
QUADRO 3.3 Caracterização das fases do protocolo investigado no ensaio biológico.	85
QUADRO 3.4 Protocolo de aspiração adaptado da AARC (1993) para os propósitos específicos desta pesquisa.	86
QUADRO 3.5 Procedimentos para análise do percentual de colapso pulmonar por meio da impedância elétrica.	90
QUADRO 3.6 Dimensões do tubo orotraqueal e medida diferencial entre os comprimentos da sonda e do tubo orotraqueal.	94
QUADRO 3.7 Níveis pressóricos de titulação da PEEP.	95
QUADRO 5.1 Características dos modelos de regressão múltipla estudados.	140

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 Frequência das respostas assinaladas no domínio de aspectos teórico-práticos referentes à aspiração endotraqueal no estudo de DUTRA, GUIMARÃES e CAMPOS (2007).	34
TABELA 2.2 Variáveis fisiológicas mensuradas antes e após a AET por meio de sistema aberto em pacientes sob ventilação a volume controlado.	46
TABELA 4.1 Análise descritiva das variáveis em estudo após a aspiração traqueal, carinal e bronquial nas intervenções de controle e sob as pressões negativas de 80 e 200 mmHg nos seis animais.	104
TABELA 4.2 Resultados do teste de homogeneidade de variância antes versus após as intervenções e após as intervenções, segundo os níveis de pressão negativa, de inserção da sonda de aspiração e do número de ordem do ensaio.	112
TABELA 4.3 Resultados do teste de homogeneidade de variância agrupados por níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração: análise antes <i>versus</i> após as intervenções e análises após as intervenções, segundo o número de ordem do ensaio.	113
TABELA 4.4 Matriz de Correlações de Pearson para as variáveis em estudo.	114
TABELA 4.5 Resumo do modelo de regressão para o colapso pulmonar.	116
TABELA 4.6 ANOVA para a variável dependente colapso pulmonar.	117
TABELA 4.7 Coeficientes da variável colapso pulmonar.	118
TABELA 4.8 Coeficientes de correlação para a variável colapso pulmonar.	120
TABELA 4.9 Parâmetros do modelo de regressão múltipla da variável SaO ₂ .	122
TABELA 4.10 Coeficientes de correlação para a variável SaO ₂ .	124
TABELA 4.11 Casos extremos no modelo de regressão para a variável SaO ₂ .	124
TABELA 4.12 Resumo dos modelos de regressão múltipla das variáveis Rsr, Cdyn, volume corrente, PaO ₂ /FiO ₂ , PaCO ₂ , FC e PAM.	125

NOMENCLATURA

Letras latinas

A	área
	avanço do parafuso
C	complacência
d	diâmetro
D	diâmetro
e	distância entre os vértices na cabeça do parafuso sextavado
E	elastância respiratória
F	força de deflexão na mola
g	aceleração gravitacional
G	módulo de elasticidade transversal ou de cisalhamento
H	altura
h	hora
i	ângulo da hélice (α) na rosca métrica de perfil triangular
k	constante elástica da mola
	constante que representa a pressão alveolar ao final da expiração
	altura da cabeça do parafuso sextavado
L	comprimento útil do parafuso de cabeça sextavada
m	metro
M	referência ao sistema métrico
n	número amostral ou número de elementos
P	pressão
	passo do parafuso
p	p-valor
R	resistência das vias aéreas
s	segundo(s)
	medida entre as faces paralelas na cabeça do parafuso sextavado
t	tempo
V	volume de ar no sistema
	Volt
	velocidade de escoamento
x	deslocamento ou deformação correspondente à deflexão da mola

NOMENCLATURA

Letras gregas

γ peso específico

Símbolos

\vec{F}_e força externa

\dot{V} fluxo aéreo

\vec{F}_{M_1} força exercida pela mola 1

\vec{F}_{M_2} força exercida pela mola 2

$\Delta E_{EV L}$ volume pulmonar ao final da expiração

ΔP delta de pressão

ΔV variação de volume

$\Delta V_{\text{pulm seccional}}$ delta de variação de volume pulmonar

$^{\circ}\text{C}$ graus Celsius

ΔP_1 gradiente pressórico entre a pressão de pico e a pressão de inflexão respiratória

ΔP_2 gradiente pressórico entre a pressão de inflexão e a pressão de platô respiratória

RESUMO

A aspiração de vias aéreas consiste em introduzir uma sonda conectada a uma fonte de vácuo no trato respiratório para remoção de secreções. Embora seja uma intervenção essencial e rotineira em pacientes ventilados mecanicamente, o procedimento está associado a efeitos deletérios relacionados à ausência de padronização metrológica. Além do fato de que sistemas comerciais de aspiração regulam a pressão negativa (Pn) de forma ineficaz, a variedade de sondas pode induzir à execução do procedimento com níveis de profundidade de inserção diferenciados: interior do tubo orotraqueal e nos trajetos da carina e dos brônquios. Portanto, este estudo buscou aprimorar o dispositivo de controle da Pn desenvolvido por CAMPOS *et al.* (2006) e UFMG (2008), para que o mesmo fosse utilizado num ensaio biológico. Um protocolo experimental foi desenvolvido para investigar a influência dos níveis de Pn e de profundidade de inserção da sonda na aspiração do trato respiratório inferior sobre a impedância elétrica pulmonar, mecânica respiratória e variáveis clínicas. O estudo foi dividido em duas etapas: (i) aprimoramento do dispositivo para atender uma faixa de Pn de 30 a 300 mmHg, seguido por testes mecânicos e calibração do sistema de medição e (ii) execução do protocolo de aspiração em sistema aberto em 6 suínos saudáveis, cujos testes randomizados se diferenciavam quanto ao nível de Pn (controle – sem vácuo, 80 mmHg e 200 mmHg) e ao nível de inserção da sonda (traqueal, carinal e bronquial). O colapso pulmonar medido pela impedância elétrica, a mecânica respiratória (complacência dinâmica e resistência do sistema respiratório) e as variáveis clínicas (frequência cardíaca, pressão arterial média, saturação periférica de oxigênio e níveis de pressão dos gases arteriais) foram monitorados antes e após as intervenções nos tempos 1, 2, 5 e 10 minutos. A análise estatística foi realizada por meio do programa “*Statistical Package for the Social Sciences for Windows*” adotando o nível de significância de 5%. Nos testes mecânicos, o dispositivo de controle demonstrou atender aos pré-requisitos para o uso clínico. No ensaio biológico, verificou-se que dentre todas as variáveis em monitoração, o melhor modelo de regressão obtido foi para a predição do colapso pulmonar ($p < 0,001$), sendo que, o nível de inserção da sonda foi mais influente que o nível de Pn (coeficientes 8,29;. $p < 0,001$ versus 2,27; $p = 0,036$). Obteve-se $R = 0,91$ e $R^2 = 0,83$ ao considerar o nível de inserção da sonda e o número de ordem do ensaio como preditores do colapso pulmonar ($p < 0,001$). Assim, enquanto a mecânica respiratória e as variáveis clínicas não foram bons marcadores para diferenciar os efeitos isolados da aspiração sob diferentes níveis de Pn e de inserção da sonda, a impedância elétrica foi capaz de detectar o colapso pulmonar decorrente da aspiração, sugerindo a existência de um padrão de comportamento. Os resultados ratificam a necessidade de estabelecer parâmetros para que a aspiração de secreções em sistema aberto seja associada a menores repercussões, a fim de minimizar as complicações e efeitos indesejáveis, oferecendo maior conforto e segurança ao paciente e satisfação ao profissional de saúde no desempenho da técnica com melhor qualidade e controle.

Palavras-chave: aspiração em sistema aberto, pressão negativa, impedância elétrica, mecânica respiratória, controle.

ABSTRACT

The airways suctioning consists of inserting a catheter connected to a vacuum generator in the respiratory tract for removal of secretions. Although it is an essential and routine procedure for mechanically ventilated patients, the suctioning is associated with deleterious effects related to the lack of metrological standardization. Besides the fact that commercial systems of suction regulate the negative pressure (NP) inefficiently, the variety of catheters can induce the execution of the procedure on different depths of insertion: within the endotracheal tube, in the carina and endobronchial paths. Therefore, this study aimed to improve the negative pressure control device developed by CAMPOS *et al.* (2006) and UFMG (2008), for it to be used in a biological assay. An experimental protocol was developed to investigate the influence of levels of NP and insertion depths of the catheter in the lower respiratory tract on the pulmonary electrical impedance, respiratory mechanics variables and clinical variables. The study was divided into two stages: (i) improvement of the device to attend a negative pressure range of 30 to 300 mmHg, followed by mechanical tests and calibration of the measurement system and (ii) execution of open suction in 6 healthy pigs, whose randomized trials differed according to the level of NP (control - without vacuum, 80 mmHg and 200 mmHg) and the insertion depth of the catheter (tracheal, carinal and bronchial). The lung collapse measured by electrical impedance, respiratory mechanics (dynamic compliance and resistance of the respiratory system) and clinical variables (heart rate, mean arterial pressure, peripheral oxygen saturation and arterial blood gases tension) were monitored before and after intervention at 1, 2, 5 and 10 minutes. Statistical analysis was performed using the program "Statistical Package for Social Sciences for Windows" considering the significance level of 5%. In mechanical tests, the control device performed according to the specifications for clinical use. In the assay, it was found that among all variables in monitoring, the best regression model was obtained to predict the lung collapse ($p < 0.001$), whereas the level of insertion depth was more influential than the level of NP (coefficients 8.29, $p < 0.001$ versus 2.27, $p = 0.036$). It was obtained R 0.91 and R^2 0.83 when considering the level of insertion depth and sequential number of the test as predictors of lung collapse ($p < 0.001$). Thus, while the respiratory mechanics and clinics variables were not good markers to differentiate the isolated effects of suction at different levels of NP and insertion depth of catheter, the electrical impedance was capable of detecting lung collapse caused by suctioning, suggesting the existence of a pattern of behavior. These results confirm the need to establish parameters for the execution of open suction in order to minimize repercussions, complications and adverse effects, offering greater comfort and safety to the patient and satisfaction to the health professional in the performance of the technique with better quality and control.

Keywords: open suctioning, negative pressure, electrical impedance, respiratory mechanics, control.

1 INTRODUÇÃO

As secreções do trato respiratório são constituídas de muco, surfactante e fluido periciliar, com produção diária em um indivíduo saudável estimada entre 10 e 100 mililitros (mL). Em algumas situações clínicas, há retenção de secreção, o que contribui para episódios de hipoxemia, atelectasia, pneumonia, insuficiência respiratória aguda e, em casos de obstrução da via aérea pode ocasionar o óbito (RUBIN, 2002; ROSA *et al.*, 2007).

O transporte muco-ciliar e a tosse efetiva são mecanismos fisiológicos de eliminação destas secreções, impedindo o acúmulo e prejuízo na ventilação pulmonar (RUBIN, 2002; WOODARD e JONES, 2002).

Estes mecanismos encontram-se prejudicados em pacientes que necessitam de via aérea artificial e suporte ventilatório mecânico invasivo, havendo uma tendência ao acúmulo de secreções respiratórias devido à tosse ineficaz, em detrimento do não fechamento da glote e prejuízo no transporte do muco pela presença do tubo orotraqueal. Nestes pacientes, a aspiração endotraqueal (AET) é indicada para remoção das secreções do tubo orotraqueal, traqueia e vias aéreas inferiores (RUBIN, 2002; WOODARD e JONES, 2002; VAN DE LEUR *et al.*, 2003; ROSA *et al.*, 2007).

Após a AET, a manutenção da higiene das vias aéreas superiores é realizada por meio de aspiração nasofaríngea e orofaríngea, aplicadas sequencialmente (REGAN *et al.*, 1994; WILLEMEN, 2002).

Embora a AET constitua uma intervenção essencial e rotineira em pacientes ventilados mecanicamente, o procedimento está associado a diversos efeitos deletérios, tais como, traumatismos mecânicos e repercussões fisiológicas (VAN DE LEUR *et al.*, 2003).

A AET pode ser aplicada em pacientes sob ventilação mecânica (VM) por meio de sistema fechado ou aberto. Durante a AET em sistema fechado, objetivando minimizar as complicações associadas, o procedimento é realizado sem desconexão do paciente do circuito respiratório e com uso de uma sonda não-descartável, envolvida por uma bainha em linha, juntamente com o circuito respiratório do ventilador mecânico (LASOCKI *et al.*, 2006; PETER, CHACKO e MORAN, 2007).

No sistema de AET aberto, a aspiração é realizada após desconexão do circuito respiratório e usando sonda de aspiração estéril descartável. O procedimento é associado à dessaturação arterial, incapacidade de manter pressão positiva ao final da expiração (PEEP) e

arritmias cardíacas, particularmente em pacientes com instabilidade cardiovascular (MAGGIORE *et al.*, 2003; LASOCKI *et al.*, 2006).

Dentre os principais riscos e complicações relacionadas à AET têm-se as arritmias, laringoespasmos, traumatismos de mucosas, micro-atelectasias, hipoxemia, queda na saturação arterial de oxigênio, bradicardias e taquicardias, hipertensão arterial, aumento de pressão intracraniana, infecções, alterações na pressão parcial de gás carbônico, cianose, broncoconstrição e parada cardíaca (DIOGO, 2001; GIGANTI e MADDERN, 2007).

Numa meta-análise avaliando as vantagens do sistema fechado sobre o sistema aberto de aspiração, não houve demonstração de superioridade em relação à pneumonia associada à VM ou mortalidade (PETER, CHACKO e MORAN, 2007).

Em sistema aberto, a técnica é realizada com rigor asséptico e consiste em desconectar o paciente do ventilador mecânico, instituir hiperinsuflação manual, inserir uma sonda de aspiração conectada a um equipamento gerador de vácuo dentro do tubo orotraqueal e vias naso e orofaríngea, para remover o muco acumulado (AARC, 1993).

A pressão negativa deve ser aplicada durante a retirada da sonda de aspiração da via endotraqueal por meio de movimentos rotatórios suaves. Entre os ciclos de aspiração, pequenas quantidades de agentes umidificadores estéreis, como a solução salina, podem ser instiladas para estimular o reflexo da tosse e diluir secreções (AARC, 1993; REGAN *et al.*, 1994; WILLEMEN, 2002).

A aplicação de pressão negativa durante a aspiração traqueal pode colapsar algumas zonas aéreas, deteriorando a oxigenação e aumentando o trabalho ventilatório (SELSBY e JONES, 1990).

Além disso, sob aplicação de pressão negativa excessiva, a mucosa pode ser sugada através dos orifícios da sonda e com a sua movimentação, deslocar pequenos fragmentos de mucosa da parede traqueal, provocando ulcerações e sangramentos (SANTOS e ZANETTE, 2001; PRYOR e WEBBER, 2002).

Tais complicações têm relação com a ausência de padronização metrológica na realização do procedimento. Componentes como nível de pressão negativa e calibre ideal da sonda de aspiração para realização da técnica ainda são discutidos (AULER JR. e AMARAL, 1995; SANTOS e ZANETTE, 2001; PRYOR e WEBBER, 2002).

Os estudos descrevem diferentes níveis de pressão negativa para AET: 200 a 400 mmHg (VAN DER LEUR *et al.*, 2003), 80 a 120 mmHg (PAPA e TRIMER, 2000),

100 a 120 mmHg para adultos, 80 a 100 mmHg para crianças e 60 a 80 mmHg para lactentes (SCANLAN *et al.*, 2000).

CEREDA *et al.*, (2001) demonstraram que, mesmo ao se utilizar pressão negativa de 100 mmHg para AET, em pacientes com lesão pulmonar aguda e síndrome do desconforto respiratório agudo, há significativa perda do volume pulmonar. Portanto, torna-se necessária a utilização de um controle mais rigoroso da pressão negativa durante a aspiração de secreções, no intuito de prevenir ou minimizar as lesões teciduais decorrentes da técnica (CAMPOS, 2006).

Nos sistemas portáteis de aspiração, os sistemas de regulação da pressão negativa são falhos, oferecendo incertezas no nível de pressão negativa gerado durante a realização da aspiração de vias aéreas. Nos sistemas de vácuo canalizado, alguns possuem vacuômetro acoplado para monitoração, porém não são capazes de manter a pressão negativa de forma segura para o profissional e para o paciente (CAMPOS, 2006).

Por essa razão, CAMPOS (2006) propôs um protótipo de um sistema de controle que limita a pressão negativa, impedindo que níveis excessivos sejam atingidos durante a aspiração de vias aéreas. Testes mecânicos demonstraram que o sistema de controle desenvolvido acoplado a um sistema de aspiração portátil manteve a pressão negativa em 120 mmHg (recomendação máxima conforme PAPA e TRIMER, 2000) durante a aspiração de dois líquidos de densidade e viscosidade diferentes.

Diante de um dispositivo capaz de limitar a pressão negativa durante a AET em adultos, crianças e neonatos, permaneceram algumas questões, de caráter científico, a serem esclarecidas:

- (i) Por que não há um consenso quanto aos níveis de pressão negativa e quais critérios devem ser considerados para elaborar as recomendações de uso da pressão negativa?
- (ii) Haveria um nível de pressão negativa que não cause piora da mecânica respiratória e de variáveis fisiológicas, ou ainda, que mantenha ou melhore as mesmas?

A variedade de sondas de aspiração torna-se um problema adicional, uma vez que, em função de terem comprimentos diferentes, podem conduzir o profissional que executa o procedimento de aspiração a realizá-lo mais superficialmente (no interior do tubo orotraqueal) ou profundamente (no trajeto da carina ou no interior dos brônquios principais e/ou brônquios lobares). Este estudo conjectura que isto possa interferir no potencial de colapso pulmonar e provocar alterações consequentes.

Tais questões demonstram a necessidade de se estabelecer um protocolo experimental que permita a investigação da pressão negativa segura para a aspiração de secreções do trato respiratório inferior em diferentes níveis de inserção da sonda de aspiração.

1.1 JUSTIFICATIVA

Em relação ao sistema respiratório, há muito para se conhecer nas áreas de monitoração do sistema cardiorrespiratório, trocas gasosas, avaliação de qualidade de equipamentos e modelagem de sistemas fisiológicos. Nesse contexto, o estudo da mecânica respiratória relaciona-se com o processo físico de transporte de gás no sistema respiratório e está intrinsecamente interligado a aspectos da fisiologia pulmonar (FAFFE e ZIN, 2001).

Os fatores que interferem no atendimento aos pacientes devem ser investigados e requerem identificação, de modo a definir as abordagens em que são necessárias pesquisas e para fins de comparação e/ou previsão de modo que a assistência ao paciente individual e o planejamento programático possam ser feitos sob uma base científica firme.

Tem sido constatado que, na tentativa de remover secreções traqueobrônquicas, rino e orofaríngeas pelo processo de aspiração, efeitos indesejáveis e complicações são decorrentes. O controle da pressão efetiva durante o processo de aspiração de secreções tem sua importância na identificação da vulnerabilidade desse fator e sua repercussão na evolução do paciente. Da mesma forma, na prática clínica, há uma variabilidade na profundidade de inserção da sonda no interior do trato respiratório inferior, ultrapassando algumas vezes, o interior do tubo orotraqueal, atingindo a carina e os brônquios principais, cujos efeitos ainda são desconhecidos.

O estudo experimental em questão propõe desenvolver um protocolo metodológico para a investigação destes componentes (pressão negativa e profundidade de inserção de sonda – nível de aspiração), através do monitoramento do comportamento da impedância elétrica, da mecânica respiratória e das variáveis clínicas durante o procedimento de aspiração de secreções.

Quanto à execução de aspectos específicos deste estudo, deve ser considerado que o Ministério da Saúde, através do Conselho Nacional de Saúde, a Resolução 1 de 15/07/1988, Decreto 93.933, de 01/1987, Capítulo II, Artigo 5, Item II, estabelece que: "A pesquisa em ser humano deve estar fundamentada na pesquisa experimental prévia, realizada em animais".

Portanto, o experimento será realizado em modelos animais, ensaiando a situação cotidiana vivida por diversos pacientes internados em unidades de terapia intensiva, ventilados mecanicamente e necessitando ser submetidos constantemente aos procedimentos de aspiração de secreções.

A identificação do nível de pressão negativa e de inserção de sonda de aspiração associados a menores repercussões mecânicas e clínicas poderá minimizar as complicações fisiológicas e traumáticas decorrentes, oferecendo menores efeitos indesejáveis, maior

conforto e segurança ao paciente e a satisfação do profissional de saúde no desempenho da técnica com melhor qualidade e controle.

A escolha pela análise do comportamento da impedância elétrica, mecânica respiratória e das variáveis clínicas como critérios de avaliação do problema em questão deve-se ao fato destas medidas serem potencialmente capazes de detectar mudanças de um estado funcional.

Neste contexto, a tomografia de impedância elétrica surge como uma ferramenta de monitoração a beira do leito em tempo real. A alteração da impedância do tecido pulmonar devido a alterações de volume de ar em seu interior durante a aspiração poder inferir sobre o percentual de colapso pulmonar decorrente.

A mecânica respiratória, com registro contínuo de pressão, fluxo e volume respiratórios, pode ser utilizada para monitorar alterações do estado clínico do paciente, melhor entender anormalidades fisiopatológicas subjacentes, otimizar os parâmetros de ventilação, avaliar a resposta terapêutica, assistir o processo de desmame, bem como determinar o prognóstico (FAFFE e ZIN, 2001).

Por sua vez, a complacência pulmonar reflete um parâmetro de relevante significado clínico, cuja confiabilidade garante a correta interpretação semiológica das repercussões intrapulmonares, imprescindíveis para o fisioterapeuta pneumofuncional compreender o modelo fisiológico como base para a identificação dos desvios presentes e desse modo, selecionar a melhor estratégia terapêutica a ser aplicada, em favor da recuperação de seu paciente.

Assim, considerando-se apenas a esfera nacional, que até o mês de Fevereiro de 2010 havia 212.103 unidades hospitalares, com 37.798 leitos de UTI cadastrados no DATASUS (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010) e que a taxa de intubação e ventilação mecânica e, portanto de necessidade de aspiração de secreções, varia de 33% a 55,6% dos pacientes internados nestas UTI (ESTEBAN *et al.*, 2000, ESTEBAN *et al.*, 2002, KARASON *et al.*, 2002, DAMASCENO *et al.*, 2006), este experimento poderá trazer benefícios a um grande percentual de indivíduos.

De fato, essas informações poderão auxiliar os profissionais de saúde na análise do manejo adequado dos pacientes que necessitam da realização do procedimento de aspiração para uma melhor ventilação pulmonar, reduzindo as alterações clínicas do paciente quando submetido ao procedimento e evitando complicações que podem, eventualmente, aumentar o tempo de hospitalização, os custos médicos e aumentar a chance de infecção hospitalar.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um protocolo experimental de aspiração do trato respiratório inferior que permita a investigação da influência da pressão negativa e do nível de inserção da sonda sobre a impedância elétrica pulmonar, a mecânica respiratória e as variáveis clínicas.

1.2.2 Objetivos específicos

Mecânicos: Projetar a válvula de segurança do dispositivo de controle para atendimento à faixa de pressão negativa entre 30 e 300 mmHg; aprimorar o sistema de ajuste do parafuso da referida válvula, de modo a evitar folgas e possíveis falhas no sistema e reduzir o espaço morto no circuito de aspiração do dispositivo de controle da pressão negativa;

Metrológicos: Calibrar as molas da válvula de segurança e o sistema de medição elaborado para monitorar a pressão negativa no circuito de aspiração;

Metodológicos: Estabelecer um protocolo confiável de aspiração de secreções no trato respiratório inferior para diferentes níveis de inserção da sonda de aspiração (traqueal – no interior do tubo orotraqueal, carinal - no trajeto da carina e bronquial - no trajeto endobronquial) e descrever uma metodologia para análise da impedância elétrica, mecânica respiratória e variáveis clínicas, minimizando as fontes de erro;

Funcionais e Clínicos: Analisar a influência da pressão negativa e do nível de inserção da sonda de aspiração sobre a impedância elétrica pulmonar (representando a variação de volume – colapso pulmonar), a mecânica respiratória (complacência dinâmica e resistência do sistema respiratório) e as variáveis clínicas (frequência cardíaca, pressão arterial média e níveis de pressão dos gases no sangue arterial) durante a realização de aspiração de secreções.

1.3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Dando sequência ao estudo, no capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica atualizada sobre a aspiração de secreções pulmonares, contemplando desde a definição, indicações e complicações até os parâmetros que devem ser controlados durante a execução da intervenção. No capítulo 3 é apresentada a metodologia para o desenvolvimento da tese,

sendo explanado o delineamento do estudo, o qual foi dividido didaticamente em etapa mecânica e biológica. Os procedimentos são descritos detalhadamente, sendo abordados os protocolos seguidos nos ensaios para o aprimoramento da válvula de segurança do dispositivo de controle da pressão negativa, para o preparo dos animais, para a intervenção de aspiração e para o monitoramento dos ensaios. Neste capítulo também se encontram os preceitos seguidos para a análise dos resultados da medição.

O capítulo 4 é denominado Resultados e Discussão. Este capítulo também foi dividido segundo os resultados da etapa mecânica e os resultados da etapa biológica. A discussão teve como característica a enumeração dos pontos-chaves do estudo, sendo levantadas conjecturas diante dos principais resultados. A partir de algumas destas conjecturas poderão ser elaboradas hipóteses a serem investigadas em estudos futuros, o que se encontra sugerido no texto.

Os comentários finais e as conclusões encontram-se no capítulo 5. Este documento também possui alguns anexos, considerados relevantes para a complementação do texto, tais como, o guia da *American Association of Respiratory Care* para a execução de aspiração endotraqueal, cópias dos certificados de calibração e de análise laboratorial, leis municipal e estadual que regulamentaram o uso dos animais em experimentação e o suplemento estatístico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ASPIRAÇÃO TRAQUEAL

2.1.1 Definição, indicações e complicações da aspiração traqueal

A aspiração traqueal ou endotraqueal é uma importante intervenção no cuidado de pacientes adultos, pediátricos e neonatais com via aérea artificial. Trata-se de um procedimento invasivo, de rotina, essencial no manejo de vias aéreas de pacientes em estado crítico em unidades de terapia intensiva (WOOD, 1998a; CELIK e ELBAS, 2000; CARVALHO e JOHNSTON, 2007).

A intervenção pode ser realizada em unidade hospitalar por meio de um sistema canalizado gerador de pressão negativa ou em clínicas, ambulatórios e ambiente domiciliar (*home care*) através de aspirador a vácuo portátil (CAMPOS, 2006).

Enquanto o sistema canalizado utiliza uma rede de vácuo ou aspiradores conectados às redes de oxigênio e ar comprimido, produzindo vácuo pelo princípio físico de sistema Venturi, o sistema portátil de aspiração consiste de uma bomba de vácuo com fonte de alimentação elétrica acoplada a tubos condutores que deslocam as secreções através de uma diferença de pressão entre um reservatório e a via respiratória (CAMPOS, 2006).

Quanto à modalidade de aspiração, a higiene traqueal em pacientes ventilados mecanicamente pode ser realizada por meio de sistema aberto ou fechado de aspiração (ROSA *et al.*, 2007). A execução da AET em sistema aberto é o método mais usual de sucção mecânica de secreções do trato respiratório, no qual o paciente com via aérea artificial é desconectado da fonte de oxigênio e/ou ventilação mecânica durante a execução do procedimento (DAY *et al.*, 2002).

Na aspiração em sistema aberto, uma sonda de aspiração de diâmetro adequado ao tubo orotraqueal ou cânula de traqueostomia do paciente é conectada a uma fonte de vácuo e introduzida, de forma estéril, na via aérea artificial. A pressão negativa é aplicada durante a retirada da sonda¹ da via aérea inferior com movimentos rotatórios suaves para prosseguir com a aspiração da naso e orofaringe (REGAN *et al.*, 1994; WOOD, 1998b; LU *et al.*, 2000; WILLEMEN, 2002; MENDES *et al.*, 2008).

Fisiologicamente, na aspiração em sistema aberto pode ocorrer estímulo do reflexo vagal mediado pela inserção da sonda de aspiração na via aérea além do necessário,

¹ A liberação do vácuo não deve ser aplicada durante a inserção da sonda, já que isto aumenta o risco de atelectasia (WOOD, 1998b), hipoxemia e trauma da mucosa (CARROLL, 1994).

com consequente diminuição da frequência cardíaca e constrição brônquica; perda de volume pulmonar em algumas áreas pela utilização de vácuo em excesso, além de queda da saturação arterial de oxigênio (SaO_2) e aumento da pressão positiva final intrínseca (auto-PEEP ou PEEP intrínseca - PEEP₁) (LASOCKI *et al.*, 2006; CARVALHO e JOHNSTON, 2007).

Na aspiração em sistema fechado, em função do paciente não ser desconectado do circuito do ventilador mecânico, o fornecimento de ventilação, fração inspirada de oxigênio (FiO_2) e PEEP são ininterruptos e conseqüentemente, o risco de hipoxemia, queda da SaO_2 e instabilidade hemodinâmica são menores (DEMIR e DRAMALI, 2005; LINDGREN *et al.*, 2007). Entretanto, redução do volume expirado, aumento do pico de pressão inspiratória, aumento da resistência ao fluxo inspiratório e aumento da auto-PEEP podem ocorrer durante a AET em sistema fechado, dependendo do tipo de aparelho de VM e do modo ventilatório utilizado (DEMIR e DRAMALI, 2005; LINDGREN *et al.*, 2007; CARVALHO e JOHNSTON, 2007).

Além disso, o uso do sistema fechado relaciona-se com o alto custo, menor efetividade na remoção de secreções, necessidade de aplicação de níveis mais elevados de pressão negativa e ausência de um consenso para efetivar a sua substituição (SCHULZE, 2002; MOORE, 2003; LORENTE *et al.*, 2006).

Independentemente do sistema de aplicação, a AET é potencialmente nociva quando realizada inadequadamente, podendo resultar em graves complicações (WOOD 1998a; CELIK e ELBAS 2000; PAUL ALLEN e OSTROW 2000; CARVALHO e JOHNSTON, 2007; KELLEHER e ANDREWS, 2008).

As principais complicações associadas incluem atelectasia, hipóxia, hiperóxia, broncoespasmo, pneumotórax, ulceração das vias respiratórias, granuloma, infecção ou alteração da higiene mucociliar, alterações cardiovasculares, tais como, arritmias cardíacas, taquicardia, bradicardia, hipertensão, hipotensão, aumento da pressão intracraniana e morte súbita (WOOD, 1998b; LU *et al.*, 2000; GIGANTI e MADDERN, 2007).

Assim, sendo uma intervenção essencial para manutenção da patência e integralidade da via aérea artificial, porém associada a complicações, a AET não deve ser realizada habitualmente ou obedecer a intervalos definidos. A execução, quando necessária, deve ser baseada em critérios bem estabelecidos (CARROLL, 1994; WOOD, 1998a; DAY *et al.*, 2002; ÇELIK e KANAN, 2006).

AVENA *et al.*, (2003) também consideram que a execução rotineira e com horário pré-estabelecido não tem eficácia comprovada e que a indicação deve considerar a presença de sinais à avaliação clínica do paciente.

A presença de ruídos adventícios² na ausculta pulmonar associada com a ineficácia tussígena e aumento no pico de pressão inspiratória na via aérea em pacientes ventilados mecanicamente com secreções visíveis ou audíveis têm sido associados à necessidade de aspiração de vias aéreas (HOFFMAN e MASZKIEWICZ, 1987; AARC, 1993; ODELL *et al.*, 1993; SMITH, 1993; CARROLL, 1994; GLASS E GRAP, 1995; CHATILA *et al.*, 1995; PERUZZI e SMITH, 1995; MOORE, 2003; JHON, 2004; THOMPSON, 2007).

A *American Association for Respiratory Care* (AARC) inclui o aumento no trabalho respiratório, hipoxemia, hipercapnia e suspeita de aspiração de secreções gástricas como critérios indicativos de aspiração. O procedimento também pode ser realizado para obter uma amostra de escarro, para estimular a tosse em um paciente inconsciente, na presença de atelectasia ou consolidação pulmonar (AARC, 1993).

Na tentativa de minimizar a ocorrência de complicações, a AARC, em 1993, publicou diretrizes para realização da AET em adultos e crianças (ANEXO A).

Um estudo observacional sobre a prática de AET em sistema aberto num hospital irlandês concluiu que as enfermeiras em unidade de terapia intensiva não aderem às recomendações e conseqüentemente provém uma técnica de baixa qualidade. Discrepâncias significantes foram detectadas entre as participantes do estudo, quanto ao método de avaliação da função respiratória, hiperoxigenação, controle de infecção e nível de pressão negativa usado para remover secreções (KELLEHER e ANDREWS, 2008).

KELLEHER e ANDREWS (2008) expõem que o método de execução técnica da AET varia entre instituições e profissionais, sendo muitas vezes baseado em rotinas ao invés de considerar pesquisas, o que pode ter sido parcialmente influenciado por uma escassez de evidências científicas para orientar os profissionais sob os cuidados de um paciente com um tubo orotraqueal.

Na última década houve um aumento relevante de publicações sobre o método e avaliação da AET, porém grande parte trata de revisões da literatura de forma sucinta. As poucas revisões sistemáticas informam sobre as recomendações atuais sem interpretar os resultados da investigação, havendo uma falta de homogeneidade metodológica e falha em alguns estudos. Há a necessidade de estudos que analisem a qualidade técnica da intervenção, considerando os elementos de evidência que originaram as recomendações (KELLEHER e ANDREWS, 2008).

² Ruídos adventícios – Sons respiratórios anormais ouvidos na auscultação em qualquer parte do trato respiratório.

Enquanto há uma diversidade de estudos abordando aspectos clínicos referentes ao procedimento de aspiração de secreções, tais como critérios de indicação, contra-indicações, complicações decorrentes do procedimento e eficácia da AET quando associada às outras técnicas (QUADRO 2.1), poucos abordam aspectos metrológicos.

QUADRO 2.1

Levantamento bibliográfico de pesquisas publicadas em revistas indexadas que abordam aspectos do procedimento de aspiração de vias aéreas.

Aspecto de estudo	Autores e Ano de publicação
Critérios de indicação, princípios, técnica e comparação de sistemas de aspiração	Plum e Dunning, 1956; Kuzenski, 1978; Brown <i>et al.</i> , 1983; Knipper, 1984; Hoffman e Maszkiewicz, 1987; Konrad <i>et al.</i> , 1988; Panacek <i>et al.</i> , 1989; Rogge <i>et al.</i> , 1989; Deppe <i>et al.</i> , 1990; Harshbarger <i>et al.</i> , 1992; Monaco <i>et al.</i> , 1992; AARC, 1993; Ackerman, 1993; Glass <i>et al.</i> , 1993; Odell <i>et al.</i> , 1993; Smith, 1993; Carroll, 1994; Dam <i>et al.</i> , 1994; Johnson <i>et al.</i> , 1994; Glass e Grap, 1995; Copnell e Fergusson, 1995; Chatila <i>et al.</i> , 1995; Daicoff <i>et al.</i> , 1995; Peruzzi e Smith, 1995; Schmidt <i>et al.</i> , 1995; Wood, 1998b; Çelik e Elbas, 2000; Cordero <i>et al.</i> , 2000; Cereda <i>et al.</i> , 2001; Lee <i>et al.</i> , 2001; Stenqvist <i>et al.</i> , 2001; Akgul <i>et al.</i> , 2002; Sole <i>et al.</i> 2002; Choong <i>et al.</i> , 2003; Sole <i>et al.</i> 2003; Van de Leur <i>et al.</i> , 2003; Berra <i>et al.</i> , 2004; Fernandez <i>et al.</i> , 2004; Morrow <i>et al.</i> , 2004; El Masry <i>et al.</i> , 2005; Rieger <i>et al.</i> , 2005; Lasocki <i>et al.</i> , 2006; Lorente <i>et al.</i> , 2006
Complicações e repercussões fisiológicas decorrentes	Plum e Dunning, 1956; Chang <i>et al.</i> , 1969; Shim <i>et al.</i> , 1969; Demers e Saklad, 1973; Landa <i>et al.</i> 1973; Sackner <i>et al.</i> , 1973; Kuzenski 1978, Demers, 1982; Baun, 1984; Young, 1984; Goodnough, 1985; Ninan <i>et al.</i> , 1986; Hoffman e Maszkiewicz, 1987; Konrad <i>et al.</i> , 1988; Allen, 1988; Carroll, 1988; Regan, 1988; Demers, 1989; Stone e Turner, 1989; Clark <i>et al.</i> , 1990; Deppe <i>et al.</i> , 1990; Kerem <i>et al.</i> , 1990; Grey <i>et al.</i> 1990; Stone, 1990; Gunderson <i>et al.</i> , 1991; Singh <i>et al.</i> , 1991; Czarnik <i>et al.</i> 1991; Lookinland e Appel, 1991; Ashurst, 1992; Fiorentini, 1992; Mancinelli-Van Atta e Beck, 1992; Boothroyd <i>et al.</i> , 1993; Segar <i>et al.</i> , 1993; AARC, 1993; Knox, 1993; Odell <i>et al.</i> , 1993; Smith, 1993; Dam <i>et al.</i> , 1994; Johnson <i>et al.</i> , 1994; Carroll, 1994; Grap <i>et al.</i> 1994; Judson e Sahn 1994; Mathews, 1994; Daicoff <i>et al.</i> , 1995; Glass e Grap, 1995; Peruzzi e Smith, 1995; Raymond, 1995; Walsh <i>et al.</i> , 1995; Wainwright e Gould, 1996; Dean, 1997; Simmons, 1997; Glass <i>et al.</i> , 1999; Kohlhauser <i>et al.</i> , 2000; Lu <i>et al.</i> , 2000; Lee <i>et al.</i> , 2001; Akgul <i>et al.</i> , 2002; Sole <i>et al.</i> , 2002; Avena <i>et al.</i> , 2003; Choong <i>et al.</i> , 2003; Leone <i>et al.</i> , 2004; Lasocki <i>et al.</i> , 2006.
Aspiração em situações especiais (Pacientes neurológicos, pediátricos e neonatos)	Ninan <i>et al.</i> , 1986; Fanconi e Duc, 1987; Durand <i>et al.</i> , 1989; Kerem <i>et al.</i> , 1990; Rudy <i>et al.</i> , 1991; Singh <i>et al.</i> , 1991; Crosby e Parsons, 1992; Monaco <i>et al.</i> , 1992; Hanowell <i>et al.</i> , 1993; Kerr <i>et al.</i> , 1993; Daicoff <i>et al.</i> , 1995; Boothroyd <i>et al.</i> , 1996; Brucia e Rudy, 1996; Bernert <i>et al.</i> , 1997; Kerr <i>et al.</i> , 1999; Cordero <i>et al.</i> , 2000; Kohlhauser <i>et al.</i> , 2000; Manczur <i>et al.</i> , 2000; Burgess <i>et al.</i> , 2001; Cordero <i>et al.</i> , 2001; Pritchard <i>et al.</i> , 2001; Woodgate e Flenady, 2001; Gemma <i>et al.</i> , 2002; Avena <i>et al.</i> , 2003; Roll <i>et al.</i> , 2003; Spence <i>et al.</i> , 2003; Leone <i>et al.</i> , 2004; Rieger <i>et al.</i> , 2005; Thomas <i>et al.</i> , 2005.
Métodos de prevenção de complicações / repercussões fisiológicas	Cabal <i>et al.</i> , 1979; Goodnough, 1985; Ninan <i>et al.</i> , 1986; Fanconi e Duc, 1987; Graff <i>et al.</i> , 1987; Glass <i>et al.</i> , 1993; McIntosh <i>et al.</i> , 1993; Dam <i>et al.</i> , 1994; Schmidt <i>et al.</i> , 1995; Grap <i>et al.</i> , 1996; Kohlhauser <i>et al.</i> , 2000; Cordero <i>et al.</i> , 2001; Pritchard <i>et al.</i> , 2001; Stenqvist <i>et al.</i> , 2001; Choong <i>et al.</i> , 2003; Dyhr <i>et al.</i> , 2003; Roll <i>et al.</i> , 2003; Sole <i>et al.</i> 2003; Fernandez <i>et al.</i> , 2004; Leone <i>et al.</i> , 2004; Demir e Dramali, 2005; Reissmann <i>et al.</i> , 2005; Lasocki <i>et al.</i> , 2006; Maggiore, 2006.

FONTE: Modificado de CAMPOS (2006).

2.1.2 Variáveis técnicas da aspiração traqueal

Na maioria das vezes, a monitoração das respostas fisiológicas do paciente submetido à AET é insuficiente e inadequada. Tornam-se necessárias padronizações para a indicação, técnica de aplicação, período de intervalo e de medidas preventivas antes, durante e após o procedimento (AVENA *et al.*, 2003).

DUTRA, GUIMARÃES e CAMPOS (2007) questionaram 148 profissionais aptos a realizarem a AET em 9 hospitais de Belo Horizonte e região metropolitana sobre aspectos teórico-práticos da AET.

As respostas registradas no questionário para conhecimento e aplicação de critérios de indicação, frequência de realização, duração do procedimento, inserção da sonda de aspiração, uso de instilação de fluidos, complicações associadas, uso do sistema fechado de aspiração, e de técnicas preventivas, tais como, hiperoxigenação, hiperventilação são apresentadas na TAB 2.1.

No estudo de DUTRA, GUIMARÃES e CAMPOS (2007), o tempo gasto em cada procedimento de AET foi significativamente associado pelos profissionais como dependente da quantidade de secreção. No entanto, o fato de 44,5% das respostas considerarem uma duração inferior a 15 segundos, pode ser apoiado pelos relatos de ODELL *et al.* (1993), ÇELIK e ELBAS (2000), DAY *et al.* (2002), AVENA *et al.* (2003) e THOMPSON (2007).

Para AVENA *et al.*, (2003) e MORROW *et al.*, (2004), a duração deve variar no máximo de 10 a 15 segundos e não exceder o número de três inserções da sonda na via aérea do paciente por episódio de AET, enquanto outros autores recomendam que a duração, desde a inserção até a retirada da sonda, não ultrapasse 10 segundos (AKGUL e AKYOLCU, 2002; MOORE, 2003).

Nesse contexto, deve ser ressaltado que, quanto maior a duração do procedimento, maior o tempo de desconexão do ventilador mecânico, maior o risco de dano da mucosa, hipóxia, atelectasia, arritmia cardíaca e hipotensão arterial (ODELL *et al.*, 1993; ÇELIK e ELBAS, 2000; DAY *et al.*, 2002; THOMPSON, 2007).

No estudo de DUTRA, GUIMARÃES e CAMPOS (2007), a maioria dos profissionais considerou a inexistência de um número definido de inserções da sonda por episódio de aspiração, especificando que o número de inserções depende da quantidade necessária à remoção da secreção, o que se contrapõe às recomendações de WOOD (1998a) e DAY *et al.*, (2002), que limitam a três inserções da sonda por AET.

A instilação de fluidos além de promover a diluição da secreção, o que facilita a sua remoção (YOUNG *et al.*, 2002; AKGUL e AKYOLCU, 2002; SCHULZE, 2002;

MOORE, 2003; ÇELIK e KANAN, 2006), lubrifica a sonda de aspiração e estimula a tosse (YOUNG *et al.*, 2002; WOOD, 1998a; ÇELIK e KANAN, 2006).

TABELA 2.1 Frequência das respostas assinaladas no domínio de aspectos teórico-práticos referentes à aspiração endotraqueal no estudo de DUTRA, GUIMARÃES e CAMPOS (2007).

Questionamentos	Total de respostas		Questionamentos	Total de respostas	
	N	%		N	%
Quando a AET é realizada			Indicações para a realização da AET	105	31,5
Intervalo de 2/2h	4	2,7	Secreção visível no circuito	122	36,6*
Intervalo de 3/3h	3	2,0	Ruídos pulmonares	65	19,5
Intervalo de 4/4h	1	0,7	Aumento da pressão de pico	39	11,7
Paciente hipersecretivo	14	9,5	Alarme do ventilador	12	3,6
Sem intervalo; avaliação profissional	125	85,0*	Dessaturação	333	100,0
Total	147	100,0	Total		
Tempo gasto em cada procedimento			Profissional introduz a sonda de aspiração		
Não sabe informar	5	3,4	2 vezes	5	3,4
Depende quantidade de secreção	75	51,4*	3 vezes	16	10,9
Até 15 segundos	65	44,5	4 vezes	4	2,7
Superior a 15 segundos	1	0,7	Quantidade necessária para remover secreções	122	83,0*
Total	146	100,0	Total	147	100,0
Solução utilizada na instilação durante a AET			Quantidade de solução instilada durante a AET		
Cloreto de sódio a 0,9%	123	84,2*	< 5 mL	65	50,4*
Água bidestilada	12	8,2	5 mL	14	10,9
Ambos	11	7,5	> 5 mL	50	38,8
Total	146	100,0	Total	129	100,0
Hiperoxigena o paciente antes e após a AET			Tipo de hiperoxigenação realizada pré e pós-AET		
Sim	137	92,6*	Aumentar FiO ₂ para 100%	108	78,3*
Não	11	7,4	Aumentar FiO ₂ proporcionalmente	21	15,2
Total	148	100,0	Não se aplica	9	6,5
			Total	138	100,0
Hiperventila o paciente antes e após a AET			Tipo de hiperventilação realizada pré e pós-AET		
Sim	103	71,0*	Aumento do volume corrente	17	12,9
Não	42	29,0	Aumento da frequência respiratória	13	9,8
Total	145	100,0	Manobra com ambu	71	53,8*
			Não se aplica	41	31,1
			Total	132	100,0

*Teste Qui-Quadrado utilizado para as observações no total, sendo obtido para todas as variáveis $p < 0,001$.

FONTE: DUTRA, GUIMARÃES e CAMPOS (2007).

A quantidade de água bidestilada (ABD), cloreto de sódio a 0,9% (Soro Fisiológico - SF 0,9%) ou bicarbonato de sódio diluído em SF 0,9% a ser instilada no interior do tubo orotraqueal ou da traqueostomia antes do procedimento de AET (SCHULZE, 2002) varia de 3 a 10 mL (YOUNG *et al.*, 2002), embora alguns autores afirmem que não deve exceder 5 mL (MOORE, 2003).

No estudo de DUTRA, GUIMARÃES e CAMPOS (2007), o SF 0,9% é a solução utilizada para instilação em 84,2% das respostas. No entanto, a quantidade instilada é maior que 5 mL em 38,8% das respostas, contrapondo-se às evidências de que o recurso não deve ser utilizado rotineiramente, apenas quando necessário e em pequenas quantidades, dependendo do aspecto da secreção. Deve-se ressaltar que mais de 80% da solução instilada

pode permanecer na via aérea após o procedimento de aspiração e provavelmente retardar a sua absorção ou remoção através do sistema mucociliar (SCHULZE, 2002), favorecer a infecções (AKGUL e AKYOLCU, 2002; JOHN, 2004; ÇELIK e KANAN, 2006) e queda da SaO₂ (AKGUL e AKYOLCU, 2002, MOORE, 2003; JOHN, 2004; ÇELIK e KANAN, 2006).

Em respeito às medidas preventivas para redução das repercussões respiratórias e hemodinâmicas, destacam-se a execução pré, per e pós-AET de manobras de hiperoxigenação, hiperinsuflação e hiperventilação (AARC, 1993; CARROL, 1994; WOOD, 1998a; DAY *et al.*, 2002; JOHN, 2004 e THOMPSON, 2007).

O uso da hiperoxigenação por meio do aumento da FiO₂ é recomendado em diversos estudos (ODELL *et al.*, 1993; WOOD, 1998a; DAY *et al.*, 2002; AVENA *et al.*, 2003; MOORE, 2003; OH e SEO, 2003; DEMIR e DRAMALI, 2005; THOMPSON, 2007).

Entretanto, não há na literatura um consenso sobre o valor da concentração de oxigênio a ser administrada antes da aspiração endotraqueal (ODELL *et al.*, 1993; WOOD, 1998a; DAY *et al.*, 2002; AVENA *et al.*, 2003; MOORE, 2003; OH e SEO, 2003; DEMIR e DRAMALI, 2005; THOMPSON, 2007). No estudo de DUTRA, GUIMARÃES e CAMPOS (2007), a hiperoxigenação baseada no aumento da FiO₂ para 100% foi significativamente maior que o aumento proporcional da FiO₂.

ROGGE *et al.* (1989) compararam o efeito da FiO₂ a 100% e da FiO₂ a 20% da fração de oxigênio prévia a AET, em pacientes com doenças respiratórias e concluíram que a hiperoxigenação a 20% foi tão eficiente quanto a 100% para prevenir hipoxemia e alterações hemodinâmicas associadas ao procedimento.

A hiperventilação pode ser aplicada por meio de aumento do volume corrente ou da frequência respiratória, modificando-se os parâmetros ajustados no ventilador mecânico. Pode também ser realizada manualmente, executando-se a técnica de manobras com ambu (CARROLL, 1994; WOOD, 1998a; DAY *et al.*, 2002).

Apesar de alguns estudos relatarem que a manobra com ambu predispõe a alterações hemodinâmicas mais significativas que as manobras mediadas pelo ventilador mecânico, devido à maior variabilidade do volume corrente, da frequência e da pressão gerada (WOOD, 1998a; DAY *et al.*, 2002; BERNEY e DENEHY, 2002; THOMPSON, 2007), a simplicidade de manuseio do ambu pode justificar o fato desse método de hiperventilação ser o mais utilizado frequentemente.

2.1.3 Parâmetros de controle na AET

A simples inserção da sonda de aspiração, a interrupção do fornecimento de oxigênio e a remoção de gás pela aplicação da pressão negativa durante a AET podem reduzir a complacência pulmonar, a pressão intrapulmonar e determinam uma queda na pressão arterial de oxigênio (PaO_2) (MORROW *et al.*, 2004).

No entanto, mesmo reconhecendo as complicações, as lesões e o fato de que a AET não remove apenas a secreção, como também os gases na árvore traqueobrônquica, parâmetros de controle para sua realização ainda são discutidos, não havendo um consenso na literatura.

Os traumatismos em mucosas têm relação com alguns aspectos técnicos, como por exemplo, tempo de aspiração, tipo e tamanho de sondas de aspiração e nível de pressão negativa (DIOGO, 2001; SANTOS e ZANETTE, 2001; PRYOR e WEBBER, 2002).

2.1.3.1 Seleção da sonda de aspiração

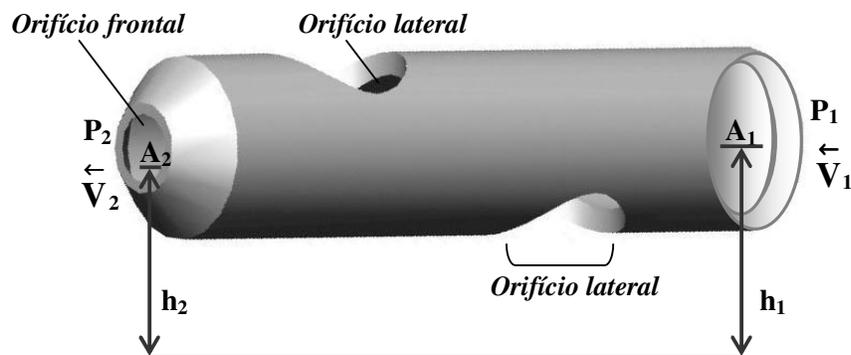
As sondas de aspiração variam conforme o tipo de ponta, comprimento, forma e número de orifícios, visando minimizar lesões em mucosas (SCANLAN *et al.*, 2000).

CAMPOS *et al.*, (2003) e CAMPOS *et al.*, (2004a) investigaram os tipos de sondas de aspiração disponíveis no mercado nacional e constataram que, para um mesmo diâmetro e comprimento, havia dispositivos com 1 orifício (frontal), 2 orifícios (um frontal e um lateral), 3 orifícios (um frontal e dois laterais) e 5 orifícios (um frontal e quatro laterais).

Nos estudos, CAMPOS *et al.*, (2003) e CAMPOS *et al.*, (2004a) analisaram a influência da quantidade de orifícios na sonda de aspiração sobre a pressão negativa durante a AET. Para tal, empregou-se a equação de Bernoulli³ após serem efetuadas medidas, com o uso de um paquímetro (Paquímetro 0-150 mm Vernier Caliper nº série 908280 Brasil), dos diâmetros do orifício frontal e orifícios laterais e do diâmetro interno em uma amostra de sondas siliconizadas de cloreto de polivinila (PVC), de calibre 12 French⁴ ($3,96 \cdot 10^{-3}$ m), comprimento 0,5 m, com 3 orifícios e válvula intermitente para pressão negativa (Embramed, Brasil) (FIG. 2.1).

³ Equação de Bernoulli - exprime a conservação da energia mecânica em fluidos ideais, afirmando que, em qualquer ponto do fluido, a soma das parcelas individuais da energia potencial (devido à posição e à pressão) e da energia cinética é uma constante. Relaciona as cargas (energia por unidade de peso) de posição, de velocidade e de pressão do fluido durante o escoamento em pontos de uma mesma linha corrente (FOX e MCDONALD, 2001).

⁴ French – 1 French equivale a $3,3 \cdot 10^{-4}$ m (WOOD, 1998a).



Equação de Bernoulli \therefore Aplicação da Equação de Bernoulli

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + H_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H_2 \therefore \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{(A_1 V_1 / A_2)^2}{2g}$$

FIGURA 2.1 Representação da aplicação da Equação de Bernoulli para uma sonda de aspiração com 3 orifícios.

Nota: Na ilustração, A_1 , P_1 e V_1 equivalem respectivamente à área, pressão exercida pelo fluido e velocidade de escoamento na seção 1, considerada seção de referência (entrada da sonda); A_2 , P_2 e V_2 equivalem respectivamente à área, pressão exercida pelo fluido e velocidade de escoamento na seção 2 (ponta da sonda); H_1 e H_2 representam as alturas em relação à linha de referência, respectivamente para as seções 1 e 2.

FONTE: Adaptado de CAMPOS *et al.*, (2003) e CAMPOS *et al.*, (2004a).

Para a aplicação da Equação de Bernoulli no modelamento foram realizadas as seguintes considerações:

- (i) P_1 constante e igual a 120 mmHg (16 kPa);
- (ii) γ - peso específico, sendo a densidade do ar de 1,131 kg/m³ a 35^oC;
- (iii) V_1 constante e uniforme (conforme medidas de vazão efetuadas no sistema de medição) equivalente a 10 L/min - 1,67.10⁻⁴ m³/s;
- (iv) g - aceleração gravitacional, referente a 9,8 m/s²;
- (v) desprezou-se a influência de h_1 e h_2 ;
- (vi) V_2 obtida utilizando a Equação da Continuidade $A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$, sendo A_1 - área de referência (equivalente a área do diâmetro interno) e A_2 - área da sonda em sua ponta, dependente da soma da área do orifício frontal e das áreas dos orifícios laterais em sua extremidade.

Os cálculos demonstraram uma leve diminuição do módulo da pressão negativa para as sondas com 3 e 5 orifícios (FIG. 2.2). Isto pode ser explicado pelo maior número de orifícios na sonda gerar uma maior área disponível para o escoamento e, conseqüentemente, o

aumento da seção transversal da ponta em relação ao corpo da sonda, o que provoca um mecanismo compatível com um efeito difusor.

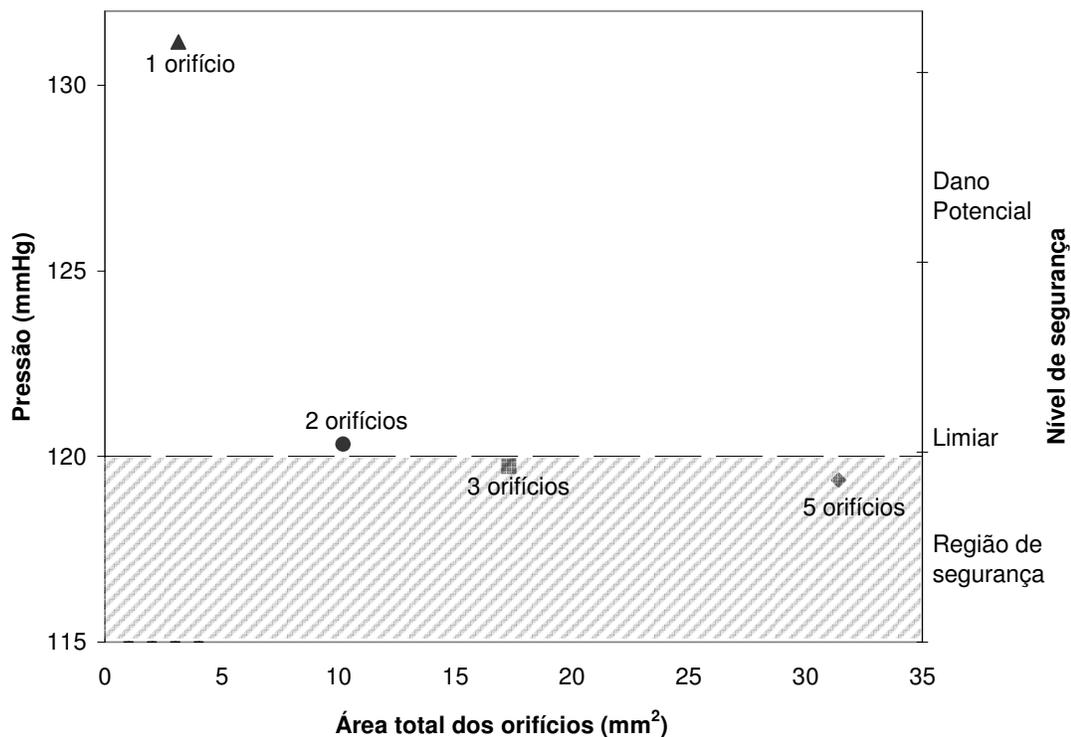


FIGURA 2.2 Correlação entre a área total dos orifícios das sondas e as pressões de aspiração. Para a aplicação da Equação de Bernoulli utilizou-se uma sonda equivalente com um orifício cuja área equivale à soma das áreas de todos os orifícios.

FONTE: CAMPOS *et al.*, (2004a).

Nas sondas com 1 e 2 orifícios, o aumento no módulo da pressão aplicada, superior ao recomendado pelos estudos fisiológicos para AET em adultos, conduziu à hipótese de que, em situações de obstrução de um orifício, devido a um efeito bocal, a pressão negativa tornar-se-á maior do que a esperada para uma determinada sonda de aspiração. No entanto, deve-se ressaltar que os cálculos foram realizados considerando aproximações a uma situação de controle (CAMPOS, 2006).

Quanto ao método de seleção do tamanho da sonda de aspiração, ODELL *et al.* (1993) propõem que a numeração máxima seja calculada usando a Eq. (2.1).

$$N_{\max \text{ sonda}} = (N_{\text{TOT/TQT}} - 2) \times 2 \quad (2.1)$$

Onde: $N_{\max \text{ sonda}}$ – numeração máxima da sonda de aspiração;

$N_{\text{TOT/TQT}}$ – numeração do tubo orotraqueal ou cânula de traqueostomia.

Enquanto que, CARROLL (1994) propõe o uso da Eq. 2.2:

$$N_{\text{max sonda}} = (N_{\text{TOT/TQT}}) \cdot 2 \quad (2.2)$$

Onde: $N_{\text{max sonda}}$ – numeração máxima da sonda de aspiração;

$N_{\text{TOT/TQT}}$ – numeração do tubo orotraqueal ou cânula de traqueostomia.

ASHURST (1992), WOOD (1998a), AVENA *et al.* (2003), MORROW *et al.* (2004), JOHN (2004) e THOMPSON (2007) recomendam estimar o máximo diâmetro externo da sonda a ser utilizada para AET como função da metade do diâmetro interno da via aérea artificial do paciente (Eq. 2.3).

$$D_{\text{ext max sonda}} = \frac{(D_{\text{int TOT/TQT}})}{2} \quad (2.3)$$

Onde: $D_{\text{ext max sonda}}$ = diâmetro externo máximo da sonda de aspiração (mm);

$D_{\text{int TOT/TQT}}$ = diâmetro interno do tubo orotraqueal ou cânula de traqueostomia (mm).

As discordâncias entre os autores devem-se a utilização de unidades de medida diversas. A via aérea artificial recebe a numeração do respectivo diâmetro interno dado em milímetros, enquanto que a sonda de aspiração é numerada conforme a unidade *French* (Fr).

Tal fato gera erros na seleção da sonda de aspiração, pois para um tubo orotraqueal de diâmetro 8 mm, segundo ODELL *et al.* (1993), a numeração máxima a ser utilizada é de 12 Fr (3,9 mm); para CARROLL (1994), poderia ser utilizada uma sonda de numeração até 16 Fr (5,2 mm), enquanto que para ASHURST (1992) associado aos outros autores, a sonda deveria possuir diâmetro externo máximo em torno de 4 mm, o que equivaleria à numeração 14 Fr (4,6 mm).

Dentre as 45 enfermeiras investigadas no estudo irlandês de KELLEHER e ANDREWS (2008), 33,3% utilizam sonda de aspiração com diâmetro externo maior que a metade do diâmetro interno do tubo orotraqueal.

SINGH *et al.* (1991) estudaram a influência do diâmetro de sonda de aspiração sobre a pressão negativa, frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), pressão arterial média (PAM), saturação arterial de oxigênio (SaO₂) e pressão intracraniana (PIC).

Aleatoriamente, 17 pacientes pediátricos (idade 6,5 ± 5 meses) ventilados mecanicamente foram submetidos à AET sob pressões negativas de 80, 100, 120 mmHg. As sondas de aspiração foram selecionadas para cada procedimento de modo que determinasse a razão diâmetro externo da sonda/diâmetro interno do tubo orotraqueal (Dext/Dint) de aproximadamente 0.4, 0.7 e 0.9 (SINGH *et al.*, 1991). Os resultados mostraram que ocorreram mudanças significativas na SaO₂, FC e PIC independentes do diâmetro da sonda ou pressão negativa. No entanto, as sondas para a razão Dext/Dint = 0.7 foram mais facilmente

introduzidas na via aérea artificial e mais eficazes na remoção de secreções de crianças nesta faixa etária (SINGH *et al.*, 1991).

GIGANTI e MADDERN (2007) propuseram o uso da técnica denominada aspiração-superficial para pacientes pediátricos, cujo protocolo foi baseado em artigos publicados nos últimos 50 anos. Consiste em limitar a inserção da sonda de aspiração a 0,5 centímetro além da extremidade distal de uma via aérea artificial, não ultrapassando tal extremidade em prematuros, sob uso de sonda com diâmetro externo inferior à metade do diâmetro interno da via aérea artificial.

O uso rotineiro de solução salina, hiperoxigenação, hiperventilação e hiperinsuflação não são recomendados na técnica de aspiração-superficial, a qual define a redução da duração de cada inserção para 5 segundos, aplicando a pressão negativa em ambos os momentos, durante a inserção e durante a retirada da sonda em movimento de rotação. No entanto, o estudo não traz referências a níveis de pressão negativa e resultados obtidos na redução de consequências iatrogênicas (GIGANTI e MADDERN, 2007).

KELLEHER e ANDREWS, (2008) expõem que sendo um assunto de urgência, políticas institucionais e diretrizes baseadas em recomendações atuais para uma melhor prática da AET, precisam ser implementadas na Europa.

2.1.3.2 Seleção da pressão negativa

Múltiplos efeitos adversos da AET estão sendo associados com o uso de níveis elevados da pressão negativa (DONALD *et al.*, 2000). Dentre eles, aumento do risco de lesão da mucosa traqueal, o que predispõe a um maior risco de infecção na árvore brônquica (ODELL *et al.*, 1993; CARROLL, 1994; WOOD, 1998a; DAY *et al.*, 2002; THOMPSON, 2007), hipoxemia, colapso da via aérea e atelectasia (ODELL *et al.*, 1993; CARROLL, 1994; WOOD, 1998a).

Em 1956, PLUM e DUNNING demonstraram pela primeira vez a lesão em membranas mucosas na árvore traqueobronquial de oito pacientes traqueostomizados aspirados uma hora antes de serem examinados por biópsia. Os pesquisadores observaram a presença de hemorragia, exsudato, edema e úlceras em todos os indivíduos para a faixa de pressão negativa analisada entre 250 e 380 mmHg.

Posteriormente, KUZENSKI (1978) testou o efeito de diferentes pressões negativas em mucosa traqueal de dois cães anestesiados. Ao utilizar pressão negativa de 100 e 200 mmHg, foi observado que o trauma traqueobronquial foi diretamente relacionado com a magnitude da pressão negativa aplicada.

CZARNIK *et al.*, (1991) estudou os efeitos no tecido traqueal decorrentes da aplicação de pressão negativa de forma intermitente *versus* contínua durante AET em 12 cães. Os animais foram aspirados sob pressão negativa de 200 mmHg a cada 15 minutos por 4 horas, com duração de 10 segundos por procedimento. Os resultados indicaram que, independente da forma de aplicação de pressão negativa, a AET produz significantes lesões na mucosa endotraqueal.

Níveis de pressão negativa entre 70 mmHg e 150 mmHg (WOOD, 1998a) ou 80 mmHg a 150 mmHg (DAY *et al.*, 2002) são referenciados para AET em adultos, baseando-se em cortes histológicos e em variáveis clínicas, porém, sem o estabelecimento de níveis de tolerância.

Em outros estudos, o uso de pressão negativa entre 100 e 150 mmHg é indicada para reduzir traumas em mucosas durante a AET em adultos. No entanto, os autores não discutem os critérios que fundamentam a recomendação (HOFFMAN e MASZKIEWICZ, 1987; ALLEN, 1988; REGAN, 1988; FIORENTINI, 1992; SMITH, 1993; CARROLL, 1994; GLASS e GRAP, 1995 e DEAN, 1997).

Em pacientes sob condições especiais, também são encontradas divergências na literatura, enquanto KERR *et al.*, (1993) recomendam o uso de pressão negativa menor que 120 mmHg para a aspiração em indivíduos com comprometimento cerebral, em que há riscos de aumento da pressão intracraniana. No estudo de revisão de WAINWRIGHT e GOULD (1996), os autores limitaram-se a recomendar o uso de menor pressão negativa possível para AET em adultos com grave lesão cerebral.

LEIGHTON (1997) investigou o efeito da AET na hemodinâmica intracerebral de 9 pacientes com insuficiência hepática fulminante. Os resultados não mostraram mudanças prolongadas nas variáveis clínicas dos indivíduos, cuja remoção de secreções, sob uso de pressão negativa de 100 mmHg, foi considerada satisfatória.

Mais recentemente, BERLLY e SHEM (2007) indicam o uso de pressão negativa entre 100 e 200 mmHg para o manejo respiratório em adultos após lesão medular.

Embora WOOD (1998a), DAY *et al.* (2002) e outros autores afirmem que o uso de níveis maiores de pressão negativa não necessariamente remove uma quantidade maior de secreção, ODELL *et al.* (1993) sugerem que pressões negativas superiores a 200 mmHg podem ser necessárias clinicamente.

No estudo de KELLEHER e ANDREWS (2008), todas as 45 enfermeiras integrantes do grupo amostral excederam a recomendação de uso de pressão negativa entre 80 a 150 mmHg (WOOD, 1998a e DAY *et al.* 2002), utilizando níveis variando de 230 a 450 mmHg.

Para PAPA e TRIMER (2000), previamente ao procedimento de AET, o equipamento de aspiração deve ser checado e a pressão negativa mantida entre 80 e 120 mmHg, com intuito de prevenir traumas secundários.

O uso de pressão negativa de 100 a 120 mmHg para adultos, de 80 a 100 mmHg para crianças e de 60 a 80 mmHg para lactentes também são referenciados (SCANLAN *et al.*, 2000).

Embora haja o reconhecimento de que o grau de colapso pulmonar depende da pressão negativa utilizada para a AET (BRANDSTATER e MUALLEM, 1969) e que o trauma da mucosa é reduzido pelo uso de pressões corretas (COPNELL e FERGUSON, 1995), observa-se na literatura uma divergência quanto ao nível de pressão negativa ideal para realização da AET (QUADRO 2.2).

QUADRO 2.2
Níveis de pressão negativa utilizados e/ou recomendados em estudos envolvendo a AET em adultos.

Referência	Nível de pressão negativa
Leiman <i>et al.</i> , 1987	450-560 mmHg
Czarnik <i>et al.</i> , 1991	200 mmHg
Guglielminotti <i>et al.</i> , 1998	80 mmHg
Guglielminotti <i>et al.</i> , 2000	200 cmH ₂ O (150 mmHg)
Lu <i>et al.</i> , 2000	100 cm ₂ O (73.5 mmHg)
Çelik e Elbas, 2000	300 mmHg
Cereda <i>et al.</i> , 2001	100 mmHg
Van der Leur <i>et al.</i> , 2003	200-400 mmHg
Dyhr <i>et al.</i> , 2003	400 mmHg
Lindgren <i>et al.</i> , 2004	150-300 mmHg
Almgren <i>et al.</i> , 2004	14 kPa (105 mmHg)
Fernandez <i>et al.</i> , 2004	150-200 mmHg
Reissmann <i>et al.</i> , 2005	205-605 mbar (154-454 mmHg)

FONTE: Modificado de CAMPOS (2006).

A ausência de um consenso nacional quanto às diretrizes e protocolos para a execução da aspiração endotraqueal pressupõe que exista uma variação considerável em caráter interpessoal, interprofissional e interinstitucional (DUTRA, GUIMARÃES e CAMPOS, 2007).

Dos 148 profissionais questionados nos 9 hospitais de Belo Horizonte e região metropolitana no estudo de DUTRA, GUIMARÃES e CAMPOS (2007), apesar de 66% responderem que realizam o teste do vácuo pré-aspiração e 81% informarem que conhecem o

nível de pressão negativa recomendado para a AET em adultos, 80,3% não registraram os valores na resposta ($p < 0,001$), 14,3% registraram entre 15 e 40 mmHg e apenas 5,4% descreveram a variação entre 100 e 150 mmHg ($p < 0,001$).

As várias respostas agrupadas na categoria entre 15 e 40 mmHg no estudo de DUTRA, GUIMARÃES e CAMPOS (2007) ratifica a necessidade de programas de educação continuada, com caráter de aprimoramento teórico-prático e explanação sobre os valores de referência, pois este resultado pode ter sido influenciado pelo fato da maioria dos vacuômetros de uso hospitalar registrar a pressão em centímetros de água, o que possivelmente gerou uma variável de confusão. Além disso, os profissionais podem ter descrito o valor da pressão negativa conforme a observação prática do vacuômetro, sem considerar a unidade de medida.

ZEITOUN *et al.* (2000) expõem que, apesar da técnica de AET em sistema aberto ser um procedimento tradicional, o número de falhas durante sua execução é maior quando comparada a AET em sistema fechado, de modo que, alguns passos da técnica de aspiração são ignorados, muitas vezes na ânsia de aliviar o paciente hipersecretivo, o que remetem à importância de treinamentos e reciclagens contínuos.

Além disso, as recomendações de níveis de pressão negativa, comprimento de inserção e tamanho da sonda de aspiração para a execução da AET sugeridas pela AARC, (1993) são pouco evidentes. Muitas vezes, o diâmetro da sonda de aspiração, as variações da viscosidade do muco, a relação entre o tamanho do tubo orotraqueal (TOT) e o tamanho da sonda de aspiração, o nível de pressão negativa e seus efeitos potenciais sobre os pulmões não são considerados (MORROW *et al.*, 2004).

2.1.4 Controle da AET e repercussões clínicas

A aplicação de pressão negativa durante a AET pode colapsar algumas zonas aéreas, deteriorando a oxigenação e aumentando o trabalho ventilatório (SELSBY e JONES, 1990).

Durante a AET em sistema aberto, o simples fato de desconectar o tubo orotraqueal do circuito do ventilador mecânico pode causar substancial perda de volume pulmonar, o que é ainda mais agravado pela aplicação de pressão negativa (EL MASRY *et al.*, 2005; CARAMEZ *et al.*, 2008).

Na Turquia, ÇELIK e ELBAS (2000) analisaram o comportamento da pressão arterial média (PAM), frequência cardíaca (FC), pressão arterial de oxigênio (PaO_2), pressão arterial de gás carbônico (PaCO_2) e íon bicarbonato (HCO_3^-) ao submeter 80 pacientes de

pós-operatório de cirurgia cardiovascular a AET, pelo método habitual seguido na unidade de terapia intensiva do estudo (grupo controle, n=42) e pelo método padronizado - recomendações na literatura (grupo experimental, n=38).

As diferenças quanto às modificações nos parâmetros fisiológicos em termos de normalidade e anormalidade das variáveis estudadas quinze minutos após a AET nos dois grupos foram estatisticamente significantes ($p < 0.05$) (FIG 2.3).

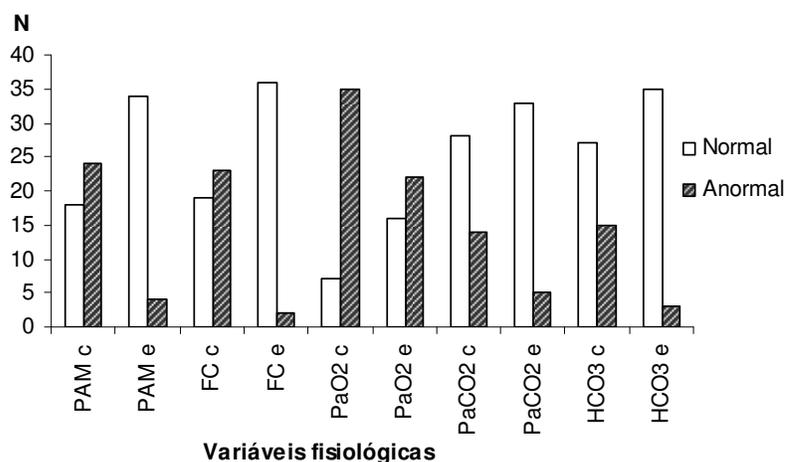


FIGURA 2.3 Normalidade e Anormalidade de variáveis fisiológicas no grupo controle e grupo experimental quinze minutos após a AET.

Nota: PAM - pressão arterial média; FC - frequência cardíaca; PaO₂ - pressão arterial de oxigênio; PaCO₂ - pressão arterial de gás carbônico; HCO₃ - íon bicarbonato; c - eferente ao grupo controle; e - referente ao grupo experimental.

FONTE: Modificado de ÇELIK e ELBAS, (2000).

ÇELIK e ELBAS (2000) citam que na Turquia a técnica é realizada de modo inadequado: 66% das enfermeiras não realizam o procedimento conforme a necessidade do paciente, 37,5% aspiram enquanto estão inserindo a sonda na via aérea artificial, apenas 2,08% realizam a AET no tempo adequado e nenhuma usava os valores de pressão negativa recomendados.

Deve-se ressaltar que, para ambos os grupos, apesar do reconhecimento de que a pressão negativa desejável deveria ser inferior a 120 mmHg (GLASS e GRAP, 1995), os autores utilizaram pressão negativa de 300 mmHg, devido à falta de um equipamento de sucção que permitisse limitar a pressão (ÇELIK e ELBAS, 2000).

Ao incluir um vacuômetro nos circuitos de aspiração canalizados de um hospital australiano, DONALD *et al.* (2000) constataram que em média gerava-se pressão negativa de 359,52 mmHg, atingindo pico de até 560 mmHg. No entanto, ao questionar 64 profissionais (enfermeiros e fisioterapeutas) do mesmo hospital sob a pressão segura/efetiva para a AET, 36% responderam entre 0 e 100 mmHg, 31% entre 100 e 170 mmHg, 16% entre 170 e

200 mmHg e 5% consideravam a pressão negativa acima de 200 mmHg, embora tenha sido observado que nenhum destes monitorou a pressão durante a execução do procedimento. As diferenças obtidas no estudo entre a pressão de saída ou de ajuste inicial do aspirador e a pressão negativa aplicada ao ocluir a sonda de aspiração para sucção das secreções traqueais são mostradas na FIG. 2.4.

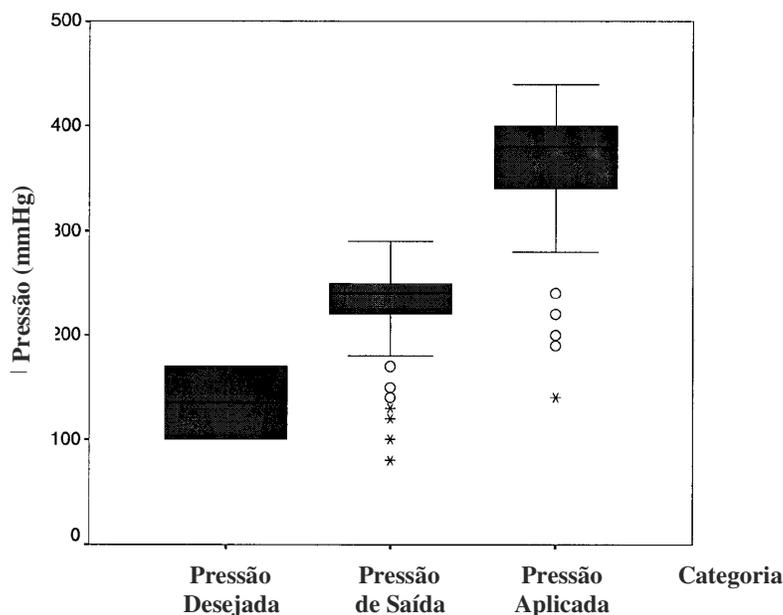


FIGURA 2.4 *Boxplot* mostrando todas as pressões referidas como desejadas, todas as pressões de saída e todas as pressões aplicadas durante a AET.

Nota: * - indica *outliers* no circuito de aspiração cujo vacuômetro somente era visualizado pelo pesquisador; o - indica *outliers* no circuito de aspiração cujo vacuômetro era visível para o profissional que executa a AET e para o pesquisador.

FONTE: Modificado de DONALD *et al.* (2000).

CEREDA *et al.* (2001) demonstraram que, mesmo ao se utilizar pressão negativa de 100 mmHg para AET em sistema aberto, há significativa perda do volume pulmonar em pacientes com lesão pulmonar aguda e síndrome do desconforto respiratório agudo ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$: média \pm DP de 192 ± 70 e PEEP: média \pm DP de $10,7 \pm 3,9$ cmH₂O) (FIG. 2.5). No estudo, a imediata queda no volume pulmonar (ΔV_{L1}) com a desconexão da VM é seguida por um decréscimo adicional após o início da aspiração (ΔV_{L2}). A perda total do volume pulmonar (ΔV_{Ltot}) é dada por $\Delta V_{L1} + \Delta V_{L2}$.

Os resultados obtidos no estudo de CEREDA *et al.* (2001) podem ser limitados em função do protocolo de aplicação de vácuo por 20 segundos de forma contínua, sem execução de manobras de hiperoxigenação e hiperventilação antes ou após a AET. Em 2 minutos após a AET houve um significativo aumento da PAM, mas sem mudanças significativas na FC (TAB. 2.2).

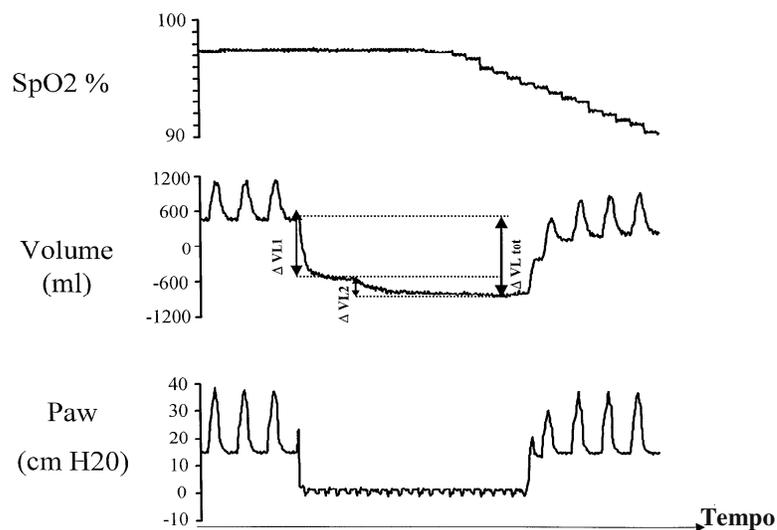


FIGURA 2.5 Registro do comportamento da oximetria de pulso (SpO_2 – saturação periférica de oxigênio), volume pulmonar e pressão na via aérea (Paw) em um paciente durante AET em sistema aberto.

FONTE: CEREDA *et al.*, (2001).

TABELA 2.2 Variáveis fisiológicas mensuradas antes e após a AET por meio de sistema aberto em pacientes sob ventilação a volume controlado.

Parâmetros	Antes média ± DP	Durante média ± DP	Após média ± DP
ΔV (mL) ^a	-	-1231.5±858.3	-
SpO_2 (%) ^b	97.7±3.0	94.6±5.1	97.0±3.8
VC (mL) ^b	630.4±71.0	-	636±82.4
VE (L/min) ^b	9.4±2.6	-	9.4±2.5
Ppico (cmH ₂ O) ^b	32.3±8.2	-	32.2±8.4
PEEP (cmH ₂ O) ^b	10.2±4.4	-	10.1±4.4
Pplatô (cmH ₂ O) ^b	27.5±8.2	-	27.5±8.1
Paw (cmH ₂ O) ^b	16±5.1	-	15.9±5.1
FR (ipm) ^b	15.1±4.3	-	15.1±4.3
PAM (mmHg) ^{b, c}	78.1±10.2	83.2±14.7	84.5±13.6
FC (bpm)	98.7±22.3	97.5±21.4	98.1±22.5
PaO ₂ (mmHg)	122.6±26.0	-	117.3±31.1
PaCO ₂ (mmHg)	47.4±14.0	-	49.2±14.3
SaO ₂ (%)	96.6±2.7	-	95.2±3.3

Nota: ΔV - variação de volume pulmonar; SpO_2 - saturação periférica de oxigênio mensurada pela oximetria de pulso; VC - volume corrente; VE - volume-minuto; Ppico - pressão de pico inspiratório; PEEP - pressão positiva ao final da expiração; Pplatô - pressão de platô inspiratório; Paw - pressão na via aérea; FR - Frequência respiratória; PAM - pressão arterial média; FC - frequência cardíaca; PaO₂ - pressão arterial de oxigênio; PaCO₂ - pressão arterial de gás carbônico; SaO₂ - saturação arterial de oxigênio.

Análise estatística: ^a $p < 0.01$ versus AET em sistema aberto; ^b $p < 0.05$ AET versus ventilação a volume controlado antes e após a aspiração; ^c $p < 0.05$ ventilação a volume controlado antes versus ventilação a volume controlado após a aspiração.

FONTE: Fragmentos dos resultados de CEREDA *et al.* (2001), p.650.

Em um estudo nacional, AVENA *et al.* (2003) avaliaram a mecânica respiratória e a oxigenação pré e pós-aspiração de secreção em crianças submetidas à VM. Os autores utilizaram sondas específicas para AET, contendo orifício lateral e final, diâmetro externo da sonda com no máximo a metade do diâmetro interno da cânula intratraqueal utilizada e pressão negativa padronizada de 60 a 80 mmHg para neonatos e 80 a 100 mmHg para crianças maiores.

AVENA *et al.* (2003) observaram elevação significativa e prolongada na PaCO_2 , declínio na SaO_2 imediatamente após a AET e diminuição na complacência dinâmica torácica e pulmonar. Discutem que diminuição acentuada e significativa da complacência dinâmica após a aspiração de secreções, provavelmente ocorreu em decorrência da formação de atelectasias pós-aplicação de pressão negativa, reforçando a importância de reavaliar a necessidade de hiperventilação com hiperinsuflação antes, durante e após a AET. No entanto, não fizeram referência a influência da pressão negativa e do tipo de sonda selecionada em sua análise.

FERNANDEZ *et al.* (2004) submeteram 10 pacientes com insuficiência respiratória leve a moderada, ventilados a volume controlado a três sistemas de AET. A pressão negativa foi mantida entre 150–200 mmHg e continuamente aplicada por 10–15 segundos enquanto a sonda de tamanho 14 Fr era rotada e gradualmente retirada. A inserção da sonda reduzia a área seccional do TOT com diâmetro interno de 8,5 mm em 30%.

No estudo de FERNANDEZ *et al.* (2004) observaram-se reduções do volume pulmonar durante a AET em sistema fechado e semifechado com perda mais significativa na aspiração em sistema aberto (FIG 2.6). Todos os pacientes retornaram às condições basais de SpO_2 , hemodinâmicas e volume pulmonar em 10 minutos após o procedimento. No entanto, não foi analisada a influência da variação do volume pulmonar sobre a PaO_2 e PaCO_2 .

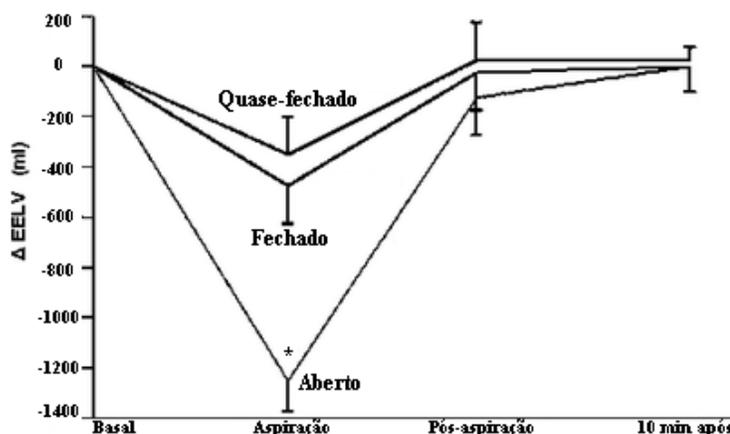


FIGURA 2.6 Mudanças no volume pulmonar ao final da expiração (ΔEELV) durante e 10 minutos após AET sem pré-oxigenação. Nota: * $p < 0.05$.
FONTE: FERNANDEZ *et al.* (2004).

ROSA *et al.* (2007) em um hospital de Porto Alegre, compararam o comportamento da mecânica respiratória após a aplicação de protocolo de fisioterapia respiratória *versus* AET em 12 pacientes com mais de 48 horas de VM. Foram observados aumentos na frequência respiratória (FR) e na pressão arterial sistólica (PAS) imediatamente após a AET ($p = 0,02$ e $p = 0,01$, respectivamente), com retorno aos valores basais após 30 minutos. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos em relação à complacência dinâmica (Cdyn), volume corrente (VC) e volume minuto (VE), no entanto uma redução significativa da resistência do sistema respiratório (Rsr) ocorreu apenas no grupo submetido à fisioterapia respiratória.

Algumas limitações na análise dos resultados apresentados por ROSA *et al.* (2007) devem-se à ausência de referência ao modo ventilatório empregado nestes pacientes, ao método de monitoração da Cdyn e Rsr, a variedade das doenças de base e a não execução da medida de complacência estática (Cst). Outro fator controverso: os autores seguiram o protocolo da AARC (1993) para AET, no entanto, não mencionam se houve controle da pressão negativa ou qual teria sido o nível de pressão aplicado para o procedimento.

No Brasil, o procedimento pode ser realizado por diversos profissionais de saúde, incluindo médicos, fisioterapeutas, enfermeiros e técnicos de enfermagem. Mesmo considerando a diversidade dos serviços de saúde, até o momento, não foram encontrados estudos nacionais, com publicação em revistas indexadas, que abordem o controle de variáveis técnicas para a realização da AET, bem como referências quanto à pressão negativa mínima necessária e os níveis máximos de tolerância.

2.1.5 Sistema de controle da pressão negativa para a AET

A AET deve ser executada com monitoração e controle da pressão máxima de sucção, evitando desta maneira a ocorrência de traumas teciduais durante o procedimento. No entanto, em um estudo nacional, CAMPOS *et al.* (2004b) descreveram que os sistemas de regulação da pressão negativa nos aparelhos portáteis de aspiração são falhos, pois geram incertezas quanto ao módulo de pressão ofertado para a AET, uma vez que apenas permitem o ajuste entre uma pressão máxima e uma pressão mínima, sem a real identificação de sua magnitude (FIG. 2.7).

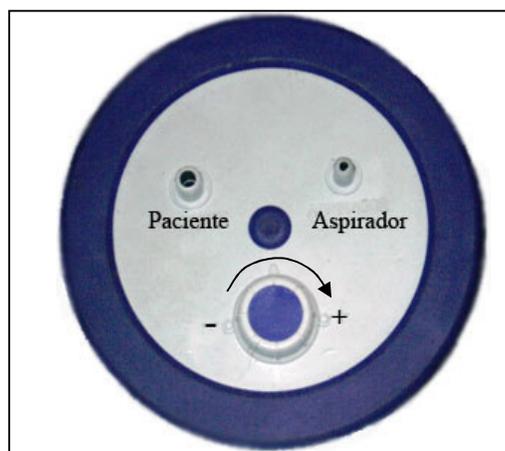


FIGURA 2.7 Modelo de sistema de regulagem da pressão negativa em um aparelho portátil de aspiração de secreções pulmonares.

FONTE: Modificado de fotografia da tampa do frasco coletor de secreções MICROASPIRADOR MA - 520 ASPIRamax NS (Brasil).

Em função disso, CAMPOS *et al.* (2006) mensuraram a pressão negativa gerada em um exemplar de aspirador portátil, sendo obtida uma variação em módulo de 0 a 580 mmHg (0 a 77,3 kPa), bem superior ao referenciado na literatura para a realização de aspiração de secreções com segurança (FIG. 2.8).



FIGURA 2.8 Sistema de medição da pressão negativa em um aparelho portátil de aspiração.

FONTE: CAMPOS *et al.*, (2005).

Tal fato fundamenta a hipótese de que, o desconhecimento dos profissionais sobre o nível de pressão negativa a ser utilizado e/ou o uso rotineiro de pressões negativas excessivas (estudos internacionais de DONALD *et al.* 2000 e ÇELIK e ELBAS, 2000 e o estudo nacional de DUTRA, GUIMARÃES e CAMPOS, 2007) não têm como causa singular déficit na educação continuada e na qualidade da produção científica, mas também se deve ao

fato de que muitos dos geradores de vácuo não possuem um sistema de segurança que limite a pressão.

Ao levantar o histórico de propriedade intelectual sobre a temática, verificou-se que algumas patentes (MU6902511-8 e PI8501070-7) tratam do desenvolvimento de aspiradores para aplicação biológica. No entanto, não fazem referência a existência de um mecanismo de controle da pressão negativa.

Na busca específica sobre o sistema de controle da pressão negativa, a patente extinta PI8701126 trata de um medidor de vácuo regulado a resistência elétrica constante, enquanto a patente MU7901435-6 trata de um dispositivo regulador de vácuo com volume fixo de água para drenagem de aspiração, mas que não são aplicáveis ao procedimento de aspiração endotraqueal.

O pedido de patente PI0303078-4 refere-se a um dispositivo de graduação da pressão negativa gerada pelo aspirador microcirúrgico e consiste de um tubo fixo dotado de orifícios sobre o qual desliza outro tubo ligado a uma lâmina. O controle da pressão ocorre quando a lâmina e o tubo móvel deslizam sobre o tubo fixo devido a movimentos do polegar do cirurgião.

Nacionalmente, alguns sistemas de aspiração presentes em ambiente hospitalar apresentam um controle ineficaz da pressão negativa a partir de reguladores de fluxo, às vezes, sem quaisquer menções do módulo da pressão gerada. Similarmente, os sistemas de aspiração portáteis controlam a pressão de forma rudimentar, diminuindo o vácuo do recipiente de aspiração por meio de uma abertura para a atmosfera. Ambos os sistemas apresentam uma variação da pressão com o tempo.

Assim, diante de sistemas de aspiração desprovidos do controle eficaz da pressão negativa, CAMPOS *et al.* (2006) desenvolveram um dispositivo de controle, com características permissivas ao acoplamento em sistemas portáteis e canalizados de aspiração de secreções. O dispositivo tem como base uma válvula de segurança, contendo um êmbolo e molas, um vacuômetro, conexões, mangueiras, reservatório separador de líquido e filtro bacteriano (FIG. 2.9).

O sistema mecânico do dispositivo favorece a regulação da pressão negativa durante a aspiração, mantendo-a aproximadamente constante em torno de um valor predeterminado. Além disso, permite a visualização da pressão negativa durante a aspiração de secreções, de modo que os dados podem ser analisados pelos profissionais de saúde em tempo real. Tal característica também possibilita que vistorias e reavaliações preventivas do funcionamento da válvula de segurança sejam executadas durante ensaios simulados ou até

mesmo quando o dispositivo estiver em uso na aspiração de secreções em pacientes (CAMPOS *et al.*, 2006).

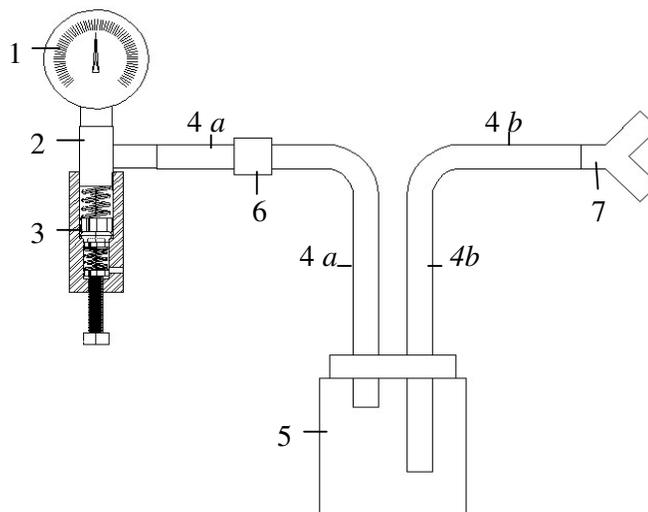


FIGURA 2.9 Dispositivo de controle da pressão negativa. Nota-se: (1) vacuômetro; (2) conexão em T e espigão; (3) válvula de segurança; (4a e 4b) mangueiras de cloreto de polivinila (PVC) cristal; (5) reservatório separador de líquido; (6) filtro; (7) adaptador em Y.
FONTE: Universidade Federal de Minas Gerais, (2008).

2.2 ESTUDO EXPERIMENTAL COM MODELO ANIMAL

2.2.1 Estudo experimental com delineamento intra-sujeitos

Conceitualmente, o estudo experimental consiste na experimentação com manipulação e controle das variáveis independentes para observação e interpretação das modificações e reações ocorridas no objeto de pesquisa, em que os resultados, de caráter quantitativo, a serem encontrados serão aplicados para solução imediata de problemas reais (VIEIRA e HOSSNE, 2001; GAYA *et al.*, 2008).

Para CARVALHO (2002), os trabalhos experimentais em animais formam a base para que ensaios clínicos possam ser delineados com menor risco para os pacientes. As hipóteses testadas em animais nos laboratórios experimentais suportam o modelo biomédico, no qual a experimentação em animais é o alicerce fundamental para desenvolvimento de tecnologias para aplicação humana.

Dentre as modalidades experimentais, o delineamento intrassujeitos ou intragrupos considera o fato da eficácia e da sensibilidade de um experimento aumentar em proporção à homogeneização dos sujeitos, pois como o pré e pós-teste são realizados com um mesmo grupo de sujeitos, há uma maior consistência interna dos resultados, uma vez que cada

sujeito pode ser considerado como um só bloco, significando um emparelhamento extremo (GAYA *et al.*, 2008).

2.2.2 Seleção do modelo animal

Modelos animais são rotineiramente utilizados em trabalhos científicos para simulação de situações e intervenções médicas. No que diz respeito à seleção do modelo animal, segundo os princípios básicos do Código Internacional redigido no Reino Unido [ANIMALS (SCIENTIFIC PROCEDURES), (1986)], havendo mais de uma alternativa para o uso de animais, é preferível utilizar os animais menos desenvolvidos filogeneticamente e que puderem ser obtidos em número suficiente, com maior facilidade.

Quanto ao número de animais a serem utilizados em experimentos, prioriza-se que seja utilizado o menor número possível condizente à obtenção de respostas satisfatórias. Na literatura, os primeiros trabalhos avaliando o efeito de diferentes pressões negativas em mucosa traqueal durante a realização de aspiração de secreções foram realizados em cães (KUZENSKI, 1978; CZARNIK *et al.*, 1991).

Posteriormente, os estudos desenvolvidos por KING (1998), comparando modelos experimentais de *clearance* mucociliar em pequenos (roedores, palato de rã) e grandes animais, concluíram que modelos animais de grande porte, como a traqueia bovina, o cão, a ovelha ou o suíno, embora mais caros, oferecem muitas vantagens, como a habilidade de avaliação de medidas consecutivas em longo prazo e medidas integradas de *clearance* de muco, função ciliar, transporte epitelial de íons e reologia de muco na mesma preparação.

WOOLCOCK e MACKLEM (1971) estudaram os fatores mecânicos que influenciam a ventilação colateral em pulmões de humanos, cães e suínos. Os autores concluíram que não era possível ter a certeza da existência de ventilação colateral nos pulmões de suínos, enquanto que nos pulmões de cães e humanos é possível que o fluxo de ar tenha atingido o parênquima pulmonar de modo rápido através de canais colaterais, da mesma forma que nas vias aéreas.

No estudo citado, os autores afirmam que há várias limitações quanto às conclusões funcionais, restringindo-se as considerações à existência de diferenças anatômicas entre os pulmões suínos, altamente lobulados, e dos cães, sem lóbulos, de modo que, neste aspecto, o pulmão humano não poderia ser classificado como um modelo anatômico intermediário entre os pulmões do cão e suíno. O grau de ventilação colateral presente num determinado pulmão é importante para determinar o grau de anormalidades funcionais que ocorrem em resposta à obstrução das vias aéreas (WOOLCOCK e MACKLEM, 1971).

Diante disso, por aproximações funcionais, neste estudo o modelo animal a ser adotado será o do sistema respiratório suíno em função de haver estudos que investigaram a sucção endotraqueal (ALMGREN *et al.*, 2004; CUNHA-GONCALVES *et al.*, 2007; LINDGREN *et al.*, 2007) e a monitorização de impedância elétrica (LINDGREN *et al.*, 2007; COSTA *et al.*, 2008; WRIGGE *et al.*, 2008), variáveis clínicas e mecânica respiratória (ALMGREN *et al.*, 2004; CUNHA-GONCALVES *et al.*, 2007) sob diversas situações nestes animais.

2.3 MONITORAÇÃO DO SISTEMA RESPIRATÓRIO

2.3.1 Mecânica respiratória

Os avanços nos estudos da dinâmica respiratória permitiram descrever o sistema respiratório como sendo constituído de múltiplos compartimentos, ligados em paralelo, cada qual com diferentes tempos de esvaziamento. Seu funcionamento pode ser representado por meio da análise e registro contínuo das variações de pressão nas vias aéreas, fluxo inspiratório e volume inspirado a cada ciclo respiratório (CARVALHO, BARBAS e AMATO, 1998; FERNANDES, 2006).

A análise das curvas de pressão, fluxo e volume nas telas dos ventiladores modernos associada a estudos que utilizaram videomicroscopia direta de alvéolos subpleurais e estudos com tomografia computadorizada puderam correlacionar a dinâmica alveolar com as alterações regionais dos volumes pulmonares, as alterações na função do surfactante e a presença de hiperinsuflação pulmonar dinâmica (FAUSTINO, 2007).

A mecânica respiratória clássica baseia-se no modelo Newtoniano, sendo expressa pela equação do movimento em função de elementos resistivos e elásticos. Os elementos elásticos podem ser representados pelos pulmões e parede torácica (fornecendo uma pressão elástica, P_{el}), enquanto que os elementos resistivos são representados pelo circuito do ventilador, tubo orotraqueal e vias aéreas (fornecendo uma pressão resistiva, P_{res}) (CHAZAL e HUBMAYR, 2003).

Durante a insuflação de um sistema respiratório relaxado, a pressão elástica (P_{el}) pode ser aproximada à pressão alveolar (P_{alv}), que na ausência de fluxo, equilibra-se com a pressão na via aérea proximal (P_{aw}), enquanto a pressão resistiva (P_{res}) pode ser estimada a partir da diferença entre a P_{aw} e a P_{alv} (CHAZAL e HUBMAYR, 2003).

A pressão aplicada ao sistema respiratório de um indivíduo em ventilação mecânica pode ser compreendida por meio da Eq. 2.4:

$$P(t) = P_{aw} + EV(t) + R\dot{V}(t) + k \quad (2.4)$$

onde: P é a pressão total do sistema respiratório;
 P_{aw} é a pressão na via aérea proximal (pressão de abertura das vias aéreas);
 E é a elastância respiratória, dependente do volume, em relação à pressão elástica (P_{el});
 V é o volume de ar no sistema;
 R é a resistência das vias aéreas, dependente do fluxo, em relação à pressão resistiva (P_{res});
 \dot{V} é o fluxo aéreo;
 k é a constante que representa a pressão alveolar ao final da expiração.
 t é um tempo determinado;

Considerando que a elastância é o inverso da complacência ($E=1/C$), a equação pode ser expressa como (Eq. 2.5)⁵ (LUCANGELO *et al.*, 2005):

$$P(t) = P_{aw} + \frac{V}{C}(t) + R\dot{V}(t) + k \quad (2.5)$$

A P_{aw} e o \dot{V} podem ser mensurados por um pneumotacógrafo, composto por transdutores de pressão e fluxo acoplados ao ventilador mecânico. O volume é deduzido matematicamente da integração do fluxo (FIG. 2.10).

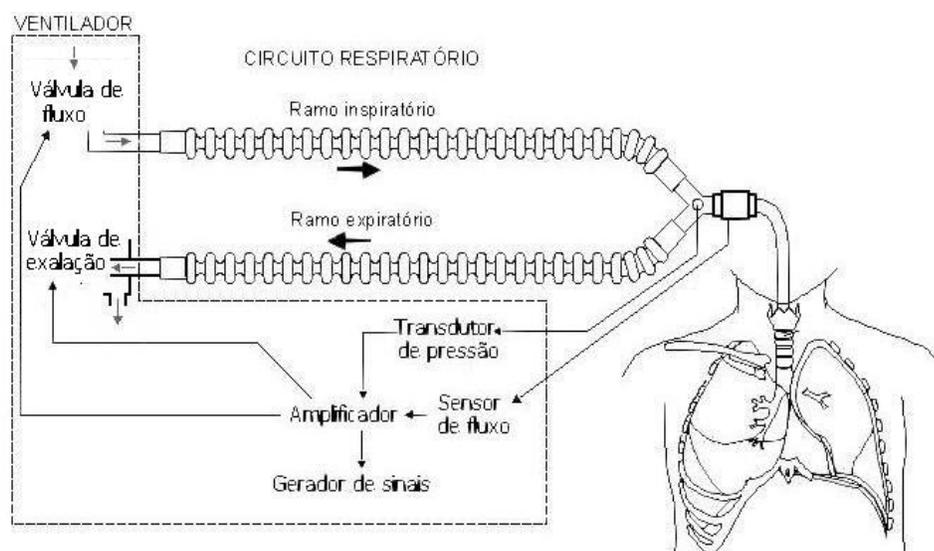


FIGURA 2.10 Representação do sistema pneumotacográfico acoplado ao circuito respiratório de um indivíduo em ventilação mecânica. A análise das propriedades mecânicas do sistema respiratório é realizada por meio de um sistema pneumotacográfico, o qual é composto por transdutores de pressão e um integrador para obtenção da variação de volume gasoso pulmonar a partir do sinal de fluxo ($V = \int V' dt$).

⁵ Em um paciente com sistema respiratório relaxado, a equação do movimento pode ser escrita como $P(t) = P_o + EV(t) + R\dot{V}(t)$, onde P_o é a pressão de recolhimento elástico à expiração relaxada (frequentemente referida como a PEEP total); as constantes E e R denotam elastância e resistência respiratória, respectivamente. V é o volume e \dot{V} é o fluxo. Durante a expiração relaxada, o fluxo é gerado pela P_{alv} (relativa à P_{aw}), determinada pelo recolhimento elástico do sistema respiratório e pelas propriedades dos elementos resistivos (via aérea, tubo orotraqueal e ventilador mecânico) (CHAZAL e HUBMAYR, 2003).

Na Eq. 2.5, o termo $R\dot{V}$ corresponde à pressão dissipada através da via aérea e do tubo orotraqueal para superar as forças de atrito, que juntamente ao fluxo, determinam a resistência do sistema respiratório; o termo V / C corresponde à pressão que deve ser aplicada para vencer forças elásticas, dependente do volume insuflado em excesso ao volume de repouso e da complacência do sistema respiratório e a constante k indica o valor de Paw quando, ambos, o fluxo e o volume estão sob pausa respiratória, ou seja, quando o fluxo e o volume não estão tendo alteração de sua magnitude num intervalo de tempo, o que aproxima o fluxo de “zero”. Seu valor considera a aplicação de pressão positiva ao final da expiração (PEEP) ou a presença de PEEP intrínseco ($PEEP_i$) (LUCANGELO *et al.*, 2005).

A complacência, expressão da variação de volume ΔV por unidade de variação ou delta de pressão ΔP , pode ser interpretada quando o tórax e os pulmões encontram-se em movimento, compreendendo a soma de alterações resistivas e elásticas de todo o sistema respiratório (complacência dinâmica, C_{dyn}) ou em um determinado ponto entre a inspiração e a expiração durante uma pausa inspiratória, mostrando a distensibilidade do tecido pulmonar (complacência estática, C_{st}) (ROCCO e ZIN, 1998; AZEREDO, 2000).

Alguns protocolos para avaliação da complacência pulmonar foram estabelecidos em concordância com a disponibilidade de sistemas comerciais e ventiladores mecânicos microprocessados, que geram saídas analógicas (ondas) e digitais (numéricas) para monitoração à beira do leito (LUCANGELO *et al.*, 2005).

Deve ser ressaltado que, embora de fácil realização, a interpretação precisa da avaliação da complacência pulmonar, nos diversos protocolos, apresenta limitações em função de distorções características ocasionadas pelos instrumentos de medida, conversão de sinais e interferências fisiológicas, como o batimento cardíaco, gerando "ruídos", que introduzem erros sistemáticos e aleatórios na estimativa dos resultados, que por sua vez não revelam diferenças significativas, tornando-se incapaz de distinguir alterações do estado clínico do paciente (MELO *et al.*, 2000; FAFFE e ZIN, 2001).

Dentre os protocolos, destacam-se a técnica de oscilações forçadas (oscilometria), o método do ciclo respiratório único e o método de oclusão da via aérea, os quais se tornaram ferramentas essenciais para a identificação e acompanhamento de doenças associadas à mecânica ventilatória (MELO *et al.*, 2000; FAFFE e ZIN, 2001).

O método de oclusão das vias aéreas ao final da inspiração implica na insuflação do sistema respiratório relaxado com um fluxo constante e na oclusão rápida na via aérea a um volume predeterminado, mantendo-se a oclusão até a obtenção de um platô pressórico. A partir da queda abrupta da pressão após a oclusão e de seu platô subsequente, pode-se deduzir

os componentes elásticos e não-elásticos do sistema respiratório (CARVALHO, BARBAS e AMATO, 1988).

A queda rápida inicial de pressão (diferença de pressão ΔP_1) é definida pelo intervalo entre a pressão máxima inicial (P_{pico}) até a queda súbita ao ponto de inflexão (P_i), a partir do qual em função do fluxo inspiratório realmente zerar, representa o ponto no qual a queda se torna mais lenta. A diferença de pressão ΔP_1 reflete a pressão necessária para vencer a combinação das resistências da parede torácica e pulmões (CARVALHO, BARBAS e AMATO, 1988; LOPES *et al.*, 2006; BURBURAN *et al.*, 2007) (FIG.. 2.12).

A partir de P_i , a pressão assume caráter mais lento atingindo um platô em sua porção terminal ($P_{platô}$) que corresponde à pressão elástica do sistema respiratório ($P_{el, sr}$). Portanto, a queda lenta, representada pela variação de pressão ΔP_2 (de P_i ao $P_{platô}$) reflete a pressão dissipada para vencer o componente viscoelástico (*stress relaxation*)⁶ e/ou inhomogêneo (*pendelluft*)⁷ do tecido pulmonar e parede torácica (LOPES *et al.*, 2006; BURBURAN *et al.*, 2007) (FIG.. 2.11).

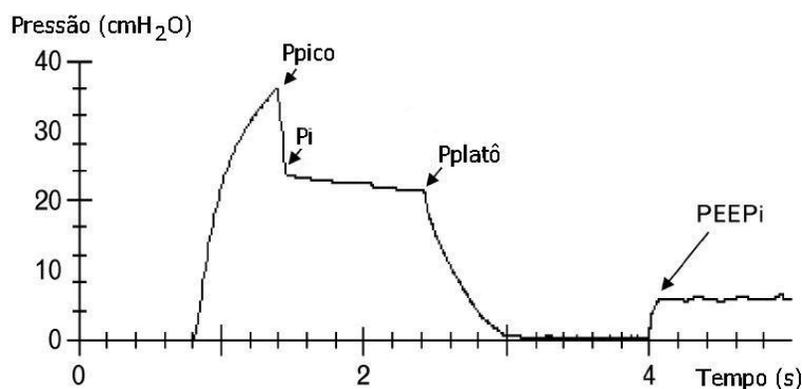


FIGURA 2.11 Curva pressão x tempo durante a rápida oclusão da via aérea.

Nota: No traçado pressão x tempo é considerado como a P_{pico} , o maior valor visualizado em cmH_2O , a P_i é obtida por re-extrapolação da interceptação do declive no traçado de pressão e a $P_{platô}$, em cmH_2O , é representada pela queda lenta da pressão com sustentação de um platô em sua porção terminal.

⁶ *Stress relaxation* ou relaxamento de tensão do tecido pulmonar é a propriedade que o pulmão apresenta de, ao ser inflado e mantido com volume constante, mostrar diminuição na pressão de distensão criada com a expansão pulmonar. A diminuição na pressão seria ocasionada pelo re-alinhamento das fibras elásticas da matriz fibrilar intersticial do parênquima pulmonar e pela reorganização do filme alveolar intersticial, que provocaria a diminuição das forças geradas pela tensão superficial.

⁷ *Pendelluft* é o processo de redistribuição do gás inspirado que ocorre entre as unidades que apresentam constantes de tempo desiguais. A transferência de pequenos volumes de gás de alvéolos com altas pressões para alvéolos com baixas pressões, devido às desigualdades nas constantes de tempo das unidades alveolares ocorre durante a aproximação do fluxo a zero (situação de pausa respiratória). Provavelmente, as constantes de tempo são desiguais pelo fato de diferentes compartimentos pulmonares apresentarem constituições fibro-elásticas diversas.

Na prática clínica, a variação de volume em referência a P_{pico} equivale à complacência dinâmica. De modo que, o gradiente pressórico ΔP_1 ($P_{pico} - P_i$) representa a pressão necessária para mover o fluxo inspiratório, ao longo das vias aéreas, sem interferência alveolar, sendo dependente do fluxo e da resistência das vias aéreas. Assim, a presença de secreção brônquica, de broncoespasmo e o diâmetro do tubo orotraqueal afetam significativamente o valor da P_{pico} e conseqüentemente, a C_{dyn} (LUCANGELO *et al.*, 2005; LUCANGELO *et al.*, 2007).

Enquanto que, a complacência estática considera a variação de volume em torno da $P_{platô}$ (referência da pressão estática do sistema respiratório). A $P_{platô}$, na ausência de fluxo, é igual à pressão alveolar, que reflete a retração elástica de todo o sistema respiratório, sendo afetada apenas por variações de volume ou de complacência (LUCANGELO *et al.*, 2005; LUCANGELO *et al.*, 2007).

A resistência do sistema respiratório total, dependente do fluxo gasoso no interior das vias aéreas e dos pulmões e da resistência tecidual decorrente das perdas energéticas geradas pela viscosidade pertinente à movimentação do tecido pulmonar, expressa valor máximo dividindo-se a pressão resistiva do sistema (representada pela queda pressórica durante a oclusão da via aérea, $P_{pico} - P_{platô}$) pelo fluxo imediatamente anterior à oclusão (CARVALHO, BARBAS e AMATO, 1988).

O cálculo simplificado da C_{dyn} , C_{st} e R_{sr} pode ser executado por meio das Eq. 3.1, 3.2 e 3.4.

$$C_{dyn} = \frac{VC}{P_{pico} - PEEP_{total}} \quad (\text{mL/cmH}_2\text{O}) \quad (3.1)$$

$$C_{st} = \frac{VC}{P_{plato} - PEEP_{total}} \quad (\text{mL/cmH}_2\text{O}) \quad (3.2)$$

$$P_{resistiva} = P_{pico} - P_{plato} \quad (\text{cmH}_2\text{O}) \quad (3.3)$$

$$R_{sr} = \frac{P_{pico} - P_{plato}}{\text{Fluxo (L/seg)}} \quad (\text{cmH}_2\text{O/L/s}) \quad (3.4)$$

Nas Eq. 3.1 e 3.2 para o cálculo da C_{dyn} e C_{st} , respectivamente, a PEEP total refere-se à soma da PEEP externa adicionada ao auto-PEEP ou PEEP intrínseca ($PEEP_1$), a qual pode estar presente em pacientes sob ventilação mecânica, representando uma elevação da pressão positiva de recolhimento estático do sistema respiratório ao final da expiração (JUBRAN, 1999).

A quantificação da $PEEP_i$ é realizada utilizando-se uma manobra de oclusão ao final da expiração, observando-se o nível pressórico acima da PEEP (se houver) no traçado pressão x tempo (FIGURA 2.11).

Estas medidas da mecânica respiratória podem ser avaliadas num conjunto, correspondendo à mecânica do sistema respiratório total ou serem investigadas subdividindo os componentes pulmonar e parede torácica, desde que seja identificada a pressão pleural (JUBRAN, 1999).

Neste contexto, a medida da pressão esofageana (Pes) surgiu no estudo da mecânica respiratória como uma alternativa para medição indireta da pressão pleural (Ppleural), necessária para o cálculo preciso das propriedades elásticas e resistivas do pulmão e da parede torácica (FERNANDES, 2006).

O método de única respiração “*single-breath*” descrito por ZIN *et al.* (1982), a técnica de interrupção de GOTTFRIED *et al.* (1985) e o método da oclusão ao final da inspiração proposto por BATES *et al.* (1985) utilizam-se da variação da pressão esofageana para o cálculo de mecânica pulmonar.

Alguns estudos vêm mostrando que a Pes subestima a média da pressão intratorácica em repouso na posição supina (O’QUIN *et al.* 1985; SMISETH *et al.* 1990; BEKOS e MARINI, 2007).

PELOSI *et al.* (2001) estudaram seis cães com insuficiência respiratória provocada por ácido oleico sob anestesia e paralisia muscular, em posição supina. Mediram a Pes e a Ppleural simultaneamente nas regiões apical e média e na região mais dependente da cavidade torácica após aplicação de PEEP associada a diferentes volumes correntes (baixo, médio e alto). Observaram que a pressão de superfície pleural é subestimada pela Pes quando se aumentou a pressão de via aérea. Demonstraram que o valor absoluto da Pes apenas serve como uma boa estimativa da Ppleural para a região pulmonar média, sendo consistentemente diferente dos valores das regiões dependentes e não-dependentes pulmonares.

2.3.2 Tomografia de impedância elétrica

A condução de eletricidade pelos tecidos biológicos ocorre de forma distinta pela presença de componentes resistivos e capacitivos peculiares, que podem modificar-se em função de alterações fisiológicas.

Esse princípio apoia as tecnologias desenvolvidas a partir de medidas seriadas de impedância elétrica, cuja grandeza se mede quando se aplica uma diferença de potencial

elétrico que gere uma corrente elétrica alternada entre dois pontos. Corresponde à resistência elétrica, assim para sua aferição utiliza-se de injeção de uma pequena corrente alternada e mede-se o potencial elétrico resultante.

As medidas de impedância elétrica ao longo do tempo nos tecidos biológicos são os mensurandos da tomografia de impedância elétrica (TIE). Trata-se de uma nova técnica de monitoramento em tecidos biológicos, a qual vem sendo desenvolvida e aprimorada nos últimos 10-15 anos (BROWN, 2003). A técnica consiste na geração de imagens bidimensionais, representando um plano transversal de qualquer seção do corpo humano (cabeça, tórax, coxa, etc.), onde cada “*pixel*” na imagem corresponde a uma impedância ou resistividade elétrica estimada (FRERICHS, 2000).

A imagem é reconstruída representando a mais provável distribuição da resistividade captada por meio de eletrodos colocados na epiderme, após submeter a seção do corpo a ser estudada à injeção de uma sequência de correntes elétricas alternadas de baixa amplitude. O pulmão parece ser um órgão privilegiado para o uso da TIE, uma vez que a presença de mais ou menos ar altera significativamente a condutividade do tecido pulmonar. Na inspiração, a entrada de ar leva a um grande aumento da impedância elétrica do tórax por ser um isolante elétrico. Ao contrário, na expiração, com a saída do ar, a impedância elétrica do tórax se reduz. A magnitude dessa oscilação é grande, em termos do potencial elétrico medido, otimizando a relação ruído/sinal (FRERICHS, 2000).

Duas modalidades de imagens poderão ser geradas: as imagens dinâmicas e as imagens estáticas. As imagens dinâmicas representam apenas a variação de impedância elétrica de uma situação de referência até a atual. Pode ser apresentada numa frequência de amostragem alta (estudo das oscilações cardíacas) (ZADEHKOOCHAK *et al.*, 1992; VONK NOORDEGRAAF *et al.*, 1998) ou oscilações respiratórias (provocadas pelo volume corrente pulmonar (KUNST *et al.*, 1998; KUNST *et al.*, 2000). Por outro lado, nas imagens estáticas, obtidas numa frequência de amostragem mais baixa, podem-se ter informações sobre a impedância absoluta dos tecidos, equivalente às densidades dos tecidos na tomografia computadorizada (ISAACSON *et al.*, 1992)

Assim, a TIE revela-se uma ferramenta de monitoração não-invasiva da imagem de ventilação em tempo real a beira do leito sem radiação, cujas imagens permitem investigar a ventilação pulmonar e sua distribuição, detectando diferenças na distribuição de gás em pacientes ventilados mecanicamente e espontaneamente (STENQVIST, 2003).

ADLER *et al.* (1998) descreveram o uso da TIE para monitorar a hiperinsuflação dinâmica em 8 cães em posição supina. Os autores produziram mudanças no volume pulmonar por aplicação de PEEP e por uso de uma resistência expiratória externa. Os volumes

pulmonares estimados pela TIE foram comparados com os volumes calculados a partir da pressão de abertura da via aérea (Paw) durante a técnica de oclusão rápida e com as medidas decorrentes da análise da pressão esofageana (Pes). Concluíram que a TIE pode proporcionar estimativas precisas de mudanças no volume pulmonar.

Outros estudos envolvendo a monitoração por TIE utilizaram modelos suínos, entre os quais, KUNST *et al.* (2000), SIPMANN *et al.* (2000), VAN GENDERINGEN, VAN VUGHT e JANSEN (2003) e WRIGGE *et al.* (2008) com diversas finalidades. Os resultados constataram que esta tecnologia poderia ser utilizada para a detecção precoce do colapso alveolar e quantificação da ventilação regional durante a ventilação artificial.

No Brasil, um tomógrafo de impedância elétrica foi desenvolvido pelo grupo do Laboratório de Pneumologia Experimental da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP) em conjunto com a Escola Politécnica da USP e Dixtal Biomédica Ltda. (São Paulo, Brasil).

A TIE é capaz de produzir 50 imagens de seção transversal, em tempo real, por segundo, reconstruídas a partir da condutividade elétrica regional do pulmão, a qual é verificada por meio de eletrodos justapostos à circunferência torácica (COSTA *et al.*, 2008).

A técnica consiste em posicionar 32 pares de eletrodos sobre o tórax e injetar baixas intensidades de corrente elétrica em 31 destes pares em uma sequência rotacional, de modo que, um par não receba corrente elétrica. Durante um padrão de injeção, os eletrodos não-injetados serão usados para medir 29 tensões elétricas diferenciais entre os pares de eletrodos (COSTA *et al.*, 2008).

Um ciclo de aquisição completa de 32 padrões de corrente produz 928 medidas de potencial elétrico que fornecem um “*raw voltage frame*” (vetor de voltagem) usado para a entrada de informações para uma imagem de EIT. Estas imagens serão geradas por meio de um algoritmo de reconstrução de uma secção do tórax (uma imagem média de uma secção alta – “fatia”), a qual depende da matriz de sensibilidade deduzida de um modelo de elementos finitos tridimensional. As imagens são criadas por comparação entre o *raw voltage frame* mais recente e o *frame* de referência ou basal escolhido pelo pesquisador. Os sinais são linearmente relacionados às mudanças no conteúdo de ar do parênquima (VICTORINO *et al.*, 2004; WOLF e ARNOLD, 2005).

As imagens criadas por comparação descritas acima representam as medidas relativas da impedância elétrica, ou seja, expressam apenas as variações de impedância elétrica que ocorrem de um ciclo de passagem da corrente elétrica pela banda de eletrodos para outro. Cada pixel de uma imagem de TIE corresponde à variação da impedância ocorrida

naquela região naquele momento. Isto porque uma determinada área só se torna visível à TIE relativa quando sua resistividade se altera.

Como as alterações relativas de impedância correlacionam-se com mudanças regionais do conteúdo de ar no pulmão, as oscilações ventilatórias de um pixel são proporcionais às oscilações da aeração tecidual. Conseqüentemente, a amplitude de oscilação de cada pixel representa a taxa local de ventilação alveolar. Assim os pesquisadores do LIM 09 da USP, através do cálculo do desvio padrão de cada pixel ao longo de alguns ciclos respiratórios e após a remoção do componente de perfusão do sinal, obtém o que se denomina mapa da ventilação. Esse mapa é equivalente às imagens funcionais descritas por FRERICHS e HAHN e podem ser geradas aproximadamente a cada 2 ciclos respiratórios.

3 METODOLOGIA

3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

O método buscou criar condições de análise do comportamento da impedância elétrica, da mecânica respiratória e de variáveis clínicas durante a aspiração de secreções do trato respiratório inferior em suínos. O protocolo de aspiração testado buscou investigar a aspiração em diferentes níveis de profundidade de inserção da sonda de aspiração (traqueal, carinal e bronquial) sob regime de diferentes pressões negativas em sistema aberto de aspiração. Trata-se de um estudo experimental, bivariado, de forma que as variáveis independentes do estudo, a pressão negativa e o nível de inserção da sonda de aspiração foram manipuladas em função de uma situação de controle.

O experimento pode ser dividido em duas etapas: mecânica e biológica (FIG 3.1). A etapa mecânica consistiu em: (1) dimensionamento das molas da válvula de segurança para controle da pressão negativa na faixa entre 30 e 300 mmHg; (2) aprimoramento de componentes estruturais do dispositivo de controle da pressão negativa – modificação do sistema de ajuste do parafuso da válvula de segurança, de modo a evitar folgas e possíveis falhas no sistema e reduzir o espaço morto no circuito de aspiração do dispositivo de controle da pressão negativa; e (3) calibração das molas da válvula de segurança e do sistema de medição de pressão negativa no circuito de aspiração.

A etapa biológica subdividiu-se em seleção e normalização, preparo do animal e ensaios (FIG. 3.1). A seleção é a fase de escolha e verificação das condições de saúde do animal (normalização) para inclusão no grupo amostral. O preparo do animal incluiu cuidados na higiene e tricotomia, acessos vasculares, sedação, analgesia, intubação endotraqueal e cistostomia dos suínos sob suporte ventilatório mecânico.

Os ensaios foram realizados após a montagem do sistema de medição e respectiva calibração para aferição das variáveis de interesse do estudo. Consistiram em submeter o grupo amostral de suínos saudáveis⁸ à aspiração de secreções do trato respiratório inferior em sistema aberto, testando o efeito de diferentes pressões negativas (80 mmHg e 200 mmHg) e de diferentes níveis de inserção da sonda de aspiração (traqueal, carinal - no trajeto da carina e bronquial - no trajeto endobronquial), monitorando o comportamento da impedância elétrica (percentual de colapso pulmonar), mecânica respiratória (complacência dinâmica – C_{dyn} e

⁸ Os suínos deveriam ser saudáveis de modo a permitir a investigação de um protocolo que reproduzisse a influência da pressão negativa e do nível de inserção da sonda durante a aspiração sobre as variáveis de resposta. A simulação com presença de excesso de secreções no trato respiratório e/ou existência de patologias cardiopulmonares poderiam ser variáveis de confusão ou mascaramento na análise dos resultados.

resistência do sistema respiratório – Rsr), frequência cardíaca (FC), pressão arterial média (PAM) e níveis de pressão dos gases sanguíneos (PaO₂, PaCO₂ e relação PaO₂/FiO₂).

Os ensaios envolveram a aplicação de um protocolo, cujas fases foram executadas sequencialmente, na busca de um método confiável para o estudo do problema em questão. Assim, cada fase do protocolo foi testada após a revisão da fase anterior com os devidos ajustes metodológicos e avaliação do comportamento das variáveis em estudo. As fases do protocolo de aspiração serão apresentadas detalhadamente no item 3.3.6.

Seguiu-se o delineamento intrassujeitos ou intragrupos, em 06 suínos, cujos ensaios foram realizados no Laboratório de Investigações Médicas – LIM-09, Faculdade de Medicina da USP, no Departamento de Pneumologia Experimental do Hospital das Clínicas.

Comparativamente, a amostra utilizada por alguns pesquisadores em trabalhos correlacionados envolvendo a aspiração endotraqueal e monitoração esteve em torno de 5 a 12 animais, sendo a média de 8 animais (GOULD e BAUN, 2000; LINDGREN *et al.*, 2004; REISSMANN *et al.*, 2005; CARAMÉZ *et al.*, 2006; LINDGREN *et al.*, 2007; CARAMÉZ *et al.*, 2008).

A pesquisa foi submetida à apreciação do Comitê de Ética em Experimentação Animal (CETEA) da UFMG, sendo aprovado sob parecer CETEA 141/05, de forma a atender as normas éticas exigidas pelo “Princípios Éticos na Experimentação Animal” elaborado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA), bem como os “*Principle of Laboratory Animal Care*” formuladas pela “*National Society for Medical Research*” e o “*Guide for the Care and Use of Laboratory Animals*” preparado pela Academia Nacional de Ciência dos Estados Unidos da América.

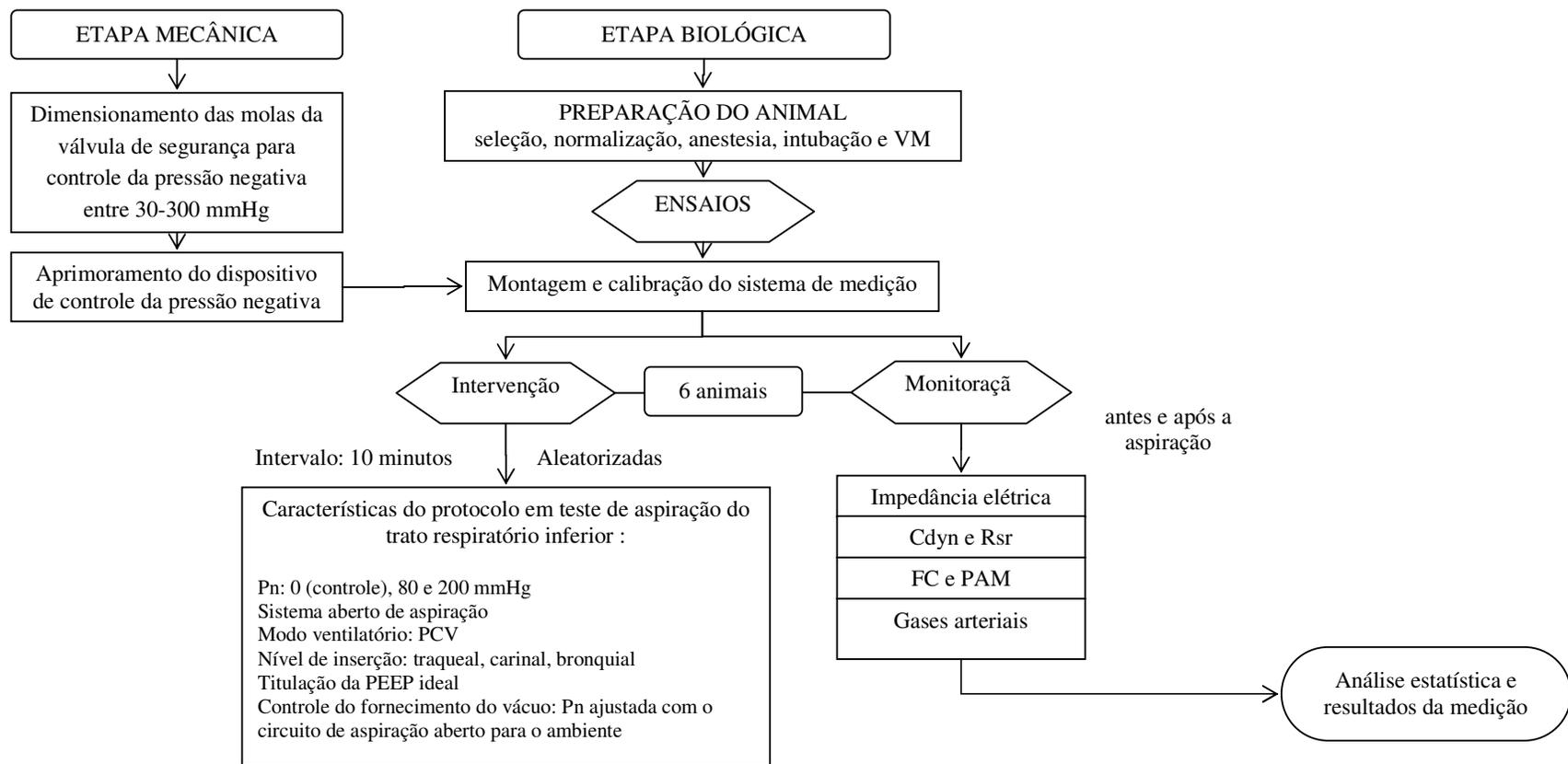


FIGURA 3.1 Fluxograma do planejamento do experimento dividido em duas etapas: mecânica e biológica. Nota: VM – ventilação mecânica; Pn - Pressão negativa; PCV – ventilação a pressão controlada, PEEP - pressão positiva ao final da expiração, Cdyn - complacência dinâmica; Rsr - resistência do sistema respiratório; FC - frequência cardíaca; PAM - pressão arterial média.

3.2 ETAPA MECÂNICA

3.2.1 Dimensionamento das molas da válvula de segurança

O projeto mecânico do dispositivo de controle da pressão negativa é constituído por uma válvula, um vacuômetro de tubo Bourdon (classe B ABNT 14105, precisão $\pm 3\%$ nos 25% iniciais da escala, 2% entre 25 e 75% da escala e 3% nos 25% de fundo de escala, incerteza $\pm 0,13\%$, faixa de medição de 0 a -760 mmHg, diâmetro 52 mm - FAMABRAS – Brasil, Calibração N. C-0022/06, Lamon, Belo Horizonte – MG – ANEXO B), um reservatório separador de líquido, um filtro, mangueiras de silicone (PVC cristal) e conexões (FIG. 3.2).



FIGURA 3.2 Dispositivo de controle da pressão negativa (com contorno azul) acoplado ao sistema portátil de aspiração.

O controle da pressão negativa é realizado conforme ajuste da válvula de segurança, cuja concepção considerou os seguintes pré-requisitos:

- (i) material resistente, não corrosivo e de fácil desinfecção (Aço Inox AISI 304);
- (ii) forma compacta, leve e funcional (dimensão externa do cilindro: comprimento 45 mm; diâmetro externo: 19 mm; sede construída no próprio corpo da válvula; extremidades da válvula rosqueadas: rosca para conexão em T de um quarto de polegada NPT - 6,35 mm - ABNT NBR 12.912 e ANSI/ASME B.120.1 e rosca para o parafuso regulador M 6 x 20 ABNT NB 97;
- (iii) modo de operação automático.

Em relação ao mecanismo de funcionamento, a pressão pré-determinada é ajustada por uma mola que, comprimida por um parafuso, transmite uma força sobre um êmbolo, mantendo-se contra uma sede (FIG. 3.3).

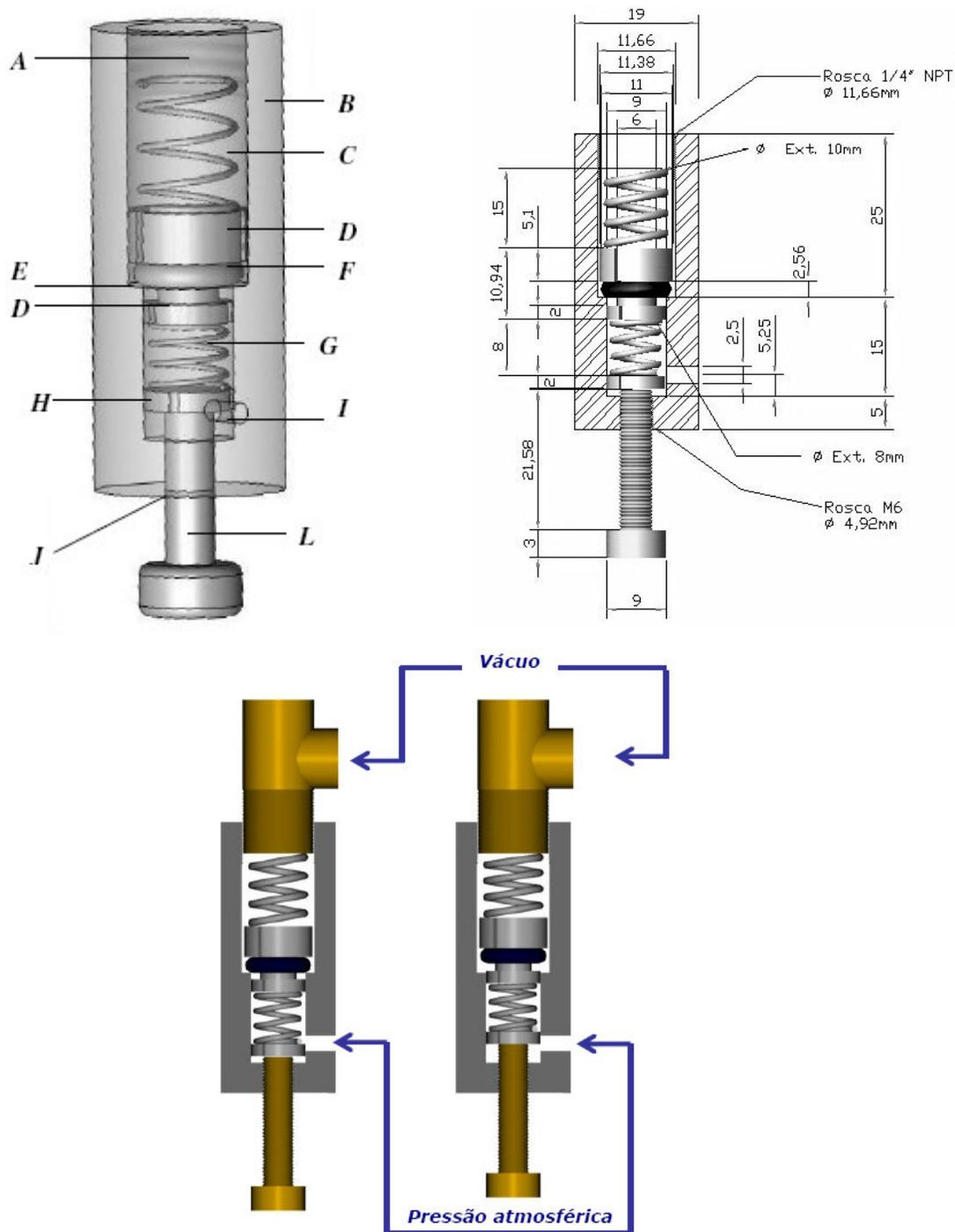


FIGURA 3.3 Válvula de segurança. Componentes da válvula para controle da pressão negativa (à esquerda): (A) rosca para conexão, um quarto de polegada NPT; (B) corpo da válvula; (C) mola 2; (D) êmbolo; (E) sede; (F) anel de vedação de borracha; (G) mola 1; (H) suporte para a mola; (I) orifício de admissão do ar; (J) rosca para o parafuso; (L) parafuso, dimensionamento da válvula de segurança (à direita) e mecanismo de funcionamento (abaixo).

Ao ocorrer um aumento da pressão negativa no sistema, o êmbolo é deslocado de sua sede, comprimindo a mola e permitindo contato da parte pressurizada com a atmosfera por meio de um orifício. O ar atmosférico entra instantaneamente pelo orifício da válvula, até atingir a pressão máxima permissível, quando a mola recoloca automaticamente o êmbolo na posição inicial e impede a entrada do ar atmosférico no sistema.

As molas da válvula de segurança foram calibradas para uma pressão negativa mínima de 30 mmHg e para que a pressão máxima permissível fosse de 120 mmHg.

No entanto, modificações no dimensionamento das molas, ajuste do parafuso e comprimento do circuito foram realizadas no projeto do dispositivo de controle da pressão negativa para atendimento aos objetivos do estudo.

Portanto, foram especificadas as dimensões da válvula de segurança de modo a controlar a pressão negativa na faixa entre 30 e 300 mmHg. Para tal finalidade, primeiramente calculou-se o módulo de elasticidade ao cisalhamento (G) do aço inoxidável AISI 302 - ABNT NBR 5601 (1981), do qual as molas foram construídas.

3.2.1.1 Cálculo do módulo de elasticidade ao cisalhamento

O cálculo do módulo de elasticidade transversal ou módulo de elasticidade ao cisalhamento (G) do aço seguiu a norma DIN 2089 de 12/1984, a qual determina que “*se conhecida a constante elástica da mola (k), pode ser obtido o módulo de elasticidade transversal (G) (EQ. 3.1):*”

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot Dm^3 \cdot if} \quad \therefore \quad G = \frac{k \cdot 8 \cdot Dm^3 \cdot if}{d^4} \quad (3.1)$$

onde: k é a constante elástica da mola;

G é o módulo de elasticidade transversal;

d é o diâmetro do fio de arame;

Dm é o diâmetro médio da mola;

if é o número de espiras ativas.

Diante disto, para conhecer a constante elástica da mola (k), duas amostras de molas de compressão fabricadas com o aço ABNT 302 foram submetidas ao processo de calibração no setor de testes físicos da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC (ANEXO C). O procedimento consistiu em registrar o deslocamento da mola submetida à aplicação de uma força externa (Lei de Hooke, EQ. 3.2).

$$F = k \cdot x \quad \therefore \quad k = \frac{F}{x} \quad (3.2)$$

onde: F é a força de deflexão na mola (N);

k é a constante elástica da mola (N/m);

x é o deslocamento ou deformação correspondente à deflexão da mola (m).

Os valores das constantes elásticas calculados por aplicação de cinco níveis de força com repetição de três séries por nível foram $K_1 = 2750,4 \text{ N/m}$ (para mola 1 - $Dm_1 = 0,0118 \text{ m}$; $if_1 = 2$; $d_1 = 0,00092 \text{ m}$) e $K_2 = 10057 \text{ N/m}$ (para mola 2 - $Dm_2 = 0,0079 \text{ m}$; $if_2 = 2$; $d_2 = 0,00098 \text{ m}$).

Substituindo os valores das constantes elásticas e das características das respectivas molas na EQ. (3.1), adquiriram-se os módulos de elasticidade transversal $G_1 = 100927 \text{ MPa}$ e $G_2 = 86014 \text{ MPa}$, cuja intensidade média ($G_M = 93470 \text{ MPa}$) foi utilizada para o dimensionamento das molas para a válvula do dispositivo de controle da pressão negativa.

3.2.1.2 Equilíbrio de forças na válvula de segurança

Em funcionamento, sob a válvula de segurança atuam uma força externa (\vec{F}_e) e a força exercida pela mola 1 (\vec{F}_{M_1}) em um mesmo sentido e a força exercida pela mola 2 (\vec{F}_{M_2}) em sentido oposto (FIG. 3.4).

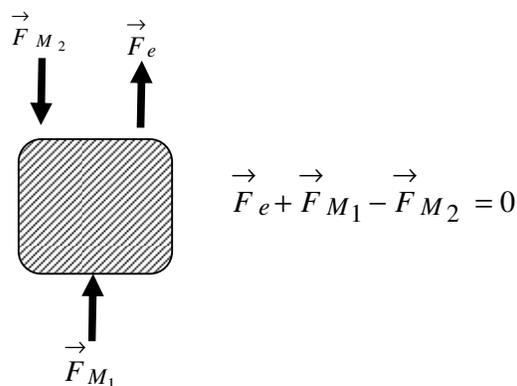


FIGURA 3.4 Representação esquemática do equilíbrio de forças atuantes na válvula de segurança.

Quando a \vec{F}_e ocorrer para uma pressão negativa máxima de 300 mmHg (40 kPa) assumirá o valor dado pela EQ. (3.3):

$$\vec{F}_e = P \cdot A \quad \therefore \quad \vec{F}_e = 40000 \cdot \frac{\pi(0,011)^2}{4} \quad \rightarrow \quad \vec{F}_e = 3,8 \text{ N} \quad (3.3)$$

Onde: \vec{F}_e é a força externa (N);

P é a pressão (Pa);

A é a área circular do êmbolo em contato com a mola 2 (m²).

3.2.1.3 Especificações das molas

O módulo da \vec{F}_e será utilizado para dimensionar a mola 2, concebendo na análise um deslocamento nulo da mola 1 e um deslocamento de 0,004 m na mola 2 (EQ. 3.4).

Considerando que $\vec{F}_e + \vec{F}_{M_1} - \vec{F}_{M_2} = 0$, para:

$$\begin{aligned} \vec{F}_{M_1} &= k_1 \cdot x_1 \quad \therefore \quad \vec{F}_{M_1} = k_1 \cdot 0 \quad \rightarrow \quad \vec{F}_{M_1} = 0 \quad e \\ \vec{F}_{M_2} &= k_2 \cdot x_2 \quad \therefore \quad \vec{F}_{M_2} = 0,004 k_2 \end{aligned}$$

Tem-se:

$$\vec{F}_e = \vec{F}_{M_2} \quad \therefore \quad 3,8 = 0,004 k_2, \quad \rightarrow \quad k_2 = 950 \text{ N/m} \quad (3.4)$$

Diante de $G_M \approx 9,35 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$ e $k_2 = 950 \text{ N/m}$, as molas da válvula de segurança foram especificadas a partir da EQ. (3.1).

Definindo-se um diâmetro médio da mola 2 de 0,01 m e duas espiras ativas, o diâmetro do arame assume o valor de (EQ. 3.5):

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D m^3 \cdot i f} \quad \therefore \quad 950 = \frac{9,35 \cdot 10^{10} \cdot d_2^4}{8 \cdot (0,01)^3 \cdot 2} \quad \rightarrow \quad d_2 = 0,00063 \text{ m} (0,63 \text{ mm}) \quad (3.5)$$

Em seguida, para especificar as dimensões da mola 1, estabeleceu-se que a deformação máxima da mola 1 fosse de 0,007 m, a \vec{F}_e equivalesse a 0,38 N (EQ. 3.6), em referência a força atuante quando a pressão negativa (pressão de abertura de mola) estiver em torno de 30 mmHg (4 kPa) e que a \vec{F}_{M_2} seja limitada a 3,8 N (EQ. 3.7).

Assim:

$$\vec{F}_e = P \cdot A \quad \therefore \quad \vec{F}_e = 4000 \cdot \frac{\pi(0,011)^2}{4} \quad \rightarrow \quad \vec{F}_e = 0,38N \quad (3.6)$$

$$\vec{F}_{M_1} = k_1 \cdot x_1 \quad \therefore \quad \vec{F}_{M_1} = 0,007k_1$$

$$\vec{F}_{M_2} = 3,8N$$

Considerando que $\vec{F}_e + \vec{F}_{M_1} - \vec{F}_{M_2} = 0$, tem-se:

$$\vec{F}_{M_1} = \vec{F}_{M_2} - \vec{F}_e \quad \therefore \quad 0,007k_1 = 3,8 - 0,38 \quad \rightarrow \quad k_1 = 488,57N/m \quad (3.7)$$

Perante $G_M \approx 9,35 \cdot 10^{10} Pa$ e $k_1 = 488,57N/m$, utilizou-se a EQ. (3.1) para calcular o diâmetro do arame, definindo-se que o diâmetro médio da mola 1 seja de 0,008 m e que possua duas espiras ativas (EQ. 3.8).

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot Dm^3 \cdot if} \quad \therefore \quad 488,57 = \frac{9,35 \cdot 10^{10} \cdot d_1^4}{8 \cdot (0,008)^3 \cdot 2} \quad \rightarrow \quad d_1 = 0,00045m(0,45mm) \quad (3.8)$$

Portanto, as especificações das molas 1 e 2 são apresentadas no QUADRO 3.1.

QUADRO 3.1.

Dimensões das molas da válvula de segurança.

Características	Diâmetro médio	Diâmetro do arame	Espiras ativas	Altura da mola
Mola 1	0,008 m	0,00045 m	2	0,008 m
Mola 2	0,01 m	0,00063 m	2	0,015 m

3.2.2 Sistema de ajuste do parafuso da válvula de segurança

Parafusos são elementos de união ou fixação de peças de forma semipermanente, formados por um corpo cilíndrico roscado e por uma cabeça. As especificações de material, tratamento térmico, dimensionamento, tolerâncias, afastamentos e acabamento dependem do destino da aplicação (FAIRES, 1982).

As dimensões principais dos parafusos são: diâmetro externo ou maior da rosca; comprimento do corpo; comprimento da rosca; altura da cabeça; distância do hexágono entre planos e arestas (FAIRES, 1982).

Idealmente, um parafuso de movimento (acionamento) ou de potência seria mais indicado para transmitir a força, e assim, ao apertar o parafuso, comprimir a mola. Os parafusos de movimento têm rosca quadrada ou trapezoidal. A propriedade de auto-retenção

seria alcançada quando o coeficiente de atrito dos filetes fosse igual ou maior que a tangente do ângulo de hélice da rosca (SENAI - ES, 1996).

No entanto, comercialmente, as menores dimensões de um parafuso com rosca trapezoidal ISO equivalem a: diâmetro maior da rosca externa $d = 10$ mm; passo $P = 3$ mm; diâmetro efetivo $d_2 = 8,5$ mm; diâmetro maior da rosca interna $D = 10,5$ mm; diâmetro menor da rosca externa $d_1 = 6,5$ e da rosca interna $D_1 = 7,5$ mm. De modo que, o uso deste tipo de parafuso implicaria em modificações no projeto e de aperfeiçoamento na usinagem da válvula de segurança.

Assim, optou-se apenas por usinar um novo parafuso, mantendo as dimensões do parafuso com rosca métrica especificado no protótipo original (parafuso de aço-carbono bicromatizado classe 5.8 DIN 933 / ISO 4017 com rosca inteira DIN 13 - ISO 965). Porém, para esta usinagem, substituiu-se o material por aço inoxidável 304 (A2-70), o passo também foi reduzido para 0,5 mm e a cabeça foi recartilhada para permitir um melhor ajuste manual.

O parafuso de aço inoxidável austenítico possui altos coeficientes de atrito U_G na rosca e U_K sob a cabeça do parafuso, como também uma maior dispersão do que outros tipos de aço. Isto significa que, para torques iguais, obtém-se uma carga de montagem menor. Quanto ao grupo A2, também conhecido como aço 18/8 (18% Cr, 8% Ni), são excepcionalmente resistentes à corrosão, sob condições atmosféricas normais, em ambientes úmidos, na presença de ácidos orgânicos e oxidantes e na maioria das soluções alcalinas (DAPCO, 2005).

As dimensões e as características do parafuso M 6 x 20 e da rosca são visualizadas nas FIG. 3.5 e 3.6.

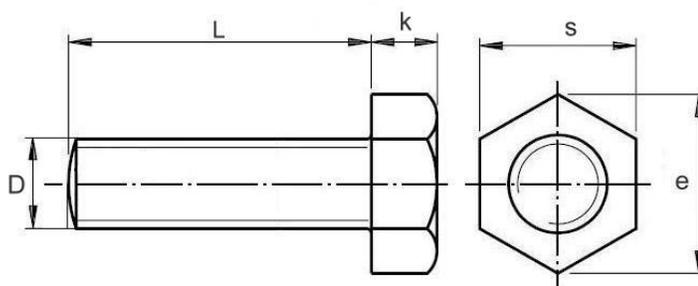


FIGURA 3.5 Dimensões do parafuso de cabeça sextavada M 6 x 20 com rosca inteira MA-0.5 (passo 0,5 mm).

Nota: D = diâmetro nominal do parafuso (6 mm); k = altura da cabeça (4 mm); s = medida entre as faces paralelas do sextavado (10 mm); e = distância entre os vértices do sextavado ($e = 11$ mm); L = comprimento útil (20 mm).

FONTE: Modificado de (FAIRES, 1982).

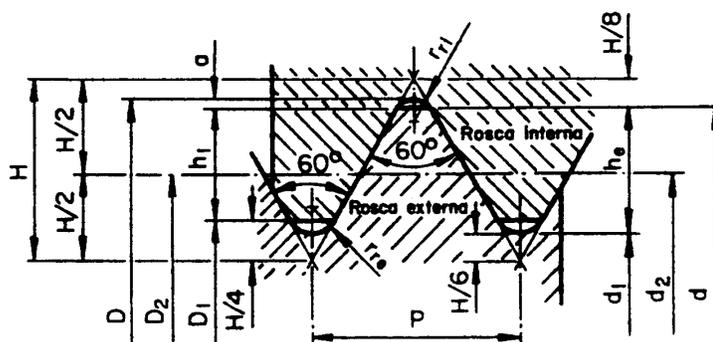


FIGURA 3.6 Elementos de uma rosca métrica de perfil triangular ISO - ABNT - NB97.

Nota: D = diâmetro maior da rosca interna (nominal; $D = d/2a$); d = diâmetro maior da rosca externa (nominal); D_1 = diâmetro menor da rosca interna ($D_1 = d - 1,0825 \cdot P$); d_1 = diâmetro menor da rosca externa ($d_1 = d - 1,2268 \cdot P$); D_2 = diâmetro efetivo da rosca interna e d_2 = diâmetro efetivo da rosca externa (d_2 e $D_2 = d - 0,64953 \cdot P$); P = passo; A = avanço ($A = 0,045 \cdot P$); H = altura do triângulo fundamental ($H = 0,86603 \cdot P$); h_e = altura do filete da rosca externa ($h_e = 0,61343 \cdot P$); h_i = altura do filete da rosca interna ($h_i = 0,5413 \cdot P$); r_{re} = arredondamento do fundo da rosca do parafuso ($r_{re} = 0,14434 \cdot P$); r_{ri} = arredondamento do fundo da rosca da porca ($r_{ri} = 0,063 \cdot P$); i = ângulo da hélice (α) ($i = \tan \alpha = P/\pi \cdot d_1$).

FONTE: (SENAI - ES, 1996).

Considerando que as uniões roscadas são submetidas a vibrações e por essa razão podem soltar-se, colocam-se travas e arruelas nas porcas ou parafusos para fim de evitar folgas e possíveis falhas no sistema (SENAI - ES, 1996).

Neste protótipo, para evitar variações no ajuste do parafuso, cujo aperto em sentido horário reduz a pressão negativa e no sentido anti-horário, consequentemente, a aumenta, incluiu-se uma porca sextavada de aço inoxidável 304 DIN 934 / ISO 4032 (passo MA-0,5 mm, chave “s” = 10 mm, altura “k” = 4,7 mm) para promover a fixação, porém reversível caso haja a necessidade de alterar o nível de pressão.

3.2.3 Testes no dispositivo de controle da pressão negativa

Após o dimensionamento das molas e as devidas modificações no sistema de ajuste do parafuso da válvula de segurança, o dispositivo de controle da pressão negativa foi acoplado ao sistema portátil de aspiração (Microaspirador MA - 520 Aspiramax NS, São Paulo, Brasil), o qual gera níveis de pressão negativa de 0 a 580 mmHg (0 a 77,3 kPa), para realização de testes.

Os testes consistiram em (i) verificação da estabilidade da medida da pressão negativa máxima limitada pelo dispositivo de controle; (ii) avaliação do comportamento da pressão negativa durante a aspiração de um fluido; (iii) avaliação da relação deslocamento do filete do parafuso x pressão negativa.

Para verificar a capacidade do dispositivo de controle em limitar a pressão negativa máxima foram realizados 30 procedimentos de sucção, ocluindo totalmente o

circuito de aspiração durante 15 segundos, em conformidade com o tempo máximo permissível para execução da técnica de aspiração endotraqueal.

No segundo teste, a simulação “*in vitro*” da técnica de aspiração endotraqueal foi realizada ao avaliar o comportamento da pressão negativa, sob controle da válvula de segurança, ao aspirar um fluido. Para tal, utilizou-se uma amostra da solução de cloreto de diestearil dimetil amônio (densidade de 0,94 g/mL e viscosidade de 23,08 cSt⁹, ANEXO D). Na bancada de teste, a aspiração do fluido era realizada utilizando uma sonda de aspiração traqueal com calibre 12 *French* (comprimento 0,5 m, com 3 orifícios e válvula intermitente para pressão negativa, Embramed - Brasil), a qual era introduzida dentro de um tubo orotraqueal (diâmetro interno 7,5 mm, Rüsç Uruguay Ltda., Montevideo, Uruguai), o qual desembocava em uma estrutura de acrílico, que continha o fluido. A sucção era mantida por um período de 15 segundos.

Em ambos os testes, (i) e (ii), os dados de pressão negativa eram lidos a intervalos de 2, 4, 6, 8, 10 e 15 segundos sob auxílio do cronômetro Kenko KK-940 (Brasil) e registrados numa planilha. A temperatura ambiente e a tensão elétrica também foram registradas por meio de termômetro Incoterm (Brasil), escala de -10 a 150°C e incerteza de $\pm 0,5^\circ\text{C}$ e multímetro Minipa ET-1001 (Brasil), incerteza $\pm 0,05\text{ V}$; respectivamente.

A relação deslocamento do filete do parafuso x pressão negativa foi analisada efetuando-se 5 deslocamentos longitudinais ao apertar o parafuso da válvula de segurança. Os deslocamentos foram definidos como o avanço do filete a cada 2 mm, de um ponto de referência, a partir da base em direção à extremidade do corpo do parafuso, decorrente do giro em sentido horário. Após cada deslocamento, o qual era mensurado com auxílio de um paquímetro 0-150 mm (Vernier Caliper n^o série 908280, Brasil), a porca era ajustada à rosca na superfície adjacente. Para cada deslocamento, 6 procedimentos de aspiração do fluido em teste foram efetuados, registrando-se a máxima pressão negativa gerada após um período de 15 segundos de sucção.

3.2.3 Redução de espaço morto no circuito de aspiração

A redução do espaço morto no circuito de aspiração do dispositivo de controle da pressão negativa tem como objetivos:

- (i) diminuir o número de componentes do sistema;
- (ii) favorecer uma melhor vedação;

⁹ cSt – centistoke. No SI, 1 cSt equivale a $10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$.

- (iii) reduzir o trabalho de pressurização efetuado pela bomba geradora de vácuo;
- (iv) reduzir o tempo para pressurizar o sistema;
- (v) facilitar a higienização, bem como, reduzir a possibilidade do fluido aspirado encrostar ou dissipar ao longo do circuito.

O espaço morto no circuito de aspiração pode ser atenuado por meio da redução do comprimento das mangueiras de cloreto de polivinila (PVC) cristal. Além disso, se o conjunto composto pelo filtro, válvula de segurança e vacuômetro for acoplado diretamente na tampa do frasco coletor de secreções, o reservatório separador de líquido poderá ser excluído do sistema.

3.3 ETAPA BIOLÓGICA

A etapa biológica do estudo foi realizada no Laboratório de Investigações Médicas – LIM-09, Faculdade de Medicina da USP, no Departamento de Pneumologia Experimental do Hospital das Clínicas, sendo que a temperatura e a umidade relativa do ar dentro do laboratório permaneceram estáveis por condicionamento do ar a fim de evitar a influência sobre as variáveis em estudo.

3.3.1 Seleção e normalização dos animais

Para a realização do experimento foram utilizados 06 animais, suínos da raça “Pernalan”, com peso de 25-30 kg. Os animais foram adquiridos da Granja RG (Mogi das Cruzes-SP), a qual executava a entrega do animal no mesmo dia do experimento. Ao término deste, os animais eram sacrificados, respeitando a legislação vigente: “Lei Municipal N° 10.309, de 22 de abril de 1987” (ANEXO E) e “Lei Estadual N° 11.977, de 25 de agosto de 2005” (ANEXO F).

A normalização dos animais era iniciada na instituição fornecedora destes. Assim, eram encaminhados para o experimento animais pré-selecionados, saudáveis, da mesma faixa etária, com condições nutricionais adequadas, sem presença de verminoses, sob estado de hígidez.

3.3.2 Preparo dos animais

3.3.2.1 Higiene e tricotomia

Após a seleção e aferição do peso do animal, inicialmente eram realizadas técnicas de assepsia com solução degermante de polivinilpirrolidona-iodo (Povedine Degermante®) e álcool, seguido pela tricotomia do tórax (em toda sua circunferência) abaixo da linha de articulação do membro torácico, entre o 6º e 8º espaço intercostal. Nesta área, media-se o perímetro torácico por meio de uma fita métrica convencional, de modo a orientar posteriormente, o posicionamento equidistante das quatro bandas descartáveis que compõem a faixa torácica de eletrodos da Tomografia de Impedância Elétrica (FIG. 3.7).

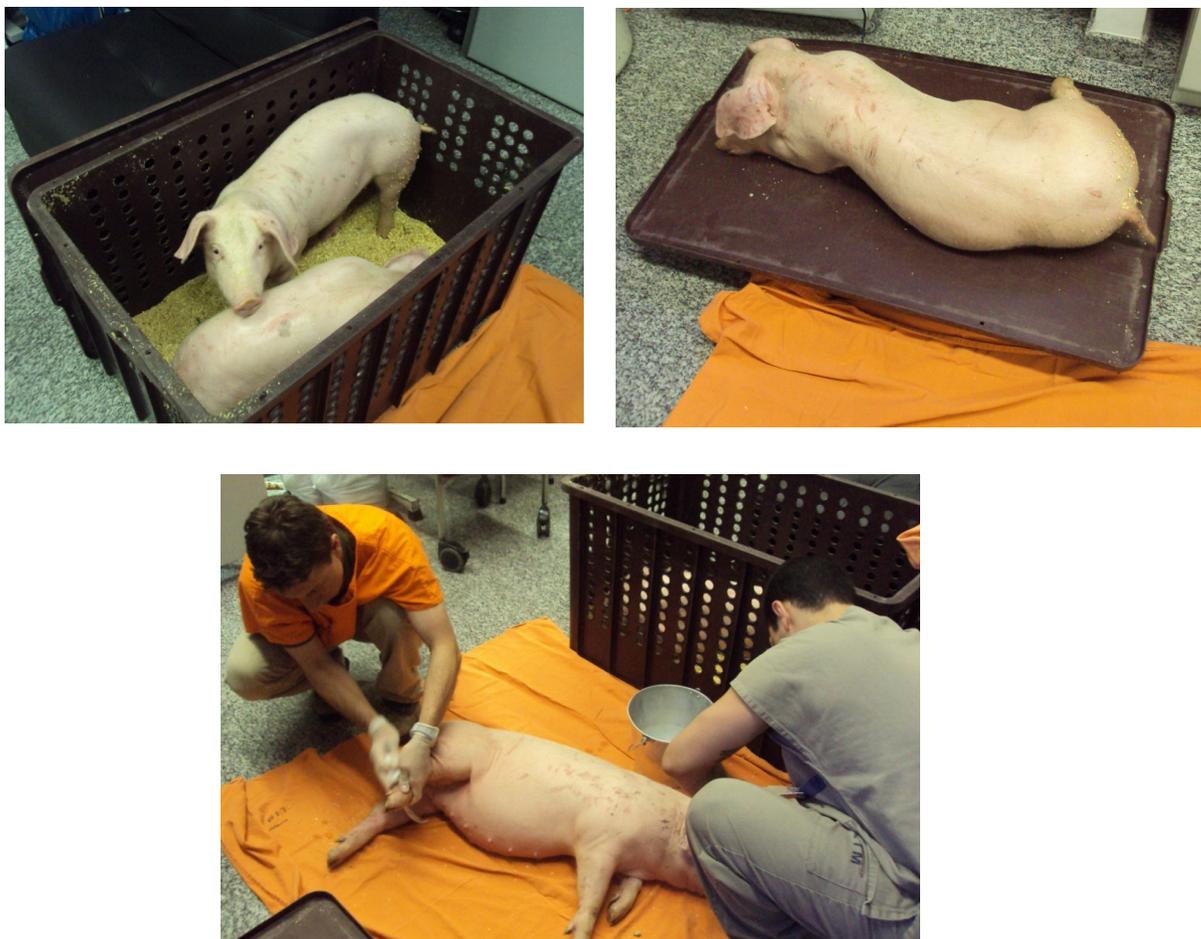


FIGURA 3.7 Preparo dos animais: fase de seleção dos animais (à esquerda), mensuração do peso (à direita) e execução da higiene e tricotomia (abaixo).

A tricotomia também era realizada em pequenas áreas de diâmetro aproximado de 60 mm nas faces laterais dos membros torácicos e dos membros pélvicos e na região suprapúbica para a fixação de eletrodos descartáveis para a monitorização com

eletrocardiograma (ECG) e no rabo do animal para posicionamento do sensor de oximetria de pulso em Y ou universal (Dixtal Biomédica Ltda., São Paulo, Brasil).

3.3.2.2 Acessos vasculares

Os acessos venosos periféricos eram puncionados nas veias auriculares direita e esquerda, por onde eram introduzidas drogas sedativas, analgésicas e o bloqueador neuromuscular. O acesso venoso central era obtido da veia jugular direita para administração de cristaloides e coloides (FIG. 3.8).

A artéria femoral era puncionada para passagem do catéter PICCO (PVPK2015L20-46N diâmetro 5F, Longitudinal 20 cm, *Pulsion Medical Systems AG*, Monique, Alemanha), para medida da pressão arterial invasiva e coleta de gasometria arterial.



FIGURA 3.8 Puncção do acesso venoso central.

3.3.2.3 Sedação, analgesia e intubação endotraqueal:

A sedação e analgesia adequadas eram realizadas previamente com o objetivo de minimizar as respostas fisiopatológicas decorrentes da intubação endotraqueal.

A medicação pré-anestésica era realizada por injeção intramuscular (IM) da solução contendo: Ketamina-5,0 mg/kg IM, Midazolam-0,5 mg/kg IM e Acepram 0,1mg/kg IM. A seguir, o animal era colocado na mesa em posição supina, onde eram obtidos os acessos venosos auriculares para a administração de Propofol 3,0 mg/kg, enquanto recebia oxigênio por máscara oronasal (FIG. 3.9).

Imediatamente à intubação endotraqueal feita por meio de laringoscópio e lâmina reta nº 4 e introdução de cânula ou tubo orotraqueal siliconizado dotado de balonete em sua extremidade distal (marca Solidor®, *Well Lead Medical Instruments Co Ltd, Guangzhou, China*), insuflava-se este balonete com ar e fixava-se o posicionamento do tubo ao amarrá-lo em sua extremidade no focinho do animal com auxílio de atadura de crepon (FIG. 3.9).



FIGURA 3.9 Oxigenioterapia por máscara oronasal e procedimento de intubação endotraqueal.

Em seguida, conectava-se o tubo orotraqueal ao ventilador mecânico Newport E-500 (Newport Medical Instruments Inc, Costa Mesa, Califórnia, Estados Unidos da América) e ao capnógrafo volumétrico NICO₂ 7600 (Respironics, Estados Unidos da América) usando sensor pediátrico (Código 9766-00, Respironics, Estados Unidos da América) para a monitoração da pressão expiratória de gás carbônico (PETCO₂) (FIG. 3.10).

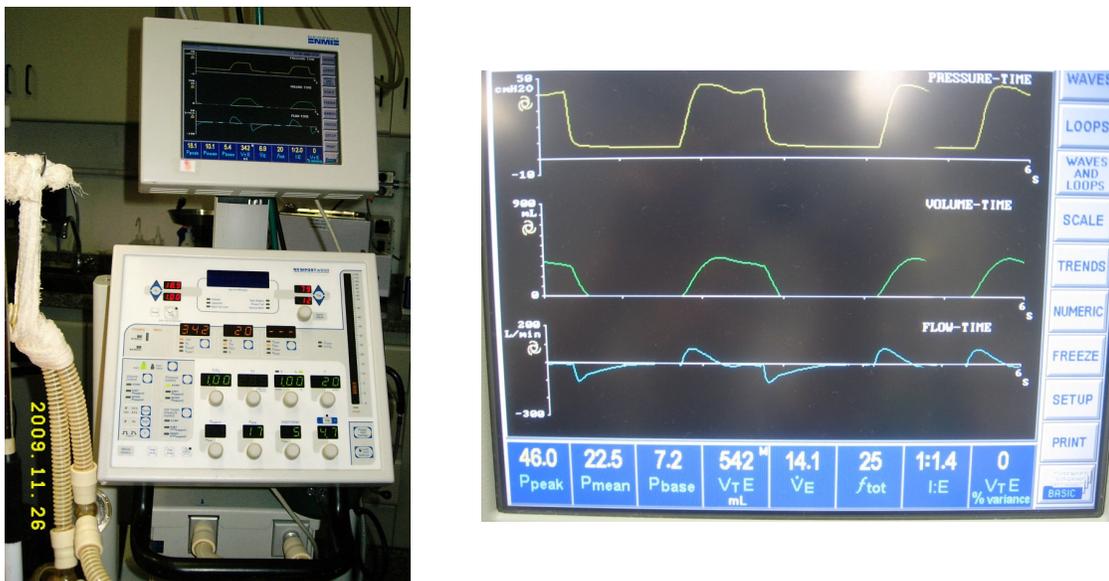


FIGURA 3.10 Ventilador mecânico com detalhamento da tela de comandos e monitoramento.

O balonete do tubo orotraqueal era insuflado com ar até atingir a pressão mínima para evitar escape do gás inspirado, o que era verificado durante a ventilação controlada por comparação do volume corrente inspirado e expirado. A pressão do balonete era ajustada abaixo de 25 cmH₂O, evitando a isquemia e estenose traqueal secundária (CASTILHO *et al.*, 2003).

A assistência ventilatória mecânica inicial era controlada e ciclada a pressão, sendo o delta de pressão (ΔP) ajustado para fornecer um volume corrente (VC) de 10 mL/kg e o PEEP de 5 cmH₂O (desde que a pressão de platô – P_{platô} – fosse inferior a 35 cmH₂O), com frequência respiratória (FR) de 20 ipm, tempo inspiratório (T_{ins}) de 1,0 s para uma relação I:E de 1:2, sensibilidade 4,5 cmH₂O e fração inspiratória de oxigênio (FiO₂) em 1,0.

A FR poderia ser reajustada de 20 a 40 ipm, de modo a manter a PETCO₂ em 32±3 mmHg. Tal alteração, quando necessária, foi realizada com a devida correção do T_{ins}, visando sustentar a relação I:E de 1:2.

Em seguida era iniciada a infusão venosa contínua fornecida por meio de bomba de infusão: Ketamina - 1,7 mg/kg/h (anestésico), Midazolam – 0,3 mg/kg/h (sedativo), Fentanil - 0,02 mg/kg/h e Pancurônio – 0,4 mg/kg/h (bloqueador neuromuscular).

Este último tem o objetivo de promover o bloqueio neuromuscular, necessário para que não haja interferência, como respiração espontânea, na aquisição de dados. Os animais eram mantidos entre o segundo e o terceiro plano do III estágio, segundo Classificação de Guedel (MASSONE, 2003).

A paralisia dos músculos respiratórios induzida pelo bloqueio neuromuscular é um requisito recomendável para a monitoração da mecânica respiratória. Doses adicionais de brometo de pancurônio (0,02 mg/kg) poderiam ser administradas, de acordo com a necessidade.

O nível de sedação e de relaxamento muscular era avaliado durante todo o experimento, tendo como parâmetros de avaliação do plano anestésico a observação clínica de reflexos (palpebral e mandibular), resposta a estímulo doloroso e movimentos respiratórios, além de níveis de pressão arterial sistêmica e frequência cardíaca.

3.3.2.4 Cistostomia

A cistostomia era realizada nos suínos devido a uma variação anatômica do animal e pela necessidade de coleta de urina e monitorização de diurese, além de medidas de higiene do local. A técnica era realizada com uma incisão longitudinal entre o sexto e o sétimo par de mamas. Após localizar a bexiga, era feita uma pequena incisão para a passagem

e fixação da sonda vesical nº 14 F, a qual ficava acoplada a coletor próprio, até o final do experimento.

3.3.2.5 Gasometria padrão e critério de inclusão nos ensaios

Após a fase de preparo do animal, para que este fosse incluído no ensaio, deveria ser constatado o estado prévio de normalidade da função respiratória. Para tal, executava-se o teste denominado gasometria padrão (QUADRO 3.2), cuja aprovação era considerada quando a soma dos valores de PaO_2 e PaCO_2 fosse maior ou igual que 400. Caso o teste fosse negativo, o animal era excluído e sacrificado segundo o protocolo vigente (vide item 3.3.7).

QUADRO 3.2

Procedimentos do teste de gasometria padrão.

1. Realizar uma manobra de recrutamento alveolar (MRA) com pressão inspiratória (Pins) de 35 cmH_2O , PEEP de 15 cmH_2O (ΔP de 20 cmH_2O), FR de 25 ipm e FiO_2 em 1,0 por 02 minutos;
2. Ventilar o animal com uma Pins de 20 cmH_2O , PEEP de 10 cmH_2O (ΔP de 10 cmH_2O), mantendo-se os demais parâmetros;
3. Aguardar por 10 minutos;
4. Coletar gasometria arterial;
5. Teste aprovado: se os valores de $\text{PaO}_2 + \text{PaCO}_2 \geq 400$.

O sangue coletado da artéria femural era processado pelo hemogasômetro ABL 800 Flex (da Radiometer Copenhagen, Dinamarca) (FIG. 3.11).



FIGURA 3.11 Aparelho de hemogasometria.

3.3.2.6 Manutenção: manejo ventilatório e controle clínico

Aprovado no teste de gasometria padrão, o animal era mantido em ventilação mecânica controlada e ciclada a pressão, sendo o ΔP ajustado para fornecer um VC de 8 mL/kg e o PEEP de 5 cmH₂O (observando que a Pplatô não poderia ser superior a 35 cmH₂O), com FR de 20 ipm, Tins de 1,0 s para uma relação I:E de 1:2, PEEP de 5 cmH₂O, sensibilidade 4,5 cmH₂O e FiO₂ necessária para manter a SpO₂ acima de 90%. O circuito respiratório era dotado de umidificador aquecido (*Respiratory Humidifier*, da *Fisher&Paykel Healthcare*, CA, USA) para condicionamento dos gases a serem inspirados pelos animais.

No manejo ventilatório ao longo do ensaio, esses parâmetros poderiam ser modificados da seguinte forma: a FR poderia ser reajustada entre 20 e 40 ipm para manter ou corrigir a PaCO₂ para 35 a 45 mmHg, a PETCO₂ para 32 ± 3 mmHg e/ou o pH para 7,35 e 7,45 e modificações na FiO₂ para corrigir hipoxemia durante os intervalos entre o término de uma intervenção e início de outra, de modo a restaurar a SpO₂ acima de 90% e a PaO₂ acima de 80 mmHg.

Nos períodos de intervalo das intervenções em teste, caso necessário, era feita fluidoterapia para expansão da volemia e manutenção da pressão arterial média entre 70 e 100 mmHg e aquecimento dos animais com cobertor térmico, para manter a temperatura central entre 37-38°C.

Quanto aos exames laboratoriais, ao longo dos ensaios não foi necessário executar correções para normalizar eletrólitos (sódio, potássio, bicarbonato), lactato e glicose, já que seus níveis permaneceram estáveis.

3.3.3 Ensaios: construção do protocolo experimental

A compreensão dos aspectos que permeiam o processo de construção do conhecimento e da aprendizagem humana caracteriza, em si mesma, um grande desafio. Os ensaios deste estudo foram elaborados por extrapolação dos fundamentos da teoria construtivista¹⁰ para a pesquisa, numa modalidade dinâmica, tendo como foco principal a resolução de problemas.

¹⁰ Pela aplicação da teoria construtivista fundamentada por vários estudiosos (Piaget, Vygotsky, Rodwell, Paulo Freire), a estratégia metodológica numa investigação científica corresponde ao instrumento para o enfrentamento da realidade. Trata-se de um método que busca a flexibilidade e adaptação e expõe a sensibilidade da relação entre o investigador e objeto de estudo, partindo da interação entre o racional e o intuitivo na análise do fenômeno, tendo como meta a precisão.

Esta visão pode ser associada às premissas da Engenharia de Métodos, a qual estuda e analisa o trabalho de forma sistemática, resultando desta análise, o desenvolvimento de métodos práticos e eficientes e o estabelecimento de padrões de realização. Este tipo de estudo, visando estabelecer métodos, inclui, na maioria dos casos, uma análise de cada um dos passos que compõem o processo como um todo (BARNES, 2001).

O modelo de Krick para o processo baseia-se na formulação do problema (descrição geral das características do problema, sem detalhes ou restrições), análise do problema (detalhamento e restrições), busca de alternativas (exposição de possíveis soluções), avaliação das alternativas (critérios técnicos, decisões), especificação da solução escolhida e desenvolvimento (KRICK, 1971).

Partindo destes princípios, planejou-se uma estratégia metodológica para a elaboração de um protocolo experimental de aspiração do trato respiratório inferior em sistema aberto, confiável para a investigação das variáveis de interesse: pressão negativa e nível de inserção da sonda de aspiração. Os passos metodológicos seguidos estão representados na FIGURA 3.12.

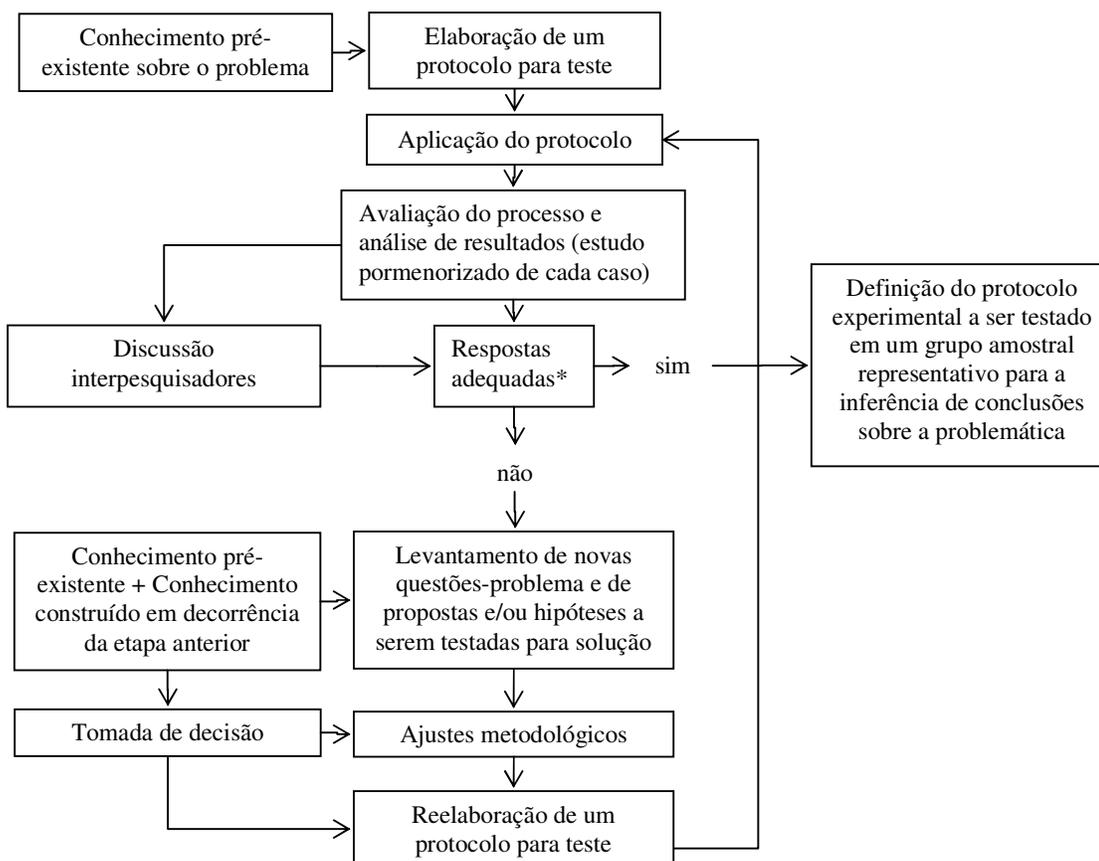


FIGURA 3.12 Representação dos passos metodológicos seguidos para a elaboração de um protocolo experimental de investigação da influência da pressão negativa e do nível de inserção da sonda para a aspiração do trato respiratório inferior.

Na FIGURA 3.12, o termo “respostas adequadas” foi utilizado no sentido de que foi julgado que todos os procedimentos¹¹ executados, de forma estável, foram capazes de gerar uma situação ótima ou subótima para estudo, tendo sido empregadas rotinas com poder de detectar variações no comportamento das variáveis, minimizando os erros que poderiam interferir na reprodutibilidade das medidas. Resumidamente, o processo estava em conformidade para descrever e responder o problema.

Destarte, foram testados sequencialmente três fases de um protocolo, descritas a seguir, esquematizadas na FIGURA 3.13 e caracterizadas no QUADRO 3.3:

A fase I do protocolo foi ensaiada em um animal, visando auxiliar na decisão sobre (i) a seleção do nível de pressão negativa (80 mmHg, 200 mmHg e 300 mmHg), (ii) do tipo de sistema de aspiração (aberto ou fechado) e (iii) do modo ventilatório para a aspiração, quando em sistema fechado (ventilação a volume ou a pressão controlada – VCV ou PCV, respectivamente)¹². As três variáveis citadas foram testadas de forma aleatória sendo a inserção da sonda de aspiração fixa no nível bronquial, ou seja, a sonda foi inserida em todo o seu comprimento no interior do tubo orotraqueal, ultrapassando-o e atingindo o interior do brônquio.

Para o teste do “nível de pressão negativa” estabeleceu-se uma intervenção controle, a qual consistiu em desconectar o animal do ventilador mecânico por um período de 15 segundos, porém, sem aplicação de vácuo. Esta intervenção foi planejada para ser executada em todas as fases (I a III), objetivando auxiliar na compreensão isolada dos dois fenômenos - efeito da desconexão e da aplicação do vácuo.

Quanto à mudança do modo PCV para VCV (quando a ventilação a volume era sorteada para a aspiração em sistema fechado), esta ocorria ajustando-se o volume corrente e o fluxo inspiratório, de modo a manter a pressão na via aérea, o tempo inspiratório e a relação I:E pré-existentes no modo PCV. Tal mudança era executada faltando um minuto para a realização da aspiração. Imediatamente ao término da aplicação da pressão negativa; retornava-se ao modo PCV.

¹¹ Procedimento é o termo para a “sequência de movimentos físicos e/ou atitudes mentais interligadas segundo uma determinada frequência, com o objetivo de agir seja no sentido de execuções seja no de decisão”. Diferencia-se de rotina, pois esta se refere a “sequência ordenada de técnicas estabelecidas por escrito, que padronizam os passos para execução de um procedimento”. Podendo-se entender a Fase, como “o desdobramento natural da rotina, formada pelo conjunto de procedimentos cuja execução esteja afeta a um determinado órgão ou que, dado o ciclo entrada/processamento/saída, produza o requerido para a execução da fase subsequente ou complete a rotina” (Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Gerência- Geral de Tecnologia em Serviços de Saúde. Unidade de Tecnologia da Organização de Serviços de Saúde. Disponível em www.anvisa.gov.br/servicosaude/organiza/inaiss/GLOSS%20CIRIO.doc.

¹² O animal era ventilado normalmente em PCV para todas as intervenções. A aleatorização do modo ventilatório para a aspiração dava-se quando em sistema fechado, pois neste sistema, a ventilação mecânica não era interrompida ao executá-la.

A fase II também foi ensaiada em um animal. Diante da análise da fase I, testaram-se aleatoriamente dois níveis de pressão negativa e uma intervenção controle (desconectando o animal da ventilação mecânica por período de tempo igual ao do procedimento de aspiração, no entanto, sem a aplicação de vácuo) durante a aspiração em sistema aberto. Enquanto que durante a fase I, a sonda de aspiração foi inserida mais profundamente (bronquial), na fase II, a sonda foi introduzida na posição mais superficial (traqueal), permanecendo no interior do tubo orotraqueal, no mesmo nível de sua extremidade distal.

Nesta fase, questionava-se o comportamento das variáveis de monitoração (impedância elétrica, mecânica respiratória e variáveis clínicas) durante a aspiração do trato respiratório inferior, sob os dois níveis de pressão negativa, quando a sonda fosse inserida e permanecesse no interior do tubo orotraqueal e quando ultrapassasse a sua extremidade distal e atingisse a região da carina e dos brônquios. Além disso, numa análise do processo, julgava-se a necessidade de (i) executar a titulação da PEEP ideal para cada animal, de forma a assegurar uma condição individualizada de estabilidade de abertura dos alvéolos durante o ensaio e (ii) estabelecer um método de ajuste da pressurização do circuito de aspiração para que a Pn (regulada pela válvula de segurança) seja constante ao ser liberada para a aspiração em sistema aberto (vide item 3.3.6);

A fase III foi ensaiada em quatro animais. Em sistema aberto de aspiração, testaram-se dois níveis de pressão negativa e uma intervenção controle durante a aspiração nos níveis traqueal, carinal e bronquial. Os níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração foram aleatorizados. Adicionou-se ao protocolo, a titulação da PEEP ideal e a modalidade selecionada para pressurização do circuito e aplicação da pressão negativa.

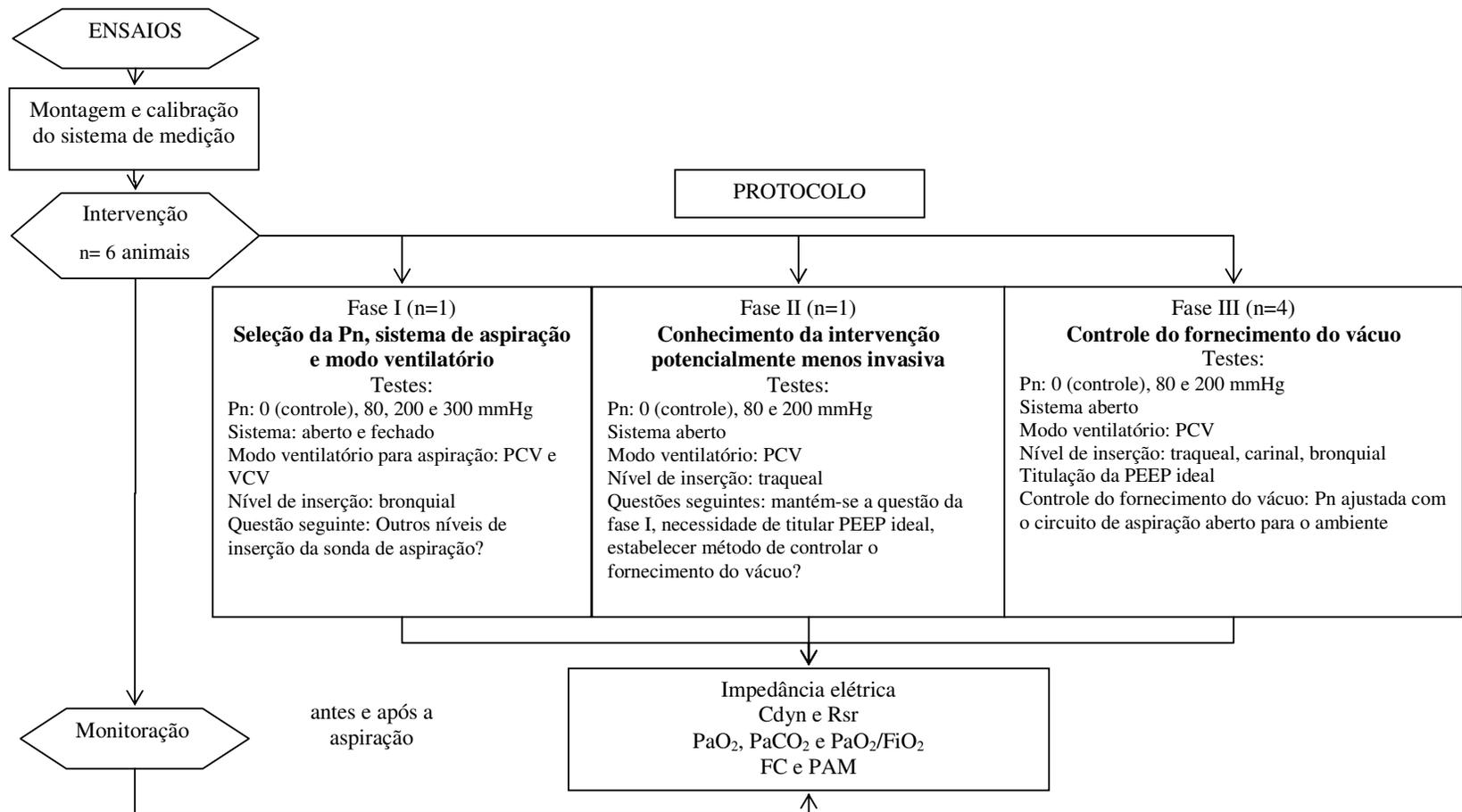


FIGURA 3.13 Fluxograma dos ensaios. Intervenção e monitoração no protocolo testado. Nota: n – número de elementos; Pn - Pressão negativa; PCV – ventilação a pressão controlada, VCV – ventilação a volume controlado, PEEP - pressão positiva ao final da expiração, Cdyn - complacência dinâmica; Rsr - resistência do sistema respiratório; FC - frequência cardíaca; PAM - pressão arterial média; FiO₂ – fração inspirada de oxigênio; PaO₂ - pressão arterial de oxigênio; PaCO₂ - pressão arterial de gás carbônico.

QUADRO 3.3

Caracterização das fases do protocolo investigado no ensaio biológico.

Características	Fase I (Animal 1)	Fase II (Animal 2)	Fase III (Animais 3 a 6)
Sistema de aspiração /Modo ventilatório durante a aspiração (quando em sistema fechado) randomizado	Aberto Fechado, PCV Fechado, VCV	Aberto	Aberto
Nível de pressão negativa aleatorizado*	80, 200 e 300 mmHg Controle (sem vácuo)	80 e 200 mmHg Controle (sem vácuo)	80 e 200 mmHg Controle (sem vácuo)
Relação diâmetro interno do TOT/sonda de aspiração	0,58	0,58	0,58
Nível de inserção da sonda de aspiração aleatorizado	Bronquial	Traqueal	Traqueal, carinal e bronquial
Número de aspirações por animal	10	01	07
Titulação da PEEP ideal	Não	Não	Sim
Broncoscopia para confirmar o comprimento de inserção da sonda	Não	Não	Sim
Método de ajuste da pressurização do circuito de aspiração para aplicação da Pn na aspiração em sistema aberto (com desconexão do ventilador mecânico) **	Ajuste da Pn com oclusão para o ambiente	Ajuste da Pn com oclusão para o ambiente	Ajuste da Pn com abertura para o ambiente

Nota: Pn - Pressão negativa, N – número, TOT – número do tubo orotraqueal, F – French, PCV – ventilação a pressão controlada, VCV – ventilação a volume controlado, TIE – tomografia de impedância elétrica.

* Animais n.2 e 6 não conseguiram completar o protocolo completo.

** Ajuste da Pn com oclusão para o ambiente: (i) Ajuste da Pn realizado com o circuito de aspiração ocluído para o ambiente por meio de compressão manual; (ii) Descompressão e liberação do circuito de aspiração ao introduzir a sonda no trato respiratório e (iii) Aplicação da Pn quando a sonda alcançava o nível de inserção desejado.

Ajuste da Pn com abertura para o ambiente: (i) Ajuste da Pn realizado com o circuito de aspiração aberto para o ambiente, ou seja, o compressor do aspirador compensava o efeito da pressão atmosférica para manter o nível de Pn em teste; (ii) Aplicação da Pn quando a sonda alcançava o nível de inserção desejado.

3.3.4 Ensaios: intervenção de aspiração e de controle

Dentro de cada fase do protocolo, as intervenções de aspiração e de controle foram realizadas com aleatorização das variáveis em teste, após a montagem e calibração do sistema de medição, respeitando-se um intervalo de 10 minutos entre cada uma das intervenções.

As intervenções obedeceram a uma adaptação da normatização da *American Association for Respiratory Care* (1993) (QUADRO 3.4).

QUADRO 3.4

Protocolo de aspiração adaptado da AARC (1993) para os propósitos específicos desta pesquisa.

1. Selecionar e checar equipamentos: sistema gerador de vácuo, sonda de aspiração estéril, luvas (estéreis e de procedimento), óculos, máscara e avental, solução salina ou água estéril (para limpeza do circuito de aspiração) e sistema de liberação de oxigênio;
2. Monitorar as variáveis de interesse pré-intervenção (medidas basais);
3. Pré-oxigenar com ajuste no ventilador mecânico para uma FiO_2 de 1,0 por intervalo de tempo > 30 segundos (caso o animal esteja sendo ventilado a uma $FiO_2 < 1,0$);
4. Inserir a sonda de aspiração e monitorar as variáveis de interesse no momento de desconexão do ventilador mecânico (quando em sistema aberto de aspiração);
5. Aplicar a pressão negativa durante a retirada da sonda pelo tempo de 15 segundos. Para a intervenção de controle, inserir a sonda após desconexão do ventilador mecânico pelo mesmo período de tempo, porém sem aplicação de vácuo;
6. Remover e limpar a sonda;
7. Re-oxigenar através do ventilador mecânico a uma FiO_2 de 1,0 por intervalo de tempo de 2 minutos, retornando à FiO_2 prévia, quando possível (desde que a SpO_2 mantenha-se $> 90\%$);
8. Monitorar as variáveis de interesse ao longo de 10 minutos: nos tempos de 30 segundos, 1, 2, 5 e 10 minutos pós-intervenção.

A hiperinsuflação com aumento do VC ou FR no ventilador mecânico ou a hiperinsuflação manual com bolsa ambu recomendadas pela AARC (1993) não foram realizadas neste estudo, com fins de evitar a influência desta manobra na avaliação isolada do efeito da aplicação da Pn e do nível de inserção da sonda de aspiração sobre a impedância elétrica, mecânica respiratória e variáveis clínicas.

Da mesma forma, após a inserção da sonda de aspiração no TOT não foi instilada solução salina, pois como os suínos eram saudáveis, não havia a indicação para diluir e mobilizar secreções pulmonares. Além disso, como cada suíno foi submetido a várias intervenções de aspiração (QUADRO 3.3), caso fosse instilado solução salina em

cada procedimento, o excesso de líquido não aspirado poderia constituir meio de cultura de agentes oportunistas.

Para cada intervenção de aspiração, a sonda foi inserida apenas uma vez no trato respiratório inferior, não seguindo algumas recomendações de repetição da inserção por até três vezes. Assim, buscou-se além de verificar os efeitos decorrentes de uma única inserção, também favorecer a um maior controle do tempo de desconexão da VM.

Antes de iniciar uma intervenção de aspiração ou de controle e após 10 minutos de sua execução, coincidindo com o final do ciclo de medidas pertencentes à monitoração pós-intervenção, realizava-se uma manobra de recrutamento alveolar (MRA), para fins de retorno às condições de aeração prévia. A MRA consistia em manter o animal ventilado no modo PCV, com P_{ins} de 50 cmH₂O e PEEP de 35 cmH₂O (ΔP de 15 cmH₂O) a uma FiO₂ de 1,0 por dois minutos.

A FIGURA 3.14 mostra o fluxograma para a execução das intervenções de aspiração e de controle e o monitoramento destas.

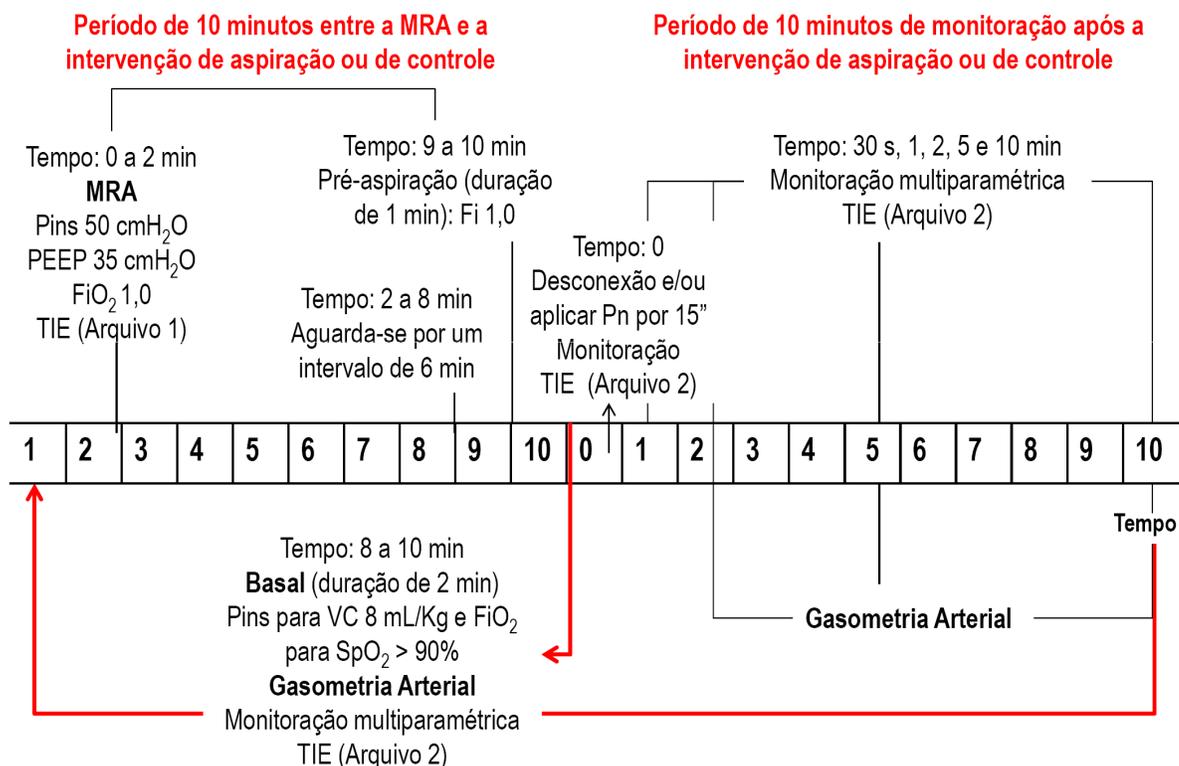


FIGURA 3.14 Fluxograma para as intervenções de aspiração e de controle e execução da monitoração.

Nota: min – minutos, MRA – manobra de recrutamento alveolar, P_{ins} – pressão inspiratória, PEEP - pressão positiva ao final da expiração, FiO₂ - fração inspirada de oxigênio, TIE – tomografia de impedância elétrica, VC – volume corrente, SpO₂ – saturação periférica de oxigênio, s – segundos.

3.3.5 Ensaios: monitoramento

Previamente, a cada sequência de monitoração, os níveis de sedação e atividade muscular respiratória do suíno, posicionado em decúbito dorsal sem elevação, eram verificados com o intuito de evitar interferências sobre as medidas.

3.3.5.1 Impedância elétrica

A monitoração da impedância elétrica pulmonar foi realizada por meio do aparelho *Enlight* (Dixtal Biomédica Ltda., São Paulo, Brasil) e seguiu o protocolo descrito por Costa *et al.* (2008) (FIG. 3.15). Assim, 32 eletrodos auto-adesivos foram aderidos, de forma equidistante, utilizando-se uma faixa de eletrodos composta por quatro bandas, ao redor da circunferência do tórax previamente tricotomizado (FIG. 3.16).



FIGURA 3.15 Aparelho de TIE e detalhe de duas telas de monitoramento.

Intensidades de corrente elétrica entre 5–8 mA e 125 kHz eram injetadas em uma sequência rotacional em 31 pares de eletrodos, sendo que, um par não recebia tal corrente, de modo a permitir a medição de 29 tensões elétricas diferenciais entre cada par de eletrodos e este par referencial.



FIGURA 3.16 Faixa de eletrodos para monitoração da impedância elétrica pulmonar.

As imagens seccionais e os valores de impedância elétrica foram registrados em dois arquivos para cada intervenção de aspiração e/ou de controle: o primeiro, para o registro da MRA pré-intervenção e o segundo, para registro das medidas basais, no momento da intervenção e ao longo de 10 minutos pós-intervenção. As imagens relativas eram produzidas a partir da detecção das mudanças na impedância tecidual local em relação a uma condição basal escolhida.

Os procedimentos seguidos para análise da impedância elétrica (QUADRO 3.5) permitiram a avaliação dos percentuais de colapso pulmonar diferenciais numa situação prévia à intervenção (medida basal) e entre a medida basal e os tempos de 1, 2, 5 e 10 minutos pós-intervenção.

A análise foi realizada por meio do aplicativo *EIT Analysis Tools* pertencente ao programa *EIT Beta 7.3.8 built*¹³, desenvolvido em linguagem de programação gráfica pelo software *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench - Labview* versão 7.0 (*National Instruments*, Texas, Estados Unidos da América).

Na configuração do programa, utilizou-se a malha de elementos finitos denominada “P3_Pig1_lung” e para tratamento do ruído do sinal (voltage ruidosas), o que poderia ocorrer em função de oscilações fisiológicas da ventilação e perfusão, aplicou-se um filtro espacial intermediário, conforme rotina do grupo de pesquisadores envolvidos.

¹³ O programa *EIT Beta 7.3.8 built* foi elaborado e aprimorado pelo grupo de pesquisadores do LIM – 09 e da Escola Politécnica, ambos da USP.

QUADRO 3.5

Procedimentos para análise do percentual de colapso pulmonar por meio da impedância elétrica.

1. Gerar no modo *off line* um arquivo de imagem a partir dos dados de potencial elétrico, representando num gráfico a variação de impedância (eixo y) no decorrer do tempo (eixo x), expresso em termos de *frames* (já que, a capacidade da TIE em produzir imagens relativas obedece à frequência de 50 Hz*, significa que 1 minuto de registro de voltagens equivalem a 3000 frames e assim por diante);
2. Analisar a impedância nos seguintes instantes para cada intervenção de cada protocolo:
 - a) Medida basal - no gráfico de impedância x frame, selecionar duas regiões anteriores à intervenção (momento 1 e momento 2), correspondentes aos *frames* a serem comparados para geração de uma imagem diferencial;
 - b) Nos instantes de 1, 2, 5 e 10 minutos pós-intervenção – primeiramente, identificar os *frames* equivalentes aos instantes em análise e em seguida, no gráfico de impedância x frame, selecionar o momento 2 da medida basal como referência para a comparação com os *frames* equivalentes aos respectivos instantes;
 - c) Para cada região selecionada do gráfico de impedância x frame, demarcar 10 ciclos respiratórios, equidistantes em torno do frame equivalente ao instante em análise.

Nota: * Sob a frequência de 50 Hz, equivalente a produção de 50 imagens por segundo, 1 minuto de registro possui 3.000 *frames*; 2 minutos, 6.000 *frames*; 5 minutos, 15.000 *frames* e 10 minutos contem 30.000 *frames*.

3.3.5.2 Mecânica pulmonar

As medidas da condição respiratória foram monitoradas por meio do capnógrafo volumétrico NICO₂ 7600®, o qual reúne um sensor de capnografia (registro da curva de CO₂ exalado na saída da via aérea, entre a peça em “Y” do circuito respiratório e o tubo orotraqueal, durante o ciclo ventilatório – capnograma, com medidas de PETCO₂, produção de CO₂ – VCO₂, CO₂ inspirado), um sensor combinado de fluxo/CO₂, um sensor de oximetria para medida da SpO₂ e um módulo de comunicação, o qual foi conectado ao aparelho de TIE, que, por sua vez, processou e registrou esses dados para uma análise *off line* (FIG. 3.17).



FIGURA 3.17 Capnógrafo volumétrico.

O monitor do NICO₂ 7600® provê dados de pressão, fluxo e volume na via aérea, incluindo tempos inspiratório e expiratório, relação I:E, frequência respiratória, pressão média na via aérea, PEEP, pico de fluxo inspiratório e expiratório, pico de pressão inspiratória, pressão de platô, curvas de pressão x volume e fluxo x volume e por combinação de medidas, seu *software* calcula a complacência pulmonar estática e dinâmica e a resistência da via aérea.

Os dados foram analisados por meio do aplicativo *EIT Analysis Tools* do programa *EIT Beta 7.3.8 built*¹⁴ e também pelo programa *Pneumobench_Analysis 7.3.3*®, ambos desenvolvidos em linguagem de programação gráfica pelo software *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench - Labview* versão 7.0 (*National Instruments*, Texas, Estados Unidos da América).

A monitoração da mecânica pulmonar seguiu o fluxograma apresentado na FIGURA 3.14.

3.3.5.3 Variáveis clínicas

A frequência respiratória, frequência e ritmo cardíaco, pressão arterial sistêmica invasiva e a oximetria de pulso (sensor colocado na cauda do animal) para análise da SpO₂ foram analisados por meio de um monitor multiparamétrico DX-2020® (*Dixtal Biomédica Ltda.*, São Paulo, Brasil).

O controle da frequência respiratória foi verificado por meio do monitor multiparamétrico, observando a sincronização com o traçado do ventilador mecânico, do capnógrafo volumétrico e do movimento torácico do animal.

A pressão arterial sistêmica média foi monitorada de forma invasiva por catéter inserido em artéria femoral utilizando-se o monitor PICCOplus ® (PC8100- *Pulsion Medical Systems* AG, Monique, Alemanha), através do qual também se monitorou a temperatura corpórea central (FIG. 3.18).

Também pela artéria femoral coletava-se sangue em seringa heparinizada – 0,5 mL, para a execução de gasometria arterial. A análise dos gases foi feita pelo aparelho ABL800FLEX™ ® (©Radiometer Medical Aps, Dinamarca), o qual fornece pH, PaO₂, PaCO₂, HCO₃⁻, *Base excess*, SaO₂, hemoglobina (Hb) e hematócrito (Htc), além dos níveis de Na⁺, K⁺, glicose e lactato. (FIG. 3.11).

A monitoração das variáveis clínicas e gasométricas seguiu o fluxograma apresentado na FIGURA 3.14.

¹⁴ O programa *EIT Beta 7.3.8 built* foi elaborado e aprimorado pelo grupo de pesquisadores do LIM – 09 e da Escola Politécnica, ambos da USP.

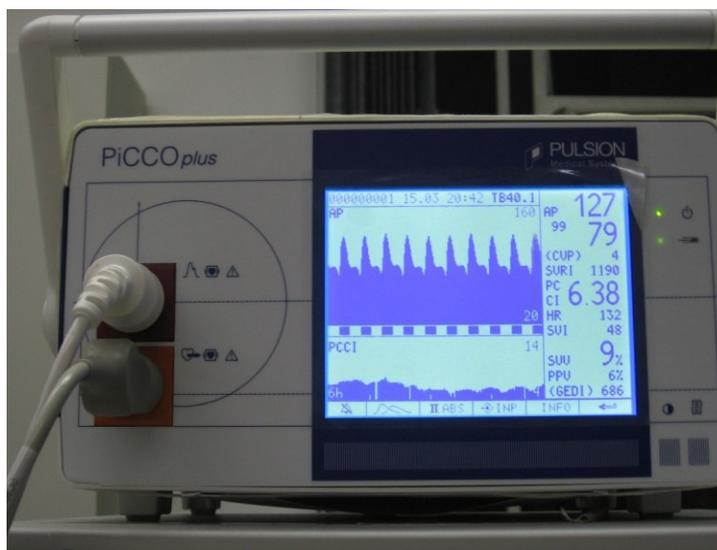


FIGURA 3.18 Monitor PiCCOplus®.

O sistema de medição montado pode ser visualizado na FIGURA 3.19.

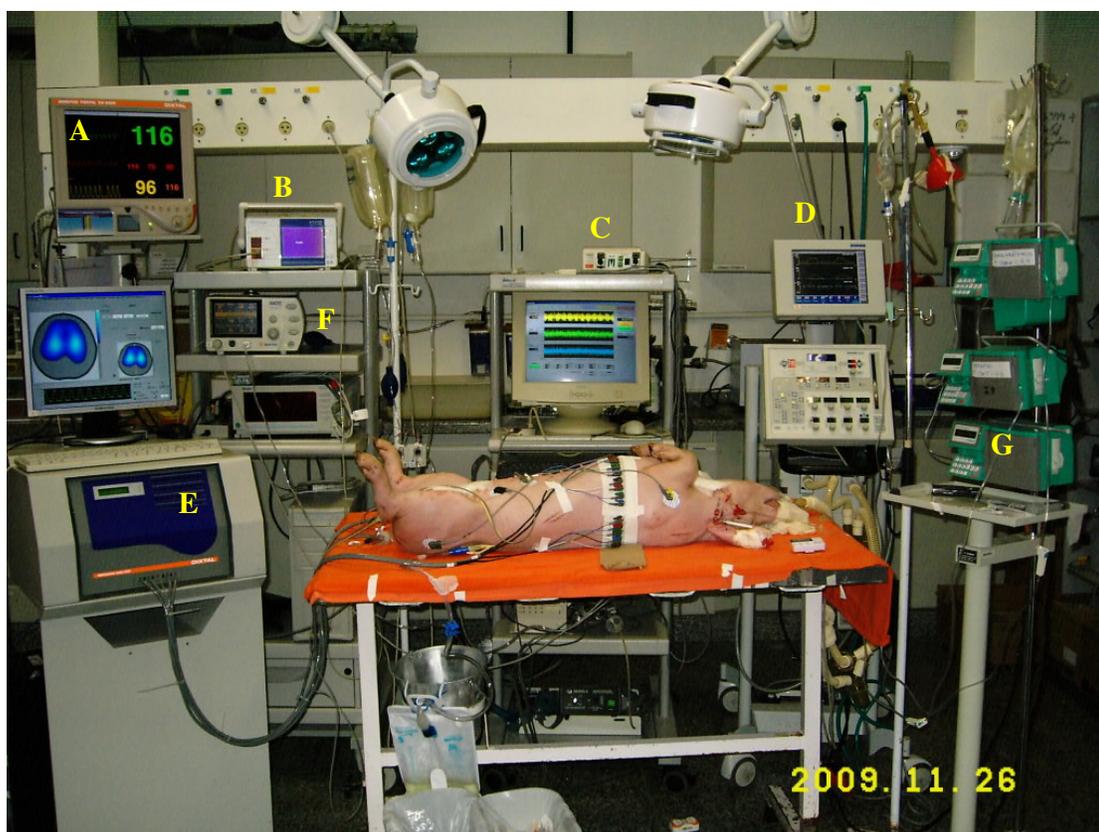


FIGURA 3.19 Montagem do sistema de medição. Detalhe para: Monitor multiparamétrico DX-2020® com registro do ECG (frequência e ritmo cardíaco), da oximetria de pulso e da pressão arterial sistêmica invasiva (A); Monitor PiCCOplus® e catéter PICCO (B); Transdutor de pressão diferencial Validyne® (C); Ventilador mecânico Newport E-500® e umidificador aquecido (D); Tomógrafo de impedância elétrica pulmonar *Enlight*® (E); Capnógrafo volumétrico NICO2 7600® (F) e bomba de infusão de soluções (G).

3.3.6 Ensaios: detalhamento dos testes e procedimentos do protocolo

3.3.6.1 Medida de inserção da sonda para a aspiração traqueal, carinal e bronquial

Considerou-se como aspiração traqueal, aquela na qual a sonda foi inserida pelo TOT e manteve-se em seu interior durante a aplicação da Pn. Para tal, antes de executar a intubação endotraqueal, utilizava-se o tubo orotraqueal como padrão de referência. Assim, a sonda era introduzida no TOT e posicionada de forma que sua extremidade distal (ponta) coincidissem com a extremidade distal do tubo. Em seguida, demarcava-se e media-se com um paquímetro o comprimento a ser inserido na sonda durante a intervenção de aspiração traqueal.

Para a aspiração carinal, a sonda deveria estar posicionada no nível da carina durante a aplicação do vácuo. Inicialmente, utilizou-se como pré-teste, posicionar a sonda ultrapassando 2 cm da extremidade distal do TOT¹⁵. No entanto, foi visualizado por broncoscopia, que a medida não era fidedigna, em função do risco de variabilidade anatômica.

Assim, introduziu-se a broncoscopia flexível com fibra óptica como procedimento padrão para dimensionamento da distância entre a extremidade distal do tubo orotraqueal e a carina e conseqüentemente servir como parâmetro de medida do comprimento de sonda a ser inserido. O posicionamento da carina era confirmado por 02 pesquisadores, que demarcavam a posição no tubo broncoscópico. A medida demarcada no tubo broncoscópico era transferida para a sonda de aspiração com auxílio de um paquímetro.

Por último, a aspiração bronquial consistiu em introduzir todo o comprimento da sonda no interior do TOT, até que a válvula de sucção da sonda limitasse a sua inserção por

¹⁵ A posição correta do TOT para Goodman *et al.* (1976) envolve a extremidade distal do TOT a 5 ± 2 cm (média \pm DP) acima da carina, para Locker *et al.* (1988) deve ser a 3 cm além do manúbrio esternal (FIGURA 3.20) e Taino *et al.* (2008) citam numa revisão, a distância de 2 cm acima da carina.

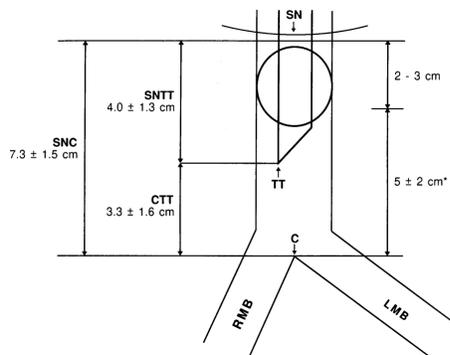


FIGURA 3.20 As relações da extremidade distal do tubo orotraqueal, manúbrio esternal e carina.

Nota: SN - manúbrio esternal, TT - extremidade do tubo orotraqueal, C - carina, RMB - brônquio principal direito, LMB - brônquio principal esquerdo, SNTT - distância entre o manúbrio esternal e a extremidade do tubo orotraqueal, CTT - distância entre a carina e extremidade do tubo orotraqueal e SNC - distância calculada entre o manúbrio esternal e a carina. * Posição proposta de acordo com Goodman *et al.* (1976).

FONTE: Locker *et al.* (1988).

contato com o conector plástico universal da extremidade proximal do tubo orotraqueal. No entanto, o mecanismo de aspiração bronquial não permite a identificação do brônquio principal envolvido e/ou afetado no procedimento de aspiração.

A inserção total da sonda implica na aspiração em brônquios, pois as sondas comerciais com válvula de sucção especificadas para aspiração traqueal possuem 500 mm de comprimento, o que ultrapassa o comprimento do tubo orotraqueal e a distância até a carina (FIG. 3.20 e QUADRO 3.6).

Tal afirmação pode ser verificada ao comparar os comprimentos total de amostras de tubo orotraqueal (marca Solidor®, *Well Lead Medical Instruments Co Ltd, Guangzhou, China*) e o comprimento das amostras de sondas de aspiração, ambos medidos por meio de um paquímetro. Para a medida do comprimento total do tubo orotraqueal (L_{TOT}) foram considerados a somatória do comprimento do tubo flexível e do conector plástico universal, o qual mede 16 mm de sua extremidade à base do tubo flexível (QUADRO 3.6).

QUADRO 3.6

Dimensões do tubo orotraqueal e medida diferencial entre os comprimentos da sonda e do tubo orotraqueal.

Características	Diâmetro externo	$L_{\text{Tubo Flexível TOT}}$	L_{TOT}	$\Delta L (L_{\text{sonda}} - L_{TOT})$
N TOT*				
7,0	9,3 mm	312 mm	328 mm	172 mm
7,5	10,0 mm	315 mm	331 mm	169 mm
8,0	10,7 mm	330 mm	346 mm	154 mm
8,5	11,3 mm	335 mm	351 mm	149 mm

Nota: * O número do tubo orotraqueal (N TOT) é dado por seu diâmetro interno em milímetros (mm).

3.3.6.2 Titulação da PEEP ideal

A titulação da PEEP ideal foi inserida a partir da fase III do protocolo, ao se constatar que pré-intervenção, nos animais n. 1 (fase I) e n. 2 (fase II) houve a necessidade de instituir níveis diferenciados de PEEP, de modo a manter a ventilação e a troca gasosa adequadas para o início dos testes.

O procedimento foi executado antes de iniciar as intervenções em teste, mantendo-se o modo e os parâmetros ventilatórios, ajustando-se apenas a FiO_2 para 1,0 (caso o animal estivesse com FiO_2 inferior). Seguiu-se um protocolo *decremental*, sustentando cada nível pressórico por dois minutos (QUADRO 3.7). A análise foi executada por meio do aplicativo *EIT Analysis Tools / PEEP titration* do programa *EIT Beta 7.3.8 built*,

considerando como PEEP ideal, o nível de PEEP relacionado ao menor colapso e menor hiperdistensão para cada animal.

QUADRO 3.7
Níveis pressóricos de titulação da PEEP

Pressão inspiratória (cmH ₂ O)	PEEP (cmH ₂ O)	Delta de Pressão (cmH ₂ O)
50	35	15
31	25	6
24	18	6
22	16	6
20	14	6
18	12	6
16	10	6
14	8	6
12	6	6

Após a titulação, o animal foi ventilado com, no mínimo, um delta de pressão (ΔP) - entre a P_{ins} e a PEEP - de 10 cmH₂O, desde que este fosse suficiente para manter um VC de 8 mL/kg. Caso contrário, poder-se-ia admitir um delta de pressão superior a 10 cmH₂O, instituindo-se a PEEP ideal titulada e elevando-se a P_{ins} até ser gerado o volume corrente desejado.

3.3.6.3 Monitoração da P_n na sonda

O procedimento de monitoração da pressão negativa (P_n) na sonda foi incluído nos ensaios pela necessidade de se dimensionar a perda entre a P_n regulada no aparelho de aspiração e a P_n na própria sonda.

Tais pressões foram medidas por meio de um canal do transdutor de pressão diferencial *Validyne* MP45; ± 100 cmH₂O (*Validyne* Co., Northridge, Califórnia, Estados Unidos da América). O canal do transdutor foi acoplado por conectores ao circuito de aspiração entre o látex de borracha e a válvula de sucção da sonda (na extremidade proximal) (FIG. 3.21).

Os sinais analógicos (tensão elétrica) foram amplificados (modelo CD-280, *Validyne* Co., Northridge, Califórnia, Estados Unidos da América) e transferidos para um microcomputador compatível com IBM_PC com placa de aquisição de dados analógico-digital (PCI-Mio-16XE-50, *National Instruments*, Texas, Estados Unidos da América) e convertido em medidas de pressão através de um aplicativo desenvolvido no *software Labview* versão 6.1 (*National Instruments*, Texas, Estados Unidos da América) e armazenados em disco rígido.

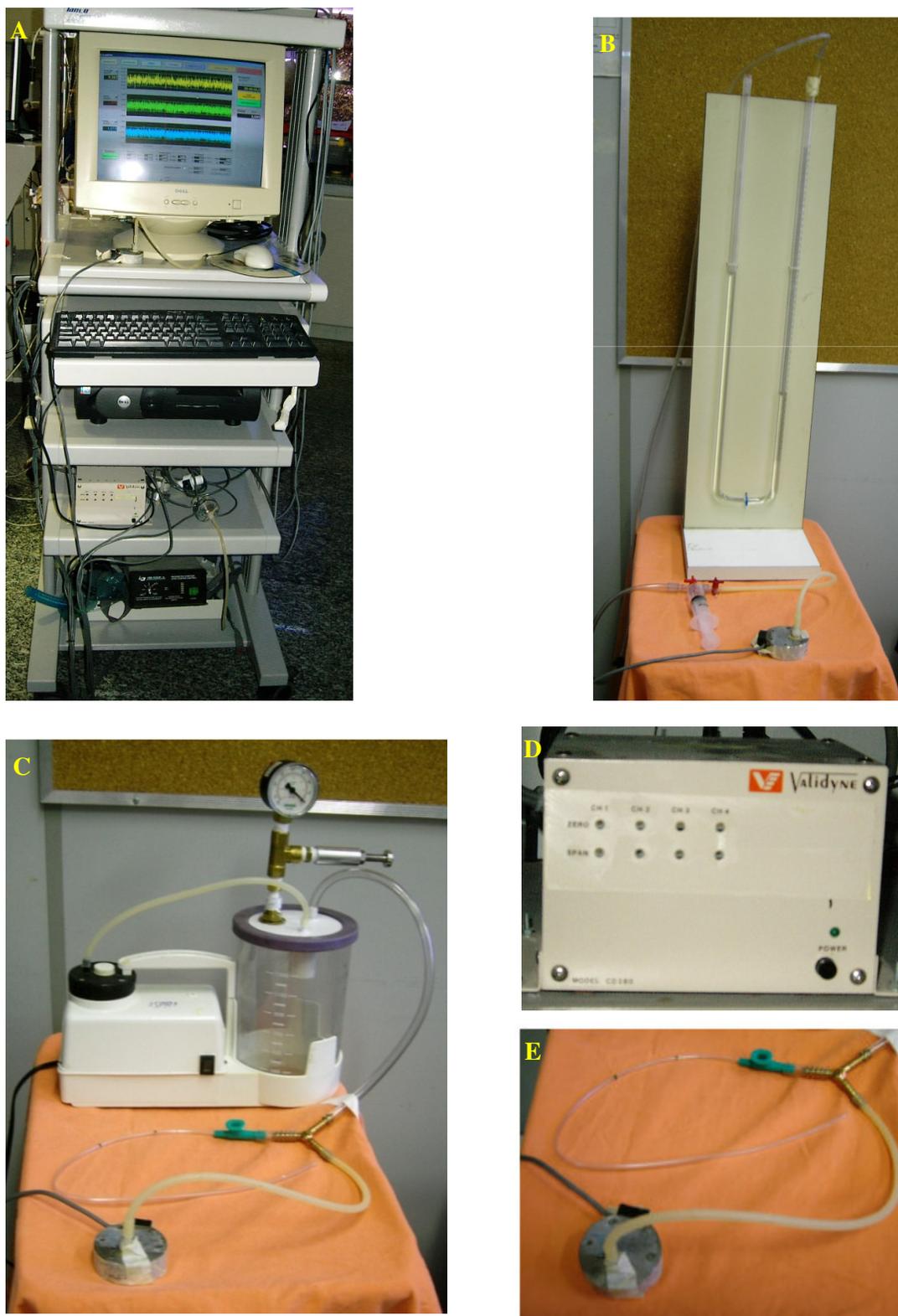


FIGURA 3.21 Sistema para monitoração da pressão negativa na sonda de aspiração. Detalhe: Microcomputador conectado ao Transdutor *Validyne*® (A); Calibração do Transdutor *Validyne*® por meio de coluna em centímetros de água (B); Sistema de monitoração da pressão negativa na sonda de aspiração acoplada ao aparelho de aspiração e válvula de segurança (C); Transdutor *Validyne*® (D) e detalhe da conexão entre o sensor do transdutor de pressão e a sonda de aspiração acoplada ao circuito de aspiração (E).

3.3.6.4 Método de ajuste da pressurização do circuito de aspiração

Nas fases I e II do protocolo experimental, o controle do vácuo era realizado da seguinte forma: (i) regulava-se a Pn na válvula de segurança com oclusão do circuito de aspiração para o ambiente por meio de compressão manual; (ii) executava-se a descompressão e liberação do circuito de aspiração ao introduzir a sonda no trato respiratório e (iii) aplicava-se a Pn quando a sonda alcançava o nível de inserção desejado.

Ao ser verificado que, com este método, a Pn na sonda tinha um comportamento não-linear no sistema aberto de aspiração, em função da força aplicada pela pressão atmosférica (ao descomprimir o circuito de aspiração) alterar a intensidade de Pn na sonda, testou-se uma modificação no método de pressurização deste circuito, objetivando obter um ajuste fino no controle do vácuo.

A estabilidade da Pn na sonda em sistema aberto de aspiração foi alcançada na fase III ao regular a pressão de saída do aspirador pela válvula de segurança com o circuito de aspiração aberto para o ambiente. Deste modo, o compressor do aspirador compensava o efeito da pressão atmosférica para manter o nível de Pn em teste, a qual só era aplicada quando a sonda alcançava o nível de inserção desejado.

3.3.7 Procedimentos ao término do ensaio

Ao final dos ensaios, os animais foram sacrificados. A eutanásia destes foi realizada sem sofrimento por meio de injeção venosa de 20 mL de cloreto de potássio (KCl). A morte foi constatada por monitorização cardiorrespiratória clínica e estruturada pelos registros eletrocardiográficos e ventilatórios.

Após a constatação da morte do animal, este foi descartado. O preparo do descarte consiste de seguintes etapas: (1) envolver o animal em um saco plástico branco leitoso, próprio para descarte de materiais infectantes e (2) posteriormente transportar e depositar o animal no coletor de lixo da Central de Lixos Infectantes da Faculdade de Medicina da USP. Diariamente a Faculdade de Medicina dispõe de serviço de coleta de lixo infectante que é incinerado pela empresa coletora.

3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA MEDIÇÃO

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do programa “*Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) for Windows®*” versão 13.0 utilizando-se estatística descritiva e inferencial.

Foram determinadas as médias (\bar{x}), desvio-padrão (DP), mediana, valor máximo, valor mínimo e amplitude para as variáveis quantitativas, as quais foram apresentadas na forma tabular ou gráfica, considerando o intervalo de confiança de 95%.

Também foram construídos painéis de *Box-plots* a partir dos respectivos percentis 25, 50 e 75 de todas as variáveis em estudo, agrupado-os segundo os níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração. Para a variável colapso pulmonar, medida pela TIE e mensurada em unidades percentuais, além do painel de *Box-plot* com agrupamento, foram plotadas as figuras para os níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração, de forma isolada.

O efeito do número de ordem de execução dos ensaios sobre o percentual de colapso pulmonar (% colapso pulmonar) foi investigado e representado graficamente a partir da média e dos percentis, já que, como os ensaios e conseqüentemente, as medidas foram aleatoriamente repetidas de uma a sete vezes (intervenção controle, traqueal a Pn 80 e 200 mmHg, carinal a Pn de 80 e 200 mmHg e bronquial a Pn 80 e 200 mmHg) em cada animal, este fator deve ser considerado como uma variável interveniente.

Os testes de normalidade e *de Levene* foram utilizados para verificar a normalidade da distribuição dos dados e a homogeneidade de variâncias, respectivamente, para todas as variáveis.

A análise de correlação bivariada de Pearson foi executada para todas as variáveis. Em seguida, aplicou-se a análise de regressão múltipla¹⁶, no qual foram testados três blocos de modelos. O primeiro incluiu as variáveis independentes “nível de pressão negativa” e “nível de inserção da sonda de aspiração” como variáveis de entrada e as “variáveis da impedância elétrica pulmonar (% colapso pulmonar), da mecânica respiratória e clínicas” como variáveis de saída (dependentes) utilizando o método de entrada forçada¹⁷. No segundo e no terceiro, mantiveram-se as mesmas variáveis de saída, no entanto, incluiu-se o número de ordem do ensaio, como mais uma das variáveis de entrada utilizando o método de entrada forçada e por passos (*Stepwise*) para trás (*Backward*)¹⁸, respectivamente.

Para todos os testes foi adotado o nível de significância de 5% (p-valor < 0,05).

¹⁶ Aplicou-se a análise de regressão múltipla na busca do modelo preditivo dos valores das variáveis de impedância elétrica pulmonar (% colapso pulmonar), mecânica respiratória e variáveis clínicas a partir das variáveis independentes níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração.

¹⁷ No método de entrada forçada em que todos os previsores são forçados no modelo ao mesmo tempo, de modo que o pesquisador não toma decisões sobre a ordem em que as variáveis são acrescentadas.

¹⁸ No método por passos (*Stepwise*) para trás (*Backward*) todos os previsores são colocados no modelo e então é calculada a contribuição de cada um verificando a significância do teste t de cada predictor. O valor de significância é comparado com um critério de remoção (para este estudo, utilizou-se o valor da probabilidade da ocorrência da estatística teste F, com entrada para 0,05 e remoção para 0,10). Se o predictor satisfaz o critério de remoção, ou seja, ele não está fazendo uma contribuição estatisticamente significativa para quanto bem o modelo prevê a variável resultado, ele é removido do modelo e o modelo é reestimado com os previsores restantes. Conseqüentemente, a contribuição dos demais previsores é então reavaliada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ETAPA MECÂNICA

A pressão negativa máxima gerada pelo sistema portátil de aspiração manteve-se estável e limitada pelo dispositivo de controle de pressão negativa, durante os 30 procedimentos de sucção, com oclusão total do circuito de aspiração por 15 segundos (FIG 4.1).

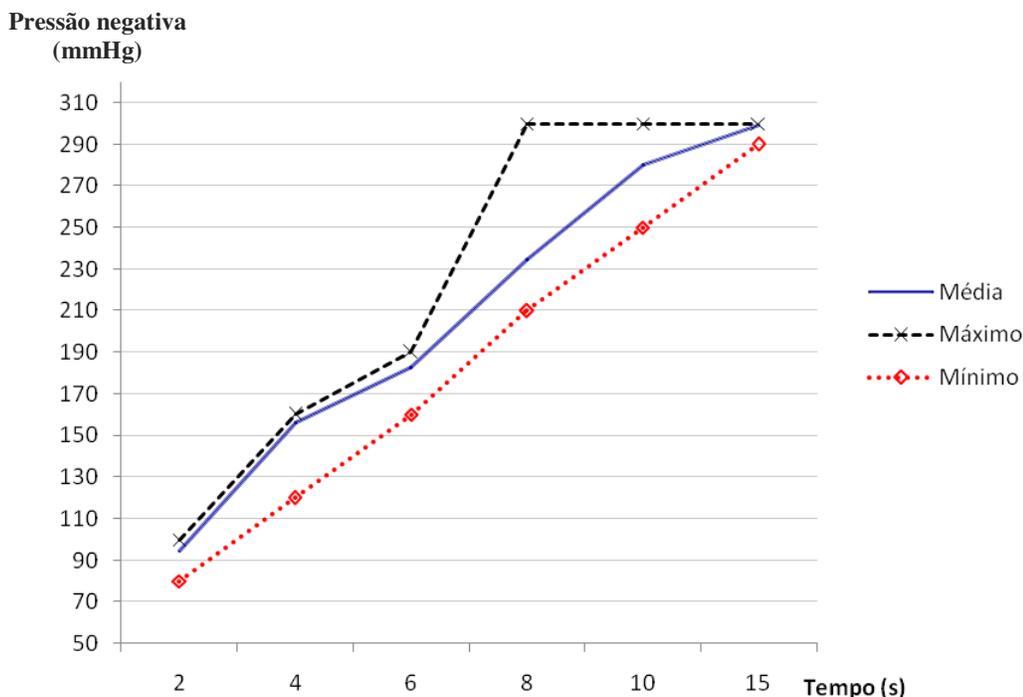


FIGURA 4.1 Média, valor máximo e mínimo da pressão negativa gerada no sistema portátil de aspiração acoplado ao dispositivo de controle durante 15s de sucção com oclusão total do circuito de aspiração.

A pressão negativa aos 2 segundos de sucção teve média±DP de 94,7±6,8 mmHg, aos 4 segundos, de 156,0±8,1 mmHg, aos 6 segundos, de 182,7± 9,1 mmHg, aos 8 segundos, de 234,5±31,7 mmHg, aos 10 segundos de 280,3±19,0 mmHg e aos 15 segundos, de 299,3±2,5 mmHg.

O traçado da média da pressão negativa apresentou-se próximo ao traçado da máxima pressão atingida nos intervalos 2-6 segundos e 10-15 segundos. As medianas e as modas aos 2, 4, 6, 8 e 15 segundos foram iguais e próximas à média, assumindo os valores de 100, 160, 190, 215 e 300 mmHg, respectivamente. O maior intervalo entre as pressões máxima e mínima foi observado nos tempos de 8 e 10 segundos, equivalendo a 90 mmHg e

50 mmHg, respectivamente, enquanto o menor intervalo ocorreu ao tempo de 15 segundos, com diferença de 10 mmHg entre estas pressões.

Apesar do controle de pressão negativa não ter sido linear em relação ao tempo, o dimensionamento das molas para uma pressão negativa mínima de 30 mmHg e máxima permissível de 300 mmHg foi efetivo durante a oclusão total do circuito de aspiração, uma vez que, pressões superiores a 300 mmHg não foram observadas durante o teste.

Da mesma forma, o dispositivo de controle também se mostrou eficaz ao limitar a pressão negativa durante a aspiração de uma amostra da solução de cloreto de diestearil dimetil amônio (FIG. 4.2).

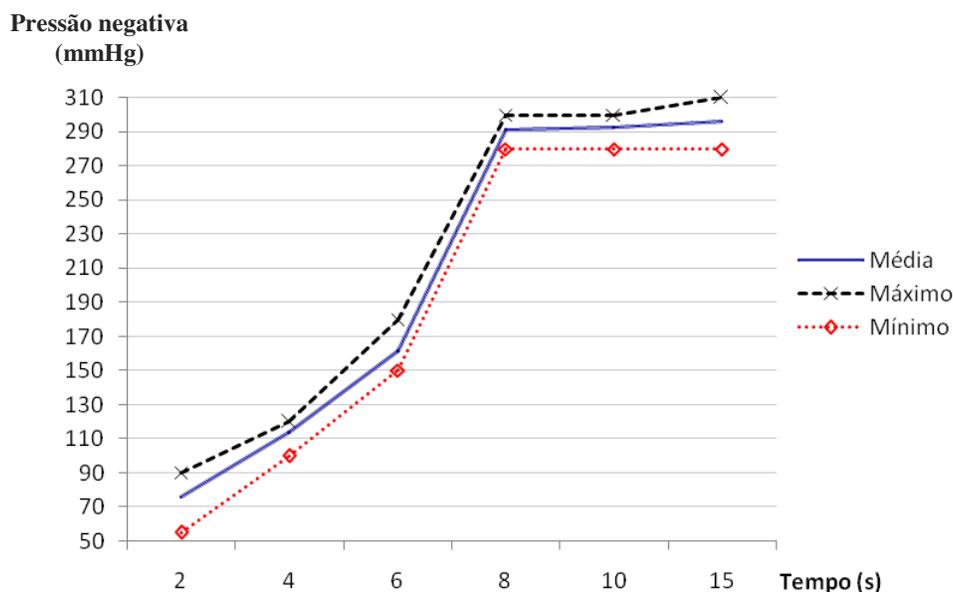


FIGURA 4.2 Média, valor máximo e mínimo da pressão negativa gerada no sistema portátil de aspiração acoplado ao dispositivo de controle durante 15s de sucção da solução de cloreto de diestearil dimetil amônio.

O intervalo de pressão negativa observado aos 2 segundos de sucção da referida solução foi inferior ao intervalo observado durante a oclusão total do circuito de sucção (55-90 mmHg *versus* 80-100 mmHg), porém, a partir de 8 segundos, os níveis de pressão negativa aproximaram-se do limite máximo.

A média \pm DP de pressão negativa alcançada na sucção da solução aos 2 segundos foi de $75,7 \pm 11,0$ mmHg, aos 4 segundos, de $113,8 \pm 3,9$ mmHg, aos 6 segundos, de $161,7 \pm 8,7$ mmHg, aos 8 segundos, de $291,3 \pm 9,4$ mmHg, aos 10 segundos de $292,3 \pm 9,0$ mmHg e aos 15 segundos, de $296,0 \pm 8,9$ mmHg.

As medianas e as modas aos 2, 4, 6, 10 e 15 segundos foram iguais e próximas à média, assumindo os valores de 80, 115, 160, 300 e 300 mmHg, respectivamente. Os

intervalos entre a pressão negativa máxima e mínima foram inferiores aos intervalos apresentados durante a sucção com oclusão total do circuito de aspiração nos tempos 4, 8 e 10 segundos. O traçado da média da pressão negativa apresentou-se semelhante e contíguo aos traçados da máxima e mínima pressão negativa.

Entretanto, inferências sobre o comportamento da pressão negativa frente às secreções pulmonares não podem ser simplificadas e explicadas pelo ensaio de aspiração do fluido em teste, já que o muco respiratório, como a maioria dos fluidos biológicos, não é um fluido Newtoniano (a viscosidade do muco não é uma constante). O muco produzido pela árvore bronquial assemelha-se a um fluido pseudoplástico e a viscosidade em uma mesma amostra pode variar de um fator de 500% (VAN DER SCHANS, 1957).

Quanto ao teste do ajuste do parafuso, as medidas mostraram-se estáveis ao fixar um deslocamento específico, sendo o dispositivo capaz de controlar a faixa de pressão negativa a partir de 50 até 300 mmHg (FIG. 4.3).

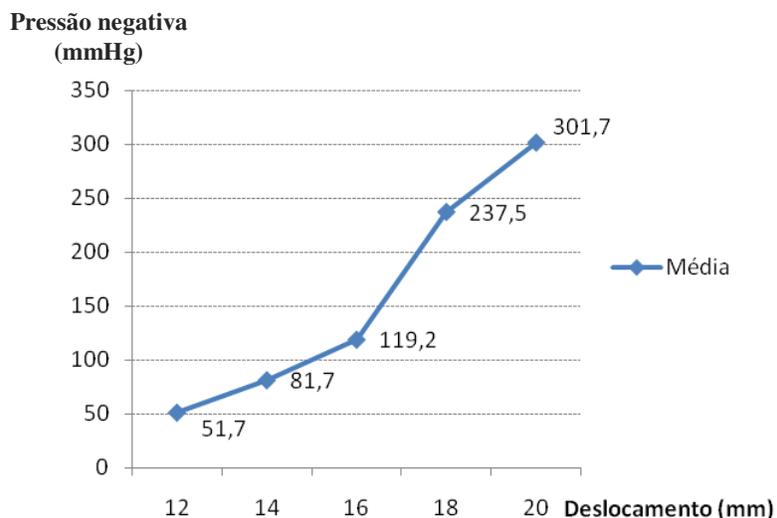


FIGURA 4.3 Teste de ajuste do parafuso. Observar o traçado da média da pressão negativa gerada no sistema portátil de aspiração acoplado ao dispositivo de controle.

Deve ser ressaltado que o ensaio foi realizado para apenas uma amostra de parafuso e porca, e que variações nos parafusos e porcas comerciais, incertezas na leitura e nas medidas do paquímetro, tornam os resultados menos precisos.

Também deve ser considerado que, para todos os testes, o tempo de reação dos avaliadores pode ter sido uma variável influenciadora no registro das pressões negativas em dois instantes: (1) leitura do tempo no cronômetro pelo primeiro avaliador e (2) leitura da pressão negativa no vacuômetro pelo segundo avaliador.

A temperatura no local onde a medição foi efetuada foi constante (entre 21,2 °C e 23,1°C) com um valor médio \pm DP de $22,4 \pm 1,2$ °C, com oscilação da tensão elétrica entre 80,5V e 115,3V, portanto a temperatura e a tensão elétrica não foram fatores interferentes na medida da pressão e alimentação do aparelho de aspiração portátil.

Em relação às modificações efetuadas no protótipo do dispositivo de controle da pressão negativa, ao fixar o conjunto composto pelo filtro, válvula de segurança e vacuômetro sobre a tampa do frasco coletor de secreções (FIG. 4.4), pôde-se excluir o reservatório separador de líquido do sistema, com volume de 250 mL. Adicionalmente, a retirada de 45 cm do comprimento das mangueiras de PVC cristal representou uma redução de 286 mL. Assim, a redução total do espaço morto no circuito de aspiração foi de 536 mL.



FIGURA 4.4 Fixação do conjunto composto pelo filtro, válvula de segurança e vacuômetro sobre a tampa do frasco coletor de secreções.

4.2 ETAPA BIOLÓGICA

Todos os resultados são apresentados considerando o n de seis animais, não sendo separados por fases da etapa biológica (fase I, fase II e fase III).

Relembrando o planejamento metodológico, o nível de aspiração e o nível de pressão negativa eram aleatórios. Conseqüentemente previamente à realização do ensaio eram executados dois sorteios para cada intervenção. Assim, para a intervenção de controle foram sorteados os níveis traqueal e bronquial, não ocorrendo o nível carinal.

Porém, como a intervenção controle é executada apenas com a desconexão da ventilação mecânica, não havendo a aplicação de vácuo, pode-se desconsiderar a interferência do nível de aspiração nesta modalidade de intervenção.

4.2.1 Análise descritiva

A análise descritiva das variáveis clínicas, de mecânica respiratória e do colapso pulmonar seguidos 1, 2, 5 e 10 minutos após as intervenções de aspiração é apresentada agrupada por nível de inserção da sonda e por nível de pressão negativa na TAB. 4.1.

Pode-se observar que as médias de FC, PaCO₂, PaO₂/FiO₂, VT, Rsr e Colapso Pulmonar, quando analisadas de forma conjunta ao longo dos 10 minutos após aspiração traqueal não seguiram um padrão claramente estabelecido entre as pressões controle, de 80 e 200 mmHg. Nota-se para esses parâmetros, uma elevada dispersão, representada pelo desvio-padrão, valor mínimo, valor máximo e amplitude, principalmente para a pressão negativa de 80 mmHg. As médias de PAM e da Cdyn mantiveram-se próximas para todas as pressões neste nível de inserção da sonda de aspiração (TAB. 4.1).

Na aspiração carinal, observou-se que as médias da PAM mantiveram-se semelhantes para as pressões negativas de 80 e 200 mmHg e similares aos valores obtidos na aspiração traqueal. A similaridade das médias também ocorreu para a variável FC nas duas pressões em teste, cujos valores foram próximos ao verificado na aspiração traqueal sob pressão negativa de 200 mmHg. Em relação às demais variáveis, enquanto as médias de SaO₂, PaO₂/FiO₂, VT, Cdyn e Rsr foram menores para a Pn de 200 mmHg, as médias de PaCO₂ e de Colapso Pulmonar foram maiores neste nível de pressão durante a aspiração carinal (TAB. 4.1).

TABELA 4.1 Análise descritiva das variáveis em estudo após a aspiração traqueal, carinal e bronquial nas intervenções de controle e sob as pressões negativas de 80 e 200 mmHg nos seis animais.

Nível	Pressão negativa	FC	PAM	SaO ₂	PaCO ₂	PaO ₂ /FIO ₂	VT	Cdyn	Rsr	% Colapso
Controle	Média	106,38	101,56	88,50	50,18	195,89	158,88	20,81	18,50	25,81
	Mediana	101,50	100,00	89,50	45,35	87,50	160,50	21,00	12,50	29,00
	Desvio-padrão	33,95	10,67	11,05	18,53	193,30	50,90	6,72	10,83	11,52
	Amplitude	115,00	33,00	32,00	52,80	457,50	131,00	20,00	31,00	35,38
	Mínimo	72,00	83,00	68,00	32,70	58,50	90,00	10,00	8,00	7,62
	Máximo	187,00	116,00	100,00	85,50	516,00	221,00	30,00	39,00	43,00
Traqueal	Média	123,05	104,15	78,40	61,29	110,07	124,85	18,00	32,45	37,26
	Mediana	104,50	103,50	85,50	52,90	68,00	101,50	16,00	23,50	41,85
	Desvio-padrão	51,13	12,09	19,72	27,64	116,50	55,24	6,97	24,54	15,39
	Amplitude	159,00	49,00	54,00	87,90	383,20	145,00	21,00	82,00	49,30
	Mínimo	71,00	73,00	46,00	34,10	41,80	57,00	10,00	9,00	12,70
	Máximo	230,00	122,00	100,00	122,00	425,00	202,00	31,00	91,00	62,00
200 mmHg	Média	91,08	105,58	94,58	43,05	191,22	171,75	22,00	12,33	31,64
	Mediana	96,00	98,00	95,00	43,00	122,50	175,50	21,00	11,50	33,95
	Desvio-padrão	15,92	15,17	5,40	4,97	145,65	14,05	3,81	3,70	8,32
	Amplitude	38,00	39,00	16,00	12,90	333,50	41,00	10,00	10,00	21,90
	Mínimo	71,00	92,00	84,00	37,10	74,50	146,00	18,00	9,00	20,50
	Máximo	109,00	131,00	100,00	50,00	408,00	187,00	28,00	19,00	42,40
Carinal	Média	94,83	106,75	86,08	52,42	148,10	120,25	19,42	37,00	41,08
	Mediana	97,50	101,50	94,00	51,65	84,70	92,50	20,00	39,50	35,25
	Desvio-padrão	19,76	14,64	16,71	10,02	117,97	49,18	4,68	21,35	11,79
	Amplitude	55,00	46,00	46,00	27,90	268,10	115,00	17,00	52,00	32,20
	Mínimo	70,00	91,00	54,00	41,40	50,90	78,00	14,00	10,00	28,90
	Máximo	125,00	137,00	100,00	69,30	319,00	193,00	31,00	62,00	61,10
200 mmHg	Média	94,67	104,92	79,83	60,28	108,40	114,08	15,42	33,75	45,88
	Mediana	90,00	107,00	89,00	62,05	100,80	89,50	15,00	13,00	40,30
	Desvio-padrão	21,71	9,38	19,80	14,18	53,79	45,77	3,68	33,90	10,36
	Amplitude	68,00	29,00	59,00	34,40	146,20	108,00	9,00	83,00	27,20
	Mínimo	71,00	91,00	40,00	41,40	46,30	74,00	11,00	10,00	37,50
	Máximo	139,00	120,00	99,00	75,80	192,50	182,00	20,00	93,00	64,70
Controle	Média	149,75	105,25	98,75	42,00	118,00	190,00	22,50	12,00	6,20
	Mediana	151,50	106,50	98,50	42,00	118,00	191,00	22,50	12,00	6,67
	Desvio-padrão	7,72	3,59	0,96	0,00	0,00	3,46	1,29	0,00	2,42
	Amplitude	18,00	8,00	2,00	0,00	0,00	8,00	3,00	0,00	5,52
	Mínimo	139,00	100,00	98,00	42,00	118,00	185,00	21,00	12,00	2,98
	Máximo	157,00	108,00	100,00	42,00	118,00	193,00	24,00	12,00	8,50
Bronquial	Média	126,95	99,95	75,60	71,63	146,90	121,05	14,35	29,20	40,59
	Mediana	122,00	100,50	75,00	72,05	68,45	99,00	12,00	23,00	49,60
	Desvio-padrão	51,75	14,30	20,04	23,34	145,08	54,63	5,04	20,95	19,41
	Amplitude	181,00	46,00	64,00	73,70	364,90	176,00	14,00	74,00	54,03
	Mínimo	60,00	74,00	36,00	38,30	42,10	58,00	11,00	9,00	2,47
	Máximo	241,00	120,00	100,00	112,00	407,00	234,00	25,00	83,00	56,50
200 mmHg	Média	128,35	102,60	78,00	73,67	90,14	103,10	14,00	29,15	38,06
	Mediana	130,50	104,50	80,00	76,95	69,25	90,00	13,00	21,00	45,65
	Desvio-padrão	44,69	17,80	20,99	22,74	46,06	30,47	3,55	19,60	16,06
	Amplitude	161,00	63,00	68,00	61,00	116,70	91,00	11,00	70,00	44,06
	Mínimo	64,00	72,00	32,00	44,00	48,30	68,00	10,00	11,00	7,64
	Máximo	225,00	135,00	100,00	105,00	165,00	159,00	21,00	81,00	51,70

Para a aspiração bronquial, as médias de FC, PAM, SaO₂, PaCO₂, Cdyn e Rsr foram similares entre os níveis de Pn de 80 e 200 mmHg. No entanto, as médias de FC e de PaCO₂ foram maiores aos níveis apresentados na carina e traqueia, enquanto as médias de SaO₂ e Cdyn foram menores às médias nestes níveis de inserção da sonda de aspiração. As médias de PAM e Rsr também foram inferiores ao nível carinal, a PAM de forma discreta e a Rsr, de forma mais acentuada. Por sua vez, num mesmo contorno da aspiração carinal, as médias de PaO₂/FiO₂ e VT foram menores para a Pn de 200 mmHg, sendo inferiores aos valores apresentados nas aspirações carinal e traqueal (TAB. 4.1).

Destacam-se as médias de colapso pulmonar apresentadas na intervenção controle, com médias \pm DP de 25,81 \pm 11,52 (valores mínimo de 7,62 e máximo de 43,00) em nível traqueal e de 6,20 \pm 2,42 na intervenção bronquial, o que mostra a discrepância no potencial de colapsibilidade dos animais ao serem desconectados da ventilação mecânica (TAB. 4.1).

As médias de colapso pulmonar durante a aspiração carinal foram próximas (média \pm DP: 41,08 \pm 11,79 para Pn de 80 mmHg e média \pm DP: 45,88 \pm 10,36 para Pn de 200 mmHg) e superiores às médias obtidas na aspiração traqueal (média \pm DP: 37,26 \pm 15,39 e média \pm DP: 31,64 \pm 8,32 para Pn de 80 mmHg e 200 mmHg, respectivamente). No que concerne à aspiração bronquial, embora as médias tenham sido levemente inferiores ao nível carinal, as medianas na aspiração bronquial foram superiores às medianas na intervenção carinal para as Pn de 80 e 200 mmHg. (TAB. 4.1).

O comportamento das variáveis de forma isolada, ou seja, em cada momento de tempo em análise, podem ser visualizados nos respectivos painéis de *Box-plots*, tendo como linhas horizontais, os valores das médias nos instantes sob as caixas dos percentis 25, 50 e 75 (FIG. 4.5 a 4.8).

Pode-se observar que, ao longo do tempo, a FC manteve-se estável na aspiração carinal para ambas as pressões negativas e que os níveis mais altos da FC durante a aspiração bronquial acompanharam os valores de base, que já eram mais altos, havendo uma tendência a elevação próximo aos 10 minutos. Quanto a PAM, de forma geral, houve um aumento de sua intensidade em relação ao valor basal, de forma mais acentuada na aspiração bronquial, tendendo a manter-se ou apresentar uma leve redução próximo aos 10 minutos pós-intervenção (FIG. 4.5).

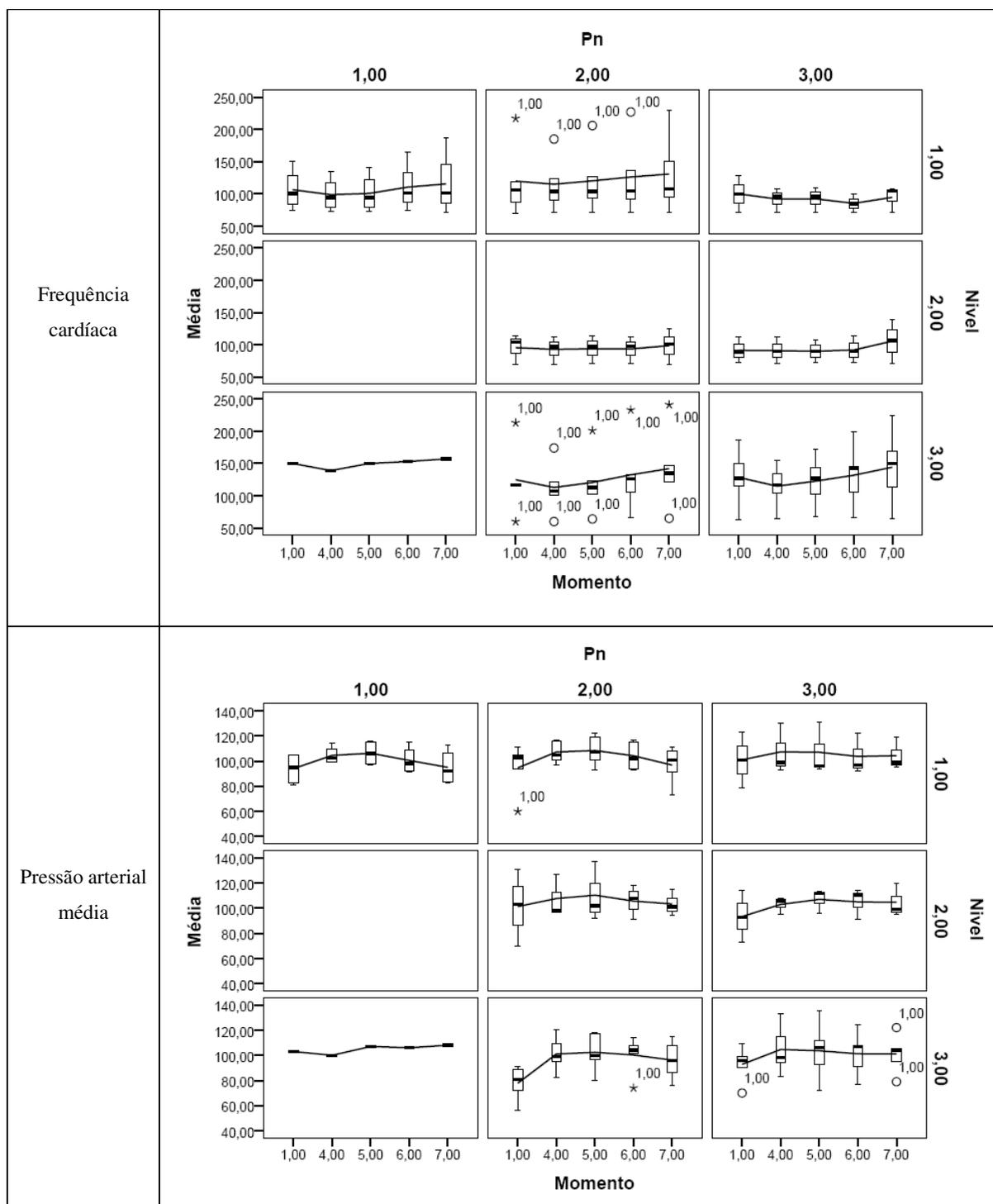


FIGURA 4.5 Painele de *Box-plot* para a frequência cardíaca e pressão arterial média.

Nota: Pn 1,00 – intervenção controle; Pn 2,00 – pressão negativa de 80 mmHg e Pn 3,00 – pressão negativa de 200 mmHg; Nível 1,00 – traqueal, Nível 2,00 – carinal e Nível 3,00 – bronquial.

Momento: 1,00 – Basal; 4,00 – 1 minuto; 5,00 – 2 minutos; 6,00 – 5 minutos e 7,00 – 10 minutos.

A SaO_2 apresentou uma queda em relação ao valor basal na intervenção controle e para as Pn de 80 e 200 mmHg. Houve uma tendência à recuperação e/ou estabilização em nível inferior ao basal, principalmente entre os 2 e 5 minutos após a aspiração. Confirmando o que já foi dito anteriormente, ao analisar a SaO_2 de forma global, os maiores decréscimos

foram observados em nível bronquial. O painel da PaCO₂ sugere que os níveis pressóricos deste gás comportam-se com maior elevação em relação à Pn (de 200 mmHg) e em relação ao nível de inserção da sonda (bronquial) (FIG. 4.6).

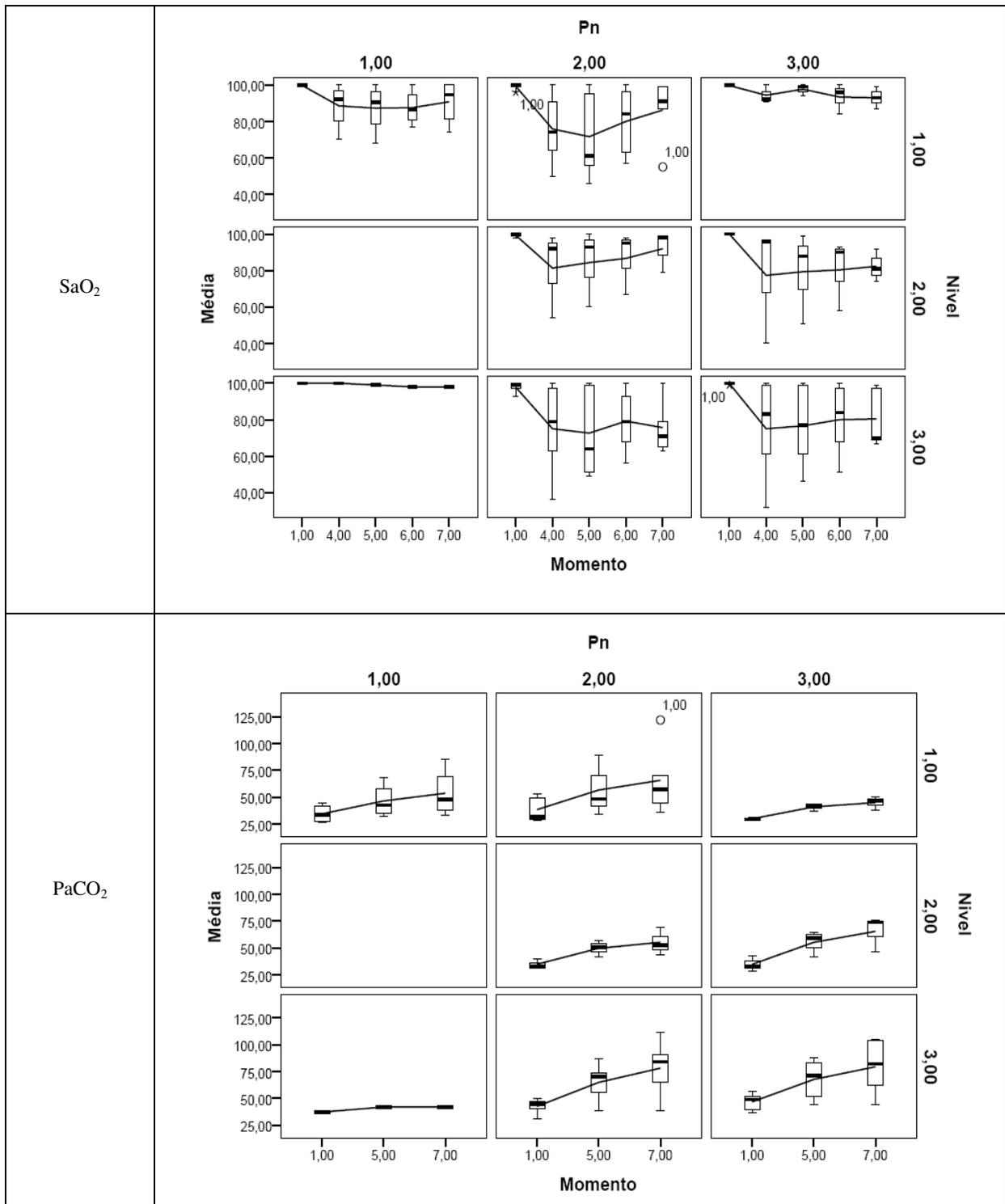


FIGURA 4.6 Painel de *Box-plot* para a SaO₂e PaCO₂.

Nota: Pn 1,00 – intervenção controle; Pn 2,00 – pressão negativa de 80 mmHg e Pn 3,00 – pressão negativa de 200 mmHg; Nível 1,00 – traqueal, Nível 2,00 – carinal e Nível 3,00 – bronquial.

Momento: 1,00 – Basal; 4,00 – 1 minuto; 5,00 – 2 minutos; 6,00 – 5 minutos e 7,00 – 10 minutos.

As quedas na relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ e no volume corrente foram observadas para todos os níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração, não havendo melhora aos 10 minutos após as intervenções (FIG. 4.7).

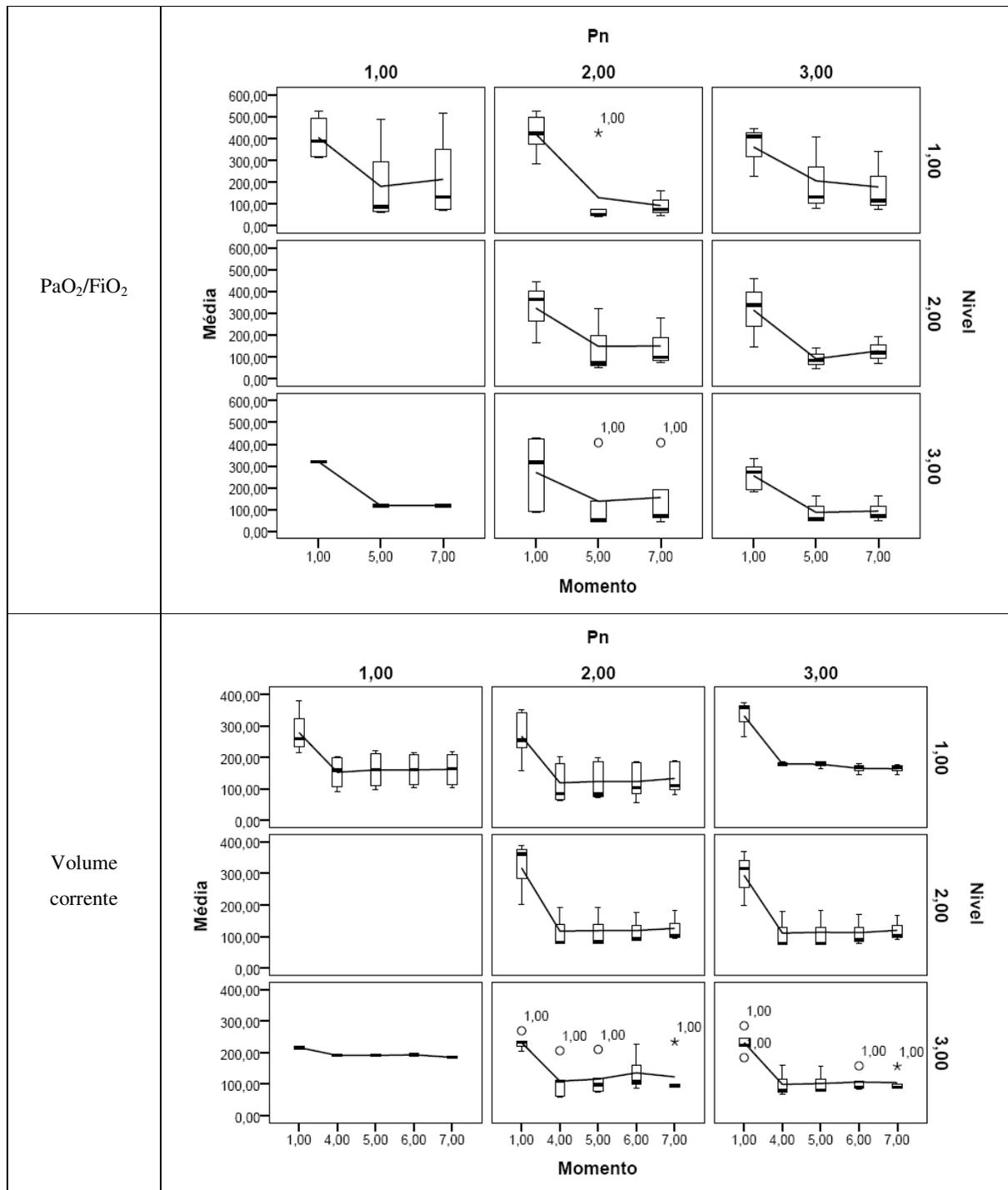


FIGURA 4.7 Painel de *Box-plot* para a $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ e volume corrente.

Nota: Pn 1,00 – intervenção controle; Pn 2,00 – pressão negativa de 80 mmHg e Pn 3,00 – pressão negativa de 200 mmHg; Nível 1,00 – traqueal, Nível 2,00 – carinal e Nível 3,00 – bronquial.

Momento: 1,00 – Basal; 4,00 – 1 minuto; 5,00 – 2 minutos; 6,00 – 5 minutos e 7,00 – 10 minutos.

A complacência dinâmica também teve um comportamento de queda, não recuperável e estável em níveis inferiores aos basais, sendo os menores valores apresentados para a aspiração bronquial. O acompanhamento dos *Box-plots* da resistência do sistema respiratório sugerem o aumento de sua intensidade após as intervenções, cujo comportamento é apresentado na FIG. 4.8.

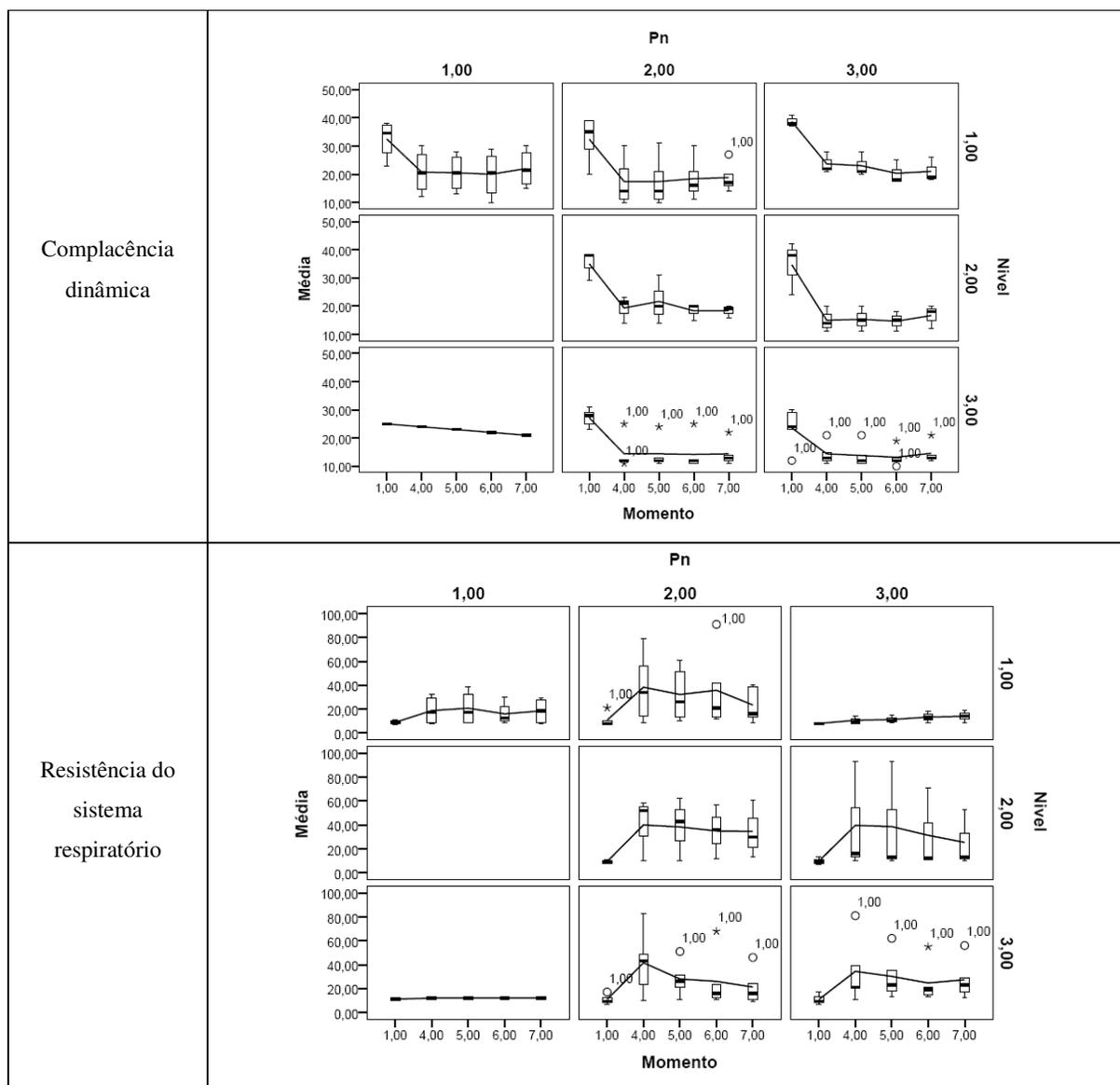


FIGURA 4.8 Paineis de *Box-plot* para a complacência dinâmica e resistência do sistema respiratório.

Nota: Pn 1,00 – intervenção controle; Pn 2,00 – pressão negativa de 80 mmHg e Pn 3,00 – pressão negativa de 200 mmHg; Nível 1,00 – traqueal, Nível 2,00 – carinal e Nível 3,00 – bronquial.

Momento: 1,00 – Basal; 4,00 – 1 minuto; 5,00 – 2 minutos; 6,00 – 5 minutos e 7,00 – 10 minutos.

A FIGURA 4.9 apresenta os *Box-plots* para o colapso pulmonar com os níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração, de forma agrupada e de forma isolada. O aumento de colapso pulmonar ocorreu em todas as intervenções, estabilizando-se em níveis superiores aos basais. Em relação à pressão negativa, de forma isolada, a média foi próxima

ao Percentil 50 (mediana) para a Pn 200 mmHg, sendo seus Percentis 25 maiores nos tempos 1 e 2 minutos do que os Percentis 25 para a Pn de 80 mmHg nestes tempos. As distâncias interquartílicas também foram menores para a Pn de 200 mmHg.

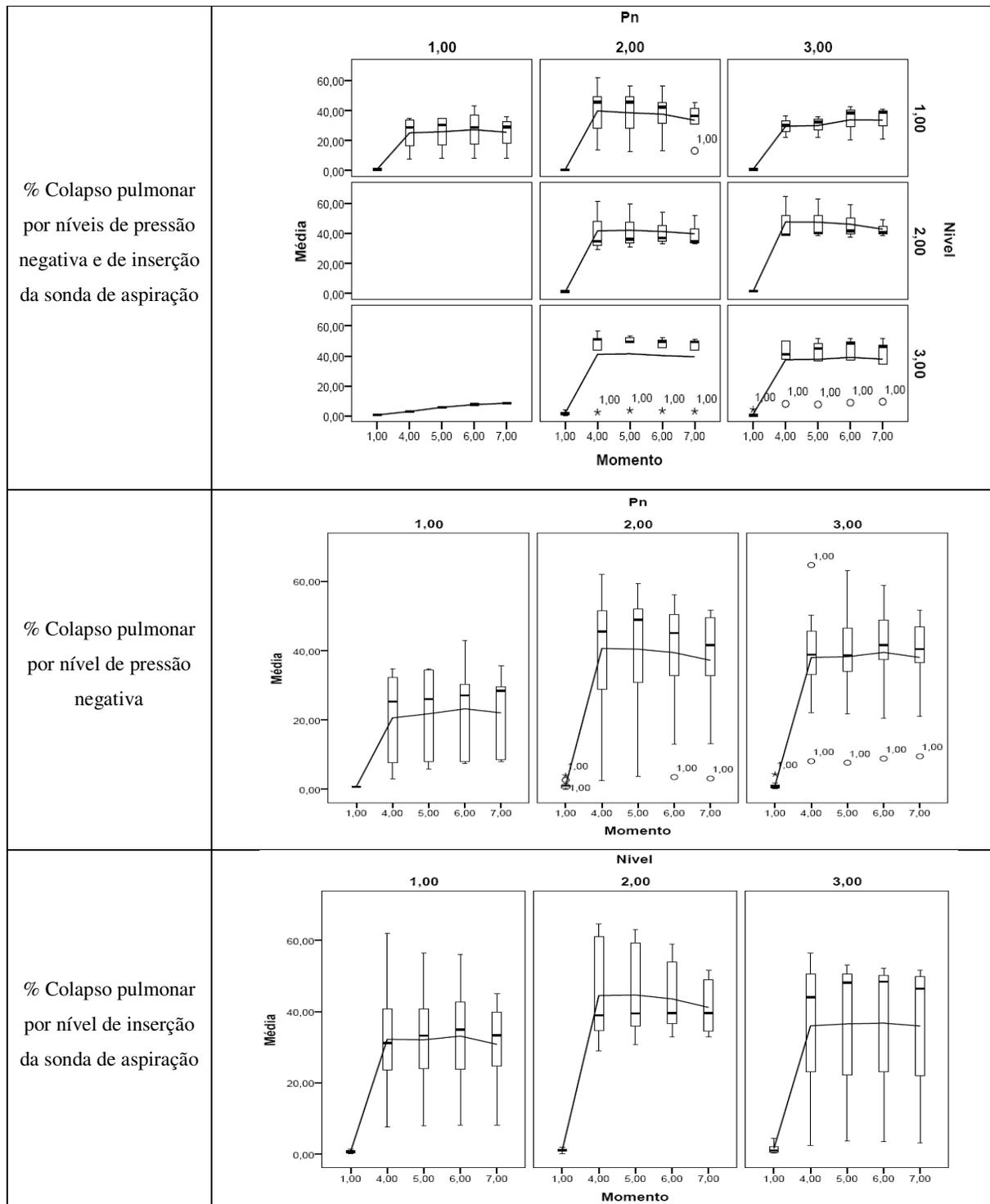


FIGURA 4.9 Painel de *Box-plot* para colapso pulmonar por nível de inserção da sonda de aspiração, de forma agrupada e isolada.

Nota: Pn 1,00 – intervenção controle; Pn 2,00 – pressão negativa de 80 mmHg e Pn 3,00 – pressão negativa de 200 mmHg; Nível 1,00 – traqueal, Nível 2,00 – carinal e Nível 3,00 – bronquial.

Momento: 1,00 – Basal; 4,00 – 1 minuto; 5,00 – 2 minutos; 6,00 – 5 minutos e 7,00 – 10 minutos.

Quanto ao nível de inserção da sonda de aspiração, de forma isolada, as médias de colapso pulmonar foram maiores ao nível carinal e superiores às suas medianas, o que não ocorreu no nível bronquial, onde as medianas foram superiores às médias. Enquanto a maior amplitude interquartílica foi verificada entre Q2-Q3 no nível carinal, este fenômeno ocorreu entre Q1-Q2 para a aspiração bronquial (FIG. 4.9).

Ao analisar a FIGURA 4.10 observa-se que a partir do quinto ensaio por animal, houve um aumento da média e dos Percentis 25, 50 e 75, de forma global e ao longo dos dez minutos após as intervenções em ensaio.

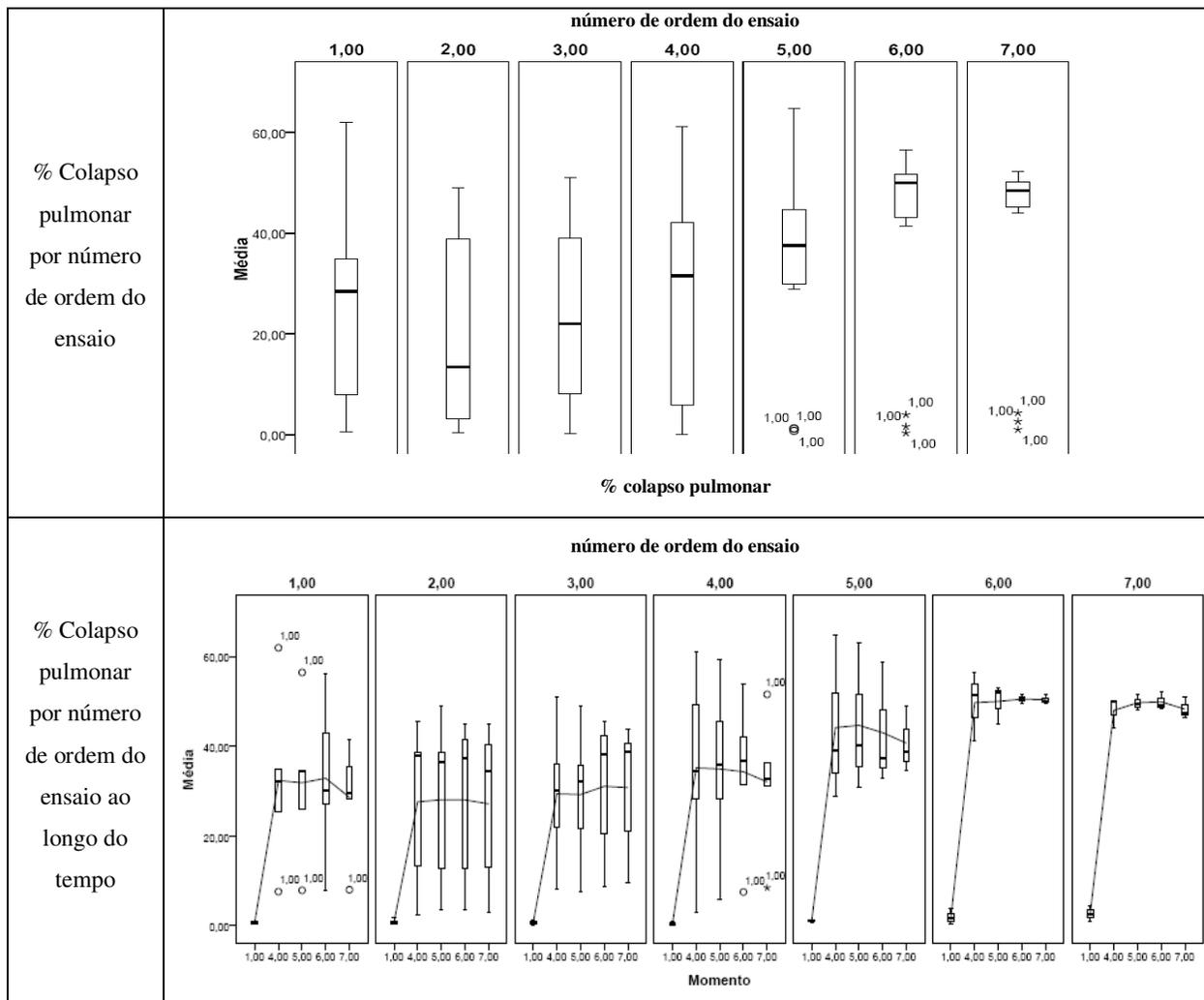


FIGURA 4.10 Painel de *Box-plot* para colapso pulmonar por número de ordem do ensaio.

Nota: Pn 1,00 – intervenção controle; Pn 2,00 – pressão negativa de 80 mmHg e Pn 3,00 – pressão negativa de 200 mmHg; Nível 1,00 – traqueal, Nível 2,00 – carinal e Nível 3,00 – bronquial.

Momento: 1,00 – Basal; 4,00 – 1 minuto; 5,00 – 2 minutos; 6,00 – 5 minutos e 7,00 – 10 minutos.

4.2.2 Análise inferencial

A distribuição dos dados das variáveis agrupadas para Pn e nível de inserção da sonda de aspiração mostrou-se normal, considerando uma significância de 5% (ANEXO G)¹⁹.

Ao aplicar o Teste de Levene²⁰ para testar se a variância nos grupos é a mesma, observou-se que ao comparar de forma global o comportamento das variâncias antes e após as intervenções, com exceção da FC, relação PaO₂/FIO₂ e da Cdyn, as demais variáveis apresentaram p<0,05, sugerindo que suas variâncias são significativamente diferentes (TAB. 4.2).

Numa análise individualizada das variâncias após as intervenções segundo os níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração, observou-se que um maior número de variáveis teve diferenças significativas para o nível de aspiração (FC, SaO₂, Cdyn, Rsr e colapso pulmonar). Ainda neste período, verificou-se que a maioria das variáveis apresentou variâncias significativamente diferentes em relação ao número de ordem do ensaio (TAB. 4.2).

TABELA 4.2 Resultados do teste de homogeneidade de variância antes versus após as intervenções e após as intervenções, segundo os níveis de pressão negativa, de inserção da sonda de aspiração e do número de ordem do ensaio.

Variáveis	Antes versus após as intervenções				Após as intervenções											
	Global				Nível de pressão negativa				Nível de inserção da sonda de aspiração				Número de ordem do ensaio			
	LS	gl1	gl2	Sig.	LS	gl1	gl2	Sig.	LS	gl1	gl2	Sig.	LS	gl1	gl2	Sig.
FC	0,151	1	143	0,698	0,802	2	113	0,451	3,871	2	113	0,024	2,431	6	109	0,030
PAM	4,340	1	143	0,039	2,071	2	113	0,131	0,982	2	113	0,378	4,578	6	109	0,000
SaO ₂	74,361	1	143	0,000	6,943	2	113	0,001	3,071	2	113	0,050	2,625	6	109	0,020
PaCO ₂	21,646	1	85	0,000	1,102	2	55	0,339	2,250	2	55	0,115	0,521	6	51	0,790
PaO ₂ /FIO ₂	0,368	1	85	0,546	2,734	2	55	0,074	2,597	2	55	0,084	2,855	6	51	0,018
VT	4,663	1	143	0,032	1,154	2	113	0,319	0,747	2	113	0,476	13,403	6	109	0,000
Cdyn	3,466	1	143	0,065	1,159	2	113	0,317	3,694	2	113	0,028	8,785	6	109	0,000
Rsr	36,806	1	143	0,000	5,076	2	113	0,008	5,642	2	113	0,005	3,389	6	109	0,004
% colapso	45,739	1	143	0,000	1,660	2	113	0,195	8,464	2	113	0,000	6,849	6	109	0,000

Nota: LS – Estatística de Levene; gl – grau de liberdade; Sig – significância.

Observação: Células com preenchimento de cor indicam dados significativos.

A TABELA 4.3 exibe os resultados do teste de homogeneidade de variância agrupados por níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração que foram

¹⁹ Ao aplicar o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov para as variáveis em estudo, verificou-se que a maioria dos p-valores foi superior ao α de 0,05, assim não se pode rejeitar a hipótese nula (Ho). Portanto, há evidências que a amostra de dados é proveniente de uma distribuição normal.

²⁰ O teste de Levene testa a hipótese de variâncias homogêneas.

significativos na análise “antes *versus* após as intervenções” e/ou na análise “após as intervenções, segundo o número de ordem do ensaio”.

TABELA 4.3 Resultados do teste de homogeneidade de variância agrupados por níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração: análise antes *versus* após as intervenções e análises após as intervenções, segundo o número de ordem do ensaio.

Nível de inserção da sonda de aspiração	Nível de pressão negativa	Variáveis	Antes <i>versus</i> após as intervenções				Após as intervenções			
			Global				Ordem do ensaio			
			LS	gl1	gl2	Sig.	LS	gl1	gl2	Sig.
Traqueal	Controle	SaO ₂	6,372	1	18	0,021	-	-	-	-
		Rsr	22,663	1	18	0,000	-	-	-	-
		% colapso	6,513	1	18	0,020	-	-	-	-
	80 mmHg	FC	0,006	1	23	0,941	114,363	2	17	0,000
		SaO ₂	27,225	1	23	0,000	3,455	2	17	0,055
		PaCO ₂	2,229	1	13	0,159	10,164	2	7	0,009
		VT	1,110	1	23	0,303	36,543	2	17	0,000
		Cdyn	0,080	1	23	0,780	19,410	2	17	0,000
		Rsr	6,903	1	23	0,015	10,003	2	17	0,001
		% colapso	11,353	1	23	0,003	22,592	2	17	0,000
	200 mmHg	SaO ₂	5,665	1	13	0,033	-	-	-	-
		VT	21,902	1	13	0,000	-	-	-	-
		Rsr	6,290	1	13	0,026	-	-	-	-
		% colapso	9,366	1	13	0,009	-	-	-	-
	Carinal	80 mmHg	FC	0,058	1	13	0,814	14,235	1	10
PAM			2,075	1	13	0,173	5,735	1	10	0,038
SaO ₂			7,699	1	13	0,016	16,680	1	10	0,002
PaO ₂ /FIO ₂			0,032	1	7	0,863	54,879	1	4	0,002
VT			5,416	1	13	0,037	0,003	1	10	0,959
Rsr			10,413	1	13	0,007	10,462	1	10	0,009
% colapso			11,261	1	13	0,005	29,040	1	10	0,000
200 mmHg		SaO ₂	6,602	1	13	0,023	8,411	1	10	0,016
		Cdyn	8,637	1	13	0,012	4,802	1	10	0,053
		Rsr	9,307	1	13	0,009	22,951	1	10	0,001
% colapso	7,884	1	13	0,015	13,781	1	10	0,004		
Bronquial	80 mmHg	FC	0,015	1	23	0,904	6,926	3	16	0,003
		PAM	0,011	1	23	0,918	3,331	3	16	0,046
		SaO ₂	10,761	1	23	0,003	6,993	3	16	0,003
		PaCO ₂	3,665	1	13	0,078	13,105	3	6	0,005
		PaO ₂ /FIO ₂	0,592	1	13	0,455	8,381	3	6	0,014
		Rsr	6,156	1	23	0,021	6,851	3	16	0,004
		% colapso	6,575	1	23	0,017	2,280	3	16	0,118
	200 mmHg	FC	0,061	1	23	0,807	4,600	3	16	0,017
		PAM	0,599	1	23	0,447	29,222	3	16	0,000
		SaO ₂	13,810	1	23	0,001	19,069	3	16	0,000
		PaCO ₂	5,725	1	13	0,033	1,740	3	6	0,258
		PaO ₂ /FIO ₂	1,561	1	13	0,234	66,216	3	6	0,000
		Rsr	5,005	1	23	0,035	21,367	3	16	0,000
% colapso	6,320	1	23	0,019	12,107	3	16	0,000		

Nota: LS – Estatística de Levene; gl – grau de liberdade; Sig. – significância.

Observação: Células com preenchimento de cor indicam dados significativos. Células com traço devem-se ao fato do teste não poder ser realizado para o grupamento nível de inserção da sonda de aspiração e nível de pressão negativa devido somente um grupo ter a variância calculada.

Nesta conjuntura, notou-se que ao comparar as variâncias antes e após as intervenções, apenas as variáveis colapso pulmonar, Rsr e SaO₂ apresentaram diferenças significativas para todos os grupamentos de níveis de pressão negativa e de inserção da sonda

de aspiração. Comportamento semelhante destas variáveis foi observado na análise pós-intervenção segundo o número de ordem do ensaio, excetuando-se o colapso pulmonar, que se apresentou sem significância para a aspiração bronquial com pressão negativa de 80 mmHg (TAB. 4.3).

Ao longo dos momentos (tempos de 1, 2, 5 e 10 minutos após as intervenções em ensaio), para os grupamentos de níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração, todos os p-valores foram maiores que 0,05, conduzindo a aceitar a hipótese nula de que as variâncias não foram significativamente diferentes no decorrer do tempo pós-intervenção. A análise completa da homogeneidade da variância segue no ANEXO G.

As correlações entre todas as variáveis no período pós-intervenção podem ser observadas na TABELA 4.4.

TABELA 4.4 Matriz de Correlações de Pearson para as variáveis em estudo

Pearson		N asp	Nível Pn	N ordem	FC	PAM	SaO ₂	PaCO ₂	PaO ₂ /FIO ₂	VT	CDYN	Rsr	%colapso
N asp	R	1	0,283 [#]	0,617 [#]	0,212 [*]	-0,065	-0,172 [*]	0,344 [#]	-0,148	-0,257 [#]	-0,382 [#]	0,104	0,124 [*]
	Sig.		0,001	0,000	0,011	0,245	0,033	0,004	0,133	0,003	0,000	0,134	0,05
Nível Pn	R	0,283 [#]	1	0,415 [#]	-0,071	0,047	-0,093	0,168	-0,149	-0,228 [#]	-0,237 [#]	0,078	0,295 [#]
	Sig.	0,001		0,000	0,224	0,309	0,161	0,104	0,133	0,007	0,005	0,203	0,001
N ordem	R	0,617 [#]	0,415 [#]	1	-0,133	-0,126	-0,238 [#]	0,352 [#]	-0,261 [*]	-0,382 [#]	-0,458 [#]	0,152	0,455 [#]
	Sig.	0,000	0,000		0,077	0,090	0,005	0,003	0,024	0,000	0,000	0,051	0,000
FC	R	0,212 [*]	-0,071	-0,133	1	0,164 [*]	-0,386 [#]	0,706 [#]	-0,148	-0,339 [#]	-0,287 [#]	0,198 [*]	-0,022
	Sig.	0,011	0,224	0,077		0,039	0,000	0,000	0,134	0,000	0,001	0,017	0,406
PAM	R	-0,065	0,047	-0,126	0,164 [*]	1	-0,085	-0,066	0,365 [#]	-0,101	0,226 [#]	0,325 [#]	-0,099
	Sig.	0,245	0,309	0,090	0,039		0,181	0,312	0,002	0,140	0,007	0,000	0,145
SaO ₂	R	-0,172 [*]	-0,093	-0,238 [#]	-0,386 [#]	-0,085	1	-0,672 [#]	0,577 [#]	0,617 [#]	0,654 [#]	-0,668 [#]	-0,647 [#]
	Sig.	0,033	0,161	0,005	0,000	0,181		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PaCO ₂	R	0,344 [#]	0,168	0,352 [#]	0,706 [#]	-0,066	-0,672 [#]	1	-0,462 [#]	-0,759 [#]	-0,727 [#]	0,397 [#]	0,562 [#]
	Sig.	0,004	0,104	0,003	0,000	0,312	0,000		0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
PaO ₂ /FIO ₂	R	-0,148	-0,149	-0,261 [*]	-0,148	0,365 [#]	0,577 [#]	-0,462 [#]	1	0,493 [#]	0,715 [#]	-0,411 [#]	-0,637 [#]
	Sig.	0,133	0,133	0,024	0,134	0,002	0,000	0,000		0,000	0,000	0,001	0,000
VT	R	-0,257 [#]	-0,228 [#]	-0,382 [#]	-0,339 [#]	-0,101	0,617 [#]	-0,759 [#]	0,493 [#]	1	0,804 [#]	-0,648 [#]	-0,774 [#]
	Sig.	0,003	0,007	0,000	0,000	0,140	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000
CDYN	R	-0,382 [#]	-0,237 [#]	-0,458 [#]	-0,287 [#]	0,226 [#]	0,654 [#]	-0,727 [#]	0,715 [#]	0,804 [#]	1	-0,437 [#]	-0,774 [#]
	Sig.	0,000	0,005	0,000	0,001	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
Rsr	R	0,104	0,078	0,152	0,198 [*]	0,325 [#]	-0,668 [#]	0,397 [#]	-0,411 [#]	-0,648 [#]	-0,437 [#]	1	0,646 [#]
	Sig.	0,134	0,203	0,051	0,017	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000		0,000
% Colapso Pulmonar	R	0,124 [*]	0,295 [#]	0,455 [#]	-0,022	-0,099	-0,647 [#]	0,562 [#]	-0,637 [#]	-0,774 [#]	-0,774 [#]	0,646 [#]	1
	Sig.	0,05	0,001	0,000	0,406	0,145	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

Nota: R – Coeficiente de correlação bivariada de Pearson; Sig. (1-tailed) – nível de significância. Células com preenchimento de cor representam dados significativos: * Dados significativos para $p \leq 0,05$. # Dados significativos para $p < 0,01$.

O nível de inserção da sonda de aspiração apresentou correlações significativas com a FC, SaO₂, PaCO₂, VT, Cdyn e Colapso Pulmonar, embora de baixa intensidade. O nível de pressão negativa apresentou correlações significativas com o VT, Cdyn e Colapso Pulmonar, tendo o número de ordem de ensaio se correlacionado com a maioria das variáveis, excetuando-se a FC e a PAM. Entre as variáveis clínicas e de mecânica respiratória foram observadas fortes correlações significativas. O colapso pulmonar correlacionou-se fortemente

com SaO_2 , $PaCO_2$, PaO_2/FIO_2 , VT, C_{dyn} e R_{sr} , além das correlações com o nível de aspiração, o nível de pressão negativa e o número de ordem de ensaio, como mencionado anteriormente.

Numa associação da análise da homogeneidade da variância com a análise de correlação de Pearson, apenas as variáveis Colapso Pulmonar, R_{sr} e SaO_2 apresentaram: (i) variâncias com diferenças significativas para todos os grupamentos de níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração ao serem comparadas antes e após as intervenções; e (ii) comportaram-se de forma homogênea ao longo dos momentos pós-intervenção, mas dentre estas variáveis, somente Colapso Pulmonar e SaO_2 obtiveram coeficientes de correlação significativos simultaneamente para os níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração. Assim, optou-se por discutir as análises de regressão múltipla (ANEXO G) exclusivamente para estas duas variáveis, embora as demais sejam apresentadas nos resultados.

Ambas, Colapso Pulmonar e SaO_2 não apresentaram multicolinearidade com as variáveis níveis de pressão negativa, de inserção da sonda de aspiração e número de ordem do ensaio de aspiração, pois não foram observados coeficientes de correlação de Pearson (R) $> 0,90$ entre estes previsores. Isto permite a aplicação da regressão múltipla, uma vez que a multicolinearidade limita o tamanho do R , dificulta a avaliação da importância individual de cada predictor e resulta em equações com previsores instáveis. (TAB. 4.4).

4.2.2.1 Modelo de regressão múltipla para o colapso pulmonar

O modelo de regressão múltipla é eficaz em prever o comportamento do colapso pulmonar. Há uma discreta melhora do R múltiplo de 0,89 para 0,91 ao incluir a variável número de ordem do ensaio no modelo. Isto mostra a alta correlação entre os valores observados e previstos de colapso pulmonar quando se tem como variáveis predictoras, o nível de pressão negativa e o nível de aspiração (TAB. 4.5).

Cerca de 79,2% a 82,9% de variação nos valores previstos de colapso pulmonar podem ser explicados pelos passos de regressão do bloco 1 (previsores: nível de pressão negativa e nível de aspiração) e 2 (previsores: nível de pressão negativa, nível de aspiração e número de ordem do ensaio), respectivamente (TAB. 4.5).

Os passos 3 e 4 não apresentaram significância estatística nas mudanças de R e R^2 , portanto não serão considerados, temporariamente, na previsão do colapso pulmonar (TAB. 4.5).

TABELA 4.5 Resumo do modelo de regressão para o colapso pulmonar

Modelos de Colapso Pulmonar	R	R ²	R ² ajustado	Erro padrão da estimativa	Mudanças estatísticas				
					Mudança no R ²	Mudança no F	gl1	gl2	Sig. Mudança no F
1	0,890 ^a	0,792	0,779	7,53562	0,792	58,782	7	108	0,000
2	0,911 ^b	0,829	0,817	6,85806	0,037	23,394	1	107	0,000
3	0,910 ^c	0,829	0,818	6,84059	-0,001	0,450	1	107	0,504
4	0,909 ^d	0,826	0,816	6,86633	-0,003	1,822	1	108	0,180

Nota: R – Coeficiente de correlação múltipla entre os previsores e a saída; R² – coeficiente da quantidade de variabilidade da saída que pode ser debitada (explicada) pelo modelo; gl – grau de liberdade; sig. – significância.

a. Previsores: (Constante), Nível de pressão negativa, dum1, Nível de aspiração, dum3, dum4, dum5, dum2.

b. Previsores: (Constante), Nível de pressão negativa, dum1, Nível de aspiração, dum3, dum4, dum5, dum2, Número de ordem do ensaio.

c. Previsores: (Constante), Nível de pressão negativa, dum1, Nível de aspiração, dum3, dum4, dum2, Número de ordem do ensaio.

d. Previsores: (Constante), dum1, Nível de aspiração, dum3, dum4, dum2, Número de ordem do ensaio.

O R² ajustado, que informa a perda do poder de previsão (quantidade de variância) de colapso pulmonar poderia ser creditada ao modelo se fosse derivado da população de onde a amostra foi retirada, calculado pelo programa SPSS foi próximo do valor de R², fornecendo um conceito de generalização para a população (TAB. 4.5).

Como o programa SPSS utiliza a equação de Wherry, criticada por não informar sobre quão bem o modelo preveria um conjunto de dados inteiramente diferente (diferentes amostras retiradas da mesma população) foi aplicado a equação de Stein (EQ. 4.1) para determinar quão bem o modelo pode prever o colapso pulmonar em uma amostra diferente (validação cruzada).

$$R_{\text{ajustado}}^2 = 1 - \left[\left(\frac{n-1}{n-k-1} \right) \left(\frac{n-2}{n-k-2} \right) \left(\frac{n+1}{n} \right) \right] (1 - R^2) \quad (4.1)$$

Onde: n é o número de casos;

k é o número de previsores no modelo;

R² é o valor de R² não ajustado.

Obteve-se R² ajustado de 0,783 para o passo 1 e de 0,805 para o passo 2. As diferenças entre os R² e os R² ajustados calculados pela Equação de Stein são de 0,009 e de 0,024 para os passos 1 e 2, respectivamente. Isso significa que, no caso do passo 1, se ele fosse derivado de diferentes amostras, ele explicaria aproximadamente 0,9% menos da variância do colapso pulmonar, indicando uma boa validação cruzada.

As mudanças nas variâncias que podem ser explicadas pelo modelo passam de zero para 0,792 no passo 1, dando origem a uma razão F^{21} de 58,782 ($p < 0,001$). Ao adicionar o número de ordem do ensaio como previsor (passo 2), houve um aumento de R^2 em 0,037 (promovendo uma mudança no F de 23,394 e $p < 0,001$) (TAB. 4.5).

Para testar se o modelo de regressão é significativamente melhor para prever o colapso pulmonar do que utilizar a média (ou simplesmente, não ter um modelo) aplicou-se a Análise de Variância (ANOVA), que informa também se o modelo adere de forma significativa aos dados. A razão F, a qual representa a razão de melhoria na previsão que resulta do ajuste do modelo em comparação com a imprecisão que ainda existe no modelo dos dados, foi de 58,782 ($p < 0,001$) no passo 1 (modelo inicial), significando que utilizar as variáveis nível de pressão negativa e nível de inserção da sonda de aspiração melhorou de forma significativa a habilidade de prever um valor de colapso pulmonar decorrente da aspiração do trato respiratório inferior.

No passo 2, com a inclusão da variável número de ordem do ensaio como previsora, embora significativa, a melhora na previsão foi discreta, pois não aumentou substancialmente o valor de F (TAB. 4.6), o que só veio a ocorrer com a remoção da variável nível de pressão negativa (passo 4), quando o valor de F passou para 86,114 ($p < 0,001$).

TABELA 4.6 ANOVA para a variável dependente colapso pulmonar

	Modelo	Soma dos quadrados	Gl	Média dos quadrados	F	Sig.
1	Regressão	23365,951	7	3337,993	58,782	0,000 ^a
	Resíduo	6132,845	108	56,786		
	Total	29498,796	115			
2	Regressão	24466,260	8	3058,283	65,024	0,000 ^b
	Resíduo	5032,536	107	47,033		
	Total	29498,796	115			
3	Regressão	24445,07	7	3492,153	74,629	0,000 ^c
	Resíduo	5053,722	108	46,794		
	Total	29498,8	115			
4	Regressão	24359,83	6	4059,972	86,114	0,000 ^d
	Resíduo	5138,963	109	47,146		
	Total	29498,8	115			

Nota: gl – grau de liberdade; sig. – significância.

a. Previsores: (Constante), Nível de pressão negativa, dum1, Nível de aspiração, dum3, dum4, dum5, dum2.

b. Previsores: (Constante), Nível de pressão negativa, dum1, Nível de aspiração, dum3, dum4, dum5, dum2, Número de ordem do ensaio.

c. Previsores: (Constante), Nível de pressão negativa, dum1, Nível de aspiração, dum3, dum4, dum2, Número de ordem do ensaio.

d. Previsores: (Constante), dum1, Nível de aspiração, dum3, dum4, dum2, Número de ordem do ensaio.

²¹ Razão F - – Razão da melhoria devida ao modelo (SS_M) e a diferença entre o modelo e os dados observados (SS_R). Um bom modelo deverá ter uma razão F grande, pelo menos maior do que 1. No caso, há uma probabilidade menor do que 0,001 que este valor de F tenha sido ao acaso.

Os parâmetros do modelo são apresentados na TAB. 4.7. No passo 1, existe um relacionamento positivo entre os previsores nível de pressão negativa e nível de inserção da sonda de aspiração com o colapso pulmonar. No entanto, o nível de aspiração afeta mais o colapso pulmonar que o nível de pressão negativa. O valor de B de 8,29 para o nível de inserção da sonda de aspiração indica que se o nível de aspiração aumentar em uma unidade (ou seja, de traqueal para carinal ou de carinal para bronquial), o colapso pulmonar aumentará em 8,29% ($p < 0,001$) se os efeitos do nível de pressão negativa forem mantidos constantes.

TABELA 4.7 Coeficientes da variável colapso pulmonar.

Modelo	Coeficientes Não-padronizados		Coeficientes Padronizados	T	Sig.	Intervalo de confiança de 95,0% para B	
	B	Erro padrão ^a	Beta			Limite Inferior	Limite Superior
1 (Constante)	15,154	2,515		6,026	0,000	10,169	20,139
Nível de aspiração	8,291	0,937	0,463	8,848	0,000	6,434	10,148
Nível de pressão negativa	2,273	1,068	0,102	2,127	0,036	0,155	4,390
2 (Constante)	16,925	2,318		7,302	0,000	12,330	21,520
Nível de aspiração	4,078	1,219	0,228	3,345	0,001	1,661	6,494
Nível de pressão negativa	1,357	0,991	0,061	1,370	0,174	-0,607	3,321
Número de ordem	2,697	0,558	0,325	4,837	0,000	1,592	3,802
3 (Constante)	16,729	2,293		7,294	0,000	12,183	21,275
Nível de aspiração	4,342	1,151	0,242	3,773	0,000	2,060	6,623
Nível de pressão negativa	1,333	0,987	0,060	1,350	0,180	-0,624	3,290
Número de ordem	2,556	0,515	0,308	4,961	0,000	1,535	3,577
4 (Constante)	18,811	1,704		11,041	0,000	15,434	22,187
Nível de aspiração	4,503	1,149	0,251	3,920	0,000	2,226	6,781
Número de ordem	2,710	0,504	0,326	5,373	0,000	1,710	3,710

^a Erro padrão indica até que ponto esses valores podem variar entre as amostras.

Da mesma forma, mantendo-se o nível de aspiração constante, o colapso pulmonar aumentará em 2,27% ($p = 0,036$) ao aumentar em uma unidade o nível de pressão negativa (ou seja, de pressão controle para Pn 80 mmHg ou de Pn 80 mmHg para Pn 200 mmHg) (TAB. 4.7).

No passo 2, ao incluir o número de ordem como predictor, este se mostrou significativo ($p < 0,001$). Seu coeficiente indicou que mantendo os demais previsores constantes, ao aumentar o número de ordem em uma unidade (no caso, cada animal foi submetido a sete intervenções), há um aumento aproximado de 2,7% no colapso pulmonar. Neste passo, o nível de aspiração manteve-se significativo ($p = 0,001$), no entanto, houve uma redução na intensidade do relacionamento (redução do valor do coeficiente). Deve-se ressaltar que, nesta análise, o nível de pressão negativa não contribuiu significativamente para o modelo de regressão (TAB. 4.7). A remoção da pressão negativa do modelo de regressão de

colapso pulmonar (passo 4) fez com que os coeficientes B fossem de 4,503 para o nível de aspiração e de 2,710 para o número de ordem do ensaio, ambos com $p < 0,001$.

Os coeficientes padronizados de Beta²² reforçam que no passo 1, o nível de aspiração foi mais importante que o nível de pressão negativa para o modelo e que nos passos 2 e 4, o número de ordem do ensaio contribuiu mais que o nível de aspiração, porém discretamente, já que a diferença entre seus coeficientes Beta é pequena ($\text{Beta}_{\text{Número de ordem}} - \text{Beta}_{\text{Nível de aspiração}} = 0,097$, no modelo 2 e 0,075 no modelo 4) (TAB. 4.7).

De forma resumida, na análise dos resultados obtidos pelo Teste t, cuja medida informa se o preditor está contribuindo de forma significativa para o modelo, verificou-se que para o passo 1, ambos os preditores tiveram uma contribuição significativa, porém o nível de aspiração foi mais significativo que o nível de pressão negativa. Ao incluir o número de ordem do ensaio como preditor (passo 2), este se mostrou significativo (e com maior impacto em função da magnitude da estatística t), assim como o nível de aspiração, porém o nível de pressão negativa não contribuiu significativamente para o modelo de regressão. O passo 4 é considerado o modelo final tendo as variáveis nível de aspiração e número de ordem do ensaio como preditores.

Os coeficientes de correlação de Pearson, parciais²³ e por partes²⁴ são apresentados na TAB. 4.8. Os Fatores de Inflação da Variância (FIV), que indicam se um preditor tem um relacionamento forte com outros preditores, estão abaixo de 10 (MEYERS, 1990 *apud* FIELD, 2009, p. 183) e as tolerâncias (valor inverso da FIV, $1/\text{FIV}$) não estão abaixo de 0,10 (MENARD, 1995 *apud* FIELD, 2009, p. 184), significando que o modelo não possui motivos de alerta para a tendenciosidade.

Na análise de casos extremos, apenas 1 caso (0,83%, $n = 116$ casos) foi encontrado com um resíduo padronizado na condição de menor que -2 ou maior do que 2 (Resíduo padronizado = -2,13; colapso pulmonar = 46,40; valor previsto = 61,01; Resíduo = -14,61). Isto significa que a amostra se ajusta ao que era esperado de um modelo bastante preciso, ou seja, que 95% dos casos possuem resíduos padronizados dentro de ± 2 . Como a amostra é de 116 casos, o número de casos fora deste limite (máximo de 5%) poderia ser de até aproximadamente 6 casos.

²² Coeficientes padronizados de Beta apresentam o número de desvios padrão que a variável de saída (no caso, % de colapso pulmonar) irá mudar como resultado de uma alteração de um desvio padrão no respectivo preditor. Pelo fato dos valores de Beta padronizados serem todos mensurados em termos de unidades desvio padrão, eles são comparáveis diretamente.

²³ Correlações parciais representam o relacionamento entre cada preditor e a variável de saída (no caso, colapso pulmonar), controlando os efeitos dos demais preditores.

²⁴ Correlações por partes representam o relacionamento entre cada preditor e a saída (no caso, colapso pulmonar), controlando os efeitos que as outras variáveis apresentam na variável de saída.

A tabela de resíduos do modelo de regressão para a variável colapso pulmonar é apresentada no ANEXO G.

TABELA 4.8 Coeficientes de correlação para a variável colapso pulmonar.

Modelo	Correlações			Estatística de Colinearidade	
	Pearson	Parcial ^a	Parte ^b	Tolerância	FIV
1 (Constante)					
Nível de aspiração	0,124	0,648	0,388	0,704	1,420
Nível de pressão negativa	0,295	0,201	0,093	0,843	1,187
2 (Constante)					
Nível de aspiração	0,124	0,308	0,134	0,345	2,902
Nível de pressão negativa	0,295	0,131	0,055	0,812	1,232
Número de ordem	0,455	0,424	0,193	0,353	2,830
3 (Constante)					
Nível de aspiração	0,124	0,341	0,150	0,385	2,600
Nível de pressão negativa	0,295	0,129	0,054	0,813	1,230
Número de ordem	0,455	0,431	0,198	0,412	2,429
4 (Constante)					
Nível de aspiração	0,124	0,351	0,157	0,389	2,572
Número de ordem	0,455	0,458	0,215	0,433	2,310

Resumidamente, o modelo de regressão é eficaz em prever o comportamento do colapso pulmonar (FIG. 4.11). O número de ordem do ensaio foi significativo em ser inserido no modelo, porém promoveu aumentos mínimos nos valores de R múltiplo e R^2 , sem um aumento substancial no valor de F. No entanto, sua inclusão no modelo fez com que o nível de pressão negativa passasse a ser um preditor com pequena contribuição, de forma não significativa.

Na busca pelo melhor modelo de regressão, testou-se uma análise retirando-se a variável nível de pressão negativa do grupo de preditores e mantendo as demais citadas, o R foi de 0,909, o R^2 de 0,826 e as mudanças no R^2 e no valor de F foram pequenas e não significativas (-0,003 e 1,822, respectivamente, $p=0,180$).

Porém constatou-se a melhora no modelo de regressão do colapso pulmonar, já que o F de 65,024 (ANOVA, $p<0,001$, preditores: nível de inserção da sonda de aspiração e nível de pressão negativa), que antes tinha apresentado um pequeno acréscimo para F de 74,629 (ANOVA, $p<0,001$) quando foi incluído o número de ordem do ensaio como preditor, passou para 86,114 (ANOVA, $p<0,001$) após a inclusão do número de ordem do ensaio e remoção da variável nível de pressão negativa do modelo. Assim, entende-se que o passo 4 representa o modelo final da regressão múltipla, cuja distribuição e diagrama de probabilidades são apresentados na FIGURA 4.11.

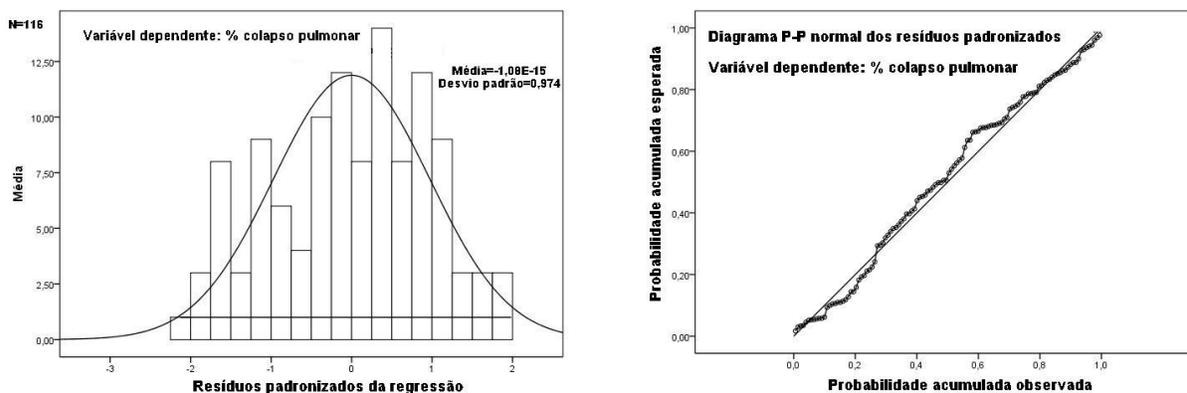


FIGURA 4.11 Histograma (à esquerda) e diagrama P-P dos resíduos normalmente distribuídos para o colapso pulmonar.

4.2.2.2 Modelo de regressão múltipla para a SaO₂

O modelo de regressão para previsão da SaO₂ apresentou uma alta correlação entre os valores observados e previstos, o que foi representado por um R múltiplo de 0,84 no passo 1. Seu valor aumentou discretamente para 0,86 ao incluir o número de ordem do ensaio na previsão (passo 2), sendo os demais passos do modelo não significativos (TAB. 4.9).

Cerca de 70,8% a 73,7% de variação nos valores previstos de % SaO₂ podem ser explicados pelos passos de regressão 1 (previsores: nível de pressão negativa e nível de aspiração) e 2 (previsores: nível de pressão negativa, nível de aspiração e número de ordem do ensaio), respectivamente (TAB. 4.9). Não houve melhora significativa no R² nos passos seguintes, quando se removeu a variável nível de pressão negativa no passo 3 (p=0,622) e as variáveis nível de pressão negativa e nível de aspiração no passo 4 (p=0,128). (TAB. 4.9).

Os valores de R múltiplo e de R² para a variável SaO₂ foram próximos dos valores obtidos para a variável colapso pulmonar, ou seja, ambos tiveram alta correlação entre os valores observados e previstos e alta habilidade de explicar a variação nos valores previstos. O padrão de apresentar os dois primeiros passos significativos na construção do modelo e os demais não-significativos, sem grandes contribuições na mudança de seus valores ao remover variáveis da previsão também foi observado no modelo de regressão do colapso pulmonar. No entanto, enquanto no modelo do colapso pulmonar foi removido apenas o nível de pressão negativa, para a SaO₂, no modelo final, além do nível de pressão negativa também foi excluída o nível de aspiração, permanecendo como variável predictor apenas o número de ordem do ensaio.

TABELA 4.9 Parâmetros do modelo de regressão múltipla da variável SaO₂.

Variável de Saída/ Modelo	Variáveis Previsoras	R	R ²	R ² ajustado	Erro padrão da estimativa	Mudanças estatísticas			Anova F*	Coeficientes				
						no R ²	no F	Sig.		B	Erro padrão	Beta	Sig.	
SaO ₂	1	(Constante)	0,842	0,708	0,690	10,161	0,708	37,496	0,000	37,496*	95,926	3,391		0,000
		Nível aspiração									-6,943	1,263	-0,340	0,000
		Nível Pn									-0,228	1,441	-0,009	n.s.
	2	(Constante)	0,859	0,737	0,718	9,687	0,029	11,827	0,001	37,576*	94,147	3,274		0,000
		Nível aspiração									-2,712	1,722	-0,133	n.s.
		Nível Pn									0,691	1,399	0,027	n.s.
	3	Número de ordem									-2,708	0,788	-0,287	0,001
		(Constante)	0,858	0,737	0,720	9,653	-0,001	0,244	0,622	43,212*	95,218	2,445		0,000
	4	Nível aspiração									-2,618	1,705	-0,128	n.s.
		Número de ordem									-2,634	0,770	-0,279	0,001
	4	(Constante)	0,855	0,731	0,716	9,713	-0,006	2,358	0,128	49,405*	92,918	1,945		0,000
		Número de ordem									-3,526	0,509	-0,373	0,000

Nota: * p<0,001.

Células coloridas com preenchimento **rosa** representam mudanças significativas no valor de F no seguimento dos passos do modelo;

Células coloridas com preenchimento **cinza** indicam as variáveis previsoras cujos coeficientes de regressão não foram significativos.

Os valores de R² ajustado calculados pelo programa SPSS ou pela equação de Stein (EQ. 4.1) (R² ajustado = 0,0131; 0,0167; 0,0118 e 0,0071, respectivamente, nos passos 1, 2, 3 e 4) foram próximos aos valores de R², informando que a perda do poder de previsão de SaO₂ que poderia ser creditada ao modelo se fosse derivado da população de onde a amostra foi retirada é pequena (aproximadamente 1,5% no modelo final), indicando uma boa validação cruzada.

As mudanças nas variâncias que podem ser explicadas pelo modelo passam de zero para 0,708 no passo 1, dando origem a uma razão F²⁵ de 37,496 (p <0,001). Ao adicionar o número de ordem do ensaio como previsor (passo 2), houve um aumento de R² em 0,029, o que provocou uma mudança no F da ordem de 11,827 (p <0,001) (TAB. 4.9).

Comparativamente, as mudanças nas variâncias que podem ser explicadas pelo modelo ao incluir o número de ordem do ensaio como variável previsoras foram maiores no modelo de regressão do colapso pulmonar do que no modelo de regressão da SaO₂, embora significativas em ambos.

²⁵ Razão F - Razão da melhoria devida ao modelo (SS_M) e a diferença entre o modelo e os dados observados (SS_R). Um bom modelo deverá ter uma razão F grande, pelo menos maior do que 1. No caso, há uma probabilidade menor do que 0,001 que este valor de F tenha sido ao acaso.

Outro ponto a ser comparado, diz respeito aos resultados do teste ANOVA para averiguar se o modelo de regressão é significativamente melhor para prever a variável de saída do que o uso da média. Enquanto no modelo de regressão do colapso pulmonar o valor de F inicial foi de 58,782 ($p < 0,001$), mas atingiu 86,114 ($p < 0,001$) no modelo final, para a SaO₂, o valor inicial foi de 37,496 ($p < 0,001$), com discreto aumento para 37,576 ($p < 0,001$) ao incluir o número de ordem como variável preditora no passo 2, subindo para 43,212 ($p < 0,001$) ao excluir a variável nível de pressão negativa (passo 3) e alcançando 49,405 ($p < 0,001$), ao manter somente o número de ordem do ensaio como preditor do modelo (passo 4) (TAB. 4.9).

Assim, embora tenha sido observada significância ao utilizar estas variáveis de entrada para prever um valor de SaO₂ após a aspiração do trato respiratório inferior (desde o primeiro passo e mantendo a significância nos três passos seguintes), os valores de F para a SaO₂ foram menores que no modelo de regressão do colapso pulmonar e também apresentaram um menor acréscimo no seguimento dos passos do modelo.

Quanto aos coeficientes da regressão, desde o modelo inicial (passo 1), a variável pressão negativa teve seu coeficiente não-significativo, ou seja, sem contribuição significativa na habilidade de previsão da SaO₂ pós-intervenção de aspiração (TAB. 4.9). Deve-se ressaltar que, no modelo de regressão do colapso pulmonar isto só veio a ocorrer no passo 2, quando foi incluída a variável número de ordem do ensaio.

Ainda no passo 1, observou-se um relacionamento negativo entre o preditor nível de inserção da sonda de aspiração com a SaO₂. O valor de B de -6,94 para o nível de inserção da sonda de aspiração indica que se o nível de aspiração aumentar em uma unidade (ou seja, de traqueal para carina ou de carina para bronquial), a SaO₂ cairá em 6,94% ($p < 0,001$) nesta situação em análise sob controle (TAB. 4.9).

No passo 2, ao incluir o número de ordem do ensaio como preditor, a variável nível de aspiração passou a não ter significância no modelo. Ao decorrer, verifica-se um relacionamento negativo entre o número de ordem do ensaio e a SaO₂ ($p = 0,001$), cujo coeficiente indica que mantendo os demais preditores constantes, ao aumentar o número de ordem em uma unidade, há uma redução aproximada de 2,71% na SaO₂ (TAB. 4.9).

Ao remover as variáveis nível de pressão negativa e nível de aspiração da entrada do modelo (passo 4), o coeficiente B para o número de ordem do ensaio passou a ser -3,526 ($p < 0,001$). Os coeficientes de correlação de Pearson, parciais²⁶ e por partes²⁷ (TAB. 4.10) ratificam a melhor correlação entre o número de ordem do ensaio e a SaO₂.

²⁶ Correlações parciais representam o relacionamento entre cada preditor e a variável de saída (no caso, colapso pulmonar), controlando os efeitos dos demais preditores.

TABELA 4.10 Coeficientes de correlação para a variável SaO₂.

Modelo	Correlações			Estatística de Colinearidade	
	Pearson	Parcial ^a	Parte ^b	Tolerância	FIV
1 (Constante)					
Nível de aspiração	-0,172	-0,467	-0,286	0,704	1,420
Nível de pressão negativa	-0,093	-0,015	-0,008	0,843	1,187
2 (Constante)					
Nível de aspiração	-0,172	-0,151	-0,078	0,345	2,902
Nível de pressão negativa	-0,093	0,048	0,024	0,812	1,232
Número de ordem	-0,238	-0,315	-0,170	0,353	2,830
3 (Constante)					
Nível aspiração	-0,172	-0,146	-0,076	0,349	2,867
Número de ordem	-0,238	-0,313	-0,169	0,367	2,727
4 (Constante)					
Número de ordem	-0,238	-0,553	-0,344	0,850	1,176

Enquanto no modelo de regressão para o colapso pulmonar foi observado apenas um caso extremo, para a SaO₂ foram encontrados 6 casos com um resíduo padronizado na condição de menor que -2 ou maior do que 2. Isto significa que a amostra ainda se ajusta ao que era esperado de um modelo bastante preciso, pois exatamente 95% dos casos (n=116) possuem resíduos padronizados dentro de ± 2 . Os casos extremos são apresentados na TABELA 4.11.

Todos os casos extremos foram observados num mesmo animal (animal n.3), que principalmente no tempo de um minuto após a aspiração, nos três níveis de inserção da sonda de aspiração sobre as Pn de 80 e 200 mmHg (portanto, sem a intervenção controle) e a partir da segunda até a sétima intervenção apresentou discrepâncias entre os valores observados e os previstos de SaO₂.

TABELA 4.11 Casos extremos no modelo de regressão para a variável SaO₂.

Número do caso	Nível de aspiração	Nível de pressão negativa	Momento (minutos)	Número de ordem do ensaio	Resíduo padronizado	SaO ₂	Valor previsto	Resíduo
21	Traqueal	80 mmHg	1	2	-2,42	50%	73,52%	-23,52
25	Traqueal	200 mmHg	1	3	2,27	92%	69,99%	22,01
26	Traqueal	200 mmHg	2	3	2,99	99%	69,99%	29,01
33	Carinal	200 mmHg	1	5	-2,36	40%	62,94%	-22,94
37	Bronquial	80 mmHg	1	6	-2,41	36%	59,41%	-23,41
41	Bronquial	200 mmHg	1	7	-2,46	32%	55,89%	-23,89

A tabela de resíduos do modelo de regressão para a variável SaO₂ é apresentada no ANEXO G e a representação da distribuição e diagrama de probabilidades do modelo final da regressão múltipla são apresentadas na FIGURA 4.12.

²⁷ Correlações por partes representam o relacionamento entre cada preditor e a saída (no caso, colapso pulmonar), controlado os efeitos que as outras variáveis apresentam na variável de saída.

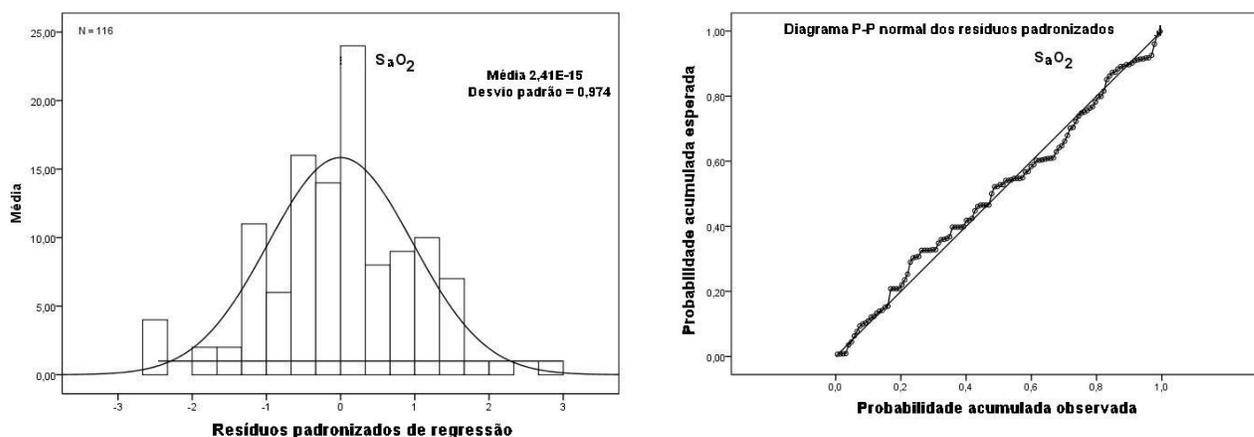


FIGURA 4.12 Histograma (à esquerda) e diagrama P-P dos resíduos normalmente distribuídos para a SaO₂.

4.2.2.3 Modelos de regressão múltipla para as demais variáveis

O resumo dos modelos de regressão múltipla para a Rsr, Cdyn, volume corrente, PaO₂/FiO₂, PaCO₂, FC e PAM após intervenção em ensaio é apresentado na TABELA 4.12.

TABELA 4.12 Resumo dos modelos de regressão múltipla das variáveis Rsr, Cdyn, volume corrente, PaO₂/FiO₂, PaCO₂, FC e PAM.

Variável de Saída/Modelo	Variáveis Previsoras	R	R ²	R ² ajustado	Erro padrão da estimativa	Mudanças estatísticas			Anova F*	Coeficientes			
						no R ²	no F	Sig.		B	Erro padrão	Beta	Sig.
Rsr	(Constante)	0,799	0,639	0,615	13,414	0,639	27,291	0,000	27,291*	17,772	4,477		0,000
	1									7,843	1,668	0,324	0,000
	Nível Pn									-0,720	1,902	-0,024	n.s.
	(Constante)	0,801	0,641	0,614	13,433	0,002	0,691	0,408	23,898*	18,368	4,540		0,000
	2									6,424	2,388	0,265	0,008
	Nível Pn									-1,029	1,940	-0,034	n.s.
	Número de ordem									0,908	1,092	0,081	n.s.
	(Constante)	0,800	0,640	0,617	13,388	-0,001	0,281	0,597	27,454*	16,774	3,391		0,000
	3									6,284	2,365	0,260	0,009
	Número de ordem									0,797	1,068	0,071	n.s.
	(Constante)	0,799	0,638	0,618	13,361	-0,002	0,557	0,457	32,067*	16,666	3,381		0,000
	4									7,615	1,550	0,315	0,000
Nível aspiração													

Nota: * p<0,001.

Células coloridas com preenchimento **amarelo** representam os menores coeficientes obtidos para R e R² entre as variáveis; Células coloridas com preenchimento **rosa** representam mudanças significativas no valor de F no seguimento dos passos do modelo;

Células coloridas com preenchimento **verde** indicam os melhores valores obtidos para F pelo teste ANOVA.

Células coloridas com preenchimento **cinza** indicam as variáveis previsoras cujos coeficientes de regressão não foram significativos.

Variável de Saída/ Modelo	Variáveis Previsoras	R	R ²	R ² ajustado	Erro padrão da estimativa	Mudanças estatísticas			Anova F*	Coeficientes				
						no R ²	no F	Sig.		B	Erro padrão	Beta	Sig.	
Cdyn	1	(Constante)	0,795	0,632	0,608	3,664	0,632	26,511	0,000	26,511*	25,760	1,223		0,000
		Nível aspiração									-3,792	0,456	-0,579	0,000
		Nível Pn									-0,690	0,519	-0,084	n.s.
	2	(Constante)	0,842	0,709	0,687	3,276	0,077	28,121	0,000	32,538*	24,832	1,107		0,000
		Nível aspiração									-1,586	0,582	-0,242	0,008
		Nível Pn									-0,211	0,473	-0,026	n.s.
	3	(Constante)	0,842	0,708	0,689	3,263	-0,001	0,199	0,657	37,435*	24,506	0,827		0,000
		Nível aspiração									-1,614	0,576	-0,246	0,006
		Número de ordem									-1,412	0,266	-0,465	0,000
	4	(Constante)	0,841	0,707	0,691	3,256	-0,001	0,488	0,486	43,799*	24,389	0,808		0,000
		Nível aspiração									-1,485	0,545	-0,227	0,007
		Número de ordem									-1,506	0,239	-0,496	0,000
Volume corrente	1	(Constante)	0,829	0,687	0,666	29,135	0,687	33,789	0,000	33,789*	192,261	9,723		0,000
		Nível aspiração									-27,974	3,623	-0,496	0,000
		Nível Pn									-6,236	4,130	-0,089	n.s.
	2	(Constante)	0,859	0,737	0,718	26,800	0,051	20,641	0,000	37,523*	185,758	9,058		0,000
		Nível aspiração									-12,510	4,763	-0,222	0,010
		Nível Pn									-2,875	3,871	-0,041	n.s.
	3	(Constante)	0,858	0,736	0,719	26,744	-0,001	0,552	0,459	42,983*	181,304	6,774		0,000
		Nível aspiração									-12,900	4,724	-0,229	0,007
		Número de ordem									-10,209	2,134	-0,391	0,000
	4	(Constante)	0,854	0,729	0,715	26,945	-0,006	2,643	0,107	48,968*	179,088	6,685		0,000
		Nível aspiração									-10,437	4,509	-0,185	0,022
		Número de ordem									-11,566	1,979	-0,443	0,000

Nota: * p<0,001.

Células coloridas com preenchimento **amarelo** representam os menores coeficientes obtidos para R e R² entre as variáveis;

Células coloridas com preenchimento **rosa** representam mudanças significativas no valor de F no seguimento dos passos do modelo;

Células coloridas com preenchimento **verde** indicam os melhores valores obtidos para F pelo teste ANOVA.

Células coloridas com preenchimento **cinza** indicam as variáveis previsoras cujos coeficientes de regressão não foram significativos.

Variável de Saída/ Modelo	Variáveis Previsoras	R	R ²	R ² ajustado	Erro padrão da estimativa	Mudanças estatísticas			Anova F*	Coeficientes					
						no R ²	no F	Sig.		B	Erro padrão	Beta	Sig.		
PaO ₂ / FiO ₂	1	(Constante)	0,801	0,641	0,591	78,725	0,641	12,779	0,000	12,779*					
		Nível aspiração									227,833	37,155		0,000	
		Nível Pn									-36,235	13,843	-0,264	0,012	
											-14,779	15,784	-0,086	n.s.	
	2	(Constante)	0,834	0,696	0,647	73,204	0,055	8,826	0,005	14,035*					
		Nível aspiração									211,406	34,989		0,000	
		Nível Pn									2,829	18,401	0,021	n.s.	
		Número de ordem									-6,289	14,953	-0,037	n.s.	
	3	(Constante)	0,834	0,696	0,653	72,486	0,000	0,024	0,878	16,356*					
		Nível Pn									213,467	32,002		0,000	
		Número de ordem									-6,036	14,716	-0,035	n.s.	
	4	(Constante)	0,834	0,695	0,659	71,893	-0,001	0,168	0,683	19,370*					
		Número de ordem									203,397	20,357		0,000	
											-25,010	5,329	-0,394	0,000	
	5	(Constante)	0,831	0,691	0,662	71,620	-0,004	0,606	0,440	23,299*					
	Número de ordem									203,297	20,279		0,000		
										-26,005	5,154	-0,409	0,000		
PaCO ₂	1	(Constante)	0,882	0,778	0,746	10,999	0,778	24,970	0,000	24,970*					
		Nível aspiração									33,797	5,191		0,000	
		Nível Pn									12,617	1,934	0,519	0,000	
											1,867	2,205	0,062	n.s.	
	2	(Constante)	0,918	0,843	0,817	9,334	0,065	20,428	0,000	32,891*					
		Nível aspiração									36,984	4,461		0,000	
		Nível Pn									5,039	2,346	0,207	0,037	
		Número de ordem									0,220	1,907	0,007	n.s.	
	3	(Constante)	0,918	0,843	0,821	9,241	0,000	0,013	0,909	38,345*					
		Nível aspiração									4,851	1,073	0,430	0,000	
		Número de ordem									37,324	3,310		0,000	
											5,069	2,309	0,208	0,033	
	4	(Constante)	0,918	0,843	0,824	9,156	0,000	0,058	0,811	45,568*					
		Nível aspiração									4,874	1,043	0,432	0,000	
		Número de ordem									37,164	3,213		0,000	
										5,247	2,167	0,216	0,019		
										4,776	0,951	0,424	0,000		

Nota: * p<0,001.

Células coloridas com preenchimento **amarelo** representam os menores coeficientes obtidos para R e R² entre as variáveis;

Células coloridas com preenchimento **rosa** representam mudanças significativas no valor de F no seguimento dos passos do modelo;

Células coloridas com preenchimento **verde** indicam os melhores valores obtidos para F pelo teste ANOVA.

Células coloridas com preenchimento **cinza** indicam as variáveis previsoras cujos coeficientes de regressão não foram significativos.

Variável de Saída/ Modelo	Variáveis Previsoras	R	R ²	R ² ajustado	Erro padrão estimado	Mudanças Estatísticas			Anova F*	Coeficientes				
						no R ²	no F	Sig.		B	Erro padrão	Beta	Sig.	
FC	1	(Constante)	0,926	0,857	0,848	16,201	0,857	92,654	0,000	92,654*	110,996	5,407		0,000
		Nível aspiração									5,286	2,014	0,114	0,010
		Nível Pn									1,805	2,297	0,031	0,434
	2	(Constante)	0,929	0,864	0,854	15,896	0,007	5,178	0,025	84,856*	112,928	5,372		0,000
		Nível aspiração									0,692	2,825	0,015	n.s.
		Nível Pn									0,807	2,296	0,014	n.s.
	3	(Constante)	0,929	0,864	0,855	15,827	0,000	0,060	0,807	97,821*	113,432	4,941		0,000
		Nível Pn									0,869	2,272	0,015	n.s.
		Número de ordem									3,167	0,900	0,147	0,001
	4	(Constante)	0,929	0,864	0,856	15,765	0,000	0,146	0,703	115,001*	114,881	3,156		0,000
		Número de ordem									3,301	0,826	0,153	0,000
PAM	1	(Constante)	0,663	0,439	0,403	10,403	0,439	12,077	0,000	12,077*	103,799	3,472		0,000
		Nível aspiração									-0,806	1,293	-0,054	n.s.
		Nível Pn									1,161	1,475	0,062	n.s.
	2	(Constante)	0,682	0,465	0,426	10,202	0,026	5,286	0,023	11,647*	102,546	3,448		0,000
		Nível aspiração									2,173	1,813	0,144	n.s.
		Nível Pn									1,808	1,474	0,096	n.s.
	3	(Constante)	0,677	0,458	0,423	10,223	-0,007	1,436	0,234	13,054*	104,129	3,191		0,000
		Nível Pn									2,003	1,467	0,107	n.s.
		Número de ordem									-1,197	0,581	-0,172	0,042
	4	(Constante)	0,675	0,456	0,426	10,197	-0,002	0,441	0,508	15,234*	103,994	3,177		0,000
		Nível Pn									2,072	1,460	0,110	n.s.
		Número de ordem									-1,202	0,580	-0,172	0,041
5	(Constante)	0,668	0,446	0,421	10,243	-0,010	2,013	0,159	17,715*	107,448	2,051		0,000	
	Número de ordem									-0,882	0,537	-0,126	n.s.	
6	(Constante)	0,658	0,432	0,412	10,322	-0,014	2,699	0,103	21,145*	104,728	1,220		0,000	
7	(Constante)	0,648	0,420	0,405	10,387	-0,012	2,423	0,122	27,042*	105,396	1,149		0,000	

Nota: * p<0,001.

Células coloridas com preenchimento **amarelo** representam os menores coeficientes obtidos para R e R² entre as variáveis;

Células coloridas com preenchimento **rosa** representam mudanças significativas no valor de F no seguimento dos passos do modelo;

Células coloridas com preenchimento **verde** indicam os melhores valores obtidos para F pelo teste ANOVA.

Células coloridas com preenchimento **cinza** indicam as variáveis previsoras cujos coeficientes de regressão não foram significativos.

4.3 Pontos-chaves do estudo

A privação de equipamentos que controlem a pressão negativa durante a aspiração de secreções corrobora com o uso rotineiro de pressões negativas excessivas. Tal fato foi citado por diversos autores, inclusive na Turquia (ÇELIK e ELBAS, 2000).

No Brasil, verificou-se que alguns sistemas de aspiração de vias aéreas em ambiente hospitalar realizam de maneira ineficaz o controle desta pressão a partir de reguladores de fluxo. Da mesma forma, os sistemas de aspiração portáteis possuem um sistema de controle rudimentar, diminuindo o vácuo do recipiente de aspiração por meio de uma abertura para a atmosfera. Os próprios fabricantes expõem que “... *a regulagem do fluxo aspiratório é feita através do registro ou válvula de controle de fluxo localizada no painel do equipamento, movendo o botão no sentido horário o fluxo aumenta e anti-horário diminui*”. Ambos os sistemas apresentam uma variação da pressão com o tempo.

O protótipo do dispositivo de controle da pressão negativa, construído durante o desenvolvimento da dissertação de CAMPOS (2006) no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFMG, mostrou-se eficaz em limitar a pressão negativa com um valor fixo predeterminado. O valor de ajuste da pressão (*set point*) se estende de 30 a 120 mmHg. Suas características permitiam o acoplamento em sistemas portáteis e canalizados de aspiração para remoção de secreções em pacientes nas diversas faixas etárias, desde o neonato ao adulto, possibilitando a avaliação em tempo real da pressão negativa aplicada pelo profissional de saúde.

O dispositivo inicialmente proposto foi aprimorado para expandir a pressão negativa para a faixa de 30 até 300 mmHg em função da necessidade de se investigar com embasamento científico os verdadeiros limites de segurança para execução do procedimento.

Os resultados dos testes mecânicos demonstraram que o dispositivo de controle de pressão negativa atende aos pré-requisitos para sua utilização. De fato, além de ser construído em material de fácil desinfecção, o dispositivo de controle é composto por uma pequena quantidade de elementos, de tamanho e massa reduzidos, o que facilita o seu manuseio e adaptação aos sistemas de aspiração.

Diante destes resultados, o dispositivo de controle da pressão negativa foi considerado adequado para o uso nos ensaios biológicos.

Por outro lado, resultados preliminares dos ensaios biológicos associados a discussões entre pesquisadores interinstitucionais apontaram para a inexistência de um consenso técnico sobre a profundidade de inserção da sonda.

Enquanto alguns autores citam que a aspiração deve ser realizada apenas no interior do tubo orotraqueal, portanto, não ultrapassando a sua extremidade distal; outros

recomendam que, para se ter um parâmetro do comprimento da sonda a ser inserido, deve-se introduzir a sonda dentro do tubo orotraqueal até que ocorra o reflexo de tosse e então, aplica-se a pressão negativa durante a retirada da sonda. Tal recomendação não é plenamente confiável, uma vez que o reflexo de tosse pode estar extremamente reduzido em pacientes que estão sob efeito de sedativos (coma induzido).

Outro critério baseia-se na percepção do profissional de saúde de uma resistência à inserção da sonda, numa hipótese de que tal resistência à passagem da sonda poderia ser compatível com o choque da ponta da sonda com a carina (ponto anatômico da bifurcação da traqueia em brônquios principais). Assim, deslocar-se-ia para o exterior do tubo orotraqueal alguns centímetros da sonda e então seguir-se-ia com a aplicação da pressão negativa.

Além disso, diante da realidade de que a maioria dos profissionais de saúde insere totalmente a sonda de aspiração, cujo modelo com válvula intermitente mede aproximadamente 50 cm de comprimento, no interior do tubo orotraqueal, que por sua vez, mede em média 35 cm, este estudo questiona a denominação “aspiração endotraqueal ou orotraqueal” vigente na literatura. Pelo entendimento que, pelo fato da aspiração de secreções não ter um parâmetro e/ou definição clara sobre a profundidade de inserção da sonda, o procedimento vem sendo realizado não apenas tendo a traqueia ou o interior das vias aéreas artificiais como referência, mas que sua execução é ampliada e concerne ao trato respiratório inferior.

Assim, a aspiração no trato respiratório inferior poderia ocorrer no (i) interior do tubo orotraqueal ou cânula de traqueostomia ou até mesmo no nível traqueal, (ii) no trajeto entre a extremidade do tubo orotraqueal ou cânula de traqueostomia e a carina, a qual foi denominada de aspiração carinal e (iii) após a bifurcação da traqueia, em direção ao brônquio principal esquerdo ou ao brônquio principal direito e suas ramificações, denominada de aspiração bronquial.

Este é o primeiro ponto-chave deste trabalho, pois a literatura internacional refere-se sobre a localização da aspiração de secreções, limitando-se a descrevê-la da seguinte forma: naso ou orofaríngea, subglótica, naso ou endotraqueal (orotraqueal). No entanto, é evidente que há falha no estabelecimento de critérios sobre a profundidade de inserção, o que pode gerar discrepâncias na execução da técnica interprofissionais, bem como na qualidade e nos efeitos do procedimento.

Desta forma, construiu-se um protocolo experimental, que além de testar o efeito da desconexão do ventilador mecânico (situação controle) e da aplicação da pressão negativa (80 e 200 mmHg), fosse capaz de controlar para teste os níveis de inserção da sonda de aspiração no trato respiratório inferior, definidos como níveis traqueal, carinal e bronquial.

Segue, então, o segundo ponto-chave deste estudo: o protocolo de ensaio. O protocolo foi desenvolvido de forma construtivista, analisando-se criteriosamente o processo e as respostas obtidas em cada fase, buscando-se minimizar erros.

Na formulação do protocolo foram feitas várias considerações nada triviais, tais como: considerações metrológicas, estudo da equivalência entre os modelos humano e animal, protocolo de inclusão no ensaio (execução de gasometria sob manejo ventilatório mecânico padronizado, tendo como ponto de corte uma soma dos valores de PaO_2 e PaCO_2 superior a 400), estabelecimento de rotinas no cuidados com o animal, de otimização da pressão positiva ao final da expiração (titulação da PEEP ideal), homogeneização entre as intervenções (execução de manobra de recrutamento alveolar) e modificação do protocolo original da aspiração endotraqueal proposto pela *American Association for Respiratory Care*.

No que diz respeito ao protocolo de aspiração, fez-se necessário uma mudança no método inicialmente adotado para controle do fornecimento do vácuo. O fato de que os sistemas convencionais de aspiração não regulam adequadamente a pressão negativa já foi apresentado. Da mesma forma, foi exposto que o dispositivo desenvolvido pela UFMG (2008) é capaz de limitar a pressão máxima por meio de uma válvula de segurança. A questão é que, no método inicial de controle do vácuo, a pressão negativa era pré-ajustada após a pressurização do sistema, cujo circuito de aspiração era mantido ocluído para o ambiente por meio de compressão manual até atingir seu valor máximo. Em seguida, regulava-se a pressão negativa para o nível máximo a ser testado na válvula de segurança, ainda sob oclusão do circuito.

O problema observado foi que, com tal procedimento, ocorria uma perda considerável na intensidade de vácuo pré-ajustado inicialmente. Isto acontecia em função da depressurização do sistema ao descomprimir o circuito (após introduzir a sonda no trato respiratório) para aplicação do vácuo no momento da aspiração.

Ao ser detectado este fenômeno, o ajuste da pressurização passou a ser realizado regulando a pressão de saída do aspirador pela válvula de segurança com o circuito de aspiração aberto para o ambiente, assim, cabia ao compressor gerador compensar a perda na pressurização para a atmosfera.

Este fenômeno só pôde ser detectado porque a pressão negativa foi monitorada em dois pontos: na saída do aspirador e na sonda de aspiração. A representação do comportamento da pressão negativa na sonda de aspiração nos dois métodos de ajuste supracitados pode ser visualizada na FIGURA 5.1.

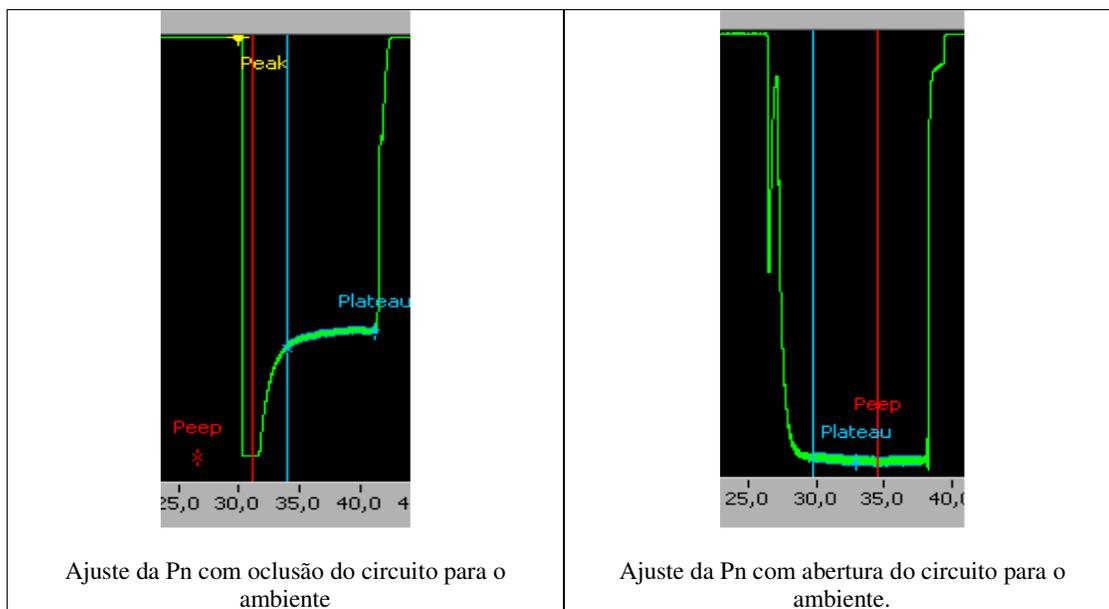


FIGURA 5.1 Representação dos métodos de ajuste da pressão negativa na válvula de segurança. Observa-se a perda na pressurização ao pré-ajustar a pressão negativa com o circuito de aspiração ocluído para o ambiente.

Outra questão metodológica refere-se aos procedimentos adotados para o reconhecimento de que a sonda de aspiração encontrava-se nos níveis traqueal, carinal e bronquial. Destaca-se que, para o nível traqueal, utilizou-se o padrão da medida do tubo orotraqueal, cujo comprimento foi mensurado com auxílio de um paquímetro e transferido para a sonda de aspiração e para o nível carinal, executou-se broncoscopia flexível, sendo a localização da carina confirmada por dois pesquisadores. No nível bronquial, a sonda de aspiração foi inserida totalmente no tubo orotraqueal, no entanto, não se sabia para qual brônquio a sonda foi direcionada.

Neste contexto, deve-se apontar que, se sob condições experimentais, identificar os níveis de aspiração exigiram uma complexidade metodológica: execução de broncoscopia, aumento do tempo de espera para execução de uma nova intervenção, já que há a necessidade de estabilização clínica, manutenção de hiperoxigenação por um tempo maior, execução de manobras de recrutamento alveolar adicional para retorno às condições ventilatórias basais, recursos humanos capacitados e treinados, etc. Na prática clínica, senão forem desenvolvidos e disponibilizados dispositivos que auxiliem o profissional de saúde nesta identificação, torna-se inviável o controle do nível de inserção da sonda de aspiração.

Um terceiro ponto-chave do estudo deve-se ao uso da impedância elétrica pulmonar, da mecânica respiratória e das variáveis clínicas como parâmetros de avaliação do ensaio da intervenção controle e da aplicação das pressões negativas de 80 e 200 mmHg, nos níveis traqueal, carinal e bronquial. Os principais achados seguem pontuados:

1. De forma geral, as variáveis de mecânica respiratória e clínicas quando analisadas de forma conjunta ao longo dos 10 minutos pós-intervenção não seguiram um padrão claramente estabelecido entre os níveis de pressão negativa (intervenção controle e Pn 80 e 200 mmHg) e entre os níveis de aspiração (traqueal, carinal e bronquial).

1.a Conjetura: As variáveis de mecânica respiratória e clínicas não seriam bons marcadores para diferenciar os efeitos isolados da aspiração sob diferentes níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração.

2. Também houve uma variabilidade do padrão de comportamento entre as variáveis de mecânica respiratória e clínicas quando comparadas de forma agrupada (nível de pressão negativa e nível de aspiração). Por exemplo, enquanto na aspiração bronquial, as médias de FC, PAM, SaO₂, PaCO₂, C_{dyn} e R_{sr} foram similares entre os níveis de Pn de 80 e 200 mmHg, nos níveis carinal e traqueal, as médias da PAM foram semelhantes nas Pn de 80 e 200 mmHg. As médias de FC mantiveram-se semelhantes somente para a Pn 200 mmHg. As médias de SaO₂, PaO₂/FiO₂, VT, C_{dyn} e R_{sr} foram menores para a Pn de 200 mmHg, ao passo que as médias de PaCO₂ e de colapso pulmonar foram maiores neste nível de pressão durante a aspiração carinal.

2a. Conjetura: Há uma ratificação da conjectura 1a.

3. Na análise da homogeneidade das variâncias de todas as variáveis, antes e após as intervenções, com exceção da FC, relação PaO₂/FIO₂ e da C_{dyn}, todas as demais apresentaram $p < 0,05$, sugerindo que suas variâncias basais são significativamente diferentes das variâncias pós-intervenção.

3a. Conjetura: Embora a maioria das variáveis (mecânica respiratória e clínicas) não tenha o poder de influenciar num padrão de comportamento entre os níveis de pressão negativa e de aspiração, de forma isolada ou associada, estas variáveis têm a competência de detectar os efeitos da intervenção de forma global, ou seja, detectam as diferenças pré e pós-intervenção.

4. Numa análise individualizada das variâncias após as intervenções segundo os níveis de pressão negativa, de inserção da sonda de aspiração e do número de ordem do ensaio, observou-se que um maior número de variáveis apresentou diferenças significativas em função do número de ordem do ensaio (exceção da PaCO₂), seguido pelo nível de aspiração (exceção da PAM, PaCO₂, PaO₂/FIO₂ e VT).

4a. Conjetura: Embora tenha sido adotado um intervalo de dez minutos entre cada intervenção em teste, o efeito de memória fez-se presente ao repetir os ensaios em um mesmo animal.

4b. Conjetura: A profundidade de inserção da sonda de aspiração parecer ter um poder mais decisivo nas repercussões decorrentes da aspiração do que o nível de pressão negativa.

5. As variâncias não foram significativamente diferentes no decorrer do tempo pós-intervenção para todas as variáveis e em todos os grupamentos de níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração.

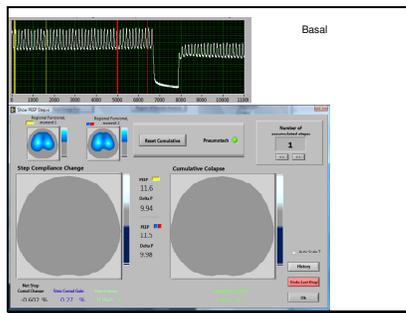
5a. Conjetura: Não há uma tendência significativa à recuperação dos valores basais após ter sido executada uma intervenção de aspiração. Pelo menos, que seja significativa ou detectável ao longo de um acompanhamento de 10 minutos.

5b. Conjetura/Desdobramento: Os decréscimos de SaO_2 , VT, PaO_2/FIO_2 , VT, e C_{dyn} e os aumentos na $PaCO_2$, R_{sr} e colapso pulmonar que, de forma geral, estabilizam-se em níveis inferiores e superiores, respectivamente, ao longo de 10 minutos pós-intervenção, sem um indicativo de recuperação espontânea, evidenciam a necessidade de execução de técnicas minimizadoras ou preventivas, tais como as manobras de hiperoxigenação e hiperventilação.

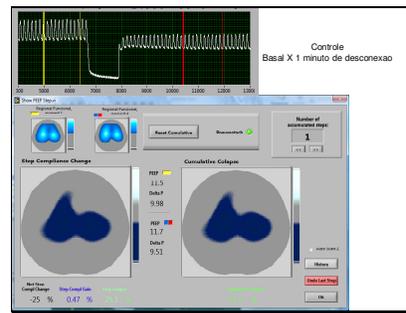
6. Foram obtidos elevados percentuais de colapso pulmonar na intervenção controle na traqueia (média \pm DP de $25,81 \pm 11$, mínimo 7,62 e máximo 43,00). A FIGURA 5.2 apresenta o resumo das imagens de um ensaio completo em um animal, que numa situação de repouso possuía 0,87% de colapso pulmonar e passou para 25,3% após um minuto de desconexão-controle.

6a. Conjetura: Existência de variabilidade no potencial de colapsibilidade dos animais ao serem desconectados da ventilação mecânica, o que pode se dar em função de alterações anatômicas e/ou fisiológicas.

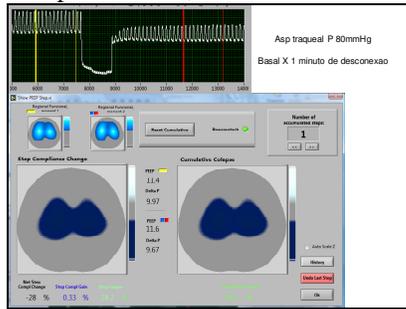
6b. Desdobramento: O fato de se ter observado níveis elevados de colapso pulmonar tão somente com a desconexão da ventilação mecânica deve ser considerado em estudos que utilizem o modelo pulmonar suíno e, inferencialmente, traz a ideia de cautela no manejo de pacientes em ventilação mecânica no sentido de evitar desconexões desnecessárias da pressão positiva.



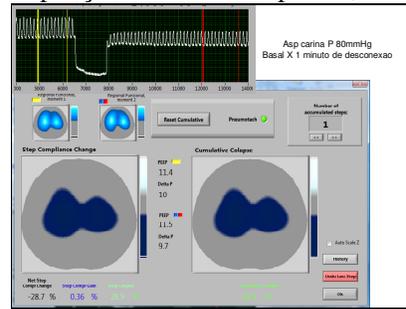
Colapso basal: 0,87%



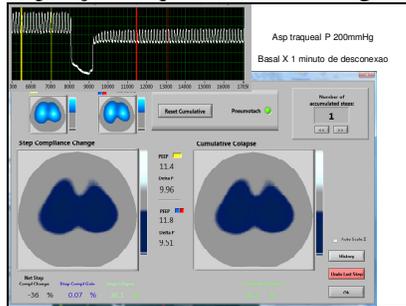
Aspiração controle: colapso 25,3%



Aspiração traqueal – P 80 mmHg: colapso 28,2%



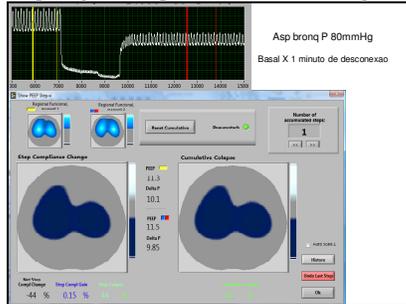
Aspiração carinal – P 80 mmHg: colapso 28,9%



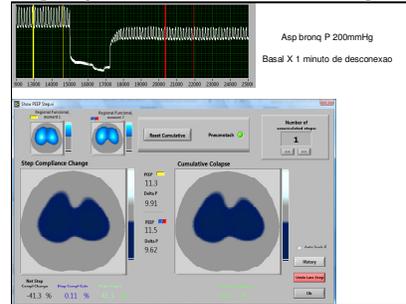
Aspiração traqueal – P 200 mmHg: colapso 36,1%



Aspiração carinal – P 200 mmHg: colapso 38,8%



Aspiração bronquial – P 80 mmHg: colapso 44%



Aspiração bronquial – P 200 mmHg: colapso: 41,3%

FIGURA 5.2 Gráficos da variação da impedância elétrica após 1 minuto da aspiração do trato respiratório inferior. Medidas percentuais de colapso pulmonar em situação basal, de controle e após aplicação de pressões negativas de 80 e 200 mmHg podem ser visualizadas nos níveis de inserção da sonda traqueal, carinal e bronquial.

7. O aumento de colapso pulmonar ocorreu em todas as intervenções, estabilizando-se em níveis superiores aos basais ao longo de dez minutos pós-intervenção. Porém, após o término da monitoração de uma intervenção e antes de dar continuidade a uma nova intervenção no mesmo animal, este era submetido a uma manobra de recrutamento alveolar com pressões

inspiratórias de 50 cmH₂O e PEEP de 35 cmH₂O. Tal procedimento tinha a capacidade de reverter o colapso pulmonar aos níveis basais prévios. Contudo, o poder desta manobra em reverter o colapso perdeu força ao passo que as medidas se repetiam no mesmo animal, ou seja, à medida que aumentava o número de ordem do ensaio.

7a. Conjetura: Há uma ratificação das conjeturas 5a e 5b.

7b. Conjetura: A manobra de recrutamento alveolar tem a capacidade, dentro de certos limites, de reverter o colapso pulmonar ocasionado pela aspiração de secreções do trato respiratório inferior no modelo investigado.

8. Discretamente, no quarto ensaio, mas contundentemente a partir do quinto ensaio por animal, houve um aumento da média e dos Percentis 25, 50 e 75 de colapso pulmonar, de forma global e ao longo dos dez minutos após as intervenções em ensaio.

8a. Conjetura: Há uma ratificação da conjetura 4a.

8b. Desdobramento: Embora existam recomendações de algumas entidades internacionais em limitar a três vezes a quantidade de inserções da sonda por procedimento de aspiração, alguns autores contrapõem-se, sugerindo a inexistência de um número definido de passos por procedimento. Estes autores entendem que a sonda deva ser inserida o número de vezes que seja suficiente para promover a higiene do trato respiratório. Este estudo trouxe resultados claros ao seguir um delineamento de medidas repetidas. Foram detectadas perdas significativas na ventilação e estabilidade alveolar a partir de um determinado número de ordem de execução do ensaio. Se fosse extrapolada à primeira recomendação, a qual é mais conservadora, para este ensaio, executar 7 inserções da sonda por animal, significaria o equivalente a realizar apenas 2,3 aspirações [n de inserções (7) / recomendação máxima de inserção da sonda em cada aspiração (3)=2,3]

9. As médias de colapso pulmonar durante a aspiração carinal nas Pn de 80 e 200 mmHg foram próximas e superiores às médias obtidas na aspiração traqueal. No que concerne a aspiração bronquial, embora as médias tenham sido levemente inferiores ao nível carinal, as medianas na aspiração bronquial foram superiores às medianas na intervenção carinal para as Pn de 80 e 200 mmHg.

9a. Conjetura: Em contraposição a conjetura 1a, a qual expôs que as variáveis de mecânica respiratória e clínicas não seriam bons marcadores para diferenciar os efeitos isolados da aspiração sob diferentes níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração, a tomografia de impedância elétrica mostrou-se capaz de detectar o colapso pulmonar decorrente da aspiração, sugerindo a existência de um padrão de comportamento.

9b. Desdobramento: o padrão de colapso pulmonar manteve-se estável ao longo de dez minutos após a aspiração, independente do percentual de colapso decorrente de uma intervenção de controle, na qual houve apenas a desconexão da ventilação mecânica, porém sem a aplicação de vácuo. Portanto, não se observou um retorno às condições basais com o simples retorno à ventilação mecânica com aplicação de pressão positiva após executar a aspiração. A reversão do colapso pulmonar ocorreu apenas após a execução de manobra de recrutamento alveolar, a qual era executada antes de uma nova intervenção de aspiração (FIGURAS 5.2 e 5.3).

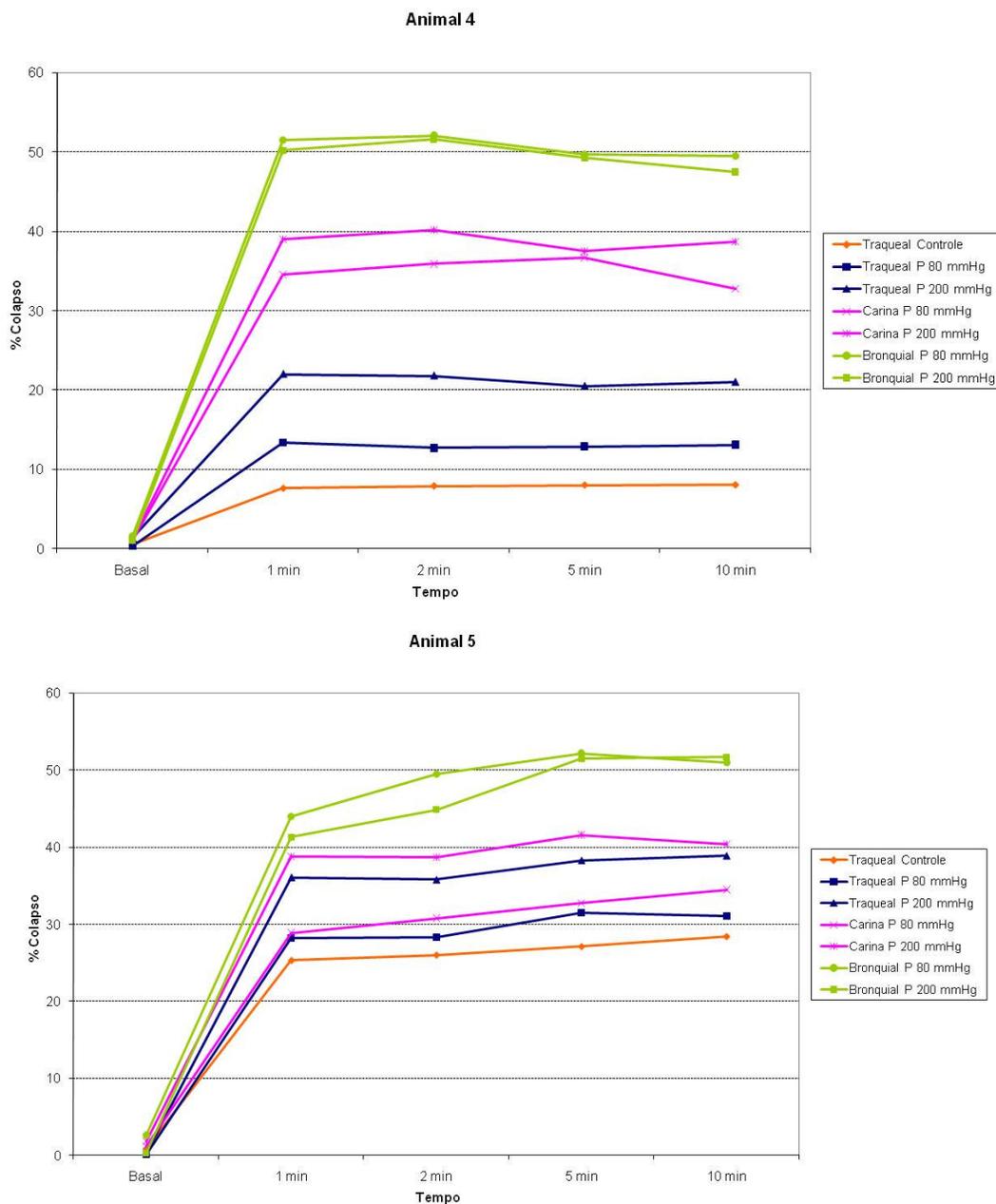


FIGURA 5.3 Comportamento do colapso pulmonar pré e ao longo de dez minutos pós-aspiração em dois animais. Nota-se que o % colapso pulmonar retorna aos valores basais após execução do recrutamento alveolar e antes do início de uma nova intervenção.

10. O nível de aspiração e o número de ordem do ensaio correlacionaram-se significativamente com o mesmo número de variáveis, sendo em comum: SaO₂, PaCO₂, VT, Cdyn e Colapso Pulmonar (sendo acrescida a FC na correlação bivariada com o nível de aspiração e a PaO₂/FIO₂ com o número de ordem do ensaio). O nível de pressão negativa teve correlações significativas com apenas três variáveis, porém foram as mesmas que se correlacionaram significativamente com o nível de aspiração e o número de ordem do ensaio (VT, Cdyn e Colapso Pulmonar). Todas as correlações de Pearson citadas obtiveram coeficientes representativos de fraca a moderada correlação.

11. Como poder-se-ia esperar, entre as variáveis clínicas e de mecânica respiratória foram observadas fortes correlações significativas.

12. O colapso pulmonar correlacionou-se fortemente com SaO₂, PaCO₂, PaO₂/FIO₂, VT, Cdyn e Rsr, além das correlações com o nível de aspiração, o nível de pressão negativa e o número de ordem de ensaio.

12a. Desdobramentos: Os altos coeficientes de correlação entre o colapso pulmonar e as variáveis de mecânica respiratória (VT, Cdyn e Rsr) e troca gasosa (SaO₂, PaCO₂, PaO₂/FiO₂) ratificam a tomografia de impedância elétrica como uma excelente tecnologia de medição em tempo real, a beira do leito, do estado funcional pulmonar.

13. O estudo detalhado do modelo de regressão múltipla tendo o nível de aspiração, o nível de pressão negativa e o número de ordem de ensaio como variáveis de entrada foi realizado apenas para as variáveis colapso pulmonar e SaO₂. Pois, estas foram as únicas variáveis de monitoração que apresentaram significância para todos os grupamentos de níveis de pressão negativa e de aspiração na: (i) detecção das diferenças de homogeneidade da variância e (ii) correlação bivariada.

14. O modelo de regressão múltipla mostrou-se eficaz em prever um valor percentual de colapso pulmonar decorrente da aspiração do trato respiratório inferior. O modelo possui altos valores de R múltiplo (alta correlação entre os valores observados e previstos), de R² (alta habilidade do modelo em explicar a variação nos valores previstos) e boa validação cruzada, com um alto valor de F, significativo.

14a. Desdobramentos: Deve-se ser comentado que, ao incluir apenas as variáveis nível de pressão negativa e nível de aspiração no modelo, ambas as variáveis contribuem

significativamente na previsão, porém o nível de aspiração possui maior influência que o nível de pressão negativa.

14b. Desdobramentos: Ao ser incluída a variável número de ordem do ensaio na entrada do modelo, o nível de pressão negativa passou a não ter uma contribuição significativa na previsão, sendo removido. Assim, apenas o número de ordem do ensaio e o nível de aspiração permaneceram como previsores do colapso pulmonar, sendo seus coeficientes positivos.

15. No modelo de regressão para previsão da SaO₂ também foram observados altos valores de R múltiplo e de R². No entanto, em seu modelo final, além do nível de pressão negativa, também foi removido o nível de aspiração, permanecendo como variável previsora apenas o número de ordem do ensaio, com caráter de relação negativa. Comparativamente ao modelo de regressão do colapso pulmonar, embora significativo, os valores de F foram inferiores, sem apresentar grandes mudanças no seguimento dos passos do modelo.

15a. Desdobramento: A variável nível de pressão negativa teve seu coeficiente não-significativo na habilidade de previsão da SaO₂ pós-intervenção de aspiração desde o primeiro passo do modelo.

16. Quanto aos demais modelos de regressão, observou-se que, apesar dos valores significativos de R múltiplo, de R² e de F e das elevadas magnitudes de R múltiplo e R² para a maioria das variáveis de saída (com exceção da PAM, que teve os menores coeficientes dentre estes modelos em estudo), os valores de F foram baixos (com exceção da FC).

16a. Desdobramento: A variável nível de pressão negativa foi removida do modelo de regressão de todas as demais variáveis (Rsr, Cdyn, volume corrente, PaO₂/FiO₂, PaCO₂, FC e PAM).

16b. Desdobramento: Nos modelos finais de regressão predominou a presença das duas variáveis previsoras restantes, excetuando-se o modelo da Rsr, que teve como previsor apenas o nível de aspiração e a FC, que se mostrou influenciada pelo número de ordem do ensaio (QUADRO 5.1)

16c. Desdobramento: Diante do que foi exposto nos pontos 14, 15 e 16, há evidências de que o melhor modelo de regressão para uma variável de saída pós-intervenção a partir das variáveis de entrada “nível de pressão negativa” e “nível de aspiração”, mesmo com a inclusão do “número de ordem do ensaio” concerne ao modelo de colapso pulmonar nesta condição em experimentação.

QUADRO 5.1
Características dos modelos de regressão múltipla estudados.

Variável de saída	Variável previsora no modelo final	Magnitude de R múltiplo e R ² *	Magnitude de F*
Rsr	Nível de aspiração	Alto	Baixo
Cdyn	Nível de aspiração Número de ordem do ensaio	Alto	Baixo
Volume corrente	Nível de aspiração Número de ordem do ensaio	Alto	Baixo
PaO ₂ /FiO ₂	Número de ordem do ensaio	Alto	Baixo
PaCO ₂	Nível de aspiração Número de ordem do ensaio	Alto	Baixo
FC	Número de ordem do ensaio	Alto	Alto
PAM	-	Menor	Baixo

Nota: * Dados significativos (p <0,001).

5 CONCLUSÃO

5.1 COMENTÁRIOS FINAIS

Retornando aos questionamentos norteadores da tese, em relação à primeira questão “Por que não há um consenso quanto aos níveis de pressão negativa e quais critérios devem ser considerados para elaborar as recomendações de uso da pressão negativa?” este estudo traz a seguinte contribuição:

(1) Mesmo diante de um dispositivo que regule ou limite a pressão negativa máxima a ser aplicada, o método de ajuste desta pressão, ou melhor, as formas como o sistema de aspiração é pressurizado e a pressão negativa é liberada (ajuste da pressão negativa com abertura ou oclusão do sistema de aspiração para o ambiente) influencia na pressão negativa resultante na sonda no momento da aspiração.

(1a) Assim, em termos técnicos, para se ter uma confiabilidade sobre a pressão negativa a ser aplicada, além da necessidade de possuir sistemas de aspiração com vacuômetros de boa qualidade, a presença de um sistema de regulação ou de controle, no caso, a válvula de segurança desenvolvida para limitar a pressão negativa máxima, cuidados metrológicos (calibração do sistema de aspiração e etc.), deve ser acrescido, o método de ajuste da pressão negativa com abertura do sistema de aspiração para o ambiente.

(2) Quanto aos critérios a serem considerados para elaborar as recomendações de uso da pressão negativa, os resultados da análise de regressão múltipla de um ensaio controlado com medidas repetidas, mostraram que nenhuma das nove variáveis de monitoração após a intervenção puderam ser previstas considerando o nível de pressão negativa como variável previsor, de forma significativa.

(2a) No entendimento desta proposição deve-se esclarecer que, na análise de regressão múltipla das 116 medidas executadas pós-intervenção, nas 32 primeiras destas (27,6%), o ajuste da pressão negativa foi executado com oclusão do sistema de aspiração para o ambiente que, de fato, modifica, tornando a pressão negativa efetiva de aplicação mais positiva. Isto reforça a intenção de ampliar a amostragem, na continuidade do estudo, e ainda, reanalisar os dados, excluindo àquelas medidas cujo método de ajuste da pressão negativa foi discrepante.

(2b) Mesmo com a inclusão destas medidas na análise, ao observar o comportamento da pressão negativa sobre o colapso pulmonar há uma tendência de que níveis de pressão de 200 mmHg ocasionam mais colapso que 80 mmHg que, por sua vez, tem maior impacto que a desconexão da ventilação mecânica. No entanto, na

análise de regressão múltipla, a significância da contribuição da pressão negativa como previsor do colapso pulmonar só ocorreu quando não foi incluída a variável número de ordem do ensaio no modelo.

Na segunda questão, sobre “Haveria um nível de pressão negativa que não causasse piora da mecânica respiratória e em variáveis fisiológicas ou, ainda, que mantivessem ou melhorassem as mesmas, os resultados mostraram numa comparação dos momentos pré e pós-intervenção que houve significância na variação da maioria das variáveis de monitoração, ou seja, o comprometimento das funções é evidente, embora na análise agrupada por nível de pressão negativa e nível de aspiração, apenas colapso pulmonar, SaO_2 e Rsr tenham tido variações significantes.

(1) Deve ser ressaltado que estes resultados explicam uma situação experimental controlada, cujo protocolo foi desenvolvido para esta finalidade envolvendo animais saudáveis.

(2) O estudo deve ser continuado para que, caso a pressão negativa extremamente controlada realmente tenha um impacto forte na previsão das variáveis de mecânica respiratória e fisiológicas, possa ser identificado o nível de pressão negativa associado a menores repercussões.

No que concerne aos efeitos do nível de aspiração, em contrapartida ao nível de pressão negativa, que não foi significativo como previsor em nenhum modelo final de regressão, embora de forma geral, tenham sido detectadas mudanças nas variâncias antes e pós-intervenção para a maioria das variáveis e de forma agrupada apenas para o colapso pulmonar, SaO_2 e Rsr ; o nível de aspiração foi significativo como previsor destas três últimas variáveis e adicionalmente para a C_{dyn} , volume corrente e PaCO_2 .

Tratando-se de medidas repetidas, o número de ordem do ensaio também foi significativo como previsor nos mesmos modelos citados acima, que tiveram significância simultânea com o nível de aspiração, excetuando-se a Rsr , que teve o nível de aspiração como único previsor.

5.2 CONCLUSÕES

As conclusões do estudo foram:

(i) O protocolo experimental mostrou-se capaz de permitir a análise da influência da pressão negativa e do nível de inserção da sonda na aspiração do trato respiratório inferior sob a impedância elétrica pulmonar, mecânica respiratória e variáveis clínicas.

(ii) Dentre todos os modelos de regressão, já que se tinham nove variáveis de monitoração, o modelo do colapso pulmonar após-intervenção mostrou a maior força na previsão do comportamento da respectiva variável.

(iii) A impedância elétrica foi capaz de detectar o colapso pulmonar decorrente da aspiração, sugerindo a existência de um padrão de comportamento. Suas medidas apresentaram correlações altas com as variáveis de mecânica respiratória e troca gasosa ratificando a tomografia de impedância elétrica como uma excelente tecnologia de medição em tempo real, a beira do leito, do estado funcional pulmonar.

(iv) O colapso pulmonar mostrou-se significativamente influenciado primeiramente pelo nível de inserção da sonda de aspiração e secundariamente pela magnitude de pressão negativa.

(v) A inclusão do número de ordem do ensaio no modelo de regressão do colapso pulmonar faz com que o nível de pressão negativa passe a não ser significativo.

(vi) Os resultados sugerem que o número de intervenções de aspiração por indivíduo e o nível de aspiração devem ser observados durante o processo de remoção de secreções do trato respiratório inferior em sistema aberto de aspiração, visando reduzir o percentual de colapso pulmonar decorrente.

Ressalta-se que, para o surgimento de uma recomendação clínica, ainda há a necessidade de se investigar a influência destes componentes numa situação real de hipersecreção pulmonar, reconhecendo o efeito da pressão negativa sobre a pressão no interior do trato respiratório inferior, a capacidade de remoção efetiva de muco em sistema aberto e fechado de aspiração.

REFERÊNCIAS

1. AARC American Association for Respiratory Care: clinical practice guideline. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated adults and children with artificial airways. *Respir. Care*, 1993 May; 38(5): 500-4.
2. Adler, A.; Shinozuka, N.; Berthiaume, Y.; Guardo, R.; Bates, J. H. T. Electrical impedance tomography can monitor dynamic hyperinflation in dogs. *J. Appl. Physiol.*, 1998 Feb; 84(2): 726-32.
3. Akgul, S.; Akyolcu, N. Effects of normal saline on endotracheal suctioning. *J. Clin. Nurs.*, 2002 Nov; 11(6): 826-30.
4. Alcap Assistência Técnica Hospitalar Ltda. (BR/MG). [s.a]. *Aspirador de secreção interna e externa*. BR PI8501070-7, 11 Mar 1985.
5. Allen, D. Making sense of suctioning. *Nursing Times*, 1988 Mar 9-15; 84(10): 46-7.
6. Almgren, B.; Wickerts, C. J.; Heinonen, E.; Hogman, M. Side effects of endotracheal suction in pressure- and volume-controlled ventilation. *Chest*, 2004 Mar; 125(3): 1077-80.
7. Ashurst, S. Suction therapy in the critically ill patient. *Br. J. Nurs.*, 1992 Sep 24-Oct 7; 1(10): 485-9.
8. Auler Jr, J. O. C.; Miyoshi, E.; Fernandes, C. R. *et al.* The effects of abdominal opening on respiratory mechanics during general anesthesia in normal and morbidly obese patients: a comparative study. *Anesth. Analg.*, 2002 Mar; 94(3): 741-8.
9. Auler Jr, J. O. C.; Amaral, R. V. G. *Assistência ventilatória mecânica*. São Paulo: Atheneu, 1995.
10. Avena, M. J.; Carvalho, W. B.; Beppu, O. S. Avaliação da mecânica respiratória e da oxigenação pré e pós-aspiração de secreção em crianças submetidas à ventilação pulmonar mecânica. *Rev. Assoc. Med. Bras.*, 2003 Jun; 49(2): 156-161.
11. Azeredo, C. A. C. *Fisioterapia respiratória no hospital geral*. São Paulo: Manole, 2000.
12. Bandeira, C. O. P.; Taha, M. O.; Steffens, V. A. *et al.* Pneumectomia utilizando sutura em bloco do hilo pulmonar por grampeador linear em cães. *Acta Scientiarum. Health Science, Brasil*, 2001 Mai; 23(3): 671-674.
13. Barbas, C. S.; de Matos, G. F.; Okamoto, V.; Borges, J. B.; Amato, M. B.; de Carvalho, C. R. Lung recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome. *Respir. Care Clin. N. Am.*, 2003 Dec; 9(4): 401-18.
14. Barnes, Ralph Mosser. *Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho*. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2001.
15. Bates, J. H.; Rossi, A.; Milic-Emili, J. Analysis of the behavior of the respiratory system with constant inspiratory flow. *J. Appl. Physiol.*, 1985 Jun; 58(6): 1840-8.

16. Bekos, V.; Marini, J. J. Monitoring the mechanically ventilated patient. *Crit. Care Clin.*, 2007 Jul; 23(3): 575-611.
17. Berlly, M.; Shem, K. Respiratory management during the first five days after spinal cord injury. *J. Spinal Cord. Med.*, 2007 30(4): 309–318.
18. Berney, S.; Denehy, L. A comparison of the effects of manual and ventilator hyperinflation on static lung compliance and sputum production in intubated and ventilated intensive care patients. *Physiother. Res. Inter.*, 2002; 7(2):100-8.
19. Brandstater, B.; Muallem, M. Atelectasis following tracheal suctioning in infants. *Anesthesiology*, 1969 Nov; 31(5): 468-73.
20. Brasil. Ministério da Saúde. Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (Cnes). Disponível em <http://cnes.datasus.gov.br/>. Arquivo consultado em fevereiro de 2010.
21. Brown, B. H. Electrical impedance tomography (EIT): a review. *J. Med. Eng. Technol.*, 2003 May-Jun; 27(3): 97-108.
22. Burburan, S. M.; Xisto, D. G.; Ferreira, H. C.; Riva, D. R.; Carvalho, G. M. C.; Zin, W. A.; Rocco, P. R. Lung mechanics and histology during sevoflurane anesthesia in a model of chronic allergic asthma. *Anesthesia & Analgesia*, 2007 Mar; 104(3): 631-7.
23. Campos, S. L. *Desenvolvimento de um sistema para controle da pressão de vácuo em equipamentos de aspiração de secreções de vias aéreas*. Dissertação. Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
24. Campos, S. L.; Filho, J. P. D.; Soares, F. C.; Andrade, R. M.; Pinotti, M. Medição da pressão de vácuo gerada por um sistema de aspiração de secreções para uso ambulatorial. In: *7 Congresso Ibero Americano de Engenharia Mecânica*, Cidade do México, 2005.
25. Campos, S. L.; Filho, J. P. D.; Andrade, R. M.; Pinotti, M. Vacuometria no sistema portátil de aspiração de secreções In: *Anais VIII Congresso Mineiro de Terapia Intensiva*. Associação Médica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2003.
26. Campos, S. L.; Soares, F.; Pinotti, M. Análise por modelagem matemática da influência do número de orifícios dos dispositivos de sucção na pressão de aspiração. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Paulo, 2004a Setembro; Suplem, p. 211-212.
27. Campos, S. L.; Filho, J. P. D.; Soares, F. C.; Andrade, R. M.; Pinotti, M. Medição de pressão de aspiração fornecida por um sistema portátil de aspiração de secreções. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Paulo, 2004b Setembro; Suplem, p. 218.
28. Caramez, M. P.; Schettino, G.; Suchodolski, K.; Nishida, T.; Harris, R. S.; Malhotra, A.; Kacmarek, R. M. The impact of endotracheal suctioning on gas exchange and hemodynamics during lung-protective ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Respir. Care*, 2006 May; 51(5): 497-502.
29. Caramez, M. P.; Miyoshi, E.; Harris, R. S.; Kacmarek, R. M.; Malhotra, A. Gas exchange impairment induced by open suctioning in acute respiratory distress syndrome: impact of permissive hypercapnia. *Crit. Care Med.*, 2008 Feb; 36(2): 560-4.

30. Carroll, P. Safe suctioning prn. *Registered Nurse*, 1994 May;57(5):32-6.
31. Carvalho, C. R. R.; Barbas, C. S. V.; Amato, M. B. P. Monitorização da mecânica respiratória In: Terzi, R. *Monitorização respiratória em UTI*. São Paulo: Atheneu, 1998. Cap. 17. p.405-421.
32. Carvalho, Carlos Roberto Ribeiro. A pesquisa experimental na pneumologia brasileira. *J. Pneumologia*, 2002 Nov; 28(6): 307-308.
33. Carvalho, Werther Brunow; Johnston, Cíntia. Análise comparativa dos sistemas de aspiração traqueal aberto e fechado. *Rev. Assoc. Med. Bras.*, 2007 Apr; 53(2): 99-99.
34. Castilho, E. C.; Braz J. R. C.; Catâneo A. J. M. *et al.* Efeitos da pressão limite (25 cmH₂O) e mínima de “selo” do balonete de tubos traqueais sobre a mucosa traqueal do cão. *Rev., Bras. Anesthesiol.*, 2003 Dec; 53(6): 743-55.
35. Çelik, S. A.; Kanan, N. A current conflict: use the isotonic sodium solution on endotracheal suctioning in critically ill patients. *Dimens. Crit. Care Nurs.*, 2006 Jan-Feb; 25(1): 11-4.
36. Celik, S. S.; Elbas, N. O. The standard of suction for patients undergoing endotracheal intubation. *Intensive Crit. Care Nurs.*, 2000 Jun; 16(3):191-8.
37. Cereda, M.; Villa, F.; Colombo, E.; Greco, G.; Nacoti, M.; Pesenti, A. Closed system endotracheal suctioning maintains lung volume during volume-controlled mechanical ventilation. *Intensive Care Med.*, 2001 Apr; 27(4): 648-54.
38. Chatila, W.; Hall, J. B.; Manthous, C. A. The effect of pulmonary secretions on respiratory mechanics in intubated patients. *Respir. Care*, 1995; 40 (10):1048-1051.
39. Chazal, I.; Hubmayr, R. D. Novel aspects of pulmonary mechanics in intensive care. *Br. J. Anaesth.*, 2003 Jul; 91(1): 81-91.
40. Clark, W. T.; Jones, B. R.; Clark, J. Dynamic pulmonary compliance as a measurement of lung function in dogs. *Vet. Record*, 1977 Dec 17; 101(25): 497-9.
41. Copnell, B.; Fergusson, D. Endotracheal suctioning: time-worn ritual or timely intervention? *American Journal of Critical Care*, 1995 Mar; 4(2): 100-5.
42. Costa, E. L. V.; Chaves; C. N.; Gomes, S.; Beraldo, M. A.; Volpe, M. S. Tucci, M. R. *et al.* Real-time detection of pneumothorax using electrical impedance tomography. *Crit Care Med.*, 2008 Apr; 36(4): 1230-8.
43. Czarnik R. E., Stone K. S., Everhart C. C. Jr., Preusser B. A. Differential effects of continuous versus intermittent suction on tracheal tissue. *Heart Lung*, 1991 Mar; 20 (2): 144-51.
44. Damasceno, Moyzes Pinto Coelho Duarte e Grupo de Ventilação Mecânica do Fundo AMIB *et al.* Ventilação mecânica no Brasil: aspectos epidemiológicos. *Rev. Bras. Ter. Intensiva* [online]. 2006 Jul.-Set; 18(3):219-228.

45. Dapco. *Fixação em Aço Inoxidável. Regras Gerais de Montagem*. Copyright 2005, DAPCO®. Disponível no site http://www.dapco.com.br/info/regras_gerais.htm. Arquivo consultado em 25 de janeiro de 2009.
46. Day, T.; Farnell, S.; Wilson-Barnett, J. Suctioning: a review of current research recommendations. *Intensive and Critical Care Nursing*, 2002 Apr; 18(2): 79-89.
47. Dean, B. Evidence-based suction management in accident and emergency: a vital component of airway care. *Accident and Emergency Nursing*, 1997 Apr; 5(2): 92-8.
48. Demir, F.; Dramali, A. Requirement for 100% oxygen before and after closed suction. *J. Adv. Nurs.*, 2005 Aug; 51(3): 245-51.
49. Diogo, R. C. S. *Desenvolvimento da Web Site educacional sobre intervenção de enfermagem: aspiração de secreções traqueobrônquicas*. Universidade Federal de São Paulo / Escola Paulista de Medicina / Curso de Enfermagem. Mestrado, São Paulo, 2001.
50. Donald, K. J.; Robertson, V. J.; Tsebelis, K. Setting safe and effective suction pressure: the effect of using a manometer in the suction circuit. *Intensive Care Med.*, 2000 Jan; 26(1):15-20.
51. Dutra, A. S.; Guimarães, I. O.; Campos, S. L. *Caracterização da aspiração endotraqueal em unidades de terapia intensiva adulto de hospitais de Belo Horizonte e Região Metropolitana*. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Fisioterapia. Centro Universitário de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 2007.
52. Dyhr, T.; Bonde, J.; Larsson, A. Lung recruitment manoeuvres are effective in regaining lung volume and oxygenation after open endotracheal suctioning in acute respiratory distress syndrome. *Crit. Care.*, 2003 Feb; 7(1): 55-62.
53. El Masry, A.; Williams, P. F.; Chipman, D. W.; Kratochvil, J. P.; Kacmarek, R. M. The impact of closed endotracheal suctioning systems on mechanical ventilator performance. *Respir. Care*, 2005 Mar; 50(3): 345-53.
54. Esteban, A.; Anzueto, A.; Alia I. *et al.* How is mechanical ventilation employed in the intensive care unit? An international utilization review. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2000 May; 161(5): 1450-8.
55. Esteban, A.; Anzueto, A.; Frutos F, *et al.* Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *JAMA*, 2002 Jan 16; 287(3): 345-55.
56. Faffe, D. S.; Zin, W. A. Métodos de estudo da mecânica respiratória In: Aidé, M. A.; Cardoso, A. P.; Rufino, R. *et al.* *SOPTERJ Sociedade de Pneumologia e Tisiologia do Estado do Rio de Janeiro - Pneumologia Aspectos práticos e atuais*. Rio de Janeiro: Revinter, 2001. p.18-22.
57. Fagundes, D. J.; Taha, M. O. Modelo animal de doença: critérios de escolha e espécies de animais de uso corrente. *Acta Cir. Bras.*, 2004 Jan-Feb; 19(1): 59-65.
58. Faires, Virgil M. *Elementos Orgânicos de Máquinas*. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos. 1982.

59. Farias, A. M. C.; Silvos, A. M.; Neves, J. L. B. Intubação e traqueostomia. In: Carvalho, C. R. R. (Editor). *Ventilação Mecânica. VII – Avançado*. Série Clínicas Brasileiras de Medicina Intensiva. São Paulo: Atheneu, 2000.
60. Faustino, Eduardo Antonio. Mecânica pulmonar de pacientes em suporte ventilatório na unidade de terapia intensiva. Conceitos e monitorização. *Rev. Bras. Ter. Intensiva*, 2007 Jun; 19(2): 161-9.
61. Frederico Eugenio Pfeifer (AR). Pfeifer, F. E. *Dispositivo regulador de vácuo com volume fixo de água para drenagem por aspiração*. AR M980101969; BR MU7901435-6, 27 Abr 2004.
62. Fernandes, Cláudia Regina. A importância da pressão pleural na avaliação da mecânica respiratória. *Rev. Bras. Anesthesiol.*, 2006 Jun; 56(3): 287-303.
63. Fernandez, M. D.; Piacentini, E.; Blanch, L.; Fernandez, R. Changes in lung volume with three systems of endotracheal suctioning with and without pre-oxygenation in patients with mild-to-moderate lung failure. *Intensive Care Med.*, 2004 Dec; 30(12): 2210-5.
64. Fiorentini, A. Potential hazards of tracheobronchial suctioning. *Intensive and Critical Care Nursing*, 1992 Dec; 8(4): 217-26.
65. Fox, R. W.; McDonald, A. T. *Introdução à Mecânica dos Fluidos*. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 504p.
66. Frerichs, I. Electrical impedance tomography (EIT) in applications related to lung and ventilation: a review of experimental and clinical activities. *Physiol. Meas.* 2000 May; 21(2): R1-21.
67. Gaya, A.; Garlimp, D. *e t al.* *Ciências do movimento humano: introdução à metodologia da pesquisa*. Porto Alegre: Artmed, 2008. 304p.
68. Giganti, A. N.; Maddern, B. R. P142: Airway Suction: Not So Simple. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 2007 Aug; 137(2): 259-259.
69. Glass, C. A.; Grap, M. J. Ten tips for safer suctioning. *American Journal of Nursing*, 1995 May; (5): 51-53.
70. Goodman, L. R.; Conrardy, P. A.; Laing, F.; Singer, M. M. Radiographic evaluation of endotracheal tube position. *Am. J. Roentgenol.*, 1976 Sep; 127(3): 433-4.
71. Gottfried, S. B.; Higgs, B. D.; Rossi, A. *et al.* Interrupter technique for measurement of respiratory mechanics in anesthetized humans. *J. Appl. Physiol.*, 1985 Aug; 59(2): 647-52.
72. Gould, D. A.; Baun, M. M. The Role of the Pulmonary Afferent Receptors in Producing Hemodynamic Changes during Hyperinflation and Endotracheal Suctioning in an Oleic Acid-Injured Animal Model of Acute Respiratory Failure. *Biol. Res. Nurs.*, 2000 Jan; 1(3): 179-89.

73. Guglielminotti, J.; Alzieu, M.; Maury, E.; Guidet, B.; Offenstadt, G. Bedside detection of retained tracheobronchial secretions in patients receiving mechanical ventilation: is it time for tracheal suctioning? *Chest*, 2000 Oct; 118(4): 1095-9.
74. Guglielminotti, J.; Desmots, J. M.; Dureuil, B. Effects of tracheal suctioning on respiratory resistances in mechanically ventilated patients. *Chest*, 1998 May; 113(5): 1335-8.
75. *Guidance on the Operation of the Animals (Scientific Procedures) act of 1986*, The Stationery Office, 15 May, 2000, retrieved December 6, 2006. Disponível no site <http://www.archive.official-documents.co.uk/document/hoc/321/321.htm>. Arquivo consultado em 02 de agosto de 2008.
76. Hoffman, A. M. Airway physiology and clinical function testing. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, 2007 Sep; 37(5):829-43.
77. Hoffman, L. A.; Maszkiewicz, R. C. Airway management - the basics of suctioning. *American Journal of Nursing*, 1987 Jan; (1): 40-5.
78. Isaacson, D.; Cheney, M.; Newell, J. C. Electrical impedance tomography. Comments on reconstruction algorithms. *Clin. Phys. Physiol. Meas.* 1992; 13 Suppl A: 83-9.
79. Ji, Y. R.; Kim, H. S.; Park, J. H. Instillation of normal saline before suctioning in patients with pneumonia. *Yonsei Med. J.*; 2002 Oct; 43(5): 607-12.
80. John, R. E. S. Airway management. *Crit. Care Nurse*, 2004 Apr; 24(2): 93-97.
81. Jubran, A. Advances in respiratory monitoring during mechanical ventilation. *Chest*, 1999 Nov; 116(5): 1416-25.
82. Kanto, R.; Fagundes, D. J. Estudo morfológico comparativo de anastomoses colônicas por invaginação versus em plano único extra-mucoso, em cães. *Rev. Bras. Coloproct.*, 2005; 25(1): 51-9.
83. Karason, S.; Antonsen, K.; Aneman, A. Ventilator treatment in the Nordic countries. A multicenter survey. *Acta Anaesthesiol. Scand.*, 2002 Oct; 46(9): 1053-61.
84. Kelleher, S.; Andrews, T. An observational study on the open-system endotracheal suctioning practices of critical care nurses. *J. Clin. Nurs.*, 2008 Feb; 17(3): 360-9.
85. King, M. Experimental models for studying mucociliary clearance. *Eur. Respir. J.*, 1998 Jan; 11(1): 222-8.
86. Krick, Edward V. *Métodos e sistemas: desenvolvimento e avaliação dos métodos de trabalho*. Trad. de Roberto Verduscon. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos. 1971. 2 v.
87. Kunst, P. W.; Böhm, S. H.; Vazquez de Anda, G.; Amato, M. B.; Lachmann, B.; Postmus, P. E.; de Vries, P. M. Regional pressure volume curves by electrical impedance tomography in a model of acute lung injury. *Crit. Care Med.*, 2000 Jan; 28(1):178-83.

88. Kunst, P. W.; Vazquez de Anda, G.; Bohm, S. H. *et al.* Monitoring of recruitment and derecruitment by electrical impedance tomography in a model of acute lung injury. *Crit. Care Med.*, 2000 Dec; 28(12): 3891-5.
89. Kunst, P. W.; Vonk Noordegraaf A.; Hoekstra, O. S.; Postmus, P. E.; de Vries, P. M. Ventilation and perfusion imaging by electrical impedance tomography: a comparison with radionuclide scanning. *Physiol. Meas.*, 1998 Nov; 19(4): 481-90.
90. Kuzenski, B. M. Effect of negative pressure on tracheobronchial trauma. *Nurs. Res.*, 1978 Jul-Aug; 27(4): 260-3.
91. Kwasnicka, K. L.; Stopiglia, A. J.; Freitas, R. R.; Fantoni, D. T. Avaliação hemogasométrica durante a parada circulatória total – Inflow Occlusion - aplicada por diferentes períodos de tempo em cães saudáveis. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, 2000, 37 (3), p. 00-00. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-95962000000300011&lng=pt&nrm=iso>. ISSN 1413-9596. doi: 10.1590/S1413-95962000000300011.
92. Lasocki, S.; Lu, Q.; Sartorius, A.; Fouillat, D.; Remerand, F.; Rouby, J. J. Open and closed-circuit endotracheal suctioning in acute lung injury: efficiency and effects on gas exchange. *Anesthesiology*, 2006 Jan; 104(1): 39-47.
93. Leighton, H. Effect of endotracheal suctioning on the intracerebral haemodynamics of patients in fulminant hepatic failure. *Intensive and Critical Care Nursing*, 1997 Aug; 13(4): 198-208.
94. Leiman, B. C.; Katz, J.; Stanley, T. H.; Butler, B. D. Removal of tracheal secretions in anesthetized dogs: balloon catheters versus suction. *Anesth. Analg.*, 1987 Jun; 66(6):529-32.
95. Lima, M. L. P. *Considerações anestésicas para a realização de cirurgias torácicas em pequenos animais*. Monografia. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista. Curso de Especialização em Anestesiologia Veterinária. Orientador: Francisco J. Teixeira Neto. Botucatu (SP). Fev. 2004.
96. Lindgren, S.; Odenstedt, H.; Olegard, C.; Sondergaard, S.; Lundin, S.; Stenvist, O. Regional lung derecruitment after endotracheal suction during volume - or pressure - controlled ventilation: a study using electric impedance tomography. *Intensive Care Med.*, 2007 Jan; 33(1): 172-80.
97. Lindgren, S.; Almgren, B.; Hogman, M.; Lethvall, S.; Houltz, E.; Lundin, S.; Stenvist, O. Effectiveness and side effects of closed and open suctioning: an experimental evaluation. *Intensive Care Med.*, 2004 Aug; 30(8): 1630-7.
98. Locker, G. J.; Staudinger, T.; Knapp, S.; Burgmann, H.; Laczika, K. F.; Zimmerl, M.; Hörmann, M.; Frass, M. R. Assessment of the proper depth of endotracheal tube placement with the Trachlight. *J. Clin. Anesth.*, 1998 Aug; 10(5): 389-93.
99. Lorente, L.; Lecuona, M.; Jiménez, A.; Mora, M. L.; Sierra, A. Tracheal suction by closed system without daily change versus open system. *Intensive Care Med.*, 2006 Apr; 32(4): 538-44.

100. Lu, Q.; Capderou, A.; Cluzel, P. *et al.* A computed tomographic scan assessment of endotracheal suctioning-induced bronchoconstriction in ventilated sheep. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2000 Nov; 162(5): 1898-904.
101. Lucangelo, U.; Bernabè, F.; Blanch, L. Lung mechanics at the bedside: make it simple. *Curr. Opin. Crit. Care*, 2007 Feb; 13(1): 64-72.
102. Lucangelo, U.; Bernabè, F.; Blanch, L. Respiratory mechanics derived from signals in the ventilator circuit. *Respir. Care*, 2005 Jan; 50(1): 55-65; discussion 65-7.
103. Luecke, T.; Meinhardt, J. P.; Herrmann, P.; Weiss, A.; Quintel, M.; Pelosi, P. Oleic acid vs saline solution lung lavage-induced acute lung injury: effects on lung morphology, pressure-volume relationships, and response to positive end-expiratory pressure. *Chest*, 2006 Aug; 130(2): 392-401.
104. Maggiore, S. M.; Lellouche, F.; Pigeot, J.; Taille, S.; Deye, N.; Durrmeyer, X. *et al.* Prevention of endotracheal suctioning-induced alveolar derecruitment in acute lung injury. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2003 May 1; 167(9): 1215-24.
105. Massone, F. *Anestesiologia veterinária: farmacologia e técnicas*. São Paulo: Guanabara Koogan, 2003.
106. McKiernan, B. C.; Johnson, L. R. Clinical pulmonary function testing in dogs and cats. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, 1992 Sep; 22(5): 1087-99.
107. Melo, P. L.; Werneck, M. M.; Giannella-Neto, A. Avaliação de mecânica ventilatória por oscilações forçadas: fundamentos e aplicações clínicas. *J. Pneumologia*, 2000 Aug; 26(4): 194-206.
108. Mendes, J.; Vieira, G. J.; Peixe, A. *Fisioterapia Respiratória em Pediatria*. Disponível no site <http://www.cefir.com.br/artigos>. Arquivo consultado em 10 de maio de 2008.
109. Ministério da Saúde. Agência Fiocruz de Notícias. Pesquisas do CPqRR subsidiam combate à endemia de leishmaniose. Disponível no site <http://www.fiocruz.br/ccs/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infolid=143&sid=9>. Arquivo consultado em 05 de março de 2009.
110. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução 01 de 15/07/1988. Decreto 93.933, de 14/01/1987. Normas de pesquisa em saúde. Capítulo II: Aspectos éticos da pesquisa em seres humanos. Artigo 5, Item II.
111. Mitruka, B. M.; Rawnsley, H. M. Clinical Biochemical and Hematological Reference Values in Normal Experimental Animals. New York: Masson Publishing, 1977 *apud* Pompeu, E. *Parâmetros Biológicos dos Principais Animais de Experimentação Fornecidos pelo Biotério Central da FMUSP*. Disponível no site <http://www.tcirurgica.fm.usp.br/bioterio/caes>. Arquivo Consultado em 12 de agosto de 2005.
112. Moore, T. Suctioning techniques for the removal of respiratory secretions. *Nurs. Stand.*, 2003 Nov 12-18; 18(9): 47-53.

113. Moritz, R. D. Sedação, analgesia e bloqueio neuromuscular dos pacientes sob ventilação mecânica. In: Carvalho, C. R. R. (Editor). *Ventilação Mecânica. VII – Avançado*. Série Clínicas Brasileiras de Medicina Intensiva. São Paulo: Atheneu, 2000. p. 55-77.
114. Morrow, B. M.; Futter, M. J.; Argent, A. C. Endotracheal suctioning: from principles to practice. *Intensive Care Med.*, 2004 Jun; 30(6): 1167-74.
115. O'Quin, R. J.; Marini, J. J.; Culver, B. H. *et al.* Transmission of airway pressure to pleural space during lung edema and chest wall restriction. *J. Appl. Physiol.*, 1985 Oct; 59(4): 1171-7.
116. Odell, A.; Allder, A.; Bayne, R.; Everett, C.; Scott, S.; Still, B.; West, S. Endotracheal suction for adult, non-head injured patients. A review of literature. *Intensive and Critical Care Nursing*, 1993 Dec; 9(4): 274-8.
117. Oh H.; Seo, W. A meta-analysis of the effects of various interventions in preventing endotracheal suction-induced hypoxemia. *Journal of Clinical Nursing*, 2003 Nov; 12(6): 912-24.
118. Oliveira, H. P.; Alves, G. E. S.; Rezende, C. M. F. Eutanásia em medicina veterinária. Resumo das apresentações junto ao Comitê de Ética em Experimentação animal da UFMG (CETEA), 2002. Documento pdf disponível no site www.cetea.ufmg.br. Arquivo consultado em 15 de maio de 2005.
119. Paiva Filho, O.; Braz, J. R. C.; Silva, F. P. *et al.* Variação da pressão sistólica como indicadora precoce de hipovolemia e guia de reposição volêmica com solução hiperosmótica e hiperoncótica no cão. *Rev. Bras. Anesthesiol.*, 2003 Jun; 53(3): 361-76.
120. Papa, V.; Trimer, R. O papel do fisioterapeuta na UTI de cardiologia In: Regenga, M. M. *Fisioterapia em Cardiologia – da UTI à Reabilitação*. São Paulo: Roca, 2000. Cap.1. p. 09-10.
121. Paul-Allen, J.; Ostrow, L. Survey of nursing practices with closed-system suctioning. *American Journal of Critical Care.*, 2000 Jan; 9(1): 9-17.
122. Pelosi, P.; Goldner, M.; Mckibben, A. *et al.* Recruitment and derecruitment during acute respiratory failure: an experimental study. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2001 Jul 1; 164(1): 122-30.
123. Peruzzi, W. T.; Smith, B. Bronchial hygiene therapy. *Critical Care Clinics*, 1995 Jan; 11 (1): 79-96.
124. Peter, J. V.; Chacko, B.; Moran, J. L. Comparison of closed endotracheal suction versus open endotracheal suction in the development of ventilator-associated pneumonia in intensive care patients: an evaluation using meta-analytic techniques. *Indian J. Med. Sci.*, 2007 Apr; 61(4):201-11.
125. Plum, F.; Dunning, M. F. Technics for minimizing trauma to the tracheobronchial tree after tracheotomy. *N. Engl. J. Med.*, 1956 Feb 2; 254(5):193-200.

126. Prado Filho, O. R.; Steffens, V. A.; Santos, A. B.; Lukiantchuki, L. P. A.; Moreira, R. P. Xilazina como pré-medicação para anestesia com tiopental sódico em cães. *Acta Cir Bras.*, [serial online] 2000 Jun; 15(2). Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-86502000000200007&lng=en. doi: 10.1590/S0102-86502000000200007.
127. Pryor, J. A., Webber, B. A. *Fisioterapia para problemas respiratórios e cardíacos*. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. Cap.8: Técnicas fisioterápicas. p.115-6.
128. Regan, K.; Kleinfeld, M. E.; Erick, P. C. Fisioterapia para pacientes com cirurgia abdominal ou torácica In: Irvin S., Tecklin, J. S. *Fisioterapia Cardiopulmonar*. 2 ed. São Paulo: Editora Manole, 1994. Cap.16. p.332-3.
129. Regan, M. Tracheal mucosal injury - the nurse's role. *Nursing (Lond)*., 1988 Aug-Sep; 3(29): 1064-6.
130. Reissmann, H.; Bohm, S. H.; Suarez-Sipmann, F.; Tusman, G.; Buschmann, C.; Maisch, S.; Pesch, T.; Thamm, O.; Plumers, C.; Schulte, A. M.; Esch, J.; Hedenstierna, G. Suctioning through a double-lumen endotracheal tube helps to prevent alveolar collapse and to preserve ventilation. *Intensive Care Med.*, 2005 Mar; 31(3): 431-4.
131. Rocco, P. R. M.; Zin, W. A. Mecânica respiratória no paciente crítico In: Terzi, R.. *Monitorização respiratória em UTI*. São Paulo: Atheneu, 1998. Cap. 3. p. 57-115.
132. Rogge, J. A.; Bunde, L.; Baun, M. M. Effectiveness of oxygen concentrations of less than 100% before and after endotracheal suction in patients with chronic obstructive pulmonary disease (abstract). *Heart Lung*., 1989 Jan; 18(1): 64-71.
133. Rosa, F. K.; Roese, C. A.; Savi, A.; Dias, A. S.; Monteiro, M. B. Comportamento da mecânica pulmonar após a aplicação de protocolo de fisioterapia respiratória e aspiração traqueal em pacientes com ventilação mecânica invasiva. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*., 2007 Abr-Jun; 19(2): 170-5.
134. Rozanski, E. A.; Hoffman, A. M. Pulmonary function testing in small animals. *Clin. Tech. Small Anim. Pract.*, 1999 Nov; 14(4):237-41.
135. Rubin, B. K. Physiology of airway mucus clearance. *Respiratory Care*, 2002 Jul; 47(7): 761-77.
136. Santos, P. M.; Afassiabi, A.; Weymuller, E. A. Risk factors associated with prolonged intubation and laryngeal injury. *Otolaryngol. Head and Neck Surg.*, 1994 Oct; 111(4): 453-9.
137. Santos, A. C.; Zanette, S. A. Assistência fisioterápica a pacientes em terapia intensiva In: Barreto, S. S. M., Vieira, S. R. R., Pinheiro, C. T. S. *Rotinas em terapia intensiva*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001. Cap. 69. p. 607.
138. Scanlan, G. L.; Wilkins, R. L.; Stoller, J. K. *Fundamentos da terapia respiratória de Egan*. 7 ed. São Paulo: Manole, 2000. Cap.29: Tratamento das vias aéreas. p. 609-50.
139. Schulze, A. Respiratory gas conditioning in infants with an artificial airway. *Semin. Neonatal*., 2002 Oct; 7(5): 369-77.

140. Selsby, D.; Jones, J. G. Some physiological and clinical aspects of chest physiotherapy. *Br. J. Anaesth.*, 1990 May; 64(5): 621-31.
141. SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. *Noções Básicas de Elementos de Máquinas*. Vitória: SENAI-ES: Departamento Regional do Espírito Santo, 1996. 118 p.
142. Sensum Indústria e Comércio Ltda ME (BR/SP). Gama, Sergio; Lopes, Rodolfo José. *Medidor de vácuo regulador a resistência constante*. BR PI8701126-3, 23 Fev 1987.
143. Singh, N. C.; Kissoon, N.; Frewen, T.; Tiffin, N. Physiological responses to endotracheal and oral suctioning in paediatric patients: the influence of endotracheal tube sizes and suction pressures. *Clin. Intensive Care*, 1991; 2(6):345-50.
144. Sipmann FS, Borges JB, Caraméz MP, *et al.* Selecting PEEP during mechanical ventilation by using electrical impedance tomography (EIT). *Am. J. Resp. Crit. Care Med.*, 2000; 161: A488.
145. Smiseth, O. A.; Veddeng, O. A comparison of changes in esophageal pressure and regional juxtacardiac pressures. *J. Appl. Physiol.*, 1990 Sep; 69(3): 1053-7.
146. Smith, S. J. Suctioning the airway. *Emergency*, 1993; 25(3): 41-5.
147. Sole, M. L.; Byers, J. F.; Ludy, J. E.; Ostrow, C. L. Suctioning techniques and airway management practices: pilot study and instrument evaluation. *Am. J. Crit. Care*, 2002 Jul; 11(4): 363-8.
148. Sole, M. L.; Byers, J. F.; Ludy, J. E.; Zhang, Y.; Banta, C. M.; Brummel, K. A multisite survey of suctioning techniques and airway management practices. *Am. J. Crit. Care*, 2003 May; 12(3): 220-30.
149. Stenqvist, O. Practical assessment of respiratory mechanics. *Br. J. Anaesth.*, 2003 Jul; 91(1): 92-105.
150. Stoble, D.; Caywood, D. D.; Rozanski E. A. *et al.* Evaluation of pulmonary function and analgesia in dogs after intercostal thoracotomy and use of morphine administered intramuscularly or intrapleurally and bupwacame administered intrapleurally. *Am. J. Vet. Res.*, 1995 Aug; 56(8): 1098-109.
151. Taino, Bruno Ferreira; Nogueira, Ivan Daniel Bezerra; Oliveira, Márcio Aparecido de; Nogueira, Patrícia Angélica de Miranda Silva. Posição Prona em pacientes cardiopatas: revisão da literatura. *O mundo da saúde*, 2008 jan-mar; 32(1): 70-3.
152. Thompson, L. Suctioning adults with an artificial airway. *Best Practice*. Evidence based practice information sheets for health professionals. 4(1): 1-6, 2000. Disponível no site http://www.joannabriggs.edu.au/pdf/BPISEng_4_4.pdf . Arquivo consultado em 01 de fevereiro de 2009.
153. Universidade Federal de Minas Gerais (BR/MG). Gusmão, Sebastião Nataniel Silva. *Dispositivo de graduação da pressão de sucção do aspirador*. BR PI 0303078-4, 22 Ago 2003.

154. Universidade Federal de Minas Gerais (BR/MG). Campos, S. L.; Soares, F. C.; Deus Júnior, J. R. B.; Barbosa, M. P. *Dispositivo de controle e monitoração da pressão de vácuo em sistemas de aspiração de secreções biológicas*. BR 014080002479, 17 Abr 2008.
155. Van der Leur, J. P.; Zwaveling, J. H.; Loef, B. G.; Van der Schans, C. P. Endotracheal suctioning versus minimally invasive airway suctioning in intubated patients: a prospective randomised controlled trial. *Intensive Care Med.*, 2003 Mar; 29(3): 426-32.
156. Van der Schans, C. P. Physiotherapy and Bronchial mucus transport. *Proceedings of thesis*. p. 45 and 63. 1957.
157. Van Genderingen, H. R.; Van Vught, A. J.; Jansen, J. R. Estimation of regional lung volume changes by electrical impedance tomography during a pressure-volume maneuver. *Intensive Care Med.*, 2003 Feb; 29(2): 233-40.
158. Victorino, J. A.; Borges, J. B.; Okamoto, V. N. *et al.* Imbalances in regional lung ventilation: A validation study on electrical impedance tomography. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2004 Apr 1; 169(7): 791-800.
159. Vieira, Sonia; Hossne, William Saad. *Metodologia científica para a área de saúde*. 1 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2002, 192 p.
160. Von Vonk Noordegraaf A, Kunst PW, Janse A, *et al.* Pulmonary perfusion measured by means of electrical impedance tomography. *Physiol. Meas.* 1998; 19: 263-73.
161. Wainwright, S. P.; Gould, D. Endotracheal suctioning: an example of the problems of relevance and rigour in clinical research. *Journal of Clinical Nursing*, 1996 Nov; 5(6): 389-98.
162. Walder Costa (BR/MG). Costa, Walder. *Aspirador cirúrgico com pressão regulável*. BR MU6902511-8, 01 Dez 1989.
163. Willemen, R. L. A. *Aspiração de vias aéreas: implicações para a(o) enfermeira(o) de cuidados intensivos*. Trabalho apresentado no Curso de Pós-Graduação de Enfermagem em Cuidados Intensivos da Universidade Federal Fluminense. Mestrado, Rio de Janeiro, 2002.
164. Wrigge, H.; Zinserling, J.; Muders, T. *et al.* , Electrical impedance tomography compared with thoracic computed tomography during a slow inflation maneuver in experimental models of lung injury. *Crit. Care Med.*, 2008 Mar; 36(3):903-9.
165. Wood, C. J. Endotracheal suctioning: a literature review. *Intensive and Critical Care Nursing*, 1998a Jun; 14(3): 124-36.
166. Wood, C. J. (1998b). Can nurses safely assess the need for endotracheal suction in short-term ventilated patients, instead of using routine techniques? *Intensive Crit. Care Nurs.*, 1998b Aug; 14(4):170-8.
167. Woodard, F. H.; Jones, M. Cuidados intensivos para o adulto crítico In: Pryor, J. A., Webber, B. A. *Fisioterapia para problemas respiratórios e cardíacos*. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. Cap. 11. p. 205-7.

168. Woolcock, A. J.; Macklem, P. T. Mechanical factors influencing collateral ventilation in human, dog, and pig lungs. *J. Appl. Physiol.*, 1971 Jan; 30(1): 99-115.
169. Zadehkoochak M, Blott BH, Hames TK, George RF. Pulmonary perfusion and ventricular ejection imaging by frequency domain filtering of EIT (electrical impedance tomography) images. *Clin. Phys. Physiol. Meas.*, 1992; 13 Suppl A: 191-6.
170. Zeitoun, S. S.; Barros, Alba Lúcia Botura Leite; Diccini, S.; Goncalves, S. R. Sistema aberto de aspiração endotraqueal versus sistema fechado de aspiração endotraqueal; relação custo/benefício e implicações para a assistência de enfermagem. *Acta Paulista de Enfermagem*, São Paulo, 2000; v. 13, n. especial: 230-3.
171. Zin, W. A.; Pengelly, L. D.; Milic-Emili, J. Single-breath method for measurement of respiratory mechanics in anesthetized animals. *J. Appl. Physiol.*; 1982 May; 52(5): 1266-71.

ANEXO A AARC Clinical Practice Guideline

Endotracheal Suctioning of Mechanically Ventilated Adults and Children with Artificial Airways

ETS 2.0 DESCRIPTION:

Endotracheal suctioning is a component of bronchial hygiene therapy and mechanical ventilation and involves the mechanical aspiration of pulmonary secretions from a patient with an artificial airway in place. The procedure includes patient preparation, the suctioning event(s), and follow-up care.

2.1 Patient Preparation:

2.1.1 In preparation for the suctioning event, the patient *should* receive hyperoxygenation by the delivery of 100% oxygen for > 30 seconds prior to the suctioning event.(1,2) This may be accomplished by any of the following:

2.1.1.1 by adjusting the FIO₂ setting on the mechanical ventilator.

2.1.1.2 by use of a temporary oxygen-enrichment program available on many microprocessor ventilators.(3)

2.1.1.3 by manually ventilating the patient with an increased FIO₂. (At least one study suggests that suctioning methods that use the ventilator for oxygenation and hyperinflation may be superior to use of the manual resuscitator).(4)

2.1.1.3.1 This technique has been shown to be ineffective for providing FDO₂ of 1.0.(5)

2.1.1.3.2 Practitioners should ensure that adequate PEEP levels are maintained while using this technique for patients requiring > 5 cm H₂O.

2.1.1.4 by the continuous or intermittent insufflation of oxygen through the suction catheter during the suction event(6-8)--Devices designed for this purpose may be difficult to use and are expensive.

2.1.1.5 It has been shown that delivery of increased tidal volumes is difficult while using this technique.(9)

2.1.2 In preparation for the suctioning event, the patient *may be* hyperventilated by delivery of an increased rate(1) and/or tidal volume. Hyperventilation may be accomplished by temporarily increasing the mandatory rate on the mechanical ventilator prior to the suctioning event or by increasing the rate of ventilation with a manual resuscitator. (Note: Care should be taken to maintain an adequate expiratory time to allow for complete exhalation of the delivered tidal volume.)(1)

2.1.3 In preparation for the suctioning event, the patient *may be* hyperinflated by the delivery of 'sigh' breaths prior to the suctioning event:

2.1.3.1 by increasing the ventilator-set tidal volume to exceed the set tidal volume,

2.1.3.2 by manually triggering preset sigh breaths on mechanical ventilators that are equipped with a sigh feature,(10) or

2.1.3.3 by manual ventilation with a resuscitation bag.

2.1.4 A closed-suction system may be used to facilitate continuous mechanical ventilation and oxygenation during the suctioning event.(1)

2.1.5 A patient may be placed on a pulse oximeter to assess oxygenation during and following the procedure.

2.1.6 A patient may receive normal saline by instillation through the artificial airway to dilute and mobilize pulmonary secretions.(11,12) The value of instilling other solutions appears to be based on anecdotal reports.

2.2 The Suctioning Event: The placement of a suction catheter through the artificial airway into the trachea and the application of negative pressure as the catheter is being withdrawn. Sterile technique should be employed. Each pass of the suction catheter into the artificial airway is considered a suctioning event. The duration of each suctioning event should be approximately 10-15 seconds.(13) Suction pressure should be set as low as possible and yet effectively clear secretions. (Experimental data to support an appropriate maximum suction level are lacking. Some textbooks cite maximum safe limits of 100-150 torr but do not reference their recommendations).(14,15)

2.3 Follow-Up Care: Following the suctioning event,

- 2.3.1 the patient *should be* hyperoxygenated by delivery of 100% oxygen for > or = 1 minute by the same technique(s) used to preoxygenate the patient.
- 2.3.2 the patient *may be* hyperventilated by increasing the respiratory rate and/or tidal volume by the same technique(s) used prior to suctioning.
- 2.3.3 the patient *should be* monitored for adverse reactions.

ETS 3.0 SETTING:

Endotracheal suctioning may be performed by properly trained persons in a wide variety of settings that include (but are not limited to):

- 3.1 Hospital
- 3.2 Extended care facility
- 3.3 Home
- 3.4 Outpatient clinic
- 3.5 Physician's office
- 3.6 Transport vehicle

ETS 4.0 INDICATIONS:

- 4.1 The need to remove accumulated pulmonary secretions as evidenced by one of the following:
 - 4.1.1 Coarse breath sounds by auscultation or 'noisy' breathing
 - 4.1.2 Increased peak inspiratory pressures during volume-controlled mechanical ventilation or decreased tidal volume during pressure-controlled ventilation.
 - 4.1.3 Patient's inability to generate an effective spontaneous cough.
 - 4.1.4 Visible secretions in the airway
 - 4.1.5 Changes in monitored flow and pressure graphics
 - 4.1.6 Suspected aspiration of gastric or upper airway secretions
 - 4.1.7 Clinically apparent increased work of breathing
 - 4.1.8 Deterioration of arterial blood gas values
 - 4.1.9 Radiologic changes consistent with retention of pulmonary secretions
- 4.2 The need to obtain a sputum specimen to rule out or identify pneumonia or other pulmonary infection or for sputum cytology
- 4.3 The need to maintain the patency and integrity of the artificial airway
- 4.4 The need to stimulate a patient cough in patients unable to cough effectively secondary to changes in mental status or the influence of medication
- 4.5 Presence of pulmonary atelectasis or consolidation, presumed to be associated with secretion retention

ETS 5.0 CONTRAINDICATIONS:

Endotracheal suctioning is a necessary procedure for patients with artificial airways. Most contraindications are relative to the patient's risk of developing adverse reactions or worsening clinical condition as result of the procedure. When indicated, there is no absolute contraindication to endotracheal suctioning because the decision to abstain from suctioning in order to avoid a possible adverse reaction may, in fact, be lethal.

ETS 6.0 HAZARDS/COMPLICATIONS:(1,2)

- 6.1 Hypoxia/hypoxemia(16-23)
- 6.2 Tissue trauma to the tracheal and/or bronchial mucosa(19,24)
- 6.3 Cardiac arrest(22,25)
- 6.4 Respiratory arrest(21)
- 6.5 Cardiac dysrhythmias(2,19,24)
- 6.6 Pulmonary atelectasis(17,19,21)
- 6.7 Bronchoconstriction/bronchospasm(19)

- 6.8 Infection (patient and/or caregiver)(19,26,27)
- 6.9 Pulmonary hemorrhage/bleeding(19,24)
- 6.10 Elevated intracranial pressure(28-30)
- 6.11 Interruption of mechanical ventilation(18)
- 6.12 Hypertension(31)
- 6.13 Hypotension(31)

ETS 7.0 LIMITATIONS OF METHOD:

Endotracheal suctioning is not a benign procedure, and operators should remain sensitive to possible hazards and complications and take all necessary precautions to ensure patient safety. Secretions in peripheral airways are not directly removed by endotracheal suctioning.

ETS 8.0 ASSESSMENT OF NEED:

Qualified personnel should assess the need for endotracheal suctioning as a routine part of a patient/ventilator system check.

ETS 9.0 ASSESSMENT OF OUTCOME:

- 9.1 Improvement in breath sounds
- 9.2 Decreased peak inspiratory pressure (PIP) with narrowing of PIP - Pplateau; decreased airway resistance or increased dynamic compliance; increased tidal volume delivery during pressure-limited ventilation
- 9.3 Improvement in arterial blood gas values (ABGs) or saturation as reflected by pulse oximetry (SpO₂)
- 9.4 Removal of pulmonary secretions

ETS 10.0 RESOURCES:

10.1 Necessary Equipment:

- 10.1.1 Vacuum source
- 10.1.2 Calibrated, adjustable regulator
- 10.1.3 Collection bottle and connecting tubing
- 10.1.4 Sterile disposable gloves
- 10.1.5 Sterile suction catheter of appropriate caliber. Diameter of the suction catheter should not exceed more than one half of the internal diameter of the artificial airway.(2,21,32) For selective main-stem suctioning, a curved-tip catheter may be helpful. The information related to the effectiveness of head turning for selective suctioning is inconclusive.
- 10.1.6 Sterile water and cup
- 10.1.7 Sterile normal saline, if instillation is desirable
- 10.1.8 Goggles, mask, and other appropriate equipment for Universal Precautions(33)
- 10.1.9 Oxygen source with a calibrated metering device
- 10.1.10 Manual resuscitation bag equipped with an oxygen enrichment device
- 10.1.11 Stethoscope

10.2 Optional Equipment:

- 10.2.1 EKG monitor
- 10.2.2 Pulse oximeter
- 10.2.3 Sterile sputum trap for culture specimen
- 10.2.4 Closed suction system
- 10.2.5 Oxygen insufflation device
 - 10.2.5.1 Double-lumen suction catheter for continuous oxygen insufflation(4,7,16)
 - 10.2.5.2 Control valve device to alternate suction and oxygen insufflation to the suction catheter(7,32)

10.3 Personnel: Personnel responsible for performing endotracheal suctioning should demonstrate the following--

- 10.3.1** Knowledge of proper use and assembly of all equipment used
- 10.3.2** Ability to recognize abnormal breath sounds by auscultation
- 10.3.3** Knowledge and understanding of the patient's history, disease process, and goals of treatment
- 10.3.4** Knowledge and understanding of basic physiology and pathophysiology
- 10.3.5** Knowledge and understanding of ventilation, mechanical ventilators, and their alarm systems
- 10.3.6** Knowledge and understanding of all artificial airways and adjuncts used
- 10.3.7** Ability to monitor vital signs, assess the patient's condition, and appropriately respond to complications or adverse reactions to the procedure
- 10.3.8** Ability to modify techniques and equipment in response to complications or adverse reactions
- 10.3.9** Knowledge of basic EKG interpretation
- 10.3.10** Ability to assess the need for and provide cardiopulmonary resuscitation
- 10.3.11** Ability to evaluate and document the effectiveness and patient response to the procedure
- 10.3.12** Knowledge and understanding of the CDC guidelines for Universal Precautions
- 10.3.13** Knowledge of signs and symptoms of decreased cardiac output, oxygenation, and perfusion
- 10.3.14** Ability to teach lay-persons the procedure for home and extended care
- 10.3.15** Lay-persons responsible for endotracheal suctioning outside the hospital should demonstrate:
 - 10.3.15.1** Knowledge, skill, and understanding of the assembly, use, maintenance, and cleaning of all equipment used
 - 10.3.15.2** Ability to assess the need for and patient response to the procedure
 - 10.3.15.3** Ability to perform the proper suctioning technique
 - 10.3.15.4** Ability to assess the need for and provide cardiopulmonary resuscitation

ETS 11.0 MONITORING:

The following should be monitored prior to, during, and after the procedure:

- 11.1** Breath sounds
- 11.2** Oxygen saturation
 - 11.2.1** Skin color
 - 11.2.2** Pulse oximeter, if available
- 11.3** Respiratory rate and pattern
- 11.4** Hemodynamic parameters
 - 11.4.1** Pulse rate
 - 11.4.2** Blood pressure, if indicated and available
 - 11.4.3** EKG, if indicated and available
- 11.5** Sputum characteristics
 - 11.5.1** Color
 - 11.5.2** Volume
 - 11.5.3** Consistency
 - 11.5.4** Odor
- 11.6** Cough effort
- 11.7** Intracranial pressure, if indicated and available
- 11.8** Ventilator parameters
 - 11.8.1** Peak inspiratory pressure and plateau pressure
 - 11.8.2** Tidal volume
 - 11.8.3** Pressure, flow, and volume graphics, if available
 - 11.8.4** FIO₂
- 11.9** Arterial blood gases, if indicated and available

ETS 12.0 FREQUENCY:

Endotracheal suctioning should be performed whenever clinically indicated, with special consideration for the potential complications associated with the procedure. Endotracheal suctioning may be required at some minimum frequency in order to maintain the patency of the artificial airway used.

ETS 13.0 INFECTION CONTROL:

13.1 CDC Guidelines for Universal Precautions should be adhered to.(33)

13.2 All equipment and supplies should be appropriately disposed of or disinfected.

Mechanical Ventilation Guidelines Committee:

Richard D Branson RRT, Chairman, Cincinnati OH

Robert S Campbell RRT, Tampa FL

Robert L Chatburn RRT, Cleveland OH

Jack Covington RRT, San Francisco CA

REFERENCES

1. Brown SE, Stansbury DW, Merrill EJ, Linden GS, Light RW. Prevention of suctioning-related arterial oxygen desaturation: comparison of off-ventilator and on-ventilator suctioning. *Chest* 1983;83:621-627.
2. Riegel B, Forshee T. A review and critique of the literature on preoxygenation for endotracheal suctioning. *Heart & Lung* 1985;14:507-518.
3. Campbell RS, Branson RD. How ventilators provide temporary O₂ enrichment: what happens when you press the 100% suction button? *Respir Care* 1992; 37:933.
4. Baker PO, Baker JP, Koen PA. Endotracheal suctioning techniques in hypoxemic patients. *Respir Care* 1983;28: 1563-1568.
5. Barnes TA, McGarry WP. Evaluation of ten disposable manual resuscitators. *Respir Care* 1990;35:960-968.
6. Smith RM, Benson MS, Schoene RB. The efficacy of oxygen insufflation in preventing arterial oxygen desaturation during endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients. *Respir Care* 1987;32:865-869.
7. Langrehr EA, Washburn SC, Guthrie MP. Oxygen insufflation during endotracheal suctioning. *Heart Lung* 1981;10:1028-1036.
8. Kelly RE, Yao FF, Artusio JS Jr. Prevention of suction-induced hypoxemia by simultaneous oxygen insufflation. *Crit Care Med* 1987;15:874-875.
9. Hess D, Spahr C. An evaluation of volumes delivered by selected adult disposable resuscitators: the effects of hand size, number of hands used, and use of disposable medical gloves. *Respir Care* 1990;35:800-805.
10. Branson RD, Campbell RS. Sighs: wasted breath or breath of fresh air? *Respir Care* 1992;37:462-468.
11. Bostick J, Wendelgass ST. Normal saline instillation as part of the suctioning procedure: effects on PaO₂ and amount of secretions. *Heart Lung* 1987;16:532-537.
12. Gray JE, MacIntyre NR, Kronenberger WG. The effects of bolus normal-saline instillation in conjunction with endotracheal suctioning. *Respir Care* 1990;35:785-790.
13. Rindfleisch SH, Tyler ML. Duration of suctioning: an important variable (point of view). *Respir Care* 1983;28: 457-459.
14. Plevak DJ, Ward JJ. Airway management. In: Burton GG, Hodgkin JE, Ward JJ, eds. *Respiratory care-a guide to clinical practice*, 3rd ed. Philadelphia: JB Lippincott, 1991:501.
15. Eubanks DH, Bone RC. *Comprehensive respiratory care-a learning system*. St Louis: CV Mosby 1985: 517.
16. Boba A, Cincotti JJ, Peazza TE, *et al.* The effects of apnea, endotracheal suction, and oxygen insufflation, alone and in combination, upon arterial oxygen saturation in anesthetized patients. *J Lab Clin Med* 1959;53: 680-685.

17. Boutros AR. Arterial blood oxygenation during and after endotracheal suctioning in the apneic patient. *Anesthesiology* 1970;32:114-118.
18. Craig KC, Benson MS, Pierson DJ. Prevention of arterial oxygen desaturation during closed-airway endotracheal suction: effect of ventilator mode. *Respir Care* 1984;29:1013-1018.
19. Demers RR. Complications of endotracheal suctioning procedures. *Respir Care* 1982;27:453-457.
20. Kergin FG, Bean DM, Paul W. Anoxia during intrathoracic operations. *J Thorac Surg* 1948;17:709-711.
21. Rosen M, Hillard EK. The effects of negative pressure during tracheal suction. *Anesth Analg* 1962;41:50-57.
22. Shim C, Fine N, Fernandez R, Williams MH Jr. Cardiac arrhythmias resulting from tracheal suctioning. *Ann Intern Med* 1969;71:1149-1153.
23. Walsh JM, Vanderwarf C, Hoscheit D, Fahey PJ. Unsuspected hemodynamic alterations during endotracheal suctioning. *Chest* 1989;95:162-165.
24. Sackner MA, Landa JF, Greenelch N, Robinson MJ. Pathogenesis and prevention of tracheobronchial damage with suction procedures. *Chest* 1973;64:284-290.
25. Shumacker HB, Hampton LJ. Sudden death occurring immediately after operation in patients with cardiac disease, with particular reference to the role of aspiration through the endotracheal tube and extubation. *J Thorac Surg* 1950;18:48-56.
26. Storm W. Transient bacteremia following endotracheal suctioning in ventilated newborns. *Pediatrics* 1980;65: 487-490.
27. Catanzaro A. Nosocomial tuberculosis. *Am Rev Respir Dis* 1982;125(5):559-562.
28. Fisher DM, Frewen T, Swedlow DB. Increase in intracranial pressure during suctioning: infant stimulation vs rise in PaCO₂. *Anesthesiology* 1982;57:416-417.
29. Perlman JM, Volpe JJ. Suctioning in the preterm: effects on cerebral blood flow velocity, intracranial pressure, and arterial blood pressure. *Pediatrics* 1983;72: 329-334.
30. Rudy EB, Turner BS, Baun M, Stone KS, Brucia J. Endotracheal suctioning in adults with head injury. *Heart Lung* 1991;20:667-674.
31. Stone KS, Vorst EC, Lanham B, Zahn S. Effects of lung hyperinflation on mean arterial pressure and postsuctioning hypoxemia. *Heart Lung* 1989;18:377-385.
32. Tiffin NH, Keim MR, Frewen TC. The effects of variations in flow through an insufflating catheter and endotracheal-tube and suction-catheter size on test-lung pressures. *Respir Care* 1990;35:889-897.
33. Centers for Disease Control. Update: Universal Precautions for prevention of transmission of human immunodeficiency virus, hepatitis B virus, and other bloodborne pathogens in health care settings. *MMWR* 1988;37:377-399.

Reprinted from the May 1993 issue of RESPIRATORY CARE [Respir Care 1993;38(5):500-504]. <http://www.rcjournal.com/cpgs/etscpg.html>

ANEXO B Certificado de Calibração do Vacuômetro



Certificado de Calibração No.C-0022/06

Cliente: Shirley Lima Campos

Endereço: R. Cecilia Fonseca Coutinho, 204, Apto. 301, Castelo 30840-500 Belo Horizonte MG

1. Equipamento/Instrumento a Calibrar

Descrição: Vacuômetro Analógico, fabricante Famabras Ind. Bras., modelo sem identificação, tipo bourdon, sem número de série, código de identificação 0005/06.

Faixa(s), resolução ou valor de uma divisão: 0 a -760 mmHg/ 10 mmHg ; 0 a -30 polHg / 0,5 polHg

Outros:**2. Método Utilizado****2.1. Procedimento(s) Aplicável(eis)**

A calibração foi realizada por comparação a um(ns) padrão(ões) do laboratório, conforme procedimento interno PR T 001 revisão B, no laboratório da LAMON.

2.2. Modificação ao Procedimento(s) Utilizado(s)

Não houve desvios de métodos.

2.3. Condições AmbientaisTemperatura: 24 °C (± 1 °C)Umidade Relativa do ar: 50 % (± 5 %)

Altitude Local: 923,5 m

Aceleração da Gravidade: 9,78363 m/s²**3. Equipamento(s) Utilizado(s) na Calibração**

» Bomba de Pressão, fabricante Lamon, modelo sem identificação, tipo sem identificação, número de série 9751, código LC-38/0-DP, faixa 0 a 35 kgf/cm² e -760 a 0 mmHg, verificado em 02/08/05, LAMON.

» Manovacuômetro Digital, Druck, DPI-800P, 5 dígitos, código LC-39/0-PT série 8000002066, 700mbar, IPT 62483-101 09/03/05. Idos 700bar série 2030349 Lamon C-0442/05 30/09/05. Idos -1 a 10bar série 1950806 IFM ORP-0982/05 13/12/05, Lamon C-0538/05 14/12/05

Declaração da Incerteza de Medição

A Incerteza de Medição relatada é declarada como a incerteza Padrão da Medição multiplicada pelo fator de abrangência k especificado, uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95,45 %. A incerteza padrão foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Nota: V.V.C. corresponde ao Valor Verdadeiro Convencional obtido pelo equipamento padrão;

U corresponde a Incerteza de Medição;

V.I. corresponde ao Valor Indicado obtido do equipamento em calibração.

1 MPa = 1.000 kPa = 1.000.000 Pa [pascal (Pa) Unidade de Pressão do SI]

Data da Calibração: 10/01/06**Data de Emissão do Certificado:** 11/01/06


Erika Cláudia Ferraz da Cruz
Responsável Técnico(a)


Erika Cláudia Ferraz da Cruz
Técnico(a) do Laboratório

Os resultados se aplicam somente ao instrumento submetido a calibração. Este certificado só poderá ser reproduzido integralmente sem nenhuma alteração.

"Esta calibração não isenta o instrumento do controle metrológico estabelecido na Regulamentação Metrológica", no caso de instrumento regulamentado.

Sistema de Gestão da Qualidade conforme NBR ISO/IEC 17025. O certificado só é válido para a escala com a unidade utilizada na calibração.

Lamon Instrumentação Industrial Ltda.- Rua Maquiné, 585A, Salgado Filho, Belo Horizonte - MG - 30460-380
Tel/Fax: (031) 3373-1552/ 3373-2779 e.mail: laboratorio@lamon.com.br http://www.lamon.com.br

Página 1 de 2

4. Resultados

SI kPa	V.V.C. mmHg	V.I.				Incerteza de Medição		
		1ª Carga mmHg	1ª Descarga mmHg	2ª Carga mmHg	2ª Descarga mmHg	valor mmHg	fator de abrangência k	graus de liberdade efetivos
0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	4	2	>5.024
-13,3	-100	-101,8	-99,3	-98,6	-98,6	4,4	2,012	212
-26,7	-200	-203,1	-199,8	-201,3	-199,9	4,4	2,014	180
-40,0	-300	-304,4	-301,3	-303,1	-301,8	4,4	2,009	274
-53,3	-400	-405,3	-402,2	-404,1	-404,0	4,3	2,007	382
-66,7	-500	-502,0	-500,9	-501,6	-500,0	4	2,002	1.636

Resultados da Calibração (FS%):

Índice de Classe: 0,7 %
 Linearidade: 0,3 % a = 0,994192 b = -0,079887
 Repetitividade: 0,4 %
 Histerese: 0,4 %
 Fator de conversão: 0,1333222 kPa / mmHg

Os resultados se aplicam somente ao instrumento submetido a calibração. Este certificado só poderá ser reproduzido integralmente sem nenhuma alteração.
 "Esta calibração não isenta o instrumento do controle metroológico estabelecido na Regulamentação Metroológica", no caso de instrumento regulamentado.
 Sistema de Gestão da Qualidade conforme NBR:ISO/IEC 17025. O certificado só é válido para a escala com a unidade utilizada na calibração.



ANEXO C Calibração de Molas de Compressão

A calibração é um procedimento experimental, através do qual, é possível correlacionar, sob condições específicas, os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões.

As molas da válvula de segurança foram calibradas por um processo indireto, uma vez que o mensurando foi gerado por meio de um dispositivo auxiliar, que atua simultaneamente no sistema de medição a calibrar (SMC) e também no sistema de medição padrão (SMP).

A calibração indireta considera um segundo sistema de medição que não apresente erros superiores a 1/10 dos erros do SMC. As indicações do SMC são comparadas com as do SMP, sendo estas adotadas como valor verdadeiro convencional (VVC) e os erros são determinados (FIG ANEXO C.1).

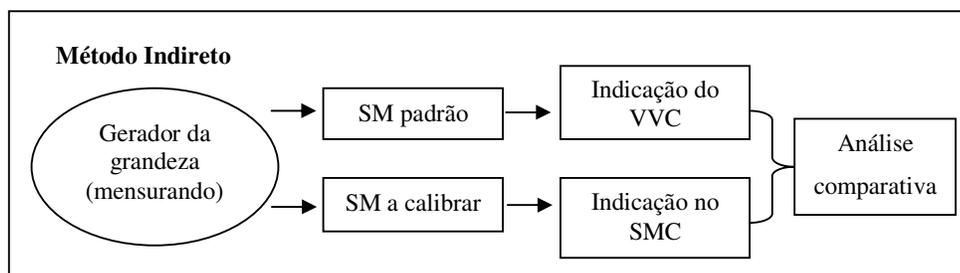


FIGURA ANEXO C.1 Processo de calibração indireta

Os ensaios de calibração das molas foram realizados no Setor de Testes Físicos – Laboratório Robert Hooke, pertencente a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC/MG).

O procedimento consistiu em aplicar uma força conhecida sob duas molas de compressão por meio de um sistema de teste de compressão produzido pela Instron do Brasil, modelo de mesa modelo 5869 (capacidade de 50 kN, escala de medição de força de 500:1, ou seja, usa a célula de carga para reduzir para 0,2% da capacidade total sem perda da precisão a $\pm 0,5\%$ da carga indicada e escala de velocidade de 0,001 a 500 mm/min) (FIG ANEXO C.2).

As deformações decorrentes nas molas eram registradas com auxílio do software *Bluehill®*, Instron do Brasil (FIG ANEXO C.3).

Os resultados foram transcritos para folha de ensaios mecânicos de caracterização da mola (FIG ANEXO C.4), para posteriormente, serem calculadas as constantes elásticas das molas por meio da Lei de Hooke.

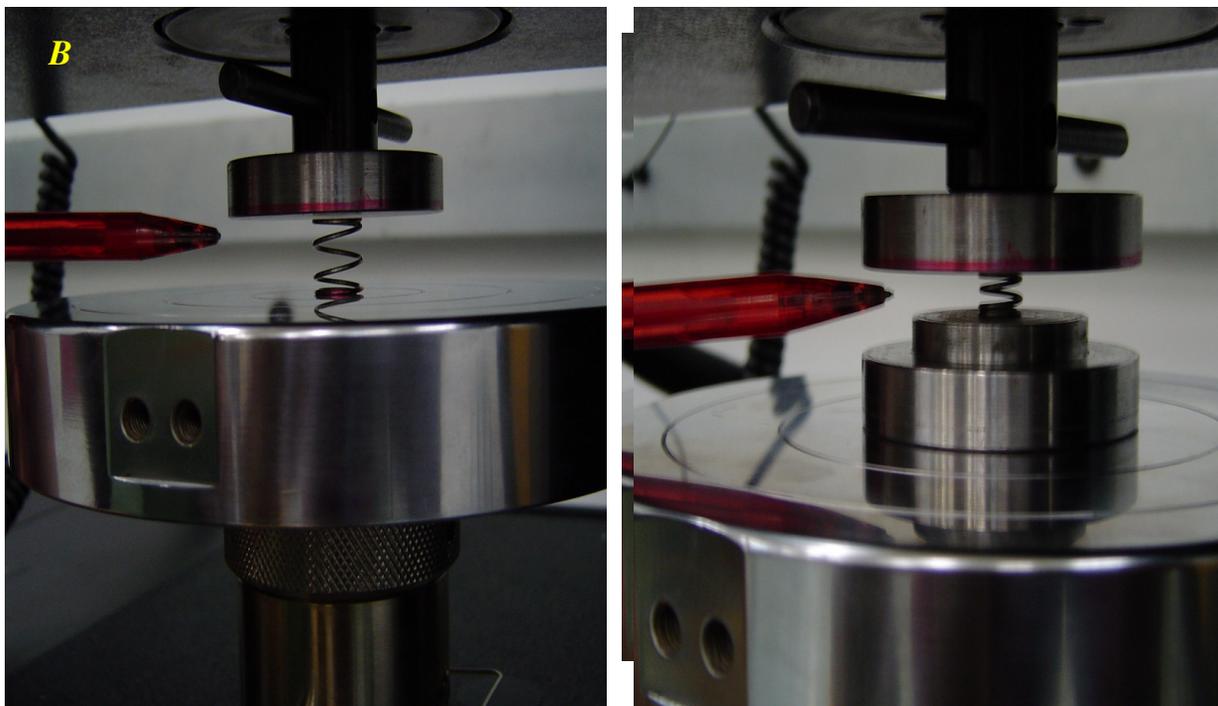
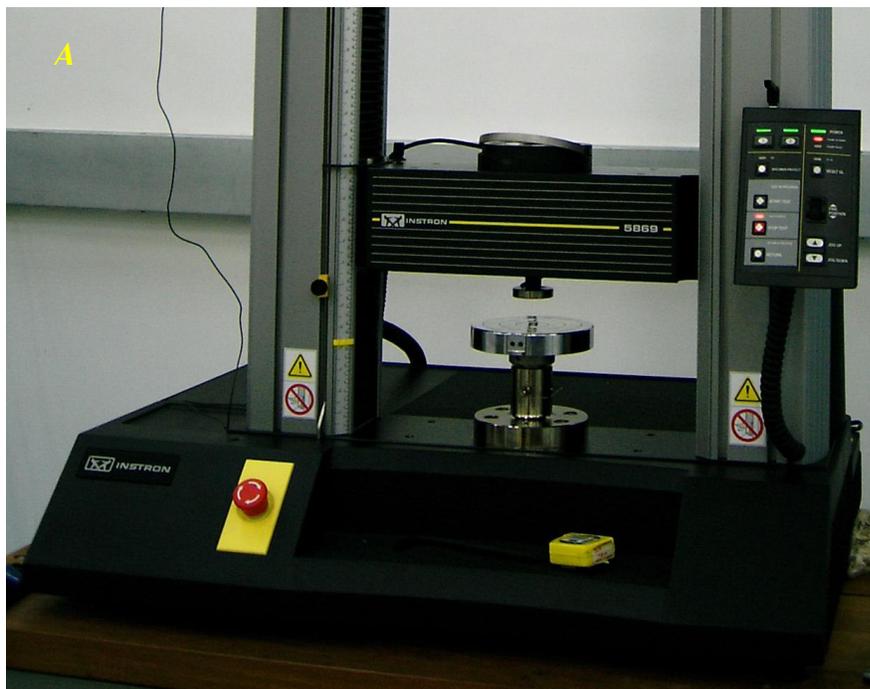


FIGURA ANEXO C.2 Calibração de molas de compressão (A) Detalhe do instrumento Instron (CETEC/MG) e (B) Deformações nas molas de compressão durante o procedimento de calibração.

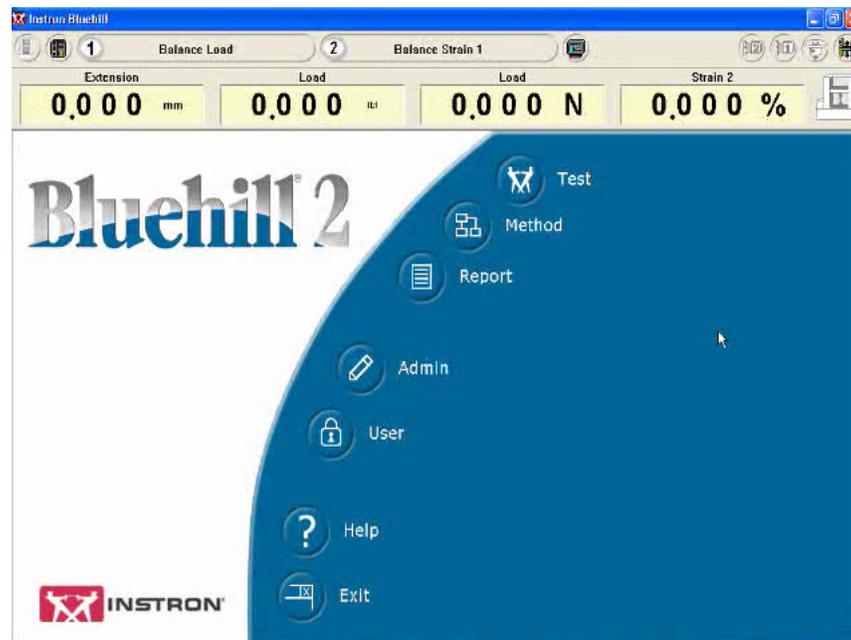


FIGURA ANEXO C.3 - Software *Bluehill* ®.



Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC)
Setor de Testes Físicos (STF) - Laboratório Robert Hooke

MOLA – Ensaio mecânicos de caracterização	NSQC 1301, versão 3.0 Folha: ____ / ____
------------------------------------------------------	----------------------------------------------------

GAS Nº:	CERTIFICADO Nº:
Data de recebimento: 09.05-05	Data do ensaio: 09.05-05
Operador / Rubrica: ADEMIR	
Acompanhamento dos ensaios/Empresa:	

Resultados

Mola		Pré-carga Lkgf _N	Força máxima Lkgf _N	Altura / mm				
Id.lab	Id.cli			H1	H2	H'2	H3	H4
		15,59	15,59	13,34	7,34	—	13,34	13,34

Deform. l mm	FORÇA NOTÁVEL / N			Observações
	série 1	série 2	série 3	
1,0	1,564	1,543	1,552	
2,0	4,225	4,217	4,224	
3,0	7,017	7,014	7,026	
4,0	9,720	9,719	9,737	
5,0	12,54	12,56	12,56	

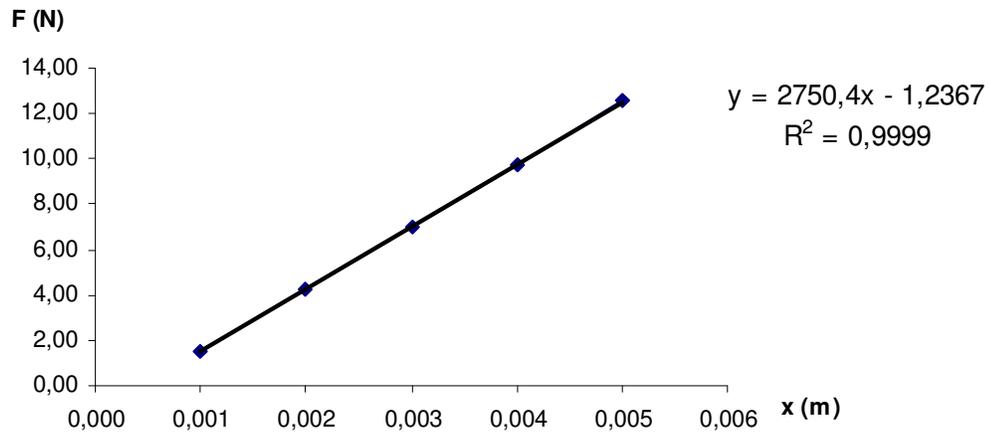
H1: altura inicial
H2: altura sólida
H'2: altura máxima

H3: altura após força máxima
H4: altura final

Observações: CARACTERÍSTICAS DA MOLTA: ϕ EXTERNO: 11,80 mm e ϕ DO ARAME 0,92 mm, MOLTA HELICOIDAL.

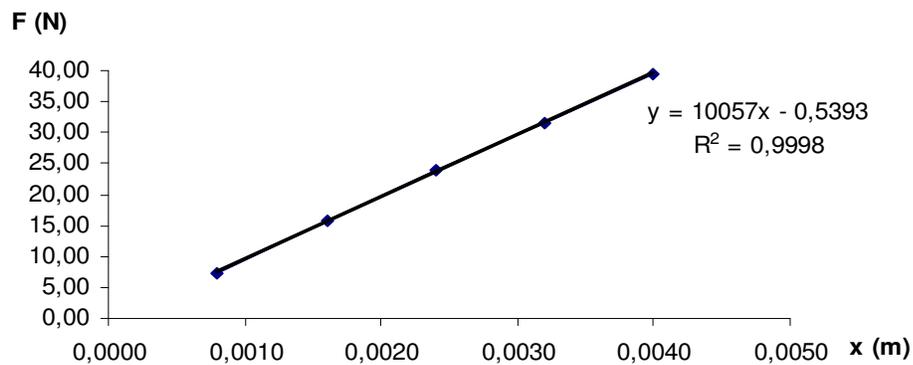
FIGURA ANEXO C.4. Folha de registro de ensaios mecânicos de caracterização da mola

As FIG. ANEXO C.5 e C.6 apresentam a linearidade obtida graficamente no processo de calibração das molas.



F ₁ (N)			F ₁ média (N)	X ₁ (m)	K ₁ (N/m)
1,564	1,543	1,552	1,55300	0,001	2750,4
4,225	4,217	4,224	4,22200	0,002	
7,017	7,014	7,026	7,01900	0,003	
9,72	9,719	9,737	9,72533	0,004	
12,54	12,56	12,56	12,55333	0,005	

FIGURA ANEXO C.5 Gráfico de calibração e constante elástica da mola 1. Características da mola 1: altura = 11,20 mm, diâmetro médio = 7,9 mm, diâmetro do arame = 0,98 mm e número de espiras ativas = 2.

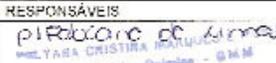


F ₂ (N)			F ₂ média (N)	X ₂ (m)	K ₂ (N/m)
7,305	7,302	7,268	7,29167	0,0008	10057
15,71	15,69	15,64	15,68000	0,0016	
23,84	23,85	23,79	23,82667	0,0024	
31,69	31,65	31,64	31,66000	0,0032	
39,53	39,57	39,49	39,53000	0,004	

FIGURA ANEXO C.6 Gráfico de calibração e constante elástica da mola 2. Características da mola 2: altura = 13,34 mm, diâmetro médio = 11,8 mm, diâmetro do arame = 0,92 mm e número de espiras ativas = 2.

ANEXO D Análise Laboratorial da Solução de Cloreto de Diestearil Dimetil Amônio

		AVALIAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS		GMM	29/12/05
PRODUTO: AMACIANTE			-FORNECEDOR: -		
DATA DE VALIDADE: -		DATA DE FABRICAÇÃO: -		LOT/Nº NOTA FISCAL -	
FUNÇÃO: -		COMPOSIÇÃO QUÍMICA: -		SETOR USUÁRIO: ACABAMENTO	
ASPECTO: LIQUIDO HOMOGÊNIO, VISCOSO AMARELADO DE ODOR FORTE AGRADÁVEL			SOLUBILIDADE: SOLÚVEL A 25°C		
ANÁLISE DO LABORATÓRIO					
PH	PH SOLUÇÃO 10%	% REFRAÇÃO	% SÓLIDO	% MATÉRIA ATIVA	% MATÉRIA GRAXA
3,84	6,84	APROXIMADAMENTE 6%	10%	-	-
% POLIETILENO	% SILICONE	% PARAFINA	% AMIDO	% OUTROS	% ESPUMA
-	-	-	-	-	-
% SAPONIFICAÇÃO	% CONTRAÇÃO	DENSIDADE	VISCOSIDADE	CAPILARIDADE	UMECTAÇÃO
-	-	0,94g/M	21 SEGUNDOS COPO FORD 4	-	-
CONCENTRAÇÃO	COMPLEXAÇÃO	RESISTÊNCIA ALCALINA	SOLUBILIDADE	CARACTER IONICO	DISPERSÃO
-	-	-	SOLÚVEL A 25°C	Não Iônico	-
% TEOR DE ÁGUA	TESTE ANTIESPUMANTE	TNV			
-	-	10%			
PRODUTO APROVADO?		<input checked="" type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO		
PARECER TÉCNICO					

ASSINATURA DOS RESPONSÁVEIS	
 CLEVERTON DOS SANTOS Superv. Acab. II	 MELARA CRISTINA MOURA Laboratório Químico - GMM

ANEXO E Lei Municipal N° 10.309, de 22 de abril de 1987**Lei Municipal N° 10.309, de 22 de abril de 1987**

Dispõe sobre controle de população e controle de zoonoses no Município de São Paulo, e dá outras providências.

JÂNIO DA SILVA QUADROS, Prefeito do Município de São Paulo, nos termos do disposto no artigo 26 do Decreto-Lei Complementar Estadual nº 9, de 31 de dezembro de 1.969, sanciona e promulga a seguinte Lei:

Art. 1º O desenvolvimento de ações objetivando o controle das populações animais, bem como a prevenção e o controle das zoonoses no Município de São Paulo, passam a ser regulados pela presente Lei.

Art. 2º Fica o Centro de Controle de Zoonoses, da Secretaria de Higiene e saúde, responsável, em âmbito municipal, pela execução das ações mencionadas no artigo anterior.

Art. 3º Para efeito desta Lei, entende-se por:

- I. ZOOSE: Infecção ou doença infecciosa transmissível naturalmente entre animais vertebrados e o homem, e vice-versa,
- II. AGENTE SANITÁRIO: Médico Veterinário do Centro de Controle de Zoonoses, da Secretaria de Higiene e Saúde;
- III. ÓRGÃO SANITÁRIO RESPONSÁVEL: O Centro de Controle de Zoonoses, da Secretaria de Higiene e Saúde, da Prefeitura do Município de São Paulo;
- IV. ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO: Os de valor afetivo, passíveis de coabitar com o homem;
- V. ANIMAIS DE USO ECONÔMICO: As espécies domésticas, criadas, utilizadas ou destinadas à produção econômica;
- VI. ANIMAIS SINANTRÓPICOS: As espécies que, indesejavelmente, coabitam com o homem, tais como os roedores, as baratas, as moscas, os pernilongos, as pulgas e outros,
- VII. ANIMAIS SOLTOS: Todo e qualquer animal errante encontrado sem qualquer processo de contenção;
- VIII. ANIMAIS APREENDIDOS: Todo e qualquer animal capturado por servidores do Centro de Controle de Zoonoses, da Secretaria de Higiene e Saúde, compreendendo desde o instante da captura, seu transporte, alojamento nas dependências dos depósitos municipais de animais e destinação final;
- IX. DEPÓSITOS MUNICIPAIS DE ANIMAIS: As dependências apropriadas do Centro de Controle de Zoonoses, da Secretaria de Higiene e Saúde, para alojamento e manutenção dos animais apreendidos;
- X. CÃES MORDEDORES VICIOSOS: Os causadores de mordeduras a pessoas ou outros animais, em logradouros públicos, de forma repetida;
- XI. MAUS TRATOS: Toda e qualquer ação voltada contra os animais que implique em crueldade, especialmente em ausência de alimentação mínima necessária, excesso de peso de carga, tortura, uso de animais feridos, submissão a experiências pseudocientíficas e o que mais dispõe o Decreto Federal nº 24.645, de 10 de Julho de 1934 (Lei de proteção aos Animais).
- XII. CONDIÇÕES INADEQUADAS: a manutenção de animais em contato direto ou indireto com outros animais portadores de doenças infecciosas ou zoonoses, ou, ainda, em alojamentos de dimensões inapropriadas á sua espécie e porte;

- XIII. ANIMAIS SELVAGENS: Os pertencentes às espécies não domésticas;
- XIV. FAUNA EXÓTICA: Animais de espécies estrangeiras;
- XV. ANIMAIS UNGULADOS: Os mamíferos com os dedos revestidos de casco;
- XVI. COLEÇÕES LÍQUIDAS: Qualquer quantidade de água parada.

Art. 4º Constituem objetivos básicos das ações de prevenção e controle de zoonoses:

- I. Prevenir, reduzir e eliminar a morbidade e a mortalidade, bem como os sofrimentos humanos causados pelas zoonoses urbanas prevalentes;
- II. Preservar a saúde da população, mediante o emprego dos conhecimentos especializados e experiências da Saúde Pública Veterinária.

Art. 5º Constituem objetivos básicos das ações de controle de zoonoses das populações animais:

- I. Prevenir, reduzir e eliminar as causas de sofrimento aos animais,
- II. Preservar a saúde e o bem estar da população humana, evitando-lhe danos ou incômodos causados por animais.

DA APREENSÃO DE ANIMAIS

Art. 6º É proibida a permanência de animais soltos nas vias e logradouros públicos ou locais de livre acesso ao público.

Art. 7º É proibido o passeio de cães nas vias e logradouros públicos, exceto com o uso adequado da coleira e guia e conduzidos por pessoas com idade e força suficientes para controlar os movimentos do animal.

Parágrafo único: Os cães mordedores e bravios somente poderão sair às ruas devidamente amordaçados.

Art. 8º Serão apreendidos os cães mordedores viciosos, condição essa constatada por Agente Sanitário ou comprovada mediante dois ou mais boletins de ocorrência policial.

Art. 9º Será apreendido todo e qualquer animal:

- I. Encontrado solto nas vias e logradouros públicos ou locais de livre acesso ao público;
- II. Suspeito de raiva ou outra zoonose;
- III. Submetido a maus tratos por seu proprietário ou preposto deste;
- IV. Mantido em condições inadequadas de vida ou alojamento;
- V. Cuja criação ou uso sejam vedados pela presente lei.

Parágrafo único: Os animais apreendidos por força do disposto neste artigo somente poderão ser resgatados se constatado, por Agente Sanitário, não mais subsistirem as causas ensejadoras da apreensão.

Art. 10º O animal cuja apreensão for impraticável poderá, a juízo do Agente Sanitário, ser sacrificado " in loco ".

Art. 11º A Prefeitura do Município de São Paulo não responde por indenização nos casos de:

- I. Dano ou óbito do animal apreendido,
- II. Eventuais danos materiais ou pessoais causados pelo animal durante o ato da apreensão.

DA DESTINAÇÃO DOS ANIMAIS APREENDIDOS

Art. 12º Os animais apreendidos poderão sofrer as seguintes destinações, a critério do órgão sanitário responsável:

- I. Resgate;
- II. Leilão;
- III. Adoção;
- IV. Doação;
- V. Sacrifício.

DA RESPONSABILIDADE DO PROPRIETÁRIO DE ANIMAIS

Art. 13º Os atos danosos cometidos pelos animais são de inteira responsabilidade de seus proprietários.

Parágrafo único - Quando o ato danoso for cometido sob a guarda de proposto, estender-se-á este a responsabilidade a que alude o presente artigo.

Art. 14º É de responsabilidade dos proprietários a manutenção dos animais em perfeitas condições de alojamento, alimentação, saúde e bem estar, bem como as providências pertinentes à remoção dos dejetos por eles deixados em via pública.

Art. 15º É proibido abandonar animais em qualquer área pública ou privada.

Parágrafo único - Os animais não mais desejados por seus proprietários serão encaminhados ao Órgão Sanitário responsável.

Art. 16º O proprietário fica obrigado a permitir o acesso do Agente Sanitário, quando no exercício de suas funções, às dependências de alojamento do animal, sempre que necessário, bem como a acatar as determinações dele emanadas.

Art. 17º A manutenção de animais em edifícios condominiais será regulamentada pelas respectivas convenções.

Art. 18º Os animais da espécie canina deverão ser anualmente registrados, conforme o disposto no Decreto nº 19.483, de 17 de Fevereiro de 1984, ou em disposições posteriores.

Parágrafo único - O disposto neste artigo aplica-se também aos equídeos.

Art. 19º Todo proprietário de animal é obrigado a manter seu cão ou gato permanentemente imunizado contra a raiva.

Art. 20º Em caso de falecimento do animal, cabe ao proprietário a disposição adequada do cadáver, ou seu encaminhamento ao serviço municipal competente.

DOS ANIMAIS SINANTRÓPICOS

Art. 21º Ao município compete a adoção de medidas necessárias para a manutenção de suas propriedades limpas e isentas de animais da fauna sinantrópica.

Art. 22º É proibido o acúmulo de lixo, materiais inservíveis ou outros materiais que propiciem a instalação e proliferação de roedores ou outros animais sinantrópicos.

Art. 23º Os estabelecimentos que estoquem ou comercializem pneumáticos são obrigados a mantê-los permanentemente isentos de coleções líquidas, de forma a evitar a proliferação de mosquitos.

Art. 24º Nas obras de construção civil é obrigatória a drenagem permanente de coleções líquidas, originadas ou não pelas chuvas, de forma a impedir a proliferação de mosquitos.

DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 25º É proibida a criação e a manutenção de animais de espécie suína, em zona urbana.

Parágrafo único: A criação e a manutenção dos animais ungulados, em zona urbana, com exceção dos suínos, serão regulamentadas por decreto do Executivo.

Art. 26º São proibidas no Município de São Paulo, salvo as exceções estabelecidas nesta lei e situações excepcionais, a juízo do Órgão Sanitário responsável, a criação, a manutenção e o alojamento de animais selvagens da fauna exótica.

Parágrafo único: Ficam adotadas as disposições pertinentes contidas na Lei Federal nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967, no que tange à fauna brasileira.

Art. 27º Somente será permitida a exibição artística ou circense de animais após a concessão do laudo específico, emitido pelo Órgão Sanitário Responsável.

Parágrafo único: O laudo mencionado neste artigo apenas será concedido após vistoria técnica efetuada pelo Agente Sanitário, em que serão examinadas as condições de alojamento e manutenção dos animais.

Art. 28º Qualquer animal que esteja evidenciando sintomatologia clínica de raiva, constatada por Médico Veterinário, deverá ser prontamente isolado e/ou sacrificado e seu cérebro encaminhado a um laboratório oficial.

Art. 29º Não são permitidos, em residência particular, a criação, o alojamento e a manutenção de mais de 10 (dez) animais, no total, das espécies caninas ou felinas, com idade superior a 90 dias.

§ 1º: A criação, o alojamento e a manutenção de animais, em quantidade superior ao estabelecido neste artigo, caracterizará o canil de propriedade privada, sujeito ao disposto nos artigos 460, 461, 462, e 466 da Lei nº 8.266, de 20 de Junho de 1975 (Código de Edificações) e demais dispositivos pertinentes.

§ 2º: Os cães de propriedade privada somente poderão funcionar após vistoria técnica efetuada pelo Agente Sanitário, em que serão examinadas as condições de alojamento e manutenção dos animais, e expedição de laudo pelo Órgão Sanitário Responsável, renovado anualmente.

Art. 30º É proibida a permanência de animais nos recintos e locais públicos ou privados, de uso coletivo, tais como: cinemas, teatros, clubes esportivos e recreativos, estabelecimentos comerciais, industriais e de saúde, escolas, piscinas, feiras.

Parágrafo único: Excetuam-se da proibição deste artigo, os locais, recintos e estabelecimentos legal e adequadamente instalados, destinados a criação, venda, treinamento, competição, alojamento, tratamento e abate de animais.

Art. 31º É proibida a exibição de toda e qualquer espécie de animal bravo ou selvagem, ainda que domesticado, em vias e logradouros públicos ou locais de livre acesso ao público.

Art. 32º É proibida a utilização ou exposição de animais vivos em vitrinas, a qualquer título.

Art. 33º Os estabelecimentos de comercialização de animais vivos, com fins não alimentícios, ficam sujeitos, além do disposto na Lei nº 8.266, de 20 de Junho de 1975, à obtenção de laudo emitido pelo Órgão Sanitário Responsável, renovado anualmente.

Parágrafo único: o laudo mencionado nesse artigo apenas será concedido após vistoria técnica efetuada pelo Agente Sanitário, em que serão examinadas as condições sanitárias de alojamento e manutenção dos animais.

Art. 34º É proibido o uso de animais feridos, enfraquecidos ou doentes, em veículos de tração animal.

Parágrafo único: É obrigatório o uso de sistema de frenagem, acionado especialmente quando de descida de ladeira, nos veículos de que trata este artigo.

DAS SANÇÕES

Art. 35º Verificada a infração a qualquer dispositivo desta lei, os Agentes Sanitários, independente de outras sanções cabíveis decorrentes da legislação federal e estadual, poderão aplicar as seguintes penalidades:

- I. Multa,
- II. Apreensão do animal,
- III. Interdição total ou parcial, temporária ou permanente, de locais ou estabelecimentos,
- IV. Cassação de Alvará.

Art. 36º A pena de multa será variável de acordo com a gravidade da infração, como segue:

	Mínimo	Máximo
I- Para infrações de natureza leve	0,10 UFM	1 UFM
II- Para infrações de natureza grave	acima 1 UFM	5 UFM
III- Para infrações de natureza gravíssima	acima 5 UFM	10 UFM

§ 1º Para efeito do disposto neste artigo, o Poder Executivo caracterizará as infrações, de acordo com sua gravidade.

§ 2º Na reincidência, a multa será aplicada em dobro.

§ 3º A pena de multa não excluirá, conforme a natureza e a gravidade da infração, a aplicação de qualquer outra das penalidades previstas no artigo 35º.

§ 4º Independente do disposto no Parágrafo anterior, a reiteração de infrações de mesma natureza autorizará, conforme o caso, a definitiva apreensão de animais, a interdição de locais ou estabelecimentos ou cassação de alvará.

Art. 37º Os Agentes Sanitários são competentes para aplicação das penalidades de que trata o artigo 35º.

Parágrafo único: O desrespeito ou desacato ao Agente Sanitário, ou ainda, a obstaculização ao exercício de suas funções, sujeitarão o infrator a penalidade de multa, sem prejuízo das demais sanções cabíveis.

Art. 38º Sem prejuízo das penalidades previstas no artigo 35º, o proprietário do animal apreendido ficará sujeito ao pagamento de despesas de transportes, de alimentação, assistência veterinária e outras.

Art. 39º A presente lei será regulamentada pelo Executivo.

Art. 40º Esta lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário, especialmente o Ato nº 878, de 4 de julho de 1935.

Art. 41º Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário, especialmente o Ato nº 878, de 4 de julho de 1935.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, aos 22 de Abril de 1987, 434º da fundação de São Paulo.

JÂNIO DA SILVA QUADROS, PREFEITO

CLÁUDIO SALVADOR LEMBO, Secretário dos Negócios Jurídicos

CARLOS ALBERTO MANHÃES BARRETO, Secretário das Finanças.

ALEX FREUA NETTO, Secretário dos Negócios Extraordinários

Publicada na Secretaria do Governo Municipal, em 22 de Abril de 1987

JAIR CARVALHO MONTEIRO, Secretário do Governo Municipal.

ANEXO F Lei Estadual Nº 11.977, de 25 de agosto de 2005**LEI ESTADUAL Nº 11.977, DE 25 DE AGOSTO DE 2005**
(Projeto de lei nº 707/2003, do deputado Ricardo Trípoli - PSDB)

Institui o Código de Proteção aos Animais do Estado e dá outras providências.

O GOVERNADOR DO ESTADO DE SÃO PAULO:

Faço saber que a Assembleia Legislativa decreta e eu promulgo, nos termos do artigo 28, § 8º, da Constituição do Estado, a seguinte lei:

Capítulo I

Das Disposições Preliminares

Artigo 1º- Institui o Código Estadual de Proteção aos Animais, estabelecendo normas para a proteção, defesa e preservação dos animais no Estado.

Parágrafo único - Consideram-se animais:

1. silvestres, aqueles encontrados livres na natureza, pertencentes às espécies nativas, migratórias, aquáticas ou terrestres, que tenham o ciclo de vida ocorrendo dentro dos limites do território brasileiro, ou águas jurisdicionais brasileiras ou em cativeiro sob a competente autorização federal;
2. exóticos, aqueles não originários da fauna brasileira;
3. domésticos, aqueles de convívio do ser humano, dele dependentes, e que não repelem o jugo humano;
4. domesticados, aqueles de populações ou espécies advindas da seleção artificial imposta pelo homem, a qual alterou características presentes nas espécies silvestres originais;
5. em criadouros, aqueles nascidos, reproduzidos e mantidos em condições de manejo controladas pelo homem, e, ainda, os removidos do ambiente natural e que não possam ser reintroduzidos, por razões de sobrevivência, em seu habitat de origem;
6. filantrópicos, aqueles que aproveitam as condições oferecidas pelas atividades humanas para estabelecerem-se em *habitats* urbanos ou rurais.

Artigo 2º- É vedado:

- I - ofender ou agredir fisicamente os animais, sujeitando-os a qualquer tipo de experiência, prática ou atividade capaz de causar-lhes sofrimento ou dano, bem como as que provoquem condições inaceitáveis de existência;
- II - manter animais em local desprovido de asseio ou que lhes impeça a movimentação, o descanso ou os privem de ar e luminosidade;
- III - obrigar os animais a trabalhos excessivos ou superiores às suas forças e a todo ato que resulte em sofrimento, para deles obter esforços que não se alcançariam senão com castigo;
- IV - não propiciar morte rápida e indolor a todo animal cujo abate seja necessário para consumo;
- V - não propiciar morte rápida e indolor a todo animal cuja eutanásia seja recomendada;
- VI - vender ou expor à venda animais em áreas públicas sem a devida licença de autoridade competente;
- VII - enclausurar animais conjuntamente com outros que os molestem;
- VIII - exercitar cães conduzindo-os presos a veículo motorizado em movimento;
- IX - qualquer forma de divulgação e propaganda que estimule ou sugira qualquer prática de maus-tratos ou crueldade contra os animais.

Capítulo II

Dos Animais Silvestres

Artigo 3º- Os animais silvestres deverão, prioritariamente, permanecer em seu habitat natural.

§ 1º - Para a efetivação deste direito, seu habitat deve ser, o quanto possível, preservado e protegido de qualquer violação, interferência ou impacto negativo que comprometa sua condição de sobrevivência.

§ 2º - As intervenções no meio que provoquem impacto negativo devem ser reparadas ou compensadas por meio de indenização revertida diretamente para o Programa de Proteção à Fauna Silvestre do Estado, previsto no artigo 6º desta lei.

Artigo 4º- As pessoas físicas ou jurídicas mantenedoras de animais silvestres exóticos, mantidos em cativeiro, residentes ou em trânsito, nos Municípios do Estado, que coloquem em risco a segurança da população, deverão obter a competente autorização junto ao Poder Público Municipal, sem prejuízo das demais exigências legais.

Artigo 5º- Fica proibida a introdução de animais pertencentes à fauna silvestre exótica dentro do território do Estado.

Seção I

Programa de Proteção à Fauna Silvestre

Artigo 6º- Fica instituído o Programa de Proteção à Fauna Silvestre do Estado.

§ 1º - Todos os Municípios do Estado, por meio de projetos específicos, deverão:

1. atender às exigências legais de proteção à fauna silvestre;
2. promover a integração dos serviços de normatização, fiscalização e de manejo da fauna silvestre do Estado;
3. promover o inventário da fauna local;
4. promover parcerias e convênios com universidades, ONGs e iniciativa privada;
5. elaborar planos de manejo de fauna, principalmente para as espécies ameaçadas de extinção;
6. colaborar no combate ao tráfico de animais silvestres;
7. colaborar na rede mundial de conservação.

§ 2º - Todos os Municípios do Estado poderão viabilizar a implantação de Centros de Manejo de Animais Silvestres, para:

1. atender, prioritariamente, os animais silvestres vitimados da região;
2. prestar atendimento médico-veterinário e acompanhamento biológico aos animais silvestres;
3. dar apoio aos órgãos de fiscalização no combate ao comércio ilegal e demais infrações cometidas contra os animais silvestres;
4. promover estudos e pesquisas relativos à fauna silvestre e meio ambiente;
5. promover ações educativas e de conscientização ambiental.

Artigo 7º - A Administração Pública Estadual, através de órgão competente, publicará a cada 4 (quatro) anos a lista atualizada de Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas de Extinção e as Provavelmente Ameaçadas de Extinção no Estado, e subsidiará campanhas educativas visando sua divulgação e preservação.

Seção II

Caça

Artigo 8º- São vedadas, em todo território do Estado, as seguintes modalidades de caça:

I - profissional, aquela praticada com o intuito de auferir lucro com o produto de sua atividade;

II - amadorista ou esportiva, aquela praticada por prazer, sem finalidade lucrativa ou de caráter competitivo ou simplesmente recreativo.

Parágrafo único - O abate de manejo ou controle populacional, quando único e último recurso viável, só poderá ser autorizado por órgão governamental competente e realizado por meios próprios ou por quem o órgão eleger.

Seção III

Pesca

Artigo 9º - Para os efeitos deste Código define-se por pesca todo ato tendente a capturar ou extrair elementos animais ou vegetais que tenham na água seu normal ou mais frequente meio de vida.

Artigo 10 - É vedado pescar em épocas e locais do Estado interditados pelo órgão competente.

Capítulo III

Dos Animais Domésticos

Seção I

Controle de Zoonoses e Controle Reprodutivo de Cães e Gatos

Artigo 11 - Os Municípios do Estado devem manter programas permanentes de controle de zoonoses, através de vacinação e controle de reprodução de cães e gatos, ambos acompanhados de ações educativas para propriedade ou guarda responsável.

Artigo 12 - É vedada a prática de sacrifício de cães e gatos em todos os Municípios do Estado, por métodos cruéis, consubstanciados em utilização de câmaras de descompressão, câmaras de gás, eletrochoque e qualquer outro procedimento que provoque dor, estresse ou sofrimento. Parágrafo único - Considera-se método aceitável de eutanásia a utilização ou emprego de substância apta a produzir a insensibilização e inconscientização antes da parada cardíaca e respiratória do animal.

Seção II

Das Atividades de Tração e Carga

Artigo 13 - Só é permitida a tração animal de veículo ou instrumentos agrícolas e industriais, por bovinos e equídeos, que compreende os equinos, muares e asininos.

Artigo 14 - A carga, por veículo, para um determinado número de animais, deverá ser fixada pelas municipalidades, obedecendo sempre ao estado das vias públicas e declives, peso e espécie de veículos, fazendo constar das respectivas licenças a tara e a carga útil.

Artigo 15 - É vedado nas atividades de tração animal e carga:

I - utilizar, para atividade de tração, animal cego, ferido, enfermo, extenuado ou desferrado, bem como castigá-lo sob qualquer forma ou a qualquer pretexto;

II - fazer o animal trabalhar por mais de 6 (seis) horas ou fazê-lo trabalhar sem respeitar intervalos para descanso, alimentação e água;

III - fazer o animal descansar atrelado ao veículo, em aclave ou declive, ou sob o sol ou chuva;

IV - fazer o animal trabalhar fraco, ferido ou estando com mais da metade do período de gestação;

V - atrelar, no mesmo veículo, animais de diferentes espécies;

VI - atrelar animais a veículos sem os apetrechos indispensáveis ou com excesso daqueles dispensáveis, considerando-se apetrechos indispensáveis: o arreio completo do tipo peitoral, composto por dois tirantes de couro presos ao balancim ou do tipo qualheira, composto por dois pares de correntes presas ao balancim, mais selote com retranca fixa no animal, correias, tapa-olho, bridão ou freio, par de rédeas e cabresto para condução após desatrelamento do animal.

VII - prender animais atrás dos veículos ou atados a caudas de outros.

Seção III

Do Transporte de Animais

Artigo 16 - É vedado:

I - fazer viajar um animal a pé, mais de 10 (dez) quilômetros sem lhe dar descanso, água e alimento;

II - conservar animais embarcados por mais de 6 (seis) horas sem água e alimento, devendo as empresas de transporte providenciar as necessárias modificações em seu material, veículos e equipamentos, adequando-as às espécies animais transportadas, dentro de 6 (seis) meses a partir da publicação desta lei;

III - conduzir, por qualquer meio de locomoção, animais colocados de cabeça para baixo, de mãos e pés atados, ou de qualquer modo que lhe produza sofrimento ou estresse;

IV - transportar animais em cestos, gaiolas ou veículos sem as proporções necessárias ao seu tamanho e números de cabeças, e sem que o meio de condução em que estão encerrados esteja protegido por rede metálica ou similar, que impeça a saída de qualquer parte do corpo do animal;

V - transportar animal sem a documentação exigida por lei;

VI - transportar animal fraco, doente, ferido ou que esteja com mais da metade do período gestacional, exceto para atendimento de urgência;

VII - transportar animais de qualquer espécie sem condições de segurança para quem os transporta.

Seção IV

Dos Animais Criados para Consumo

Artigo 17 - São animais criados para o consumo aqueles utilizados para o consumo humano e criados com essa finalidade em cativeiro devidamente regulamentado e abatidos em estabelecimentos sob supervisão médico-veterinária.

Artigo 18 - É vedado:

I - privar os animais da liberdade de movimentos, impedindo-lhes aqueles próprios da espécie;

II - submeter os animais a processos medicamentosos que levem à engorda ou crescimento artificiais;

III - impor aos animais condições reprodutivas artificiais que desrespeitem seus respectivos ciclos biológicos naturais.

Seção V

Do Abate de Animais

Artigo 19 - É obrigatório em todos os matadouros, matadouros-frigoríficos e abatedouros, estabelecidos no Estado, o emprego de métodos científicos modernos de insensibilização aplicados antes da sangria por instrumentos de percussão mecânica, por processamento químico, choque elétrico (eletroanestesia) ou, ainda, por outros métodos modernos que impeçam o abate cruel de qualquer tipo de animal destinado ao consumo.

Parágrafo único - É vedado o uso de marreta e da picada de bulbo (choupa), bem como ferir ou mutilar os animais antes da insensibilização.

Seção VI

Das Atividades de Diversão, Cultura e Entretenimento

Artigo 20 - É vedado realizar ou promover lutas entre animais da mesma espécie ou de espécies diferentes, touradas, simulacros de tourada e vaquejadas, em locais públicos e privados.

Artigo 21 - É vedada a apresentação ou utilização de animais em espetáculos circenses.

Artigo 22 - São vedadas provas de rodeio e espetáculos similares que envolvam o uso de instrumentos que visem induzir o animal à realização de atividade ou comportamento que não se produziria naturalmente sem o emprego de artifícios.

Capítulo IV

Da Experimentação Animal

Artigo 23 - Considera-se experimentação animal a utilização de animais vivos em atividade de pesquisa científica, teste de produto e no ensino.

Parágrafo único - Para as finalidades desta lei, entende-se por:

1. ciência básica: domínio do saber científico, cujas prioridades residem na expansão das fronteiras do conhecimento, independentemente de suas aplicações;

2. ciência aplicada: domínio do saber científico, cujas prioridades residem no atendimento das necessidades impostas pelo desenvolvimento social, econômico e tecnológico;

3. experimentação animal: procedimentos efetuados em animais vivos, visando à elucidação de fenômenos fisiológicos ou patológicos, mediante técnicas específicas, invasivas ou não, e preestabelecidas;
4. eutanásia: a utilização ou emprego de substância apta a produzir a insensibilização e inconscientização antes da parada cardíaca e respiratória do animal;
5. centro de criação: local onde são mantidos os reprodutores das diversas espécies animais, dentro de padrões genéticos e sanitários preestabelecidos, para utilização em atividades de pesquisa;
6. biotério: local dotado de características próprias, onde são criados ou mantidos animais de qualquer espécie, destinados ao campo da ciência e tecnologia voltado à saúde humana e animal;
7. laboratório de experimentação animal: local provido de condições ambientais adequadas, bem como de equipamentos e materiais indispensáveis à realização de experimentos em animais, que não podem ser deslocados para um biotério.

Seção I

Das Condições para Criação e Uso de Animais para Pesquisa Científica

Artigo 24 - Os estabelecimentos de pesquisa científica devem estar registrados nos órgãos competentes e supervisionados por profissionais de nível superior, nas áreas afins, devidamente registrados em seus Conselhos de classe e nos órgãos competentes.

Artigo 25 - É condição indispensável para o registro das instituições de atividades de pesquisa com animais, a constituição prévia de Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA, cujo funcionamento, composição e atribuições devem constar de Estatuto próprio e cujas orientações devem constar do Protocolo a ser atendido pelo estabelecimento de pesquisa.

§ 1º - As CEUAs devem ser integradas por profissionais e membros das áreas correlacionadas e setores da sociedade civil, respeitada a igualdade do número de membros nas seguintes categorias:

1. médicos veterinários e biólogos;
2. docentes e discentes, quando a pesquisa for desenvolvida em instituição de ensino;
3. pesquisadores na área específica;
4. representantes de associações de proteção e bem-estar animal legalmente constituídas;
5. representantes da comunidade.

§ 2º - Compete à CEUA:

1. cumprir e fazer cumprir, no âmbito de suas atribuições, o disposto nesta Lei e nas demais normas aplicáveis à utilização de animais em pesquisa;
2. examinar previamente os procedimentos de pesquisa a serem realizados na instituição a qual esteja vinculada, para determinar sua compatibilidade com a legislação aplicável;
3. examinar previamente os procedimentos de pesquisa a serem realizados na instituição a qual esteja vinculada, para determinar o caráter de inovação da pesquisa que, se desnecessário sob este ponto de vista, poupará a utilização dos animais;
4. expedir parecer favorável fundamentado, desfavorável, de recomendações ou de solicitação de informações ao pesquisador, sobre projetos ou pesquisas que envolvam a utilização de animais;
5. restringir ou proibir experimentos que importem em elevado grau de agressão aos animais;
6. fiscalizar o andamento da pesquisa ou projeto, bem como as instalações dos centros de pesquisa, os biotérios e abrigos onde estejam recolhidos os animais;
7. determinar a paralisação da execução de atividade de pesquisa, até que sejam sanadas as irregularidades, sempre que descumpridas as disposições elencadas nesta Lei ou em legislação pertinente;
8. manter cadastro atualizado dos procedimentos de pesquisa realizados ou em andamento, e dos respectivos pesquisadores na instituição;

9. notificar imediatamente às autoridades competentes a ocorrência de qualquer acidente com os animais nas instituições credenciadas, bem como a desobediência dos preceitos elencados nesta lei.

Artigo 26 - As CEUAs poderão recomendar às agências de amparo e fomento à pesquisa científica o indeferimento de projetos, por qualquer dos seguintes motivos:

I - que estejam sendo realizados, ou propostos para realização, em instituições não credenciadas pela CEUA;

II - que estejam sendo realizados sem a aprovação da CEUA;

III - cuja realização tenha sido suspensa pela CEUA.

Artigo 27 - As CEUAs poderão solicitar aos editores de periódicos científicos nacionais que não publiquem os resultados de projetos que:

I - estejam sendo realizados, ou propostos para realização, em instituições não credenciadas pela CEUA;

II - estejam sendo realizados sem a aprovação da CEUA;

III - cuja realização tenha sido suspensa pela CEUA.

Artigo 28 - As instituições que criem ou utilizem animais para pesquisa existentes no Estado anteriormente à vigência desta lei, deverão:

I - criar a CEUA, no prazo máximo de 180 (cento e oitenta) dias, após sua regulamentação;

II - compatibilizar suas instalações físicas, no prazo máximo de 90 (noventa) dias, a partir da entrada em vigor das normas técnicas estabelecidas pelos órgãos competentes.

Artigo 29 - Os laboratórios de produtos cosméticos instalados no Estado e que realizam experimentação animal, ficam sujeitos aos ditames desta lei.

§ 1º - Os laboratórios que se abstiverem da experimentação animal poderão receber benefícios ou incentivos fiscais.

§ 2º - Os laboratórios mencionados no parágrafo anterior poderão exibir nos rótulos das embalagens de seus produtos a expressão "produto não testado em animais".

Seção II

Das Condições de Criação e Uso de Animais para Pesquisa Científica

Artigo 30 - Serão utilizados, em atividades de pesquisa e ensino, animais criados em centros de criação ou biotérios.

Parágrafo único - Excepcionalmente, poderão ser utilizados animais não criados da forma prevista no "caput", quando impossibilitada sua criação em função da espécie animal ou quando o objetivo do estudo assim o exigir.

Artigo 31 - Fica proibida a utilização de animais vivos provenientes dos órgãos de controle de zoonoses ou canis municipais, ou similares públicos ou privados, terceirizados ou não, nos procedimentos de experimentação animal.

Artigo 32 - É vedada a realização de procedimento para fins de experimentação animal que possa vir a causar dor, estresse, ou desconforto de média ou alta intensidade sem a adoção de procedimento técnico prévio de anestesia adequada para a espécie animal.

Artigo 33 - É vedado o uso de bloqueadores neuromusculares, ou de relaxantes musculares, em substituição a substâncias sedativas, analgésicas ou anestésicas.

Artigo 34 - O animal só poderá ser submetido às intervenções recomendadas e ajustadas no protocolo do experimento, sendo vedada a reutilização do mesmo animal depois de alcançado o objetivo principal do projeto nos procedimentos cirúrgicos, toxicológicos e comportamentais de estresse.

Artigo 35 - O animal só poderá ser submetido à eutanásia de acordo com protocolos estabelecidos pelos órgãos técnicos nacionais, estaduais ou referendados por estes, sob estrita obediência às prescrições pertinentes a cada espécie, sempre que encerrado o procedimento ou em qualquer de suas fases, quando ética e tecnicamente recomendado, ou quando da ocorrência de sofrimento do animal.

Artigo 36 - A experimentação animal fica condicionada ao compromisso moral do pesquisador ou professor, firmado por escrito, responsabilizando-se por evitar sofrimento físico e mental ao animal, bem como a realização de experimentos cujos resultados já sejam conhecidos e demonstrados cientificamente.

Artigo 37 - Dar-se-á prioridade à utilização de métodos alternativos em substituição ao animal.

Artigo 38 - O número de animais a serem utilizados para a execução de um projeto e o tempo de duração de cada experimento será o mínimo indispensável para produzir o resultado conclusivo, poupando-se, ao máximo, o animal de sofrimento.

Seção III

Da Escusa ou Objeção de Consciência

Artigo 39 - Fica estabelecida no Estado a cláusula de escusa de consciência à experimentação animal.

Parágrafo único - Os cidadãos paulistas que, por obediência à consciência, no exercício do direito às liberdades de pensamento, crença ou religião, se opõem à violência contra todos os seres vivos, podem declarar sua objeção de consciência referente a cada ato conexo à experimentação animal.

Artigo 40 - As entidades, estabelecimentos ou órgãos públicos ou privados legitimados à prática da experimentação animal devem esclarecer a todos os funcionários, colaboradores ou estudantes sobre o direito ao exercício da escusa de consciência.

Artigo 41 - Os biotérios e estabelecimentos que utilizam animais para experimentação, bem como as entidades de ensino que ainda utilizam animais vivos para fins didáticos, devem divulgar e disponibilizar um formulário impresso em que a pessoa interessada poderá declarar sua escusa de consciência, garantia constitucional elencada no artigo 5º, inciso VIII, da Constituição Federal, eximindo-se da prática de quaisquer experimentos que vão contra os ditames de sua consciência, seus princípios éticos e morais, crença ou convicção filosófica.

§ 1º - A declaração de escusa de consciência poderá ser revogada a qualquer tempo.

§ 2º - A escusa de consciência pode ser declarada pelo interessado ao responsável pela estrutura, órgão, entidade ou estabelecimento junto ao qual são desenvolvidas as atividades ou intervenções de experimentação animal, ou ao responsável pela atividade ou intervenção de experimentação animal, no momento de seu início, que deverá indicar ao interessado a realização ou elaboração de prática ou trabalho substitutivo, compatível com suas convicções.

§ 3º - Caso o interessado entenda que a prática ou trabalho substitutivo não seja compatível com suas convicções, deverá reportar-se à CEUA da respectiva entidade, estabelecimento, órgão público ou privado legitimado à prática da experimentação animal, o qual poderá manter ou reformar a prestação alternativa indicada, após apreciação do pedido e sua resposta, através de informações prestadas pelo responsável pela atividade ou intervenção de experimentação animal, devendo regulamentar os prazos de interposição e apreciação do pedido e da resposta para este fim.

Artigo 42 - Os pesquisadores, os profissionais licenciados, os técnicos, bem como os estudantes universitários que tenham declarado a escusa de consciência não são obrigados a tomar parte diretamente nas atividades e nas intervenções específicas e ligadas à experimentação animal.

§ 1º - Fica vedada a aplicação de qualquer medida ou consequência desfavorável como represália ou punição em virtude da declaração da escusa de consciência que legitima a recusa da prática ou cooperação na execução de experimentação animal.

§ 2º - As universidades deverão estipular como facultativa a frequência às práticas nas quais estejam previstas atividades de experimentação animal.

§ 3º - No âmbito dos cursos deverão ser previstas, a partir do início do ano acadêmico, sucessivo à data de vigência da presente lei, modalidades alternativas de ensino que não prevejam atividades ou intervenções de experimentação animal, a fim de estimular a progressiva substituição do uso de animais.

Capítulo V

Das Penalidades

Artigo 43 - Constitui infração, para os efeitos desta lei, toda ação ou omissão que importe na inobservância de preceitos estabelecidos ou na desobediência às determinações de caráter normativo dos órgãos das autoridades administrativas competentes.

Artigo 44 - As infrações às disposições desta lei e de seu regulamento, bem como das normas, padrões e exigências técnicas, serão autuadas, a critério da autoridade competente, levando-se em conta:

I - a intensidade do dano, efetivo ou potencial;

II - as circunstâncias atenuantes ou agravantes;

III - os antecedentes do infrator;

IV - a capacidade econômica do infrator.

Parágrafo único - Responderá pela infração quem, por qualquer modo a cometer, concorrer para sua prática ou dela se beneficiar.

Artigo 45 - As infrações às disposições desta lei serão punidas com as seguintes penalidades:

I - advertência;

II - multa;

III - perda da guarda, posse ou propriedade do animal, se doméstico ou exótico.

§ 1º - Nos casos de reincidência, caracterizados pelo cometimento de nova infração da mesma natureza e gravidade, a multa corresponderá ao dobro da anteriormente imposta, cumulativamente.

§ 2º - A penalidade prevista no inciso III deste artigo será imposta nos casos de infração continuada e a partir da segunda reincidência.

Artigo 46 - As multas poderão ter sua exigibilidade suspensa quando o infrator, nos termos e condições aceitas e aprovadas pelas autoridades competentes, se obrigar à adoção de medidas específicas para fazer cessar e corrigir a infração.

Artigo 47 - As instituições que executem atividades reguladas no Capítulo IV desta Lei estão sujeitas, em caso de transgressão às suas disposições e ao seu regulamento, às penalidades administrativas de:

I - advertência;

II - multa;

III - interdição temporária;

IV - suspensão de financiamentos provenientes de fontes oficiais de crédito e fomento científico;

V - interdição definitiva.

Parágrafo único - A interdição por prazo superior a 30 (trinta) dias somente poderá ser determinada, após submissão ao parecer dos órgãos competentes mencionados nesta Lei.

Artigo 48 - Qualquer pessoa, que execute de forma indevida atividades reguladas no Capítulo IV ou participe de procedimentos não autorizados pelos órgãos competentes, será passível das seguintes penalidades administrativas:

I - advertência;

II - multa;

III - suspensão temporária;

IV - interdição definitiva para o exercício da atividade regulada nesta Lei.

Artigo 49 - Os valores monetários serão estabelecidos em regulamento, atualizados anualmente pela variação do Índice de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA, apurado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, acumulada no exercício anterior, sendo que, no caso de extinção deste índice, será adotado outro índice criado pela legislação federal e que reflita a perda do poder aquisitivo da moeda.

Artigo 50 - As penalidades previstas nos artigos 44 e 45 desta lei serão aplicadas de acordo com a gravidade da infração, os danos que dela provierem, as circunstâncias agravantes ou atenuantes e os antecedentes do infrator.

Artigo 51 - As sanções previstas serão aplicadas pelos órgãos executores competentes estaduais, sem prejuízo de correspondente responsabilidade penal.

Artigo 52 - Qualquer pessoa que, por ação ou omissão, sem a devida e regulamentar autorização, interferir nos centros de criação, biotérios e laboratórios de experimentação animal, de forma a colocar em risco a saúde pública e o meio ambiente, estará sujeita às correspondentes responsabilidades civil e penal.

Artigo 53 - A autoridade, funcionário ou servidor que deixar de cumprir a obrigação de que trata esta lei ou agir para impedir, dificultar ou retardar o seu cumprimento, incorrerá nas mesmas responsabilidades do infrator, sem prejuízo das demais penalidades administrativas e penais.

Capítulo VI

Disposições Gerais e Transitórias

Artigo 54 - A fiscalização das atividades e a aplicação das multas decorrentes de infração fica a cargo dos órgãos competentes da Administração Pública Estadual, previstos em regulamento, nas suas respectivas áreas de atribuição.

Artigo 55 - Fica expressamente revogada a Lei nº 10.470, de 20 de dezembro de 1999, que alterou dispositivos da Lei nº 7.705, de 19 de fevereiro de 1992.

Artigo 56 - O Poder Executivo regulamentará esta lei no prazo de 180 (cento e oitenta) dias.

Artigo 57 - Esta lei entra em vigor 45 (quarenta e cinco) dias após sua publicação.

Palácio dos Bandeirantes, 25 de agosto de 2005

GERALDO ALCKMIN

Hédio Silva Júnior

Secretário da Justiça e da Defesa da Cidadania

Antônio Duarte Nogueira Júnior

Secretário de Agricultura e Abastecimento

Saulo de Castro Abreu Filho

Secretário da Segurança Pública

José Goldemberg

Secretário do Meio Ambiente

Arnaldo Madeira

Secretário-Chefe da Casa Civil

Publicada na Assessoria Técnico-Legislativa, aos 25 de agosto de 2005.

Fonte: IMESP - Volume 115 - Número 162 - São Paulo, sexta-feira, 26 de agosto de 2005

LEI ESTADUAL Nº 11.977, DE 25 DE AGOSTO DE 2005
(Projeto de lei nº 707/2003, do deputado Ricardo Trípoli - PSDB)

Institui o Código de Proteção aos Animais do Estado e dá outras providências.

Retificação do D.O. de 26-8-2005

Artigo 1º:

Parágrafo único:

Leia-se como segue e não como constou:

6. sinantrópicos, aqueles que aproveitam as condições oferecidas pelas atividades humanas para estabelecerem-se em *habitats* urbanos ou rurais.

Publicada na Assessoria Técnico-Legislativa, aos 26 de agosto de 2005.

Fonte: IMESP - Volume 115 - Número 163 - São Paulo, sábado, 27 de agosto de 2005

ANEXO G Suplemento do Tratamento Estatístico

G.1 Teste de normalidade da distribuição de dados

O Teste de normalidade foi aplicado para verificar a distribuição dos dados em aspiração em sistema aberto para o nível de pressão negativa e nível de inserção da sonda (TAB. G.1).

Objetivo: Testar a normalidade dos dados sem a especificação dos parâmetros.

Hipóteses do teste

H₀: A amostra é proveniente de uma população com distribuição Normal com média e variância não especificadas.

H₁: A amostra não é proveniente de uma população com distribuição Normal.

Decisão do teste

Rejeita a H₀ se:

- A estatística de teste (T1) for maior que o quantil de (1- α) (tabelado);
- O p-valor for menor que o nível de significância considerado.

Como a maioria dos p-valores foram maiores que $\alpha = 0,05$, não se pode rejeitar a H₀ (TAB. G.1).

Portanto, há evidências que a amostra de dados é proveniente de uma distribuição normal, considerando uma significância de 5%.

TABELA G.1 Resultados do teste de normalidade para as variáveis nível de inserção da sonda de aspiração e nível de pressão negativa.

Testes de Normalidade								
Nível de inserção da sonda de aspiração	Nível de pressão negativa	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
		Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.	
Traqueal	Controle	FC	0,257	12	0,028	0,868	12	0,062
		PAM	0,187	12	0,200*	0,908	12	0,199
		SaO ₂	0,302	12	0,003	0,726	12	0,002
		PaCO ₂	0,175	12	0,200*	0,877	12	0,081
		PaO ₂ /FIO ₂	0,222	12	0,105	0,839	12	0,027
		VT	0,165	12	0,200*	0,914	12	0,238
		Cdyn	0,134	12	0,200*	0,956	12	0,726
		Rsr	0,345	12	0,000	0,767	12	0,004
	80 mmHg	% colapso	0,228	12	0,085	0,808	12	0,011
		FC	0,215	15	0,061	0,838	15	0,012
		PAM	0,193	15	0,139	0,905	15	0,114
		SaO ₂	0,279	15	0,003	0,722	15	0,000
		PaCO ₂	0,182	15	0,194	0,848	15	0,016
		PaO ₂ /FIO ₂	0,238	15	0,022	0,813	15	0,005
	VT	0,161	15	0,200*	0,897	15	0,086	
	Cdyn	0,175	15	0,200*	0,921	15	0,199	
	Rsr	0,237	15	0,023	0,814	15	0,006	
	% colapso	0,198	15	0,118	0,873	15	0,038	

Nível de inserção da sonda de aspiração	Nível de Pressão negativa	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
		Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.	
Traqueal	200 mmHg	FC	0,215	9	0,200*	0,893	9	0,215
		PAM	0,241	9	0,141	0,923	9	0,414
		SaO ₂	0,355	9	0,002	0,755	9	0,006
		PaCO ₂	0,179	9	0,200*	0,923	9	0,415
		PaO ₂ /FIO ₂	0,219	9	0,200*	0,856	9	0,087
		VT	0,336	9	0,004	0,785	9	0,014
		Cdyn	0,212	9	0,200*	0,872	9	0,128
		Rsr	0,277	9	0,046	0,856	9	0,086
		% colapso	0,216	9	0,200*	0,851	9	0,077
Carinal	80 mmHg	FC	0,215	9	0,200*	0,882	9	0,165
		PAM	0,206	9	0,200*	0,953	9	0,718
		SaO ₂	0,339	9	0,004	0,673	9	0,001
		PaCO ₂	0,145	9	0,200*	0,949	9	0,674
		PaO ₂ /FIO ₂	0,216	9	0,200*	0,888	9	0,192
		VT	0,224	9	0,200*	0,834	9	0,049
		Cdyn	0,262	9	0,075	0,885	9	0,177
		Rsr	0,295	9	0,024	0,798	9	0,019
		% colapso	0,227	9	0,200*	0,878	9	0,151
	200 mmHg	FC	0,173	9	0,200*	0,908	9	0,304
		PAM	0,205	9	0,200*	0,919	9	0,382
		SaO ₂	0,219	9	0,200*	0,813	9	0,029
		PaCO ₂	0,179	9	0,200*	0,929	9	0,473
		PaO ₂ /FIO ₂	0,259	9	0,083	0,844	9	0,064
		VT	0,202	9	0,200*	0,859	9	0,093
		Cdyn	0,247	9	0,119	0,861	9	0,098
		Rsr	0,431	9	0,000	0,630	9	0,000
		% colapso	0,306	9	0,015	0,838	9	0,054
Bronquial	Controle	FC	0,385	3	-	0,750	3	0,000
		PAM	0,314	3	-	0,893	3	0,363
		SaO ₂	0,175	3	-	0,000	3	0,000
		PaCO ₂	0,385	3	-	0,750	3	0,000
		PaO ₂ /FIO ₂	0,385	3	-	0,750	3	0,000
		VT	0,317	3	-	0,889	3	0,350
		Cdyn	0,175	3	-	0,000	3	0,000
		Rsr	0,385	3	-	0,750	3	0,000
		% colapso	0,246	3	-	0,970	3	0,668
	80 mmHg	FC	0,212	15	0,067	0,895	15	0,080
		PAM	0,100	15	0,200*	0,967	15	0,817
		SaO ₂	0,246	15	0,015	0,818	15	0,006
		PaCO ₂	0,160	15	0,200*	0,937	15	0,346
		PaO ₂ /FIO ₂	0,261	15	0,007	0,781	15	0,002
		VT	0,257	15	0,009	0,827	15	0,008
		Cdyn	0,267	15	0,005	0,837	15	0,012
		Rsr	0,188	15	0,159	0,831	15	0,010
		% colapso	0,299	15	0,001	0,711	15	0,000
200 mmHg	FC	0,117	15	0,200*	0,962	15	0,722	
	PAM	0,101	15	0,200*	0,973	15	0,897	
	SaO ₂	0,331	15	0,000	0,768	15	0,001	
	PaCO ₂	0,181	15	0,200*	0,906	15	0,117	
	PaO ₂ /FIO ₂	0,187	15	0,169	0,881	15	0,049	
	VT	0,217	15	0,057	0,860	15	0,024	
	Cdyn	0,291	15	0,001	0,829	15	0,009	
	Rsr	0,229	15	0,034	0,812	15	0,005	
	% colapso	0,233	15	0,027	0,799	15	0,004	

Nota: a. *Lilliefors Significance Correction*

*. Este é o limite inferior da significância verdadeira.

gl – grau de liberdade

G.2 Teste de Homogeneidade de Variância

Resultados do teste de homogeneidade de variância antes *versus* após as intervenções e após as intervenções, segundo os níveis de pressão negativa, de inserção da sonda de aspiração e do número de ordem do ensaio (TAB. G.2).

TABELA G.2 Resultados do teste de homogeneidade de variância antes *versus* após as intervenções e após as intervenções, segundo os níveis de pressão negativa, de inserção da sonda de aspiração, número de ordem do ensaio e momento do ensaio.

Variáveis	Antes <i>versus</i> após as intervenções				Após as intervenções															
	Global				Nível de pressão negativa				Nível de inserção da sonda de aspiração				Número de ordem do ensaio				Momento do ensaio			
	LS	gl1	gl2	Sig.	LS	gl1	gl2	Sig.	LS	gl1	gl2	Sig.	LS	gl1	gl2	Sig.	LS	gl1	gl2	Sig.
FC	0,151	1	143	0,698	0,802	2	113	0,451	3,871	2	113	0,024	2,431	6	109	0,030	1,974	3	112	0,122
PAM	4,340	1	143	0,039	2,071	2	113	0,131	0,982	2	113	0,378	4,578	6	109	0,000	0,415	3	112	0,743
SaO ₂	74,361	1	143	0,000	6,943	2	113	0,001	3,071	2	113	0,050	2,625	6	109	0,020	4,865	3	112	0,003
PaCO ₂	21,646	1	85	0,000	1,102	2	55	0,339	2,250	2	55	0,115	0,521	6	51	0,790	4,083	1	56	0,048
PaO ₂ /FIO ₂	0,368	1	85	0,546	2,734	2	55	0,074	2,597	2	55	0,084	2,855	6	51	0,018	0,480	1	56	0,491
VT	4,663	1	143	0,032	1,154	2	113	0,319	0,747	2	113	0,476	13,403	6	109	0,000	1,267	3	112	0,289
Cdyn	3,466	1	143	0,065	1,159	2	113	0,317	3,694	2	113	0,028	8,785	6	109	0,000	2,218	3	112	0,090
Rsr	36,806	1	143	0,000	5,076	2	113	0,008	5,642	2	113	0,005	3,389	6	109	0,004	2,596	3	112	0,056
% Colapso	45,739	1	143	0,000	1,660	2	113	0,195	8,464	2	113	0,000	6,849	6	109	0,000	0,334	3	112	0,801

Nota: LS – Estatística de Levene; gl – grau de liberdade; Sig – significância.

Observação: Células com preenchimento de cor indicam dados significativos.

Resultados do teste de homogeneidade de variância agrupados por níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração: análise antes *versus* após as intervenções e análises após as intervenções, segundo o número de ordem do ensaio e o momento de tempo do ensaio.

TABELA G.3 Resultados do teste de homogeneidade de variância agrupados por níveis de pressão negativa e de inserção da sonda de aspiração: análise antes *versus* após as intervenções e análises após as intervenções, segundo o número de ordem e momento do ensaio.

Nível de inserção da aspiração	Nível de pressão negativa	Variáveis	Antes <i>versus</i> após as intervenções				Após as intervenções							
			Global				Ordem de ensaio				Momento (tempos 1, 2, 5 e 10 minutos)			
			LS	gl1	gl2	Sig.	LS	gl1	gl2	Sig.	LS	gl1	gl2	Sig.
Traqueal	Controle	FC	0,071	1	18	0,793	-	-	-	-	0,518	3	12	0,678
		PAM	0,641	1	18	0,434	-	-	-	-	1,576	3	12	0,247
		SaO ₂	6,372	1	18	0,021	-	-	-	-	0,126	3	12	0,943
		PaCO ₂	1,756	1	10	0,215	-	-	-	-	0,279	1	6	0,616
		PaO ₂ /FIO ₂	1,404	1	10	0,263	-	-	-	-	0,001	1	6	0,978
		VT	0,039	1	18	0,845	-	-	-	-	0,068	3	12	0,976
		Cdyn	0,330	1	18	0,573	-	-	-	-	0,127	3	12	0,942
		Rsr	22,663	1	18	0,000	-	-	-	-	1,022	3	12	0,417
		% colapso	6,513	1	18	0,020	-	-	-	-	0,011	3	12	0,998

Nota: Pn – pressão negativa; LS – Estatística de Levene; gl – grau de liberdade; Sig – significância.

Células com preenchimento de cor indicam dados significativos. Células com traço devem-se ao fato do teste não poder ser realizado para o grupamento nível de inserção da sonda de aspiração e nível de pressão negativa devido somente um grupo ter a variância calculada.

Nível de inserção da aspiração	Nível de pressão negativa	Variáveis	Antes versus após as intervenções				Após as intervenções							
			Global				Ordem de ensaio				Momento (tempos 1, 2, 5 e 10 minutos)			
			LS	gl1	gl2	Sig.	LS	gl1	gl2	Sig.	LS	gl1	gl2	Sig.
Traqueal	80 mmHg	FC	0,006	1	23	0,941	114,363	2	17	0,000	0,251	3	16	0,86
		PAM	1,174	1	23	0,290	0,310	2	17	0,737	0,54	3	16	0,662
		SaO ₂	27,225	1	23	0,000	3,455	2	17	0,055	0,678	3	16	0,578
		PaCO ₂	2,229	1	13	0,159	10,164	2	7	0,009	0,312	1	8	0,592
		PaO ₂ /FIO ₂	0,000	1	13	0,994	3,683	2	7	0,081	3,235	1	8	0,110
		VT	1,110	1	23	0,303	36,543	2	17	0,000	0,637	3	16	0,602
		Cdyn	0,080	1	23	0,780	19,410	2	17	0,000	0,822	3	16	0,500
		Rsr	6,903	1	23	0,015	10,003	2	17	0,001	0,912	3	16	0,457
		% colapso	11,353	1	23	0,003	22,592	2	17	0,000	0,543	3	16	0,660
	200 mmHg	FC	0,706	1	13	0,416	-	-	-	-	0,282	3	8	0,837
		PAM	0,081	1	13	0,780	-	-	-	-	0,615	3	8	0,624
		SaO ₂	5,665	1	13	0,033	-	-	-	-	1,068	3	8	0,415
		PaCO ₂	3,936	1	7	0,088	-	-	-	-	1,465	1	4	0,293
		PaO ₂ /FIO ₂	0,793	1	7	0,403	-	-	-	-	0,269	1	4	0,631
		VT	21,902	1	13	0,000	-	-	-	-	1,14	3	8	0,390
		Cdyn	1,972	1	13	0,184	-	-	-	-	0,065	3	8	0,977
		Rsr	6,290	1	13	0,026	-	-	-	-	0,204	3	8	0,891
		% colapso	9,366	1	13	0,009	-	-	-	-	0,865	3	8	0,498
Carinal	80 mmHg	FC	0,058	1	13	0,814	14,235	1	10	0,004	0,086	3	8	0,966
		PAM	2,075	1	13	0,173	5,735	1	10	0,038	1,252	3	8	0,354
		SaO ₂	7,699	1	13	0,016	16,680	1	10	0,002	1,145	3	8	0,388
		PaCO ₂	1,075	1	7	0,334	1,835	1	4	0,247	0,91	1	4	0,394
		PaO ₂ /FIO ₂	0,032	1	7	0,863	54,879	1	4	0,002	0,607	1	4	0,479
		VT	5,416	1	13	0,037	0,003	1	10	0,959	0,365	3	8	0,780
		Cdyn	0,167	1	13	0,690	4,725	1	10	0,055	2,404	3	8	0,143
		Rsr	10,413	1	13	0,007	10,462	1	10	0,009	0,092	3	8	0,962
		% colapso	11,261	1	13	0,005	29,040	1	10	0,000	0,695	3	8	0,581
	200 mmHg	FC	0,314	1	13	0,585	4,711	1	10	0,055	0,406	3	8	0,753
		PAM	2,231	1	13	0,159	1,166	1	10	0,306	0,941	3	8	0,465
		SaO ₂	6,602	1	13	0,023	8,411	1	10	0,016	2,592	3	8	0,125
		PaCO ₂	2,043	1	7	0,196	5,150	1	4	0,086	0,696	1	4	0,451
		PaO ₂ /FIO ₂	4,375	1	7	0,075	4,794	1	4	0,094	0,174	1	4	0,698
		VT	2,732	1	13	0,122	0,180	1	10	0,680	0,45	3	8	0,725
		Cdyn	8,637	1	13	0,012	4,802	1	10	0,053	0,109	3	8	0,953
		Rsr	9,307	1	13	0,009	22,951	1	10	0,001	1,232	3	8	0,360
		% colapso	7,884	1	13	0,015	13,781	1	10	0,004	1,834	3	8	0,219
Bronquial	80 mmHg	FC	0,015	1	23	0,904	6,926	3	16	0,003	0,143	3	16	0,933
		PAM	0,011	1	23	0,918	3,331	3	16	0,046	0,054	3	16	0,983
		SaO ₂	10,761	1	23	0,003	6,993	3	16	0,003	1,313	3	16	0,305
		PaCO ₂	3,665	1	13	0,078	13,105	3	6	0,005	0,759	1	8	0,409
		PaO ₂ /FIO ₂	0,592	1	13	0,455	8,381	3	6	0,014	0,011	1	8	0,918
		VT	3,203	1	23	0,087	1,696	3	16	0,208	0,044	3	16	0,987
		Cdyn	0,807	1	23	0,378	1,373	3	16	0,287	0,153	3	16	0,926
		Rsr	6,156	1	23	0,021	6,851	3	16	0,004	0,665	3	16	0,586
		% colapso	6,575	1	23	0,017	2,280	3	16	0,118	0,005	3	16	1,000
	200 mmHg	FC	0,061	1	23	0,807	4,600	3	16	0,017	0,532	3	16	0,667
		PAM	0,599	1	23	0,447	29,222	3	16	0,000	0,272	3	16	0,845
		SaO ₂	13,810	1	23	0,001	19,069	3	16	0,000	0,676	3	16	0,580
		PaCO ₂	5,725	1	13	0,033	1,740	3	6	0,258	0,661	1	8	0,440
		PaO ₂ /FIO ₂	1,561	1	13	0,234	66,216	3	6	0,000	0,112	1	8	0,747
		VT	0,031	1	23	0,861	1,949	3	16	0,162	0,326	3	16	0,807
		Cdyn	2,425	1	23	0,133	0,967	3	16	0,433	0,079	3	16	0,971
		Rsr	5,005	1	23	0,035	21,367	3	16	0,000	0,518	3	16	0,676
		% colapso	6,320	1	23	0,019	12,107	3	16	0,000	0,01	3	16	0,999

Nota: Pn – pressão negativa; LS – Estatística de Levene; gl – grau de liberdade; Sig – significância.

G.3 Análise de Regressão

A análise de regressão busca prever uma das variáveis (variável de saída) em função de outra e única variável previsoras (regressão simples) ou prever um resultado a partir de diversas variáveis previsoras (regressão múltipla) por meio de um modelo preditivo ajustado aos dados.

O modelo preditivo é usado para prever valores da variável dependente a partir de uma ou mais variáveis independentes, considerando a equação genérica (H.1):

$$\text{Saída}_i = (\text{Modelo})_i + \text{Erro}_i \quad (\text{H.1})$$

A equação significa que qualquer saída ou resposta pode ser prevista por qualquer modelo ajustado aos dados mais algum tipo de erro. No modelo linear, utiliza-se o método dos mínimos quadrados para determinar a linha reta que melhor descreve ou ajusta-se aos dados observados. Isto ocorre porque o método seleciona a linha que apresenta a menor soma das diferenças ao quadrado

Na regressão simples, a linha reta pode ser definida pela inclinação da linha (b_1) e pelo ponto em que a linha cruza o eixo vertical do gráfico (intercepto da linha, b_0), que constituem os coeficientes de regressão, conforme equação (H.2).

$$Y_i = (b_0 + b_1 X_i) + \varepsilon_i \quad (\text{H.2})$$

Onde: Y_i é a variável de saída a ser prevista;

b_0 é o intercepto da linha;

b_1 é a inclinação da linha, coeficiente de regressão b associado a variável i ;

X_i é o escore do i -ésimo participante da variável previsoras;

ε_i é o termo resíduo, que representa a diferença entre o valor previsto pela linha para o participante i e o escore que realmente o participante i obteve

Em seguida, após a obtenção da linha de melhor ajuste, avalia-se a aderência dela aos dados, ou seja, a qualidade do ajuste do modelo. Assim, compara-se o modelo da linha de melhor ajuste a um modelo mais básico, calculando o ajuste pela equação (H.3):

$$\text{Desvios} = \sum (\text{observados} - \text{modelo})^2 \quad (\text{H.3})$$

Pressupondo que a média é uma estratégia básica para prever um resultado e utilizando-a como um modelo, pode-se calcular diferenças entre os valores observados e os valores previstos pela média. Assim, tem-se:

(i) Soma total dos quadrados (SS_T) – quantia total de diferenças presentes quando o modelo mais básico é aplicado aos dados. Representa o quão boa a média é como um modelo para os dados observados;

(ii) Soma dos resíduos ao quadrado (SS_R) – também denominada soma dos quadrados residual, representa o grau de imprecisão quando o melhor modelo é ajustado aos dados;

(iii) Soma dos quadrados do modelo (SS_M) – calculado pela diferença entre SS_T e SS_R . É utilizado para comparar o quanto melhor é a linha de regressão (linha do melhor

ajuste) que o valor que seria obtido utilizando a média como modelo, assim informa sobre a melhoria na previsão resultante da utilização da linha de regressão em vez da média. A SS_M mostra a redução na imprecisão do modelo resultante do ajuste do modelo da linha de regressão aos dados. Seu valor alto significa que usar o modelo de regressão é bem diferente e melhor do que usar a média para prever o valor da variável resultante;

(iv) Percentual de melhoria debitada ao modelo (R^2) – Coeficiente da quantidade de variância nas saídas explicadas pelo modelo (SS_M) relativa a quanta variação foi inicialmente explicada (SS_T). Representa o percentual de variação nos valores previstos que podem ser explicados pelo modelo;

(v) Teste F – Razão da melhoria devida ao modelo (SS_M) e a diferença entre o modelo e os dados observados (SS_R). Um bom modelo deverá ter uma razão F grande, pelo menos maior do que 1.

Ainda em relação à regressão, entende-se que, modelos ruins (como a média) terão um coeficiente de regressão igual a zero. Um coeficiente de regressão igual a zero significa: (i) a mudança de unidade na variável previsora não resultará em uma alteração no valor previsto e (ii) o gradiente da linha de regressão é zero, assim, a linha de regressão será horizontal. Logicamente, se uma variável prevê significativamente um valor de saída, então ela deve ter um valor b_1 significativamente diferente de zero. Essa hipótese é testada utilizando o teste t.

A estatística t testa a hipótese nula de que o valor de b é zero. Dessa forma, se for significativo (menor do que 5%) aceita-se a hipótese que o valor de b é significativamente diferente de zero e que a variável previsora contribui significativamente para a habilidade de estimar o valor de saída. O teste t é calculado levando em consideração os valores de $b_{\text{observado}}$ e o erro padrão, conforme equação (H.4):

$$t = \frac{(b_{\text{observado}} - b_{\text{esperado}})}{SE_b} \rightarrow \frac{b_{\text{observado}}}{SE_b} \quad (\text{H.4})$$

Onde, b_{esperado} é o valor de b, que esperar-se-ia obter se a hipótese nula fosse verdadeira;

SE_b é o erro padrão associado ao valor de b.

Na regressão múltipla, aplicam-se os mesmos conceitos da regressão simples, porém cada variável previsora tem seu próprio coeficiente e a variável de saída é prevista a partir de uma combinação de todas variáveis multiplicadas pelos seus respectivos coeficientes mais o intercepto (b_0) (Equação H.5).

$$Y_i = (b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n) + \varepsilon_i \quad (\text{H.5})$$

Onde: Y_i é a variável de saída a ser prevista;

b_0 é o intercepto da linha;

b_1 é o coeficiente do primeiro previsor (X_1);

b_2 é o coeficiente do segundo previsor (X_2);

b_n é o coeficiente do n-ésimo previsor (X_n);

X é o escore do participante da variável previsora;

ε_i é o termo resíduo, que representa a diferença entre o valor previsto e o observado de Y para o i-ésimo participante.

O coeficiente R Múltiplo representa a correlação entre os valores observados de Y e os de Y previstos pelo modelo de regressão múltipla. Valores grandes do R Múltiplo significam uma alta correlação entre os valores previstos e observados da variável de saída, sendo perfeita quando igual a 1, ou seja, a situação na qual o modelo se adere perfeitamente a todos os pontos. Trata-se de uma medida de quão bem o modelo prevê os dados observados.

O R^2 resultante pode ser interpretado da mesma forma que na regressão simples, ou seja, a quantidade de variação na variável de saída que pode ser creditada ao modelo.

Segue suplemento da análise de regressão múltipla para a variável colapso pulmonar e SaO₂ (TAB. G.4 e TAB. G.5).

TABELA G.4 Estatística dos resíduos para a variável colapso pulmonar.

Parâmetros	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	N
Valor previsto	2,97	61,01	36,03	14,55	116
Valor previsto padronizado	-2,27	1,72	0,00	1,00	116
Erro do valor previsto padronizado	1,05	3,16	1,63	0,44	116
Valor previsto ajustado	2,90	61,90	36,04	14,56	116
Resíduo	-14,61	13,62	0,00	6,68	116
Resíduo padronizado	-2,13	1,98	0,00	0,97	116
Resíduo estudentizado	-2,19	2,02	0,00	1,00	116
Resíduo excluído	-15,50	14,14	-0,01	7,12	116
Resíduo excluído estudentizado	-2,23	2,05	0,00	1,01	116
Distância de Mahalanobis	1,68	23,29	5,95	4,23	116
Distância de Cook	0,00	0,14	0,01	0,02	116
Valor centrado da influência	0,02	0,20	0,05	0,04	116

TABELA G.5 Estatística dos resíduos para a variável SaO₂.

Parâmetros	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	N
Valor previsto	55,89	107,90	82,56	15,59	116
Valor previsto padronizado	-1,71	1,63	0,00	1,00	116
Erro do valor previsto padronizado	1,84	4,86	2,32	0,57	116
Valor previsto ajustado	55,17	108,41	82,57	15,62	116
Resíduo	-23,89	29,01	0,00	9,46	116
Resíduo padronizado	-2,46	2,99	0,00	0,97	116
Resíduo estudentizado	-2,54	3,05	0,00	1,01	116
Resíduo excluído	-25,42	30,17	-0,01	10,09	116
Resíduo excluído estudentizado	-2,60	3,17	0,00	1,02	116
Distância de Mahalanobis	3,12	27,76	5,95	4,49	116
Distância de Cook	0,00	0,18	0,01	0,02	116
Valor centrado da influência	0,03	0,24	0,05	0,04	116

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)