Gustavo Prosperi Bicalho

Comparação da umidade e temperatura dos gases inalados com alto ou baixo fluxo de gases frescos e com ou sem permutador de calor e umidade em anestesia pediátrica

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Anestesiologia da Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Titular José Reinaldo Cerqueira Braz

Botucatu
2013

Dedicatórias

À minha esposa Andressa, por tornar possível a realização de um grande projeto pessoal, pelo apoio incondicional desde o início, pelo esforço e entusiasmo compartilhados.

À minha filha Ana Júlia, que durante todo o processo, coloriu tudo com sua alegria, perspicácia e espontaneidade.

Aos meus pais, Clóvis e Leiza (*in memorian*), por terem pavimentado uma trilha de possibilidades.

À minha irmã Gabriela, pelo apoio demonstrado.

Agradecimento especial

Ao Professor Titular José Reinaldo Cerqueira Braz,

pelo aceite da minha orientação,
pela grandiosa e inestimável ajuda prestada ao longo de todo o processo,
pelo apoio oferecido em momentos difíceis,
pelo entusiasmo demonstrado nos momentos de sucesso,
pelos agradáveis momentos compartilhados em terras estrangeiras,
pela polidez,
pela liderança,
pela correção,
pelo exemplo.

Professor Braz,
Meu sincero e longevo, muito obrigado!

Agradecimentos

À CAPES, pela concessão da bolsa de Doutorado.

À FAPESP, pela concessão ao meu orientador, Professor José Reinaldo Cerqueira Braz, do Auxílio à Pesquisa, Processo 2011/11273-2, que permitiu a realização da pesquisa.

Aos Professores da Pós-graduação em Anestesiologia da Faculdade de Medicina de Botucatu, pelos valiosos ensinamentos e acolhimento.

Ao Prof. Leandro Gobbo Braz, pela inestimável contribuição ao longo de toda a pesquisa.

À Profa. Norma Sueli Pinheiro Módolo, por todo auxílio oferecido no Centro Cirúrgico.

À Profa. Lídia Raquel de Carvalho, pela contribuição com as análises estatísticas.

À então residente, agora Anestesiologista, Larissa Smith Barreto de Jesus, pela seriedade, dedicação e eficiência demonstradas ao longo de toda pesquisa.

Aos funcionários da Anestesiologia do Centro Cirúrgico, em especial a Eunice Giandoni, pela presteza em disponibilizar todos os dispositivos anestesiológicos necessários à pesquisa.

A todos os funcionários do Departamento de Anestesiologia, pela disponibilidade e presteza.

À Nelí Aparecida Pavan, pela eficiência e disponibilidade em resolver inúmeras questões, pela dedicação e simpatia.

Ao André Renato Passaroni, pelo auxílio nas questões de informática.

Aos colegas Anestesiologistas do Hospital Lifecenter, pelo apoio e compreensão nos meus períodos de ausência.

Epígrafe

“O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são”

Aristóteles

Bicalho GP. Comparação da umidade e temperatura dos gases inalados com alto ou baixo fluxo de gases frescos e com ou sem permutador de calor e umidade em anestesia pediátrica. Botucatu 2013. 91p. Tese (Doutorado em Anestesiologia) – Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP.

RESUMO

Justificativa e objetivos: O valor mínimo de umidade absoluta (UA) mais frequentemente considerado para prevenção dos efeitos deletérios de gases secos sobre o epitélio das vias aéreas durante anestesia é de 20 mg H_2O/L. Como as crianças possuem menor volume minuto, a umidificação dos gases no sistema ventilatório circular pode ser menor na criança que no adulto. O permutador de calor e umidade (PCU) é dispositivo utilizado para umidificar e aquecer adicionalmente os gases inalados durante a ventilação artificial. Com o objetivo de avaliar as propriedades de umidificação de sistema ventilatório circular durante anestesia pediátrica, realizou-se estudo para comparar a temperatura e umidade dos gases inalados com baixo ou alto fluxo de gases frescos (FGF) e com ou sem PCU no circuito ventilatório.

Método: Quarenta crianças foram alocadas aleatoriamente em um de quatro grupos segundo a ventilação pulmonar com sistema circular com baixo (1L/min) ou alto (3L/min) FGF sem PCU (grupos 1L e 3L) ou com PCU (grupos PCU1L e PCU3L). A temperatura e UA dos gases inalados foram mensuradas durante 80 minutos após a conexão do paciente ao circuito ventilatório.

Resultados: As médias da temperatura do gás inalado foram maiores nos grupos que utilizaram PCU (PCU1L: 30,3 ± 1,1°C; PCU3L: 29,3± 1,2°C) quando comparadas às dos grupos que não utilizaram PCU (1L: 27,0 ± 1,2°C; 3L: 27,1 ± 1,5°C) ($p < 0,0001$). As médias de UA dos gases inalados foram maiores nos grupos com PCU em relação aos grupos sem PCU e maiores nos grupos de baixo FGF que nos grupos de alto FGF [(PCU1L: 25 ± 1 mg H_20/L) > (PCU3L: 23 ± 2 mg H_20/L) > (1L: 17 ± 1 mg H_20/L) > (3L: 14 ± 1 mg H_20/L)] ($p<0,0001$).

Conclusão: Em sistema ventilatório circular pediátrico, o uso de alto ou baixo FGF não propicia umidificação mínima necessária dos gases inalados para redução do risco de desidratação das vias aéreas. A adição de PCU no circuito ventilatório

aumenta a umidade e temperatura dos gases inalados para valores próximos dos considerados fisiológicos. Dessa forma, a associação de PCU e de baixo FGF no circuito ventilatório é a maneira mais eficiente de conservação de calor e umidade dos gases inalados durante anestesia pediátrica.

Palavras-chave: Umidade; Anestesia por Inalação; Anestesia com Reinalação; Pediatria

Bicalho GP. Comparison of the humidity of inhaled gases with low or high fresh gas flow and with or without a heat and moisture exchanger in pediatric patients. Botucatu 2013. 91p. Thesis (PhD degree in Anesthesiology) – Botucatu Medical School, UNESP.

ABSTRACT

Background: An inhaled gas absolute humidity (AH) of 20 mg $H_2O.L^{-1}$ is the minimum value most considered as the threshold necessary for preventing the deleterious effects of dry gas on the epithelium of the airways during anesthesia. Because children have small minute ventilation, we hypothesized that the humidification of a circle breathing system is lower in children compared with adults. A heat and moisture exchanger (HME) is a device that can be used to further humidify inhaled gases during anesthesia. In order to evaluate the humidifying properties of a circle breathing system during pediatric anesthesia we compared the temperature and humidity of inhaled gases under low or high fresh gas flow (FGF) conditions and with or without an HME in the breathing circuit.

Methods: Forty children were randomly allocated into one of four groups according to the ventilation of their lungs by a circle breathing system with low ($1L.min^{-1}$) or high ($3L.min^{-1}$) FGF without an HME (1L and 3L groups) or with an HME (HME1L and HME3L groups). The temperature and AH of inhaled gases were measured for 80 minutes after connecting the patient to the breathing circuit.

Results: The mean inhaled gas temperature was higher in HME groups (HME1L: 30.3 ± 1.1°C; HME3L: 29.3 ± 1.2°C) compared with no-HME groups (1L: 27.0 ± 1.2°C; 3L: 27.1 ± 1.5°C) ($P < 0.0001$). The mean inhaled gas AH was higher in HME than no-HME groups, and higher in low-flow than high-flow groups [(HME1L: 25 ± 1 mg $H_2O.L^{-1}$) > (HME3L: 23 ± 2 mg $H_2O.L^{-1}$) > (1L: 17 ± 1 mg $H_2O.L^{-1}$) > (3L: 14 ± 1 mg $H_2O.L^{-1}$)] ($P < 0.0001$).

Conclusion: In a pediatric circle breathing system, the use of neither high nor low FGF provides the minimum humidity level of the inhaled gases thought to reduce the risk of dehydration of airways. Insertion of an HME in the breathing circuit increases the humidity and temperature of the inhaled gases, bringing them close to physiological values. Therefore, the association of an HME with low FGF in the

breathing circuit is the most efficient way to conserve the heat and the moisture of the inhaled gas during pediatric anesthesia.

Keywords: Humidity; Inhalation Anesthesia; Anesthesia, Closed-Circuit; Pediatrics

Lista de Figuras

Figura 1 Relação entre temperatura e umidade absoluta, nas condições de saturação..... 17

Figura 2 Relação entre umidade absoluta e relativa em amostras gasosas com diferentes temperaturas..... 18

Figura 3 Evolução da temperatura e umidade ao longo da via aérea durante a inspiração..... 19

Figura 4 Representação esquemática do epitélio respiratório e sistema de transporte mucociliar..... 21

Figura 5 Desenho esquemático do sistema circular com absorvedor de CO_2..... 25

Figura 6 Desenho esquemático de dois tipos de PCU..... 31

Figura 7 Foto de microscopia eletrônica de varredura de dois tipos diferentes de membranas utilizadas em PCU..... 32

Figura 8 Foto da estação de anestesia Dräger Primus..... 38

Figura 9 Vista superior da seção de válvulas do sistema respiratório da estação de anestesia Dräger Primus..... 38

Figura 10 Diagrama do sistema respiratório circular com absorvedor de CO_2 da estação de anestesia Dräger Primus..... 39

Figura 11 PCU hidrofóbico utilizado no estudo..... 40

Figura 12 Termo-higrômetro digital utilizado na pesquisa..... 41

Figura 13 Peça em T utilizada para conexão da sonda de medição do termohigrômetro ao sistema ventilatório..... 42

Figura 14 Local de medição da temperatura e umidade dos gases inalados..... 43

Figura 15 Local de medição da temperatura e umidade dos gases na saída da estação da anestesia Dräger Primus, junto ao ramo inspiratório..... 44

Figura 16 Valores médios (média + DP) da umidade relativa do gás na saída da estação de anestesia ao longo do tempo nos grupos estudados..... 53

Figura 17 Valores médios (média + DP) da umidade absoluta do gás na saída da estação de anestesia ao longo do tempo nos grupos estudados..... 54

Figura 18 Valores médios (média + DP) da temperatura do gás inalado ao longo do tempo nos grupos estudados..... 55

Figura 19 Valores médios (média + DP) da umidade relativa do gás inalado ao longo do tempo nos grupos estudados..... 56

Figura 20 Valores médios (média + DP) da umidade absoluta do gás inalado ao longo do tempo nos grupos estudados..... 57

Figura 21 Correlação entre as temperaturas da sala de operação e do gás inalado no grupo 1L..... 58

Figura 22 Correlação entre as temperaturas da sala de operação e do gás inalado no grupo 3L..... 59

Figura 23 Correlação entre as temperaturas da sala de operação e do gás inalado no grupo PCU1L..... 59

Figura 24 Correlação entre as temperaturas da sala de operação e do gás inalado no grupo PCU3L..... 60

Lista de Tabelas

Tabela 1 Valores (média ± DP) referentes aos dados antropométricos e frequência de distribuição de gênero dos grupos estudados..... 46

Tabela 2 Distribuição dos pacientes segundo o estado físico ASA nos grupos estudados..... 46

Tabela 3 Valores (média ± DP) da frequência cardíaca (batimentos/min) nos grupos e tempos estudados..... 47

Tabela 4 Valores (média ± DP) da pressão arterial média (mm Hg) nos grupos e tempos estudados..... 47

Tabela 5 Valores (média ± DP) da pressão de via aérea (cm H_2O) nos grupos e tempos estudados..... 48

Tabela 6 Valores (média ± DP) do volume corrente (mL/kg) nos grupos e tempos estudados..... 48

Tabela 7 Valores (média ± DP) da frequência respiratória (respirações/min) nos grupos e tempos estudados..... 49

Tabela 8 Valores (média ± DP) da $P_{ET}CO_2$ (mm Hg) nos grupos e tempos estudados..... 49

Tabela 9 Valores (média ± DP) da temperatura esofágica (^oC) nos grupos e tempos estudados..... 50

Tabela 10 Valores (média ± DP) da temperatura da sala de operação (^oC) nos grupos e tempos estudados..... 50

Tabela 11 Valores (média ± DP) da umidade relativa (%) da sala de operação nos grupos e tempos estudados..... 51

Tabela 12 Valores (média ± DP) da umidade absoluta (mg H_2O/L) da sala de operação nos grupos e tempos estudados..... 51

Tabela 13 Valores (média ± DP) da temperatura do gás (^oC) na saída da estação de anestesia nos grupos e tempos estudados..... 52

Tabela 14 Valores (média ± DP) da umidade relativa do gás (%) na saída da estação de anestesia nos grupos e tempos estudados..... 52

Tabela 15 Valores (média ± DP) da umidade absoluta do gás (mg H_2O/L) na saída da estação de anestesia nos grupos e tempos estudados..... 54

Tabela 16 Valores (média ± DP) da temperatura do gás inalado (^oC) nos grupos e tempos estudados..... 55

Tabela 17 Valores (média ± DP) da umidade relativa (%) do gás inalado nos grupos e tempos estudados..... 56

Tabela 18 Valores médios (média ± DP) da umidade absoluta (mg H_2O/L) do gás inalado nos grupos e tempos estudados..... 57

Sumário

Resumo
Abstract
Lista de Figuras
Lista de Tabelas

1 INTRODUÇÃO E LITERATURA 15

1.1 Definição e Aspectos Físicos da Umidade..... 16
1.2 Fisiologia da Umidificação Respiratória..... 18
1.3 Sistema de Transporte Mucociliar..... 20
1.4 Efeitos da Ventilação Mecânica com Gases Secos e Frios..... 22
1.5 Umidade e Temperatura do Gás Inalado Durante Anestesia com Sistemas Circulares com Absorvedor de CO_2..... 24
1.6 Permutador de Calor e Umidade (PCU)..... 29

2 OBJETIVO 34

3 PACIENTES E MÉTODO..... 35

3.1 Grupos Estudados..... 35
3.2 Procedimento Anestesiológico..... 35
3.3 Estação de Anestesia..... 37
3.4 Permutador de Calor e Umidade..... 40
3.5 Medidas de Umidade e Temperatura dos Gases..... 41
3.6 Atributos Estudados..... 44
3.7 Análise Estatística..... 45

4 RESULTADOS..... 46

4.1 Atributos Antropométricos..... 46
4.2 Estado Físico ASA..... 46
4.3 Atributos Hemodinâmicos..... 47
4.4 Atributos Respiratórios..... 48
4.5 Temperatura Esofágica..... 50
4.6 Atributos Termo-Higrométricos da Sala de Operação..... 50
4.7 Atributos Termo-Higrométricos do Gás na Saída da Estação de Anestesia..... 52
4.8 Atributos Termo-Higrométricos do Gás Inalado..... 55
4.9 Correlação entre as Temperaturas do Gás Inalado e da Sala de Operação..... 58

5 DISCUSSÃO 61

6 CONCLUSÕES..... 73

7 REFERÊNCIAS..... 74

APÊNDICE..... 81

1 INTRODUÇÃO E LITERATURA

Durante a respiração normal, o ar ambiente ao ser inalado é inicialmente aquecido e umidificado nas vias aéreas superiores (Shelly, 2006). Esse processo tem continuidade à medida que o ar avança ao longo do trato respiratório, considerando que a laringe e a porção proximal da traqueia têm também importância no condicionamento do ar inalado (Dias et al., 2005). Em condições fisiológicas, logo abaixo da carina, o ar inalado já se encontra totalmente saturado de vapor de água e com temperatura equivalente à temperatura corporal central (Shelly, 2006). O aquecimento e a umidificação do ar são essenciais para manutenção da função de transporte mucociliar e da integridade do epitélio do trato respiratório (Williams et al., 1996; Branson et al., 1998).

Durante a anestesia, a intubação orotraqueal altera o processo de aquecimento e umidificação, pois o tubo traqueal impede o contato da mistura gasosa inalada com a mucosa das vias aéreas superiores. Nessa situação, cria-se a possibilidade que gases medicinais não condicionados, ou seja, secos e frios, sejam administrados diretamente na traqueia. A ventilação mecânica com gases com baixas temperatura e umidade reduz o transporte mucociliar e provoca espessamento das secreções, destruição de cílios e ulceração do epitélio respiratório, assim como a formação de atelectasias e consequente alteração da relação ventilação/perfusão (Shelly et al., 1988; Williams et al., 1996; Branson et al., 1998; Sottiaux, 2006).

Atualmente, os sistemas ventilatórios circulares com absorvedor de dióxido de carbono (CO_2) são amplamente utilizados na anestesiologia. Quando associados a baixo fluxo de gases frescos (FGF), os sistemas circulares possuem propriedades que auxiliam a conservação da umidade dos gases respiratórios (Kleemann, 1994). A conservação da umidade deve-se tanto à reinalação dos gases expirados pelo paciente, que contêm calor e umidade, quanto à geração de água durante a reação do CO_2 expirado com a cal sodada. Além disso, o uso de baixo FGF apresenta outras vantagens como menores consumo de anestésicos inalatórios e poluição da sala de operação (SO)(Baum, 1996).

De forma semelhante ao que ocorre na anestesia de adultos, os sistemas circulares com absorvedor de CO_2 associados a baixo FGF são muito utilizados em anestesia pediátrica. Vantagens como maior economia de anestésicos inalatórios e menor poluição da SO estão também presentes quando se utilizam esses sistemas na faixa etária pediátrica (Meakin, 1999). Entretanto, poucos estudos avaliaram especificamente a propriedade de conservação de umidade dos gases nesses sistemas na população pediátrica (Igarashi et al., 1999; Hunter et al., 2005).

Os permutadores de calor e umidade (PCU) são dispositivos que podem ser utilizados em pacientes submetidos à ventilação mecânica invasiva, com o intuito de aquecer e umidificar os gases inspirados (Wilkes, 2011). Atualmente, existem modelos de PCU específicos para uso na faixa etária pediátrica (Malan et al., 2007).

1.1 Definição e Aspectos Físicos da Umidade

O termo umidade é utilizado em referência à presença de água em diversos materiais. Entretanto, mais comumente, refere-se à presença de vapor de água em um gás ou mistura de gases como, por exemplo, o ar atmosférico (Dyer, 2012).

A água possui moléculas dotadas de diferentes energias. Em recipiente fechado, parcialmente preenchido com água, tem-se que algumas moléculas de água têm energia suficiente e, portanto, velocidade para passarem do meio líquido para o meio aéreo, situado acima. Algumas moléculas de água da fase gasosa são atraídas novamente para a fase líquida. Assim, após certo tempo, ocorrerá equilíbrio entre as moléculas de água que deixam a fase líquida com as que retornam da fase gasosa. Nessa situação, considera-se que o ar encontra-se saturado de vapor de água (Wilkes, 2001).

As moléculas de água na fase gasosa exercem uma pressão que é denominada pressão de vapor de água. Quando o gás encontra-se em equilíbrio com a fase líquida, portanto saturado, a pressão de vapor é máxima e é denominada pressão de vapor de água em condições de saturação. Quanto maior a temperatura, maior a pressão de vapor em condições de saturação. Assim, quanto maior a temperatura, maior a capacidade do gás em carrear vapor de água (Wilkes, 2001) (Figura 1).

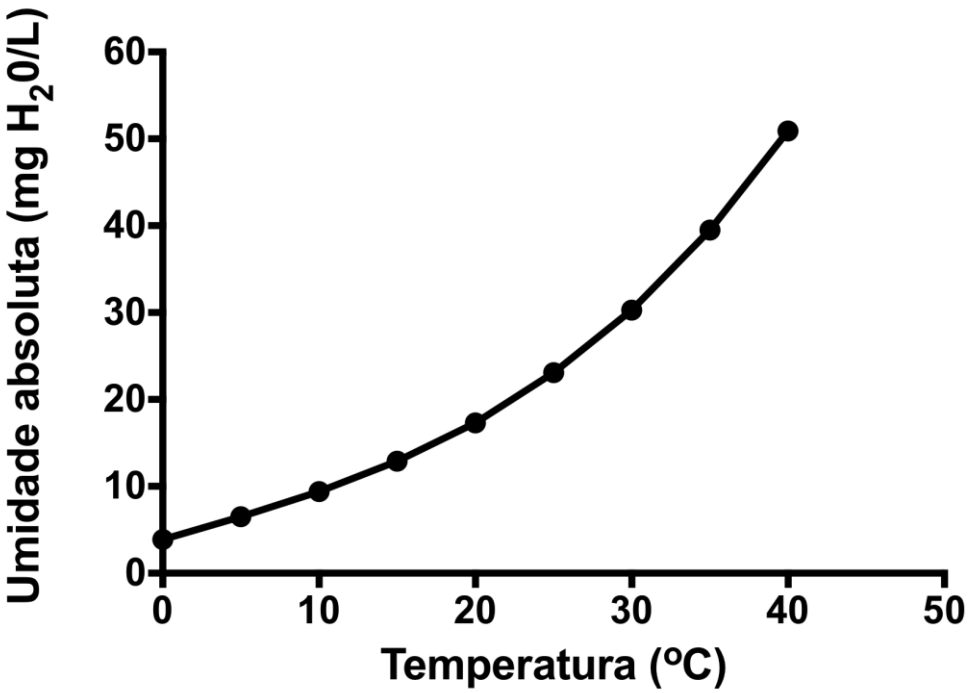


Figura 1 – Relação entre temperatura e umidade absoluta, nas condições de saturação.

Os termos habitualmente utilizados para se referir à umidade e suas definições são:

Umidade absoluta (UA): é a massa de vapor de água por unidade de volume de gás, expressa em mg H_2O/L ou g H_2O/m^3.

Umidade máxima (UM): é a maior quantidade de vapor de água que o ar pode carrear à determinada temperatura, expressa em mg H_2O/L ou g H_2O/m^3.

Umidade relativa (UR): é a relação entre a pressão de vapor de água no ar, à determinada temperatura, e a pressão de vapor de água nas condições de saturação na mesma temperatura, expressa em porcentagem. Pode também ser calculada pela fórmula: UR = UA/UM x 100, onde UA é umidade absoluta e UM é umidade máxima a uma determinada temperatura.

Para melhor ilustrar a relação entre UA e UR, consideremos um volume de ar com temperatura de 22ºC, UR de 50% e UA de 10 mg H_2O/L. Caso esse volume de ar seja aquecido a 37ºC, teremos que a UA permanecerá em 10 mg H_2O/L, pois a quantidade de vapor de água no ar não foi alterada. Já a UR, segundo a fórmula: UR = UA/UM, será de 23% (UR = 10/44), pois a umidade máxima a 37ºC é de 44 mg H_2O/L. A quantidade de vapor de água na amostra será a mesma, entretanto o ar,

agora à 37ºC, tem maior capacidade para carrear vapor de água e, portanto, menor UR (Figura 2).

Figura 2 – Relação entre umidades absoluta e relativa em amostras gasosas com diferentes temperaturas.

1.2 Fisiologia da Umidificação Respiratória

Além de servir como conduto aéreo, as vias aéreas têm a função de condicionar o ar inalado, fazendo com que o ar ao chegar os alvéolos esteja aquecido, umidificado e livre de partículas. Esse condicionamento ocorre devido à presença de fina camada fluida que recobre todo o epitélio respiratório e que corresponde à interface de contato entre o ar inalado e o epitélio respiratório subjacente.

O condicionamento do ar inalado ocorre inicialmente na cavidade nasal. A mucosa nasal possui grande capacidade de umidificação e aquecimento do ar inalado (Rouadi et al., 1999; Keck et al., 2000). Essa capacidade advém das características específicas da mucosa nasal, como a sua rica vascularização, grande extensão e a presença de fina camada fluida que a recobre. Esse fluido origina-se de glândulas serosas e seromucosas presentes na mucosa (Keck et al., 2000). Além disso, a presença dos cornetos faz com que o fluxo de ar seja turbilhonar, levando ao maior contato do ar inalado com a mucosa. Devido a essas características, a cavidade nasal proporciona eficiente transferência de calor e umidade para o ar inalado. Em condições normais, durante a respiração nasal, o ar, ao alcançar a laringe, apresenta temperatura de 31-33ºC, UR de 95% e UA de 30-33 mg H_2O/L (Williams et al., 1996; Sottiaux, 2006).

No processo de condicionamento, ao transferir calor e umidade para o ar inalado, a mucosa respiratória sofre um processo de resfriamento. Durante a

inspiração, a mucosa nasal, por exemplo, chega a atingir temperatura de 31ºC (Shelly, 2006). A transferência de calor da mucosa para o ar inalado ocorre tanto por evaporação quanto por convecção (Sottiaux, 2006). A água, ao se evaporar, gera resfriamento do líquido remanescente e da mucosa subjacente, por ser processo que requer energia. O calor necessário para converter uma substância da fase líquida para a fase gasosa é denominado calor latente de vaporização (Wilkes, 2001). Já o processo de convecção se dá devido ao contato entre o fluxo aéreo mais frio e a mucosa respiratória aquecida. A evaporação é responsável por 85% do gasto energético desse processo, enquanto que a convecção responde pelos 15% restantes (Wilkes, 2001).

Seguindo seu trajeto na via aérea, o ar inalado continua o processo de condicionamento e ao alcançar a traqueia em seu nível médio apresenta temperatura próxima de 34ºC, UR de 100% e UA de 38 mg H_2O/L (Williams et al., 1996; Sottiaux, 2006). Em condições habituais, nos brônquios principais, o ar inalado atinge temperatura de 37ºC, UR de 100% e UA de 44 mg H_2O/L (Williams et al., 1996). A partir desse ponto, o ar inalado mantém umidade e temperatura constantes até chegar aos alvéolos (Figura 3).

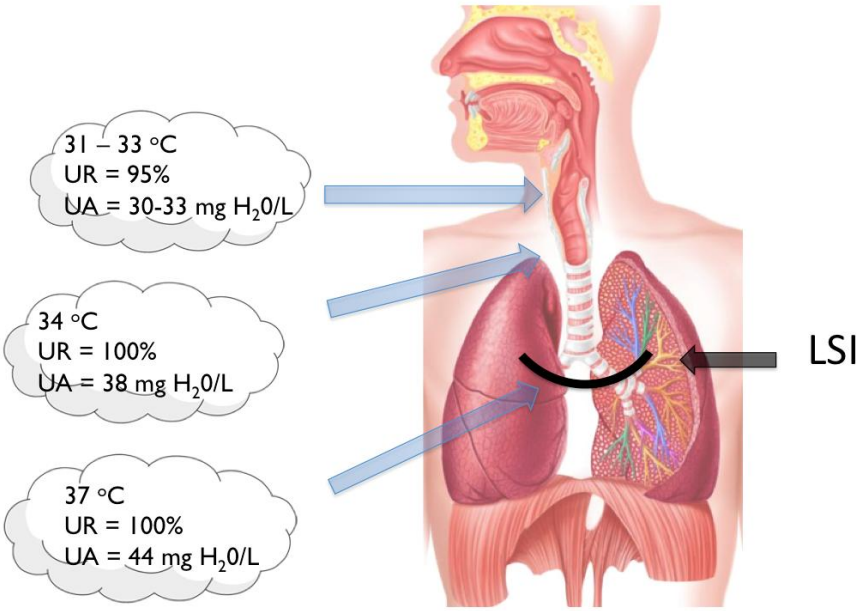


Figura 3 – Evolução da temperatura e umidade ao longo da via aérea durante a inspiração. LSI – Limite de saturação isotérmica.

Na expiração, ocorre processo inverso. O ar úmido e aquecido proveniente dos alvéolos perde calor ao entrar em contato com a mucosa mais fria das vias aéreas mais proximais. Com a perda de calor, ocorre condensação de água, que é parcialmente recuperada pela mucosa (Sottiaux, 2006).

A região da via aérea onde o ar inspirado alcança a temperatura central e torna-se saturado de vapor de água é denominada de limite de saturação isotérmica (LSI) e habitualmente localiza-se logo abaixo da carina (Dery, 1973; Shelly, 2006). Condições clínicas específicas, como a inalação de ar frio e seco (McFadden et al., 1985), aumento do volume minuto (McFadden et al., 1985) ou a intubação orotraqueal (Dery, 1973) podem deslocar o LSI em sentido distal no trato respiratório. Nessas situações, regiões mais distais do trato respiratório, que habitualmente dispõem de gases saturados e à temperatura constante, passam a ser requeridas para o condicionamento dos gases (Hedley e Allt-Graham, 1994). Porém, as vias aéreas mais distais possuem características, como escassez ou mesmo ausência de glândulas submucosas (McFadden, 1983; Whimster, 1986), que as tornam menos adaptadas para realizar esse condicionamento. O deslocamento distal do LSI pode desidratar o trato respiratório e causar repercussões especialmente relacionadas ao sistema de transporte mucociliar.

1.3 Sistema de Transporte Mucociliar

A mucosa da via aérea é formada por epitélio pseudoestratificado, cilíndrico e ciliado, entremeado por glândulas submucosas (Trindade et al., 2007). Acima dessa camada celular, encontra-se fina e contínua camada fluida que a recobre. Essa camada fluida, por sua vez, divide-se em uma camada mais aquosa, denominada sol ou camada de fluido periciliar, e outra camada mais viscosa, denominada gel. A presença e principalmente a interação dessas três camadas formam a base do sistema de transporte mucociliar (Williams et al., 1996).

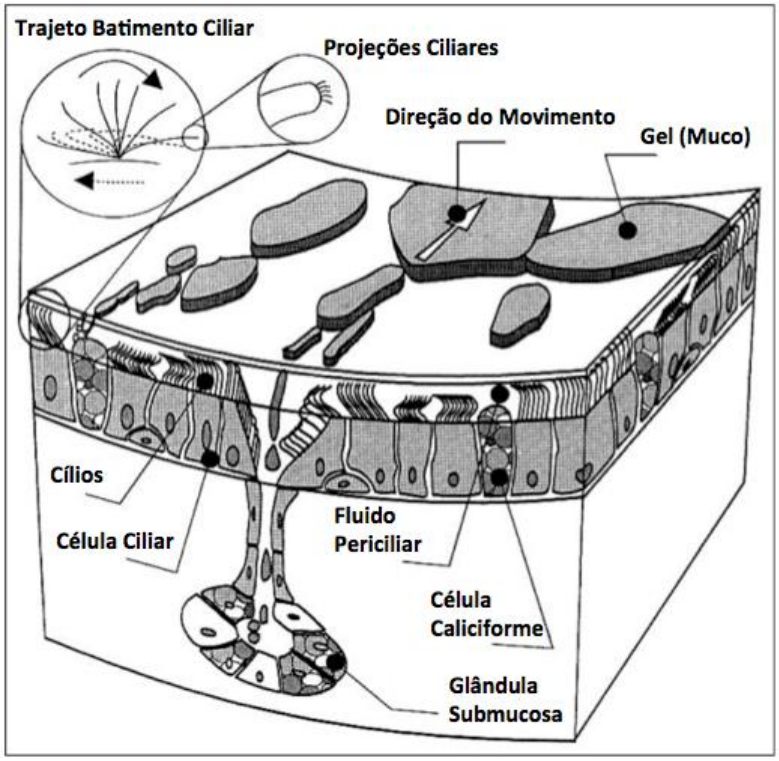


Figura 4 – Representação esquemática do epitélio respiratório e sistema de transporte mucociliar. Adaptado de Williams et al. (1996).

A camada celular é formada por diferentes tipos celulares. Entre essas, tem-se as células ciliares, que possuem em média 200 cílios e recobrem grande extensão do trato respiratório. Há também células caliciformes e células das glândulas submucosas, ambas responsáveis pela secreção de muco. Há ainda células serosas e células claras responsáveis pela secreção de fluido aquoso (Williams et al., 1996). O epitélio ciliar estende-se das vias aéreas proximais aos bronquíolos terminais (Stannard e O'Callaghan, 2006).

A camada aquosa ou fluido periciliar, situada logo acima da camada celular, consiste em camada fina (5-6 μm), contínua e de baixa viscosidade (Williams et al., 1996). É composta basicamente por água e contém substâncias antibacterianas que são secretadas tanto por células epiteliais quanto por glândulas (Shelly, 2006).

Acima do fluido periciliar, encontra-se a camada de gel (0,5-2 μm) que é formada por muco secretado pelas células caliciformes e glândulas submucosas (Shelly, 2006). O gel é composto de 95% de água e 5% de glicoproteínas, proteoglicanos e lipídios (Williams et al., 1996). A camada gel não é contínua e se organiza em pequenas áreas de muco. O muco tem a característica de reter

materiais particulados e substâncias químicas, que são transportados ao longo da via aérea. Alterações no estado reológico do gel têm influência direta na eficiência do transporte mucociliar (Williams et al., 1996).

O transporte mucociliar ocorre através da integração da função dessas três camadas. Os cílios movimentam-se de forma contínua e coordenada com frequência de aproximadamente 1000 batimentos por minuto. Os cílios podem se mover livremente, pois se encontram imersos na camada periciliar que possui baixa viscosidade. Como os cílios possuem diminutas projeções em sua extremidade distal, ao movimentarem-se impulsionam o muco presente acima da camada aquosa. Desta forma, torna-se possível transportar em sentido proximal as partículas e substâncias eventualmente presentes nas vias aéreas inferiores. Em condições habituais, a velocidade média do transporte mucociliar é de 10-15 mm/min (Konrad et al., 1992; Branson et al., 1998).

Alterações em qualquer um dos componentes do sistema de transporte mucociliar podem levar à ineficiência desse processo. Assim, o sistema de transporte mucociliar atua através do contínuo transporte de muco ao longo da via aérea, possibilitando que eventuais partículas estranhas sejam carreadas para a hipofaringe (Hedley e Allt-Graham, 1994). Sua função não é de apenas condicionar o ar inspirado, mas também de proteger os pulmões de elementos particulados, químicos e biológicos (Shelly, 2006; Trindade et al., 2007).

1.4 Efeitos da Ventilação Mecânica com Gases Secos e Frios

A presença do tubo orotraqueal na via aérea cria a possibilidade que gases medicinais secos e frios sejam administrados diretamente na traqueia. Dery (1973) demonstrou a ocorrência de deslocamento no LSI após intubação orotraqueal e ventilação mecânica em sistema sem reinalação de gases. Nesse estudo, o LSI, que em condições fisiológicas situava-se logo após a carina, foi deslocado 15 cm em sentido distal após a intubação orotraqueal .

A ventilação mecânica com gases não condicionados pode levar à alterações funcionais e morfológicas do trato respiratório e também da função pulmonar (Shelly et al., 1988).

O sistema de transporte mucociliar é especialmente sensível aos efeitos da ventilação com gases não condicionados, podendo ocorrer redução ou até mesmo interrupção do transporte mucociliar (Hirsch et al., 1975; Williams et al., 1996; Branson et al., 1998). A ventilação com gases secos leva à desidratação da via aérea e consequente redução da espessura da camada fluida periciliar, dificultando assim a movimentação dos cílios e da camada de muco (Shelly, 2006). A desidratação leva também ao espessamento das secreções que pode levar à progressiva obstrução parcial ou até mesmo obstrução total do tubo traqueal (Villafane et al., 1996; Jaber et al., 2004). Esse fato torna-se especialmente relevante durante a ventilação mecânica de crianças, devido ao reduzido calibre do tubo traqueal que normalmente é utilizado.

A redução do transporte mucociliar associada à ventilação com gases secos é evento precoce podendo ser observada já na primeira hora de ventilação mecânica (Branson et al., 1998). Com a contínua exposição aos gases não condicionados, podem surgir alterações histológicas do trato respiratório. Entre essas alterações, têm-se a destruição de cílios e glândulas mucosas, desorganização e achatamento das células epiteliais, descamação celular e formação de úlceras mucosas (Marfatia et al., 1975; Shelly et al., 1988).

A ventilação com gases não condicionados pode levar também à alterações da função pulmonar (Sottiaux, 2006). A exposição à ventilação com gases secos causa aumento da reatividade brônquica (Van Oostdam et al., 1986). Além disso, as descamações celulares associadas à presença de secreções viscosas podem predispor à obstrução de pequenas vias aéreas e consequentemente à formação de atelectasias (Shelly et al., 1988). A atividade do surfactante pulmonar é também reduzida, ocasionando redução da complacência pulmonar (Tsuda et al., 1977). Todas essas alterações contribuem para redução da capacidade residual funcional e aumento na diferença alvéolo-arterial de oxigênio, com consequente hipoxemia (Sottiaux, 2006). Um estudo demonstrou que pacientes submetidos à ventilação com gases secos apresentam menores valores de pressão parcial de O_2 arterial nos cinco primeiros dias de pós-operatório assim como maior incidência de complicações respiratórias, quando comparados aos pacientes submetidos à ventilação com gases previamente umidificados (Gawley e Dundee, 1981).

A ventilação com gases secos e frios também leva à maior perda térmica pela via respiratória contribuindo para a ocorrência de hipotermia intraoperatória. Esse fato ganha maior importância em pacientes pediátricos, por serem mais susceptíveis à ocorrência de hipotermia durante a anestesia (Luginbuehl, 2011).

1.5 Umidade e Temperatura do Gás Inalado Durante Anestesia com Sistemas Circulares com Absorvedor de CO_2

Atualmente, os sistemas circulares de ventilação com absorvedor de CO_2 são amplamente utilizados em anestesia e estão integrados à quase totalidade das estações de anestesia. Esses sistemas trazem grandes benefícios especialmente quando utilizados com baixo FGF. Entre os benefícios, destacam-se a economia de anestésicos inalatórios, redução da poluição na SO e ambiental e preservação da umidade e temperatura dos gases inspirados (Baum, 1996; Nunn, 2008).

As modernas estações de anestesia, além de incorporarem sistemas circulares, possuem características que favorecem sua utilização em pacientes da faixa pediátrica e até neonatal (Wilton e Buckley, 2011). Entre essas características destacam-se a presença de ventiladores microprocessados com controles precisos de fluxo, volume e pressão, sistemas respiratórios compactos e estanques e também sistemas de compensação para a complacência do sistema respiratório (Wilton e Buckley, 2011). Esses avanços tecnológicos, associados às vantagens da anestesia com baixo FGF, fazem com que esses sistemas sejam atualmente amplamente utilizados em anestesia pediátrica (Veyckemans, 2011).

O sistema circular é formado por uma série de componentes conectados entre si e, como o próprio nome indica, dispostos em forma de circuito circular (Figura 5). O sistema circular consiste de sete componentes primários, incluindo: (1) uma fonte de gases frescos; (2) válvulas ins e expiratórias unidirecionais; (3) tubos corrugados ins e expiratórios; (4) um conector em Y; (5) uma válvula de alívio de pressão; (6) uma bolsa reservatório; e (7) um compartimento com absorvedor de CO_2 (Brockwell e Andrews, 2010). Os componentes são dispostos de forma tal que o fluxo de gases é unidirecional dentro do circuito. Esse sistema previne a reinalação de CO_2 devido à presença do absorvedor de CO_2, que retira o

CO_2 presente no gás exalado e permite a reinalação parcial ou total dos demais gases expirados.

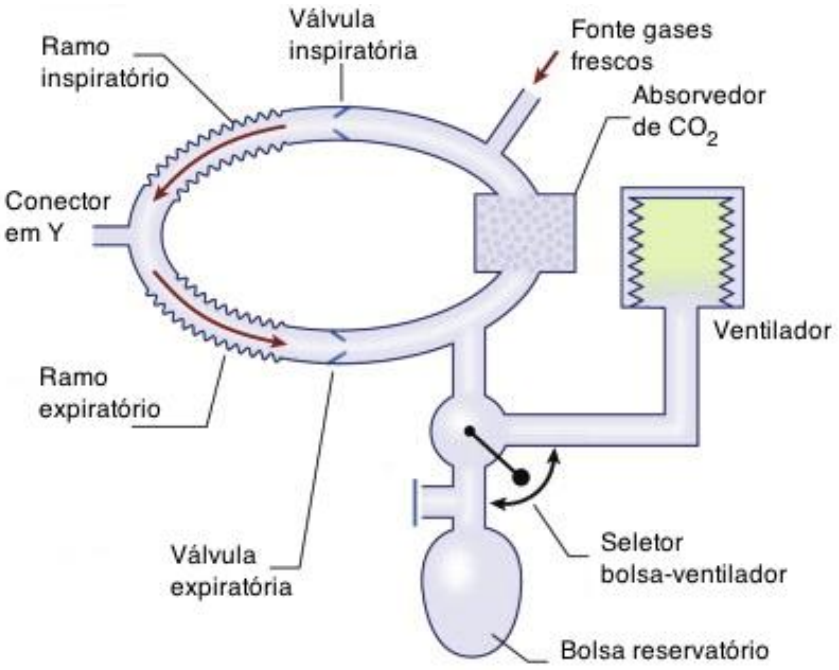


Figura 5 – Desenho esquemático do sistema circular com absorvedor de CO_2. Adaptado de Brockwell e Andrews (2010).

A absorção de CO_2 é realizada em compartimento próprio, preenchido com um composto denominado cal sodada. A cal sodada apresenta-se em forma de grânulos e essa conformação é utilizada com o intuito de gerar a menor resistência possível à passagem do fluxo de gases e, ao mesmo tempo, propiciar ampla superfície de contato do gás com os componentes dos grânulos. A composição química da cal sodada pode apresentar algumas variações, dependendo da fórmula comercial utilizada. Habitualmente, considerando-se o peso total, a cal sodada é constituída de aproximadamente 80% de hidróxido de cálcio ($Ca[OH]_2$), 15% de água, 4% de hidróxido de sódio (NaOH) e 1% de hidróxido de potássio (KOH)(Brockwell e Andrews, 2010).

A absorção do CO_2 ocorre por uma série de reações químicas. Inicialmente, o CO_2 reage com água formando o ácido carbônico. Após, o ácido carbônico reage com o hidróxido de cálcio e hidróxido de sódio formando, respectivamente, carbonato de cálcio e carbonato de sódio, e liberando água e calor (Saraiva, 2004), conforme a equação seguinte:

$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$

$2NaOH + 2H_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + Na_2CO_3 + 4H_2O$ + calor

Pela equação acima, observa-se que quanto maior a quantidade de CO_2 disponível para a reação maior será a quantidade de água e calor liberados. A capacidade de absorção da cal sodada é de até 26L de CO_2 para cada 100g do composto.

A propriedade de conservação da umidade dos gases inalados nos sistemas circulares com absorvedor de CO_2 advém de dois fatores principais. O primeiro, como visto anteriormente, se deve à geração de água que ocorre durante a reação do CO_2 expirado com a cal sodada (Henriksson et al., 1997). O segundo se deve à reinalação de gases expirados (Henriksson et al., 1997). Os gases expirados pelo paciente contêm calor e umidade e, ao serem reinalados, auxiliam na manutenção da umidade no sistema. Ambos os processos são mais importantes nas condições de baixo FGF, pois quanto menor for o FGF, maior será a reinalação e maior será a oferta de CO_2 para reação com a cal sodada. Portanto, quanto menor o FGF maior será a umidade no sistema circular (Bengtson et al., 1989).

Não há definição universalmente aceita para baixo fluxo de gases em anestesia (Nunn, 2008). Entretanto, Baum e Aitkenhead (1995) definem baixo FGF como a técnica de ventilação onde, pelo menos, 50% do ar exalado retornam aos pulmões após absorção do CO_2. Essa definição tem a vantagem de não ser atrelada a um valor fixo de FGF e sim de ser correlacionada com o volume minuto, o que é especialmente útil quando se considera a anestesia em crianças. Assim, de acordo com essa definição, na criança de 20 kg e com volume minuto estimado de 2,5L/min, a utilização de FGF abaixo de 1,25L/min já é considerada como técnica de baixo fluxo.

Os dois principais processos que determinam a conservação de umidade e temperatura nos sistemas circulares com absorvedor de CO_2, a reinalação e a geração de água na reação do CO_2 com a cal sodada, diferem em magnitude quando se comparam as ventilações no adulto e na criança.

Inicialmente, considerando a utilização de um mesmo FGF, a proporção de gás reinalado é maior no adulto que na criança. Como exemplo, consideremos a utilização de FGF de 1L/min durante a anestesia. No adulto, com volume minuto de

6L/min, ter-se-á reinalação de 5L, ou seja, reinalação de 83% (5L/6L) do volume minuto. Já na criança de 20 kg e volume minuto de 2,5L/min, a reinação será de 1,5L, com reinalação de 60% (1,5L/2,5L) do volume minuto. Não só a proporção da reinalação é menor na criança, como a volume reinalado é significativamente menor (1,5 versus 5L).

Na criança com 20 kg, a produção de CO_2 estimada durante a anestesia é de 110 mL/min (5,5 mL/kg/min) (Bain e Spoerel, 1977). Já no adulto de 70 kg, a produção de CO_2 é de aproximadamente 210 mL/min (3 mL/kg/min)(Bain e Spoerel, 1977). Assim, o volume de CO_2 disponível para reação com a cal sodada e, consequentemente a geração de água, serão significativamente menores na criança que no adulto. Esses fatores indicam que, na criança, o processo de conservação da temperatura e umidade dos gases em sistemas circulares é menos eficaz que nos adultos (Hunter et al., 2005).

Hunter et al. (2005) realizaram estudo em crianças (peso médio de 7,6 kg) para avaliação da temperatura dos gases ao longo do sistema ventilatório circular em condições de baixo (0,6L/min) ou alto (6L/min) FGF. Como medida de desfecho secundário, avaliaram também a UR dos gases inalados. No grupo de baixo FGF, encontraram baixos valores de UR, de 34 ± 4%, e temperatura ao redor de 24,0°C dos gases inalados. No grupo de alto FGF, observaram UR três vezes menor, de apenas 12 ± 5 %, e temperatura ao redor de 23,0ºC dos gases inalados. Os autores concluíram que o uso de baixo fluxo de gases em anestesia de crianças não preserva a temperatura dos gases e nem propicia umidade mínima necessária para prevenir as alterações no trato respiratório. Concluem ainda que para manutenção desses parâmetros em valores adequados é necessário a utilização de método de aquecimento ativo ou passivo dos gases inalados durante a anestesia.

Igarashi et al. (1999), em estudo em crianças (peso médio de 16 kg), avaliaram a umidade e temperatura dos gases inalados em condição de baixo (0,6 L/min) ou alto (6L/min) FGF. No grupo de baixo FGF, obtiveram UA do gás inalado de 22,8 mg H_2O/L e temperatura de 28,5ºC. Já no grupo com alto FGF, observaram menores valores de UA, de 5,6 mg H_2O/L, e de temperatura, de 26,9ºC.

Características específicas do sistema ventilatório circular nas estações de anestesia também podem influenciar os valores de umidade e temperatura dos

gases inalados. A estação de anestesia Primus (Dräger, Lübeck, Alemanha) possui placa aquecida no sistema circular, situada logo após a válvula expiratória (Castro et al., 2011). Essa placa, além de minimizar a condensação de água junto às válvulas respiratórias, aquece os gases provenientes do tubo corrugado expiratório. Dessa forma, teoricamente, a placa aquecida pode auxiliar na preservação da temperatura do gás inalado. Os valores de UA e temperatura do gás inalado ainda não foram determinados em crianças durante a anestesia utilizando a estação de anestesia Primus.

Apesar dos benefícios da anestesia com baixo fluxo de gases, notadamente na climatização dos gases inspirados e na economia de anestésicos inalatórios, existem alguns fatores de preocupação em relação ao uso dessa técnica, especialmente quando se considera a faixa pediátrica (Meakin, 1999). Entre esses fatores, destaca-se a possibilidade da formação de produtos tóxicos pela interação de anestésicos inalatórios com a cal sodada, notadamente o composto A e o monóxido de carbono.

O sevoflurano, anestésico inalatório amplamente utilizado em anestesia pediátrica, pode ser degradado pela cal sodada levando à formação de olefina com potencial nefrotóxico, conhecida como composto A (Meakin, 1999). A concentração do composto A no sistema respiratório aumenta com a redução do FGF, com o aumento da concentração de sevoflurano e da temperatura ou com o ressecamento da cal sodada (Eger, 1994). Estudo realizado em crianças, utilizando-se FGF de 2L/min no circuito ventilatório, encontrou concentrações médias de composto A de, no máximo, 5,4 partes por milhão (ppm) (Frink et al., 1996). Outro estudo, também em crianças, porém utilizando FGF de 0,6L/min, encontrou concentrações médias de composto A de 12,2 ppm (Igarashi et al., 1999). Já em adultos, valores maiores de composto A (23 ppm) foram demonstrados durante anestesia com FGF de 1L/min (Bito e Ikeda, 1994).

A maioria dos estudos que demonstrou efeito nefrotóxico do composto A foi realizado em ratos e com concentrações acima de 150 ppm (Kandel et al., 1995). Dessa forma, considera-se que os valores de composto A encontrados habitualmente durante anestesia com baixo fluxo de gases são seguros, tanto no

adulto como na criança, no que concerne ao potencial de nefrotoxicidade (Meakin, 1999; Nunn, 2008).

A cal sodada pode também degradar o desflurano e o isoflurano levando à formação de monóxido de carbono, um composto tóxico (Fang et al., 1995). Essa degradação ocorre principalmente quando a cal sodada encontra-se desidratada (Fang et al., 1995). As bases fortes presentes na composição da cal sodada, o hidróxido de sódio e o hidróxido de potássio, estão implicadas no processo de degradação (Neumann et al., 1999). Estudo realizado em crianças de 2-8 anos sob anestesia com desflurano ou sevoflurano, com utilização de cal sodada contendo bases fortes no circuito ventilatório, evidenciou concentração de monóxido de carbono de 3-4 ppm em crianças com os dois inalatórios (Levy et al., 2010). Os autores consideraram que a presença de monóxido de carbono no circuito ventilatório poderia ser decorrente tanto da degradação do anestésico inalatório pela cal sodada (no caso do desflurano) quanto da reinalação do monóxido de carbono produzido pelo próprio paciente (no caso do sevoflurano). Consideraram ainda que não foi possível determinar se a exposição às concentrações subclínicas de monóxido de carbono, limitadas ao período da anestesia, podem causar efeitos adversos nos pacientes.

Atualmente, existem absorvedores de CO_2 considerados de nova geração que minimizam ou eliminam a formação tanto do composto A quanto do monóxido de carbono durante a anestesia (Kharasch et al., 2002; Struys et al., 2004). Esses absorvedores têm como característica a redução da quantidade ou eliminação das bases fortes em sua composição (Neumann et al., 1999; Saraiva, 2004). Assim, esses novos absorvedores podem trazer benefícios relacionados à segurança dos pacientes durante a anestesia inalatória com baixo fluxo de gases (Kharasch et al., 2002).

1.6 Permutador de Calor e Umidade (PCU)

O PCU é dispositivo utilizado para promover aquecimento e umidificação dos gases inspirados durante a ventilação mecânica. É método de condicionamento dos gases considerado passivo, pois não requer fonte externa de calor (Wilkes,

2001). O dispositivo é colocado entre o tubo orotraqueal e o sistema ventilatório. Durante a fase expiratória, o PCU retém calor e umidade presentes nos gases exalados pelo paciente. No ciclo inspiratório seguinte, os gases, ao atravessarem o PCU, incorporam o calor e a umidade retidos aos gases inspirados (Shelly et al., 1988). Por mimetizar as propriedades de condicionamento dos gases das vias aéreas superiores, o PCU também é conhecido como "nariz artificial".

Além da função de umidificação e aquecimento dos gases, o PCU atua como filtro de barreira (Hedley e Allt-Graham, 1994; Wilkes, 2011). Dessa forma, dificulta ou impede a passagem de material particulado, incluindo bactérias e vírus, eventualmente presentes na mistura gasosa (Dellamonica et al., 2004). Os testes para verificação da eficiência de filtração são geralmente realizados com aerossóis de partículas de cloreto de sódio com diâmetros de 0,07-0,3 micra, que é a faixa de diâmetro das partículas consideradas como as de maior penetração nas vias aéreas (Lawes, 2003). Com esses testes, o PCU pode ser classificado, segundo sua eficiência, em retenção acima de 95%, 99,95% ou 99,97% das partículas (Lawes, 2003). A eficiência de filtração é variável entre os dispositivos disponíveis comercialmente (Wilkes, 2002).

De acordo com os diferentes materiais utilizados em sua construção, o PCU é classificado em hidrofóbico ou higroscópico.

O PCU hidrofóbico é composto por membrana única, que consiste em malha bastante compacta, geralmente de fibras de cerâmica, impermeáveis à água (Hedley e Allt-Graham, 1994). O fato da malha ser compacta gera resistência à passagem do ar e, por esse motivo, ela é disposta de forma pregueada dentro do dispositivo, com o intuito de aumentar a área de superfície e reduzir a resistência ao fluxo de gases (Wilkes, 2011). O PCU hidrofóbico possui baixa condutividade térmica e funciona como condensador, ou seja, na expiração ocorre condensação do vapor de água na superfície da membrana e na inspiração ocorre o processo inverso, acrescentando umidade ao ar inspirado (Shelly et al., 1988). No PCU hidrofóbico, a membrana única desempenha tanto a função de condicionamento dos gases quanto a de filtração (Figuras 6 e 7).

Já o PCU higroscópico é composto por dois componentes distintos: um elemento higroscópico, que cumpre o papel de condicionamento dos gases, e uma

membrana eletrostática, que cumpre o papel de filtro de partículas (Hedley e Allt-Graham, 1994). O componente higroscópico consiste geralmente de material (esponja ou papel) impregnado com sal higroscópico, geralmente o cloreto de cálcio ou de lítio (Hedley e Allt-Graham, 1994). A membrana de filtração possui baixa densidade e a adição de carga eletrostática aumenta sua eficiência de filtração (Wilkes, 2011). Diferentemente do PCU hidrofóbico, no PCU higroscópico o processo de conservação da umidade não ocorre por condensação de água e sim por interação química entre as moléculas de água, sob a forma de vapor, e o componente higroscópico (Shelly et al., 1988) (Figuras 6 e 7).

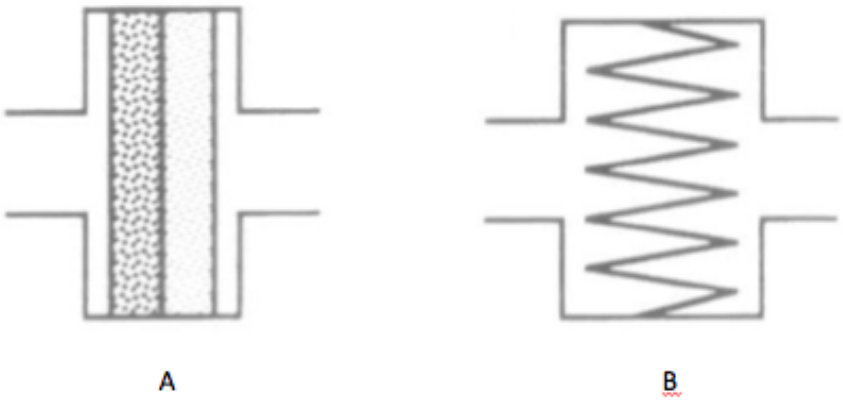


Figura 6 – Desenho esquemático de dois tipos de PCU. A – PCU higroscópico com componente higroscópico e membrana de filtração; B – PCU hidrofóbico com membrana única pregueada em seu interior. Adaptado de Hedley e Graham (1994).

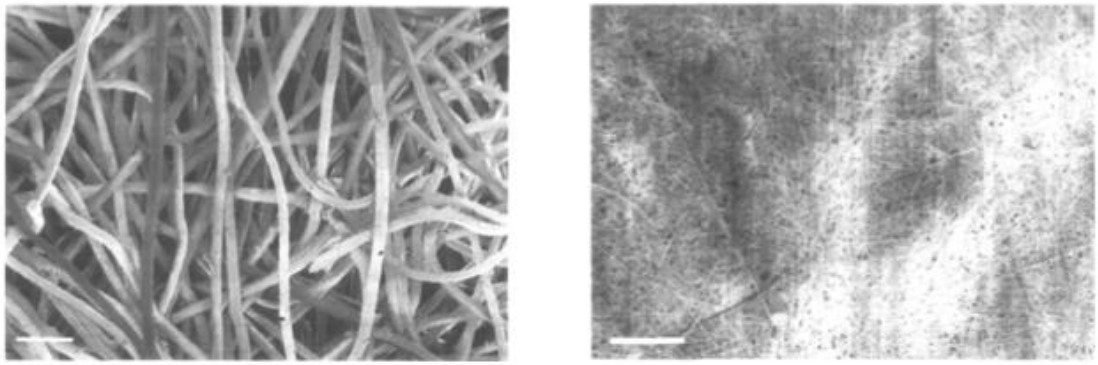


Figura 7 – Foto de microscopia eletrônica de varredura de dois tipos diferentes de membranas utilizadas em PCU. A – membrana eletrostática; B – membrana hidrofóbica. Hedley e Graham (1994).

PCUs específicos para utilização na faixa etária pediátrica estão disponíveis comercialmente. A principal diferença encontrada nos modelos pediátricos é o menor volume interno quando comparado aos modelos para uso em adultos. Enquanto os modelos para adulto possuem geralmente volume interno de 80 a 90 ml, os PCUs para crianças têm volume geralmente de 10 a 35 mL (Dellamonica et al., 2004; Malan et al., 2007). Existem ainda modelos para uso em ventilação neonatal que possuem apenas 2,4 mL de volume interno (Fassassi et al., 2007). Alguns estudos já demonstraram a eficácia dos PCUs em aumentar a umidade e temperatura dos gases inalados durante anestesia pediátrica (Bissonnette e Sessler, 1989; Bissonnette et al., 1989; Monrigal e Granry, 1997).

Bissonnette e Sessler (1989), em estudo com 30 crianças (peso de 5 a 10 kg) sob anestesia geral, compararam a umidificação dos gases inalados em três grupos distintos, sem que houvesse reinalação de gases. Um grupo utilizou umidificador de câmara aquecida, outro utilizou PCU e no grupo controle não se utilizou nenhum método de condicionamento dos gases. No grupo controle, a UR inspiratória foi de apenas 35%, enquanto no grupo que utilizou PCU foi de 45% no início da ventilação, alcançando 80% após uma hora de anestesia, e no grupo do umidificador de câmara foi de 90% durante todo o período do estudo. Os autores concluíram que o sistema de umidificação ativo foi o mais eficaz, porém o PCU foi também efetivo e certamente melhor que a ausência de método de umidificação.

Monrigal e Granry (1997) realizaram estudo com 40 crianças (peso médio de 16 kg), onde compararam a umidificação dos gases com a utilização ou não de PCU no sistema ventilatório. No grupo que utilizou PCU, a UA inspiratória foi de 22 mg H_20/L, enquanto que no grupo que não utilizou PCU foi de 12 mg H_20/L. Os valores de UA alcançados com PCU ocorreram já nos primeiros minutos de ventilação e mantiveram-se praticamente constantes durante todo o procedimento. Os autores concluem que o uso do PCU é justificado para manutenção da umidade dos gases, mesmo em cirurgias de curta duração.

Luchetti et al. (1999) avaliaram em 18 crianças o condicionamento dos gases, utilizando PCU durante a ventilação artificial. As crianças foram distribuídas em um grupo com peso médio de 6,4 kg e outro com peso médio de 23,6 kg. No primeiro grupo, encontraram UA média de 25,0 mg H_20/L e temperatura média do gás inalado de 28,3^oC. No segundo grupo, obtiveram UA de 26,2 mg H_20/L e temperatura de 28,4^oC do gás inalado. Os autores concluíram que os valores de UA obtidos em ambos os grupos foram insuficientes para manutenção da integridade da árvore traqueobrônquica, pois ficaram abaixo de 30 mg H_20/L.

O uso do PCU adiciona espaço morto ao sistema respiratório, que será maior quanto maior for seu volume interno, assim como também gera certa resistência ao fluxo de gases. Esses fatores são relevantes quando se considera a ventilação de crianças, pois esse grupo etário é especialmente sensível ao aumento do espaço morto respiratório e também da resistência ao fluxo aéreo (Wilkes, 2011).

Conforme visto, existem aspectos específicos em relação à capacidade de umidificação e aquecimento dos gases em sistemas ventilatórios circulares com baixo e alto FGF, durante a anestesia de crianças. De forma semelhante, existem particularidades quando se considera o uso do PCU na criança durante a anestesia. Assim, justifica-se a realização de estudo para avaliação desses dois fatores e da interação entre eles no condicionamento dos gases inalados durante a anestesia de crianças.

2 OBJETIVO

O objetivo principal da presente pesquisa foi de comparar as propriedades de umidificação e aquecimento dos gases inalados no sistema ventilatório circular com absorvedor de CO_2 da estação de anestesia Dräger Primus, nas condições de alto ou baixo FGF e com ou sem PCU durante anestesia pediátrica.

3 PACIENTES E MÉTODO

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina de Botucatu (protocolo CEP 3877-2011). O estudo foi incluído em base de dados de domínio público para registro de ensaios clínicos: Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (www.ensaiosclinicos.gov.br) (protocolo RBR-33bb7k). O consentimento informado foi obtido dos pais de todas as crianças incluídas no estudo.

Foram incluídas no estudo 40 crianças com peso de 10 a 30 kg, estado físico da Sociedade Americana de Anestesiologistas (ASA) I ou II, afebris (temperatura axilar < 37°C) que foram submetidas a cirurgias eletivas urológicas ou abdominais sob anestesia geral com intubação orotraqueal e com duração mínima estimada de 90 minutos. Os critérios de exclusão foram: recusa de participação por parte dos pais e cirurgias de cabeça ou pescoço.

3.1 Grupos Estudados

Nenhum dos pacientes selecionados foi excluído do estudo. Antes do início de cada cirurgia, os pacientes foram aleatoriamente alocados, com abertura de envelopes fechados, em um de quatro grupos, como segue:

1L (n=10): FGF de 1,0 L/min sem PCU

3L (n=10): FGF de 3,0 L/min sem PCU

PCU1L (n=10): FGF de 1,0 L/min com PCU

PCU3L (n=10): FGF de 3,0 L/min com PCU

3.2 Procedimento Anestesiológico

Os pacientes permaneceram em jejum alimentar de 8 h e de líquidos claros de 2 h antes da cirurgia e receberam midazolam (0,3 mg/kg), por via oral, uma hora antes da admissão no Centro Cirúrgico.

À admissão na SO, os pacientes receberam monitorização de rotina composta por cardioscopia (derivações D_2 e V_5), oximetria de pulso e medidas intermitentes, a cada cinco minutos, de pressão arterial não invasiva (PANI), utilizando-se monitor multiparamétrico (Dixtal®, DX2010, Amazonas, Manaus).

Após a monitorização, procedeu-se a indução da anestesia com sevoflurano (concentração de 5%) em O_2 por máscara facial. Logo após a perda da consciência, foi realizada venóclise com cateter 22G e iniciada fluidoterapia com solução de Ringer lactato (RL) em temperatura ambiente e com fluxo de 4-6 ml/kg/h. Foram administrados *bolus* intravenoso (IV) de fentanil (5 μg/kg) e de bensilato de cisatracúrio (0,15 mg/kg). Durante 3 min manteve-se a ventilação pulmonar por máscara facial com sevoflurano (concentração de 2%-4%) em O_2. Após esse período, realizou-se a laringoscopia seguida de intubação orotraqueal, utilizando-se tubo traqueal com balonete. O balonete foi insuflado com ar apenas o necessário para se evitar escape de gases pela traqueia. Após confirmação da intubação traqueal, por ausculta respiratória e capnografia, o paciente foi conectado ao sistema circular de ventilação da estação de anestesia e iniciou-se ventilação mecânica controlada.

A monitorização da concentração inspirada e expirada de O_2, pressão parcial inspirada e expirada de CO_2 ($P_{ET}CO_2$) e concentração inspirada e expirada de sevoflurano foi realizada por monitor integrado à estação de anestesia Dräger Primus. A monitorização dos parâmetros ventilatórios de volume corrente (VC), frequência respiratória (FR), relação inspiratória expiratória (I:E), pressão expiratória final de via aérea (*PEEP*) e volume minuto (VM) foi também realizada pelo monitor integrado à estação de anestesia Dräger Primus. Para a ventilação mecânica, utilizou-se o modo *PCV* (*pressure controlled ventilation*) com pressão inicial ajustada para manter VC de 8 ml/kg, *PEEP* de 5 cmH_20 e relação I:E de 1:2. A FR foi ajustada para que se mantivesse a $P_{ET}CO_2$ próxima de 35 mmHg. O FGF foi ajustado inicialmente em 3L/min. Após 5 minutos, o FGF foi reduzido para 1L/min nos pacientes alocados para receber FGF de 1L/min (grupos 1L e PCU1L). Já nos pacientes alocados para receber FGF de 3L/min (grupos 3L e PCU3L) manteve-se o FGF como ajustado inicialmente. A fração inspirada de oxigênio foi mantida em 50% durante todo o período de ventilação mecânica. Durante a anestesia, a

concentração de sevoflurano foi mantida de 2% a 4% para manutenção dos valores da PANI e FC em ± 20% dos valores basais. *Bolus* adicionais de fentanil (2µg/kg) e cisatracúrio (0,05mg/kg) foram administrados, quando necessários.

Para medida da temperatura central, posicionou-se um sensor esofágico (90044 Mon-a-Therm®, Mallinckrodt Medical, Veracruz, México) no terço inferior do esôfago. O sensor foi conectado a um termômetro eletrônico de dois canais (Thermistor 400, Mallinckrodt Medical, modelo 6150, St Louis, EUA). A temperatura da SO foi medida no segundo canal desse mesmo termômetro. O termômetro foi mantido afastado de fontes de calor. A temperatura da SO foi mantida de 22 a 24^{o}C, por meio de ajustes do sistema de ar condicionado central.

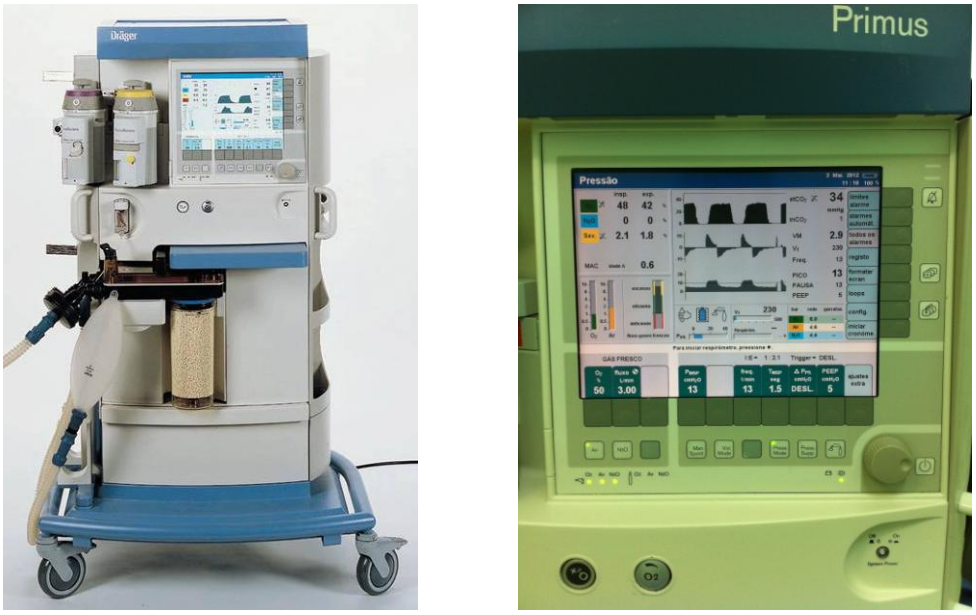
Os pacientes receberam aquecimento de superfície ativo durante todo o procedimento cirúrgico. Utilizou-se colchão térmico pediátrico com circulação de água, com temperatura inicialmente ajustada para 38^{o}C, proveniente de aparelho específico (Medi-Therm III, modelo MTA 6900, Gaymar Industries Inc., Orchard Park, NY, EUA). Os pacientes foram colocados sobre o colchão, que foi posicionado da região torácica média até a extremidade inferior do paciente. Um lençol de algodão foi colocado entre o colchão térmico e o dorso dos pacientes.

Próximo ao final do procedimento cirúrgico, administrou-se dipirona IV (30mg/kg) e tramadol IV (1 mg/kg) para analgesia pós-operatória. O vaporizador de sevoflurano foi desligado e o FGF aumentado para 5L/min (somente O_2). Após o retorno da consciência e observação de estabilidade respiratória e hemodinâmica, procedeu-se a extubação traqueal ainda na SO. Os pacientes foram, a seguir, encaminhados à Sala de Recuperação Pós-Anestésica, onde permaneceram, já acompanhado de um dos pais, até a alta para o leito. Nenhum dos pacientes estudados cursou com complicações anestésicas ou cirúrgicas e todos receberam alta hospitalar seguindo os protocolos das clínicas cirúrgicas específicas.

3.3 Estação de Anestesia

A estação de anestesia Dräger Primus foi utilizada em todos os procedimentos do presente estudo. Trata-se de estação de anestesia moderna, com controle digital do fluxo de gases e ventilador de pistão microprocessado,

concebido para ventilação de pacientes adultos, pediátricos e neonatos. Possui monitor digital integrado para análise de gases anestésicos e O_2 assim como monitor digital integrado de parâmetros ventilatórios (Figura 8).



A **B**

Figura 8 – Foto da estação de anestesia Dräger Primus. A – Vista geral; B – Detalhe do painel de controle e monitores integrados.

A estação de anestesia Primus possui sistema ventilatório circular que tem como peculiaridade a presença de placa térmica para aquecimento dos gases expiratórios (Castro et al., 2011). Além de aquecer os gases, previne a condensação de água junto às válvulas expiratórias e inspiratórias, evitando colabamento das válvulas e favorecendo a livre movimentação dos gases (Figura 9).

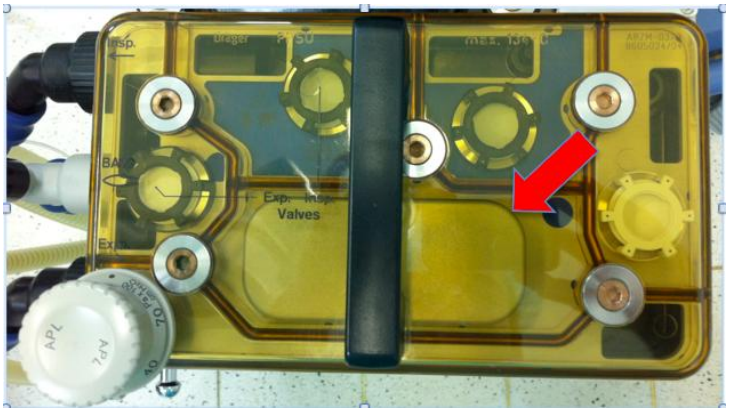


Figura 9 – Vista superior da seção de válvulas do sistema respiratório da estação de anestesia Dräger Primus. Detalhe da placa aquecida próximo à válvula expiratória (seta vermelha).

Na estação de anestesia Dräger Primus, os gases expirados pelo paciente, após percorrerem o ramo expiratório, passam pela válvula expiratória e placa aquecida e atravessam, uma só vez, o compartimento da cal sodada. Logo após saírem do compartimento da cal sodada, os gases expirados, já sem a presença de CO_2, misturam-se ao FGF. A mistura gasosa passa a preencher o ventilador. Com o início do ciclo inspiratório, a válvula inspiratória se abre e a mistura gasosa, agora composta tanto por gases expirados quanto por gases frescos, segue pelo ramo inspiratório até o tubo traqueal (Figura 10).

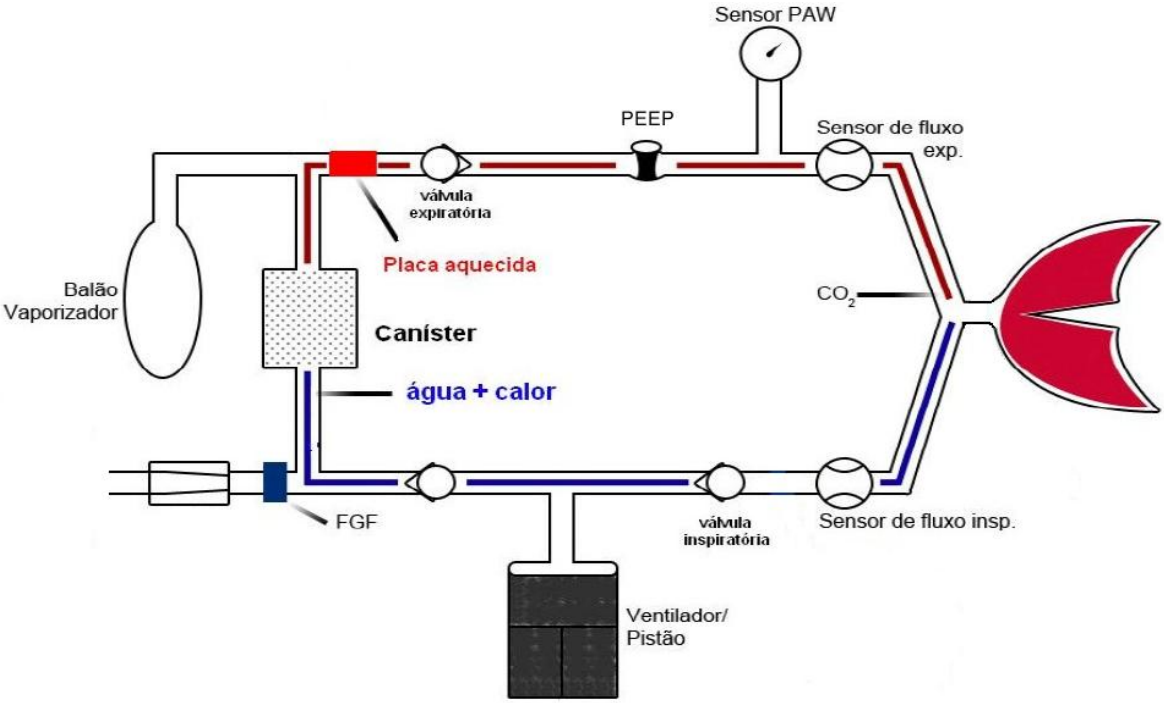


Figura 10 – Diagrama do sistema ventilatório circular com absorvedor de CO_2 da estação de anestesia Dräger Primus. Castro Jr et al. (2011).

Nesse tipo de sistema, quanto menor for o FGF maior será a reinalação de gases pelo paciente e vice versa. Como exemplo, paciente com volume minuto de 5L e utilizando-se FGF de 1L/min, terá reinalação de 4L/min. Já, o mesmo paciente, agora com FGF de 3L/min, terá reinalação menor, de 2L/min. Durante ventilação mecânica, caso ocorra excesso de gases no sistema devido ao FGF elevado, haverá escape de gases pela válvula de escape do circuito.

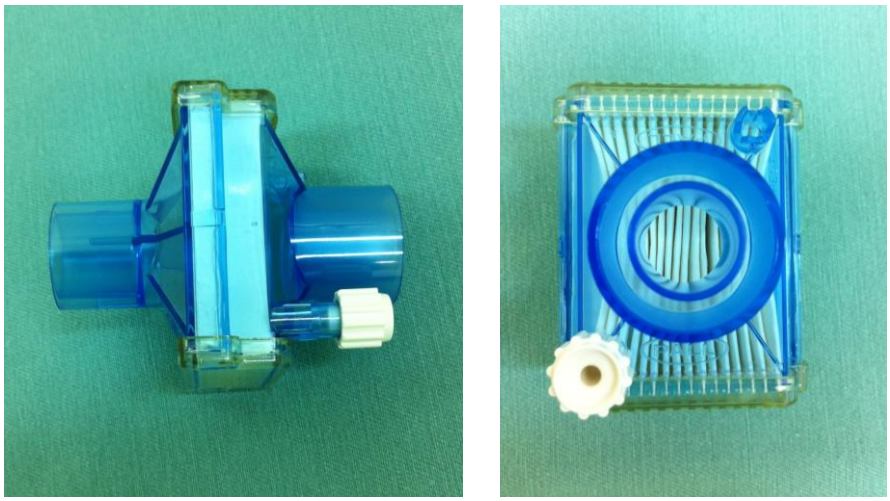
Utilizou-se tubos corrugados específicos para a faixa etária pediátrica, com 1,5 m de comprimento e 10 mm de diâmetro interno (Dräger, Lübeck, Alemanha). Utilizou-se tubos limpos e secos para cada procedimento anestésico. O

compartimento da cal sodada (1,5 L) foi preenchido com cal sodada nova (Drägersorb 800 Plus, Dräger, Lübeck, Alemanha) antes do início de cada procedimento anestésico.

3.4 Permutador de Calor e Umidade (PCU)

Utilizou-se PCU específico para uso pediátrico (Pall BB25FS, Pall Biomedical, East Hills, NY, EUA). Este dispositivo contém membrana de cerâmica hidrofóbica, pregueada e envolvida em compartimento plástico, que se estende lateralmente em conectores de 15x22 mm. Seu peso é de 26 g e possui volume interno de 35 ml. Possui um conector para coleta de amostra de gases (Figura 11). O dispositivo gera resistência ao fluxo aéreo de 1,2 cmH_2O com fluxo de 30 L/min (Monrigal e Granry, 1997).

Além da função de umidificação e aquecimento dos gases inspirados, o PCU possui a função de filtro bacteriano e viral. Possui, segundo o fabricante, eficiência de filtração acima de 99,9% para vírus e bactérias (Dellamonica et al., 2004).



A **B**

Figura 11 – PCU hidrofóbico utilizado no estudo. A – Visão panorâmica; B – Detalhe mostrando a membrana de cerâmica pregueada em seu interior.

3.5 Medidas de Umidade e Temperatura dos Gases

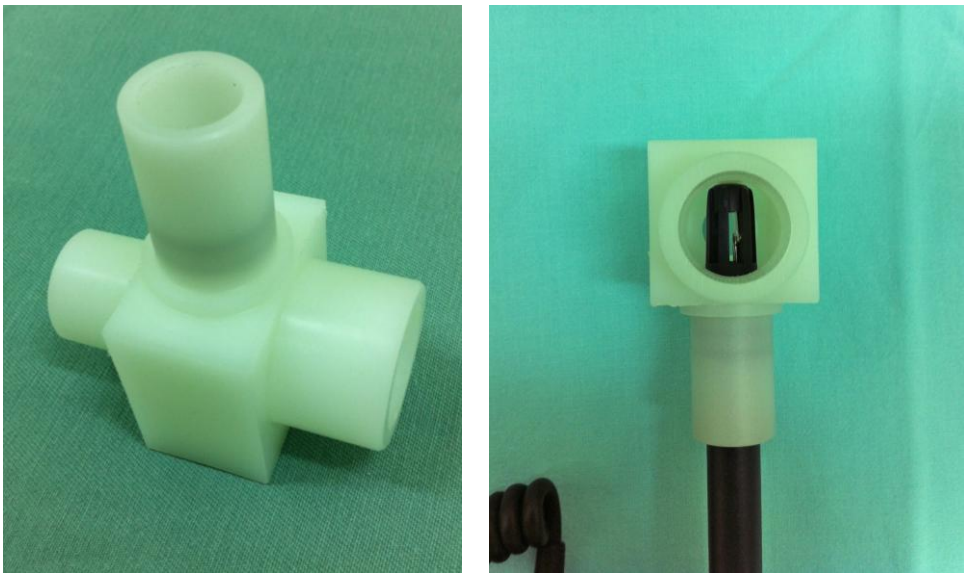
Para a medida de umidade e temperatura dos gases, utilizou-se termo-higrômetro digital (HD50, Kimo, Marne La Vallée, França). O termo-higrômetro é composto de sonda de medição e unidade de leitura dos valores mensurados (Figura 12). Na extremidade da sonda de medição há um sensor de UR e um de temperatura, que ficam protegidos por pequeno gradil plástico. O gradil protege os sensores contra impactos e permite livre fluxo de ar ao redor dos mesmos.

Figura 12 – Termo-higrômetro digital utilizado na pesquisa, com a unidade de leitura e sonda de medida de umidade relativa e temperatura dos gases.

O sensor de UR é do tipo capacitivo, ou seja, trata-se de um pequeno capacitor elétrico específico para medição de umidade. O sensor capacitivo consiste em um substrato de cerâmica onde se aderem duas pequenas placas de material condutor elétrico separadas por um fino polímero. Uma das placas condutoras é porosa, permitindo que o fluxo de gás chegue ao polímero que se encontra entre as duas placas. A condutância elétrica do polímero varia de acordo com a UR do gás de forma praticamente linear. Ao medir a condutância elétrica do polímero, o termo-higrômetro fornece o valor da UR do meio aéreo onde o sensor se encontra. Além disso, mede também a temperatura do gás por meio de sensor

específico. O termo-higrômetro possui acurácia, informada pelo fabricante, de ± 2,5% para a UR e ± 0,3ºC para a temperatura.

Para medida da UR e temperatura dos gases, desenvolveu-se um adaptador em forma de T (Figura 13). Esse adaptador de plástico, em peça única vazada, possui três orifícios. Em um dos orifícios, introduziu-se a sonda de medição do termo-higrômetro, sendo a vedação feita por dois pequenos anéis de borracha para se evitar escape de gás. Os outros dois orifícios se estendiam em conexões padrão para o sistema ventilatório (15x22 mm). Assim, o sensor de umidade e temperatura do termo-higrômetro ficava em íntimo contato com os gases que fluíam pelo sistema ventilatório.



A **B**

Figura 13 – Peça em T utilizada para conexão da sonda de medição do termo-higrômetro ao sistema ventilatório. A – Visão panorâmica; B – Detalhe da extremidade da sonda, onde estão os sensores de medição de umidade relativa e temperatura, no interior da peça em T.

As medidas de temperatura e UR dos gases inalados foram realizadas entre o conector em Y do sistema ventilatório e o tubo traqueal nos grupos 1L e 3L, e entre o PCU e o tubo traqueal nos grupos PCU1L e PCU3L (Figura 14). Os valores de UR e de temperatura variaram durante os ciclos respiratórios, sendo os menores valores observados na fase inspiratória. As medidas foram realizadas durante 30 s e os menores valores, tanto de UR quanto de temperatura, foram

anotados. O termo-higrômetro possui a função de registro dos menores e maiores valores, após a série de medição, facilitando o registro dos dados.

A **B**

Figura 14 – Local de medição da temperatura e umidade dos gases inalados. A – Entre a porção proximal do tubo traqueal e a conexão em "Y" do circuito circular ventilatório, nos grupos sem PCU; B – Entre a porção proximal do tubo traqueal e o PCU, nos grupos com PCU.

A UR e temperatura dos gases foram também mensuradas na saída da estação de anestesia, antes dos gases se dirigirem ao ramo inspiratório do sistema ventilatório (Figura 15). Nesse local, diferentemente dos valores junto ao tubo traqueal, os valores de UR e temperatura foram praticamente constantes os longo dos 30 s de medição.

Figura 15 – Local de medição da temperatura e umidade dos gases na saída da estação da anestesia Dräger Primus, junto ao ramo inspiratório.

As medidas dos valores de UR e temperatura dos gases foram realizadas após 10, 20, 40, 60 e 80 minutos da conexão do paciente com o circuito ventilatório.

Uma vez registrados os valores de UR e temperatura, foram feitos os cálculos da umidade absoluta utilizando-se a fórmula:

$UA = (3{,}939 + 0{,}5019T + 0{,}00004615T^2 + 0{,}0004188T^3) \times UR / 100$, onde UA é a umidade absoluta (mg H_20/L), T é a temperatura (^oC) e UR é a umidade relativa (%).

3.6 Atributos Estudados

Atributos antropométricos e gênero

Idade (anos), peso (kg) e altura (cm), sexo (M/F)

Atributos relacionados ao procedimento anestésico

Temperatura esofágica (^oC), pressão arterial média (mmHg), frequência cardíaca (bpm), pressão de vias aéreas (cmH_2O),

frequência respiratória (respirações/min), volume corrente (ml/kg) e $P_{ET}CO_2$ (mmHg)

Atributos termo-higrométricos

Gases inalados: UR (%), UA (mg H_20/L) e T (^oC)

Gases na saída da estação de anestesia: UR (%), UA (mg H_20/L) e T (^oC)

Sala de Operação: UR (%), UA (mg H_20/L) e T (^oC)

Correlação entre as temperaturas da sala de operação e do gás inalado

3.7 Análise Estatística

O tamanho amostral dos grupos foi calculado baseando-se em dados da literatura (Bissonnette e Sessler, 1989; Luchetti et al., 1999), considerando-se uma diferença de 5 mg H_20/L entre os valores médios da UA dos grupos. Um mínimo de 10 pacientes em cada grupo foi necessário para detectar essa diferença, considerando-se um teste pareado com probabilidade de erro tipo I (α) de 0,05 e erro tipo II (β) de 0,05 (poder de 95%). A análise estatística foi realizada utilizando-se um *software* estatístico (Statistic Package, versão 6,0, SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

A distribuição normal dos dados foi confirmada utilizando-se o teste de Lilliefors. Os dados antropométricos foram comparados entre grupos por ANOVA e o gênero foi comparado entre grupos pelo teste do qui-quadrado. As médias dos valores dos dados obtidos nos diferentes tempos foram comparadas entre grupos pela análise de perfil. O coeficiente de Pearson foi utilizado para correlacionar a temperatura da SO com a temperatura dos gases inalados em todos os grupos. Os dados foram expressos como médias ± desvio padrão (DP). Para todas as análises, o valor de $p < 0,05$ foi considerado significante.

4 RESULTADOS

4.1 Atributos Antropométricos

Tabela 1 – Valores (média ± DP) referentes aos dados antropométricos e frequência de distribuição de gênero dos grupos estudados

Grupos	n	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (cm)	Sexo* (M/F)
1L	10	4,0 ± 2,4	18,4 ± 6,0	102,9 ± 18,6	8/2
3L	10	4,3 ± 2,6	19,3 ± 5,5	108,3 ± 18,6	10/0
PCU1L	10	4,6 ± 1,9	19,5 ± 5,9	109,2 ± 18,0	9/1
PCU3L	10	4,9 ± 2,5	19,4 ± 6,0	110,0 ± 13,0	10/0
Valor de p		0,85	0,98	0,79	0,10

M = masculino; F = feminino; * Dados são frequências de distribuição.

Comentário: não houve diferença significante entre grupos em relação à idade, peso, altura e distribuição de gênero. Houve maior número de pacientes do sexo masculino em todos os grupos estudados.

4.2 Estado Físico ASA

Tabela 2 – Distribuição dos pacientes segundo o estado físico ASA nos grupos estudados

Grupos	ASA				Total	
	1		2			
	n	%	n	%	n	%
1L	7	70,0	3	30,0	10	100,0
3L	7	70,0	3	30,0	10	100,0
PCU1L	6	60,0	4	40,0	10	100,0
PCU3L	9	90,0	1	10,0	10	100,0

p = 0,49

Comentário: não houve diferença significante entre grupos em relação a distribuição dos pacientes segundo a classificação de estado físico ASA.

4.3 Atributos Hemodinâmicos

Tabela 3 – Valores (média ± DP) da frequência cardíaca (batimentos/min) nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60 m	80	Média geral
1L	103 ± 11	108 ± 12	108 ± 14	108 ± 11	107 ± 12	107 ± 12
3L	104 ± 22	100 ± 15	98 ± 16	98 ± 16	98 ± 17	100 ± 17
PCU1L	95 ± 17	100 ± 15	100 ± 18	98 ± 16	101 ± 17	99 ± 16
PCU3L	103 ± 18	105 ± 14	104 ± 12	103 ± 12	108 ± 9	104 ± 13

Não houve efeito de grupo (p = 0,48).

Comentário: não houve diferença significante entre grupos em relação às médias da frequência cardíaca ao longo do tempo de estudo.

Tabela 4 – Valores (média ± DP) da pressão arterial média (mm Hg) nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	58 ± 18	57 ± 15	56 ± 15	58 ± 13	57 ± 11	57 ± 14
3L	58 ± 13	58 ± 12	55 ± 10	55 ± 13	56 ± 11	56 ± 11
PCU1L	56 ± 6	59 ± 11	56 ± 13	52 ± 10	57 ± 8	56 ± 10
PCU3L	64 ± 12	62 ± 10	57 ± 9	59 ± 11	58 ± 10	60 ± 10

Não houve efeito de grupo (p = 0,75).

Comentário: não houve diferença significante entre grupos em relação às médias da pressão arterial média durante o período de estudo.

4.4 Atributos Respiratórios

Tabela 5 – Valores (média ± DP) da pressão de via aérea (cm H_2O) nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	13,4 ± 2,6	13,7 ± 2,5	15,0 ± 4,8	15,2 ± 4,6	15,1 ± 3,5	14,5 ± 3,7
3L	13,5 ± 2,1	13,3 ± 2,1	13,5 ± 1,8	13,7 ± 2,0	13,9 ± 1,8	13,6 ± 1,9
PCU1L	14,1 ± 1,7	14,4 ± 2,1	14,2 ± 1,7	13,8 ± 1,8	14,1 ± 1,4	14,1 ± 1,7
PCU3L	13,3 ± 2,2	14,7 ± 2,2	14,5 ± 2,4	14,8 ± 2,4	14,8 ± 2,1	14,4 ± 2,3

Não houve efeito de grupo (p = 0,82).

Comentário: não houve diferença significante entre grupos em relação à média geral das pressões de via aérea ao longo do tempo de estudo.

Tabela 6 – Valores (média ± DP) do volume corrente (ml/kg) nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	8,1 ± 0,5	8,2 ± 0,6	8,3 ± 0,5	8,2 ± 0,7	8,2 ± 0,5	8,2 ± 0,5
3L	8,2 ± 0,3	8,3 ± 0,6	8,4 ± 0,3	8,2 ± 0,5	8,3 ± 0,4	8,3 ± 0,4
PCU1L	8,4 ± 0,6	8,6 ± 0,7	8,5 ± 0,5	8,7 ± 0,7	8,6 ± 0,8	8,6 ± 0,7
PCU3L	8,3 ± 0,5	8,7 ± 0,7	8,7 ± 0,6	8,7 ± 0,5	8,7 ± 0,8	8,6 ± 0,6

Não houve efeito de grupo (p = 0,07).

Comentário: não houve diferença significante entre os grupos em relação às médias do volume corrente ao longo do tempo de estudo.

Tabela 7 – Valores (média ± DP) da frequência respiratória (respirações/min) nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	16 ± 3	16± 3	16± 2	16± 3	16± 3	16± 3 B
3L	17 ± 5	16± 4	16± 3	16± 4	16± 4	16± 4 B
PCU1L	19± 5	18± 4	19± 5	19± 4	19± 4	19± 4 AB
PCU3L	20 ± 3	22± 4	20± 4	20± 4	20± 4	22± 4 A

Houve efeito de grupo ($p < 0,0001$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significante das médias gerais dos grupos ao longo do tempo.

Comentário: os grupos 1L e 3L apresentaram médias da frequência respiratória ao longo do tempo significantemente inferiores às do grupo PCU3L. O grupo PCU 1L apresentou valores médios intermediários da frequência respiratória que não diferiram significantemente dos demais grupos.

Tabela 8 – Valores (média ± DP) da $P_{ET}CO_2$ (mm Hg) nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	34 ± 1	34 ± 1	34 ± 1	35 ± 1	35 ± 2	34 ± 1 C
3L	34 ± 2	34 ± 1	35 ± 1	35 ± 1	34 ± 1	34 ± 1 C
PCU1L	36 ± 2	36 ± 1	35 ± 1	36 ± 2	36± 1	36 ± 2 B
PCU3L	39 ± 3	37 ± 3	36 ± 3	37 ± 3	37 ± 2	37 ± 3 A

Houve efeito de grupo ($p < 0,0001$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significante das médias gerais dos grupos ao longo do tempo.

Comentário: o grupo PCU3L apresentou médias significantemente maiores dos valores da $P_{ET}CO_2$ ao longo do tempo, seguido do grupo PCU1L e, na sequência, os grupos 1L e 3L, que não diferiram significantemente entre si.

4.5 Temperatura Esofágica

Tabela 9 – Valores (média ± DP) da temperatura esofágica (°C) nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	36,3 ± 0,5	36,2 ± 0,4	36,1 ± 0,4	36,2 ± 0,5	36,3 ± 0,5	36,2 ± 0,5
3L	36,5 ± 0,5	36,3 ± 0,4	36,3 ± 0,4	36,3 ± 0,4	36,3 ± 0,5	36,3 ± 0,4
PCU1L	36,2 ± 0,3	36,2 ± 0,4	36,1 ± 0,4	36,1 ± 0,4	36,2± 0,4	36,1 ± 0,4
PCU3L	36,6 ± 0,4	36,5 ± 0,4	36,4 ± 0,5	36,5 ± 0,6	36,6 ± 0,5	36,5 ± 0,5

Não houve efeito significante de grupo (p = 0,18).

Comentário: não houve diferença significante das médias da temperatura esofágica ao longo do tempo entre os grupos.

4.6 Atributos Termo-Higrométricos da Sala de Operação

Tabela 10 – Valores (média ± DP) da temperatura da sala de operação (°C) nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	22,6 ± 1,0	22,6 ± 0,9	22,5 ± 0,7	22,5 ± 0,8	22,6 ± 0,7	22,6 ± 0,8
3L	22,9 ± 0,7	22,9± 0,6	22,8 ± 0,6	22,6 ± 0,4	22,6 ± 0,4	22,8 ± 0,5
PCU1L	23,0 ± 0,6	22,9 ± 0,6	22,7 ± 0,6	22,7 ± 0,5	22,6 ± 0,6	22,8 ± 0,6
PCU3L	22,8 ± 0,8	22,7 ± 0,8	22,7 ± 0,8	22,6 ± 0,7	22,7 ± 0,7	22,7 ± 0,7

Não houve efeito de grupo (p = 0,85).

Comentário: não houve diferença significante das médias da temperatura da SO ao longo do tempo entre os grupos.

Tabela 11 – Valores (média ± DP) da umidade relativa do gás (%) da sala de operação nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	45 ± 7	44 ± 7	42 ± 5	46 ± 6	45 ± 5	44 ± 6
3L	41 ± 6	39 ± 7	40 ± 8	41 ± 6	43 ± 7	41 ± 7
PCU1L	43 ± 7	42 ± 3	44 ± 8	43± 7	42 ± 7	43 ± 7
PCU3L	43± 6	42 ± 5	42 ± 5	43 ± 4	41 ± 6	42 ± 5

Não houve efeito de grupo (p = 0,47).

Comentário: não houve diferença significante das médias da UR da SO ao longo do tempo entre os grupos.

Tabela 12 – Valores (média ± DP) da umidade absoluta (mg H_2O/L) da sala de operação nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	9,0 ± 1,1	8,8 ± 1,3	8,4 ± 1,0	9,3 ± 1,1	9,0 ± 1,0	8,9 ± 1,1
3L	8,4 ± 1,1	7,9 ± 1,4	8,1 ± 1,5	8,2 ± 1,3	8,6 ± 1,4	8,2 ± 1,3
PCU1L	8,9 ± 1,2	8,6 ± 0,5	9,0 ± 1,4	8,6 ± 1,5	8,5 ± 1,5	8,7 ± 1,2
PCU3L	8,7 ± 1,0	8,4 ± 1,0	8,6 ± 0,9	8,6 ± 0,9	8,3 ± 1,2	8,5 ± 1,0

Não houve efeito de grupo (p = 0,51).

Comentário: não houve diferença significante das médias de UA da SO ao longo do tempo entre os grupos.

4.7 Atributos Termo-Higrométricos do Gás na Saída da Estação de Anestesia

Tabela 13 – Valores (média ± DP) da temperatura do gás (°C) na saída da estação de anestesia nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	29,7 ± 1,7	30,2 ± 1,6	30,4 ± 1,7	30,3 ± 1,7	30,1 ± 1,7	30,2 ± 1,6 B
3L	30,6 ± 1,3	30,8 ± 1,5	30,5 ± 1,5	30,3 ± 0,8	30,5 ± 1,4	30,5 ± 1,3 AB
PCU1L	31,8 ± 1,7	32,3 ± 0,8	31,8 ± 1,0	31,8 ± 0,7	31,6 ± 0,5	31,9 ± 1,0 A
PCU3L	31,4 ± 1,2	32,2 ± 1,2	31,6 ± 1,0	31,7 ± 1,1	32,0 ± 1,1	31,8 ± 1,1 A

Houve efeito de grupo ($p < 0,003$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significante das médias gerais dos grupos ao longo do tempo.

Comentário: os valores médios da temperatura do gás ao longo do tempo na saída da estação da anestesia nos grupos PCU1L e PCU3L não diferiram e foram significantemente maiores em relação aos do grupo 1L. Os valores do grupo 3L foram intermediários aos dos demais grupos, mas sem diferença significante.

Tabela 14 – Valores (média ± DP) da umidade relativa do gás (%) na saída da estação de anestesia nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	37 ± 6	34 ± 5	34 ± 5	35 ± 4	37 ± 3	36 ± 5 A
3L	16 ± 5	15 ± 5	14 ± 5	14 ± 6	14 ± 5	15 ± 5 C
PCU1L	38 ± 4	38 ± 2	38 ± 3	39 ± 4	39 ± 2	38 ± 3 A
PCU3L	20 ± 5	21 ± 4	19 ± 5	19 ± 4	19 ± 5	20 ± 4 B

Houve efeito de grupo ($p < 0,0001$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significante das médias gerais dos grupos ao longo do tempo.

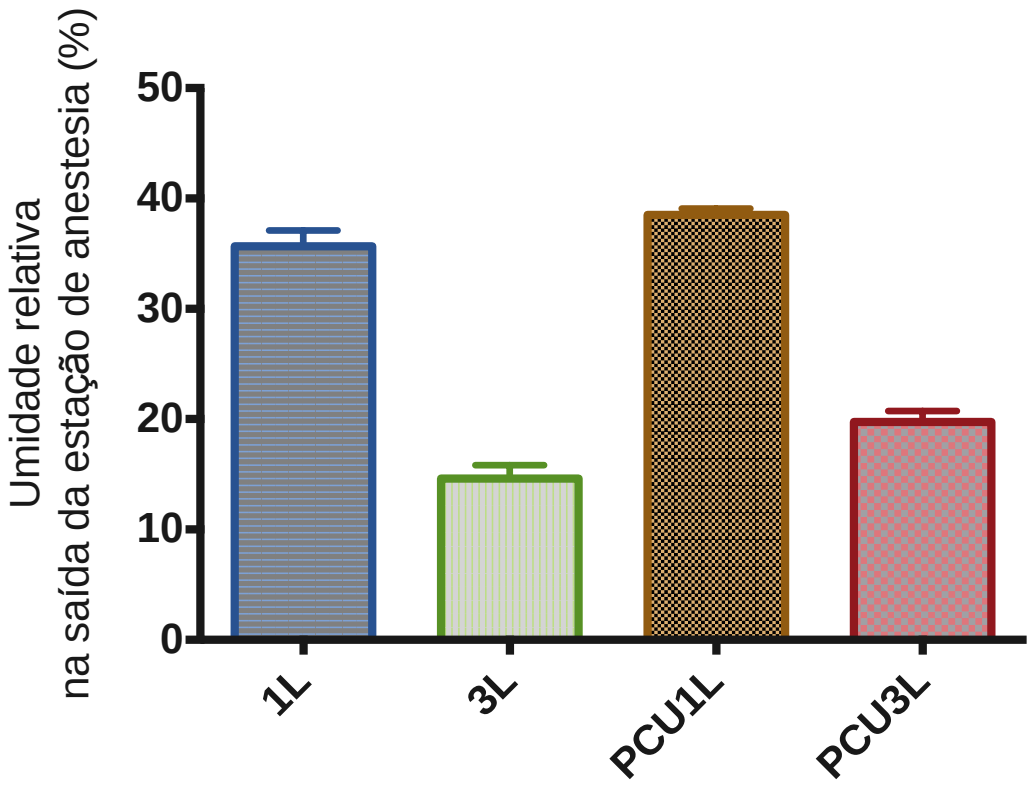


Figura 16 – Valores médios (média + DP) da umidade relativa do gás na saída da estação de anestesia ao longo do tempo nos grupos estudados. p < 0,0001: (PCU1L = 1L) > PCU3L > 3L.

Comentário: os grupos 1L e PCU1L apresentaram de maneira significante maiores valores médios da UR em relação aos demais grupos e não diferiram significantemente entre si. O grupo PCU3L apresentou valores médios significantemente maiores que os do grupo 3L.

Tabela 15 – Valores (média ± DP) da umidade absoluta do gás (mg H_2O/L) na saída da estação de anestesia nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	11,1 ± 1,9	10,6 ± 1,9	10,6 ± 2,0	10,8 ± 1,8	11,4 ± 1,7	10,9 ± 1,8 B
3L	5,1 ± 1,6	4,9 ± 1,8	4,3 ± 1,5	4,3 ± 1,8	4,2 ± 1,5	4,6 ± 1,6 D
PCU1L	12,7 ± 1,2	13,0 ± 1,1	12,7 ± 0,9	12,9 ± 1,1	13,0 ± 0,8	12,9 ± 1,0 A
PCU3L	6,6 ± 2,0	7,3 ± 1,1	6,4 ± 1,6	6,4 ± 1,5	6,5 ± 1,9	6,6 ± 1,6 C

Houve efeito de grupo ($p < 0,001$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significante das médias gerais dos grupos ao longo do tempo.

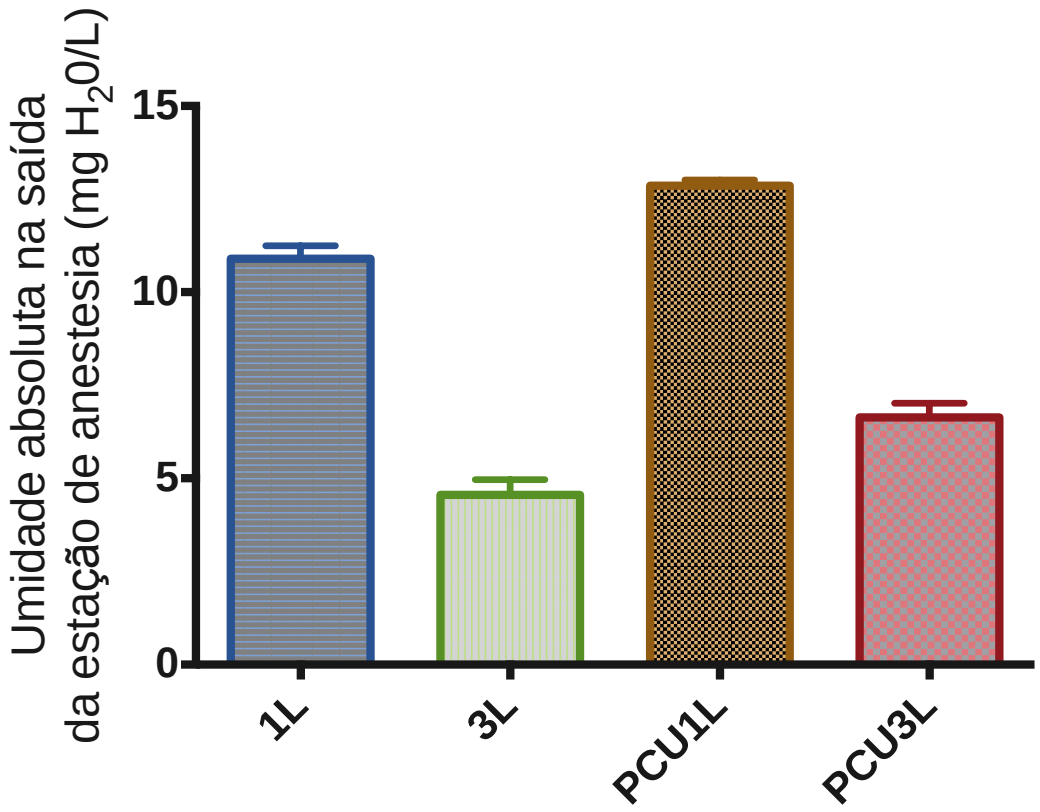


Figura 17 – Valores médios (média + DP) da umidade absoluta do gás na saída da estação de anestesia ao longo do tempo nos grupos estudados. $p < 0,001$: PCU1L > 1L > PCU3L > 3L.

Comentário: os valores médios da UA do gás na saída da estação de anestesia ao longo do tempo foram significantemente maiores nos grupos com 1L (PCU1L e 1L) comparados aos dos grupos com 3L (PCU3L e 3L). Nos grupos com 1L, o grupo PCU1L apresentou valores médios significantemente maiores comparados aos do grupo 1L. Nos grupos com 3L, o grupo PCU3L apresentou valores médios significantemente maiores comparados aos do grupo 3L.

4.8 Atributos Termo-Higrométricos do Gás Inalado

Tabela 16 – Valores (média ± DP) da temperatura do gás inalado (ºC) nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	26,2 ± 1,5	27,1± 1,2	27,2± 1,0	27,4± 1,4	27,2± 1,0	27,0± 1,2 B
3L	26,9 ± 1,5	27,5± 1,5	26,8± 1,9	27,0± 1,1	27,4± 1,4	27,1± 1,5 B
PCU1L	29,8± 1,1	30,4± 1,1	30,3± 1,2	30,4± 1,0	30,3± 1,1	30,3± 1,1 A
PCU3L	29,1 ± 1,1	29,7± 1,3	29,3± 1,3	28,9± 1,2	29,5± 1,2	29,3± 1,2 A

Houve efeito de grupo ($p < 0,0001$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significante das médias gerais dos grupos ao longo do tempo.

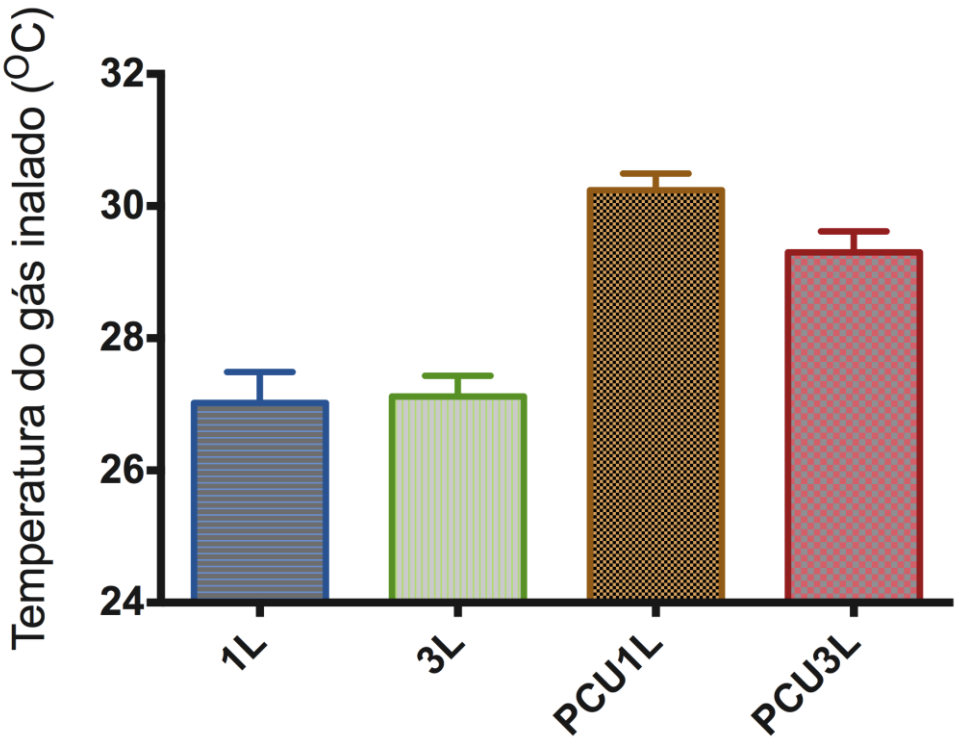


Figura 18 – Valores médios (média + DP) da temperatura do gás inalado ao longo do tempo nos grupos estudados. $p < 0,0001$: (PCU1L = PCU3L) > (1L = 3L)

Comentários: os grupos PCU1L e PCU3L não apresentaram valores da temperatura do gás inalado diferentes significantemente entre si, porém seus valores foram significantemente mais elevados (aproximadamente 3ºC) em relação aos dos grupos 1L e 3L, que também não diferiram significantemente entre si.

Tabela 17 – Valores (média ± DP) da umidade relativa (%) do gás inalado nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	65 ± 3	65± 4	65± 4	64± 4	65± 3	65± 4 C
3L	56 ± 3	55± 5	55± 6	54± 3	54± 4	55± 4 D
PCU1L	80± 3	81± 2	81± 2	80± 1	81± 2	80± 2 A
PCU3L	77 ± 3	76± 4	76± 3	77± 3	76± 3	76± 3 B

Houve efeito de grupo ($p < 0,0001$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significante das médias gerais dos grupos ao longo do tempo.

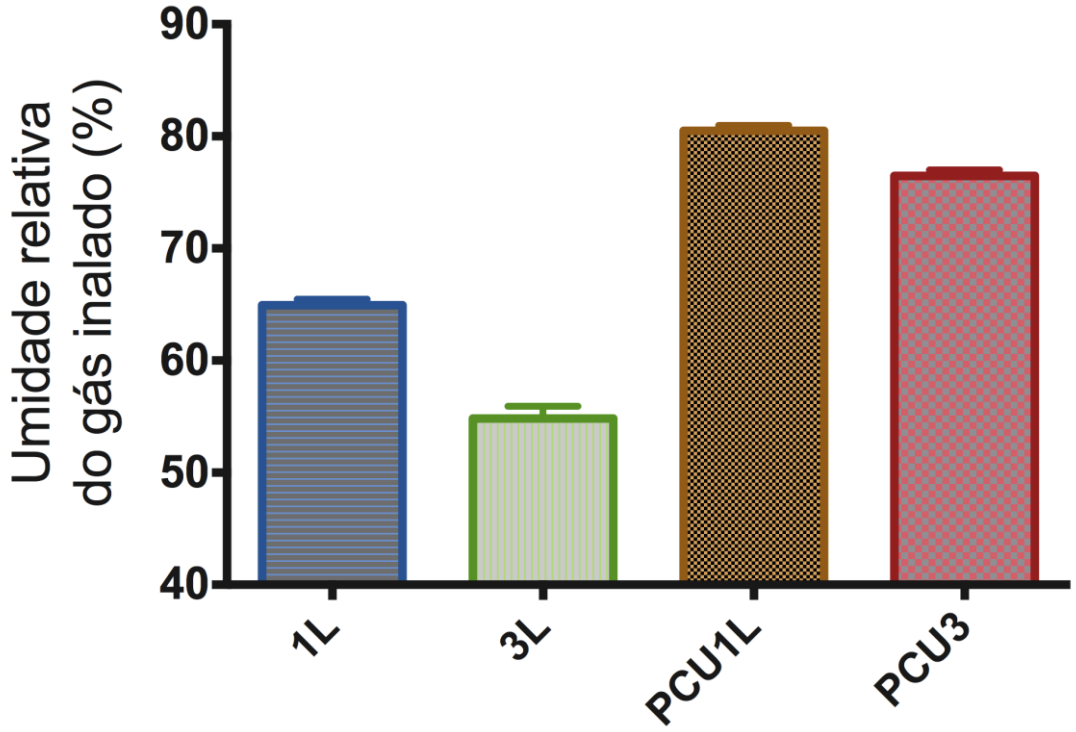


Figura 19 – Valores médios (média + DP) da umidade relativa do gás inalado ao longo do tempo nos grupos estudados. $p < 0,0001$: PCU1L > PCU3L > 1L > 3L

Comentário: os valores médios da UR do gás inalado ao longo do tempo foram significantemente maiores nos grupos com PCU (PCU1L e PCU3L) comparados aos dos grupos sem PCU (1L e 3L). Nos grupos com PCU, o grupo PCU1L apresentou valores médios significantemente maiores comparados aos do grupo PCU3L. Nos grupos sem PCU, o grupo 1L apresentou valores médios significantemente maiores comparados aos do grupo 3L.

Tabela 18 – Valores médios (média ± DP) da umidade absoluta (mg H_2O/L) do gás inalado nos grupos e tempos estudados

Grupos	Tempo (min)					
	10	20	40	60	80	Média geral
1L	16.1 ± 1,2	16,8± 1,6	17,0± 1,3	16,9± 1,2	17,1± 1,0	16,8± 1,3 C
3L	14,5 ± 1,5	14,6± 1,4	14,0± 1,3	13,9± 1,0	14,2± 1,2	14,2± 1,3 D
PCU1L	24,0± 1,7	25,1± 1,3	24,9± 1,6	24,9± 1,2	25,1± 1,5	24,8± 1,5 A
PCU3L	22,3± 1,6	22,7± 2,0	22,3± 2,1	22,1± 1,9	22,7± 2,2	22,4± 1,9 B

Houve efeito de grupo ($p < 0,0001$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significante das médias gerais dos grupos ao longo do tempo.

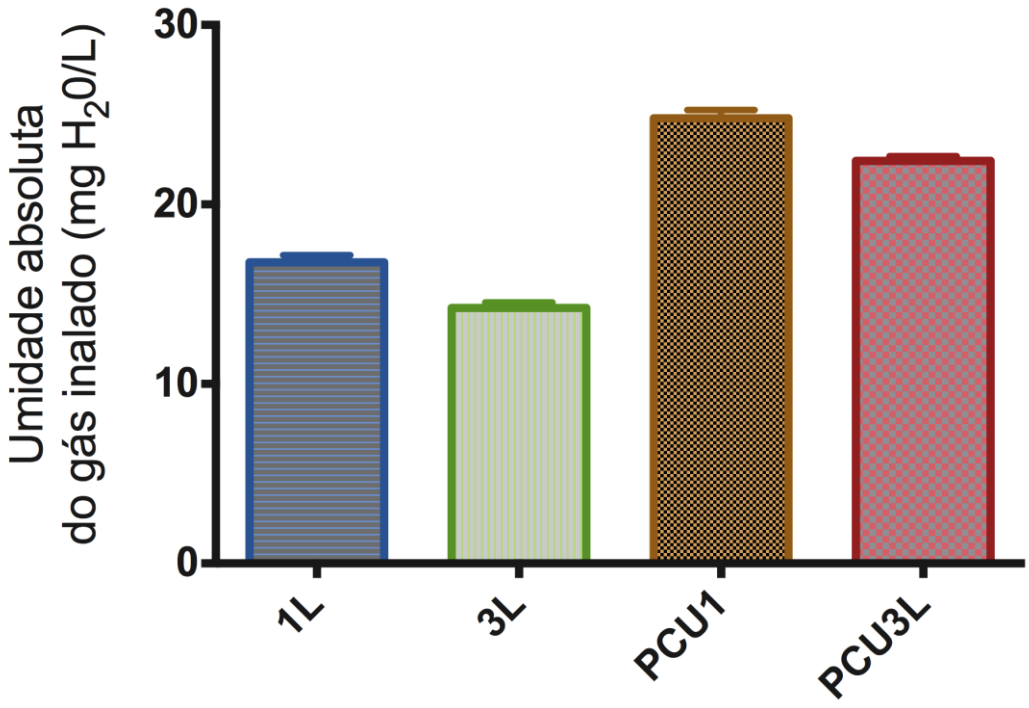


Figura 20 – Valores médios (média ± DP) da umidade absoluta do gás inalado ao longo do tempo nos grupos estudados. $p < 0,0001$: PCU1L > PCU3L > 1L > 3L

Comentário: os valores médios da UA do gás inalado ao longo do tempo foram significantemente maiores nos grupos com PCU (PCU1L e PCU3L) comparados aos dos grupos sem PCU (1L e 3L). Nos grupos com PCU, o grupo PCU1L apresentou valores médios significantemente maiores comparados aos do grupo PCU3L. Nos grupos sem PCU, o grupo 1L apresentou valores médios significantemente maiores comparados aos do grupo 3L.

4.9 Correlação entre as Temperaturas do Gás Inalado e da Sala de Operação

Houve correlação significante e positiva entre as temperaturas da SO e do gás inalado nos grupos sem PCU (Figuras 21 e 22), mas não nos grupos com PCU (Figuras 23 e 24).

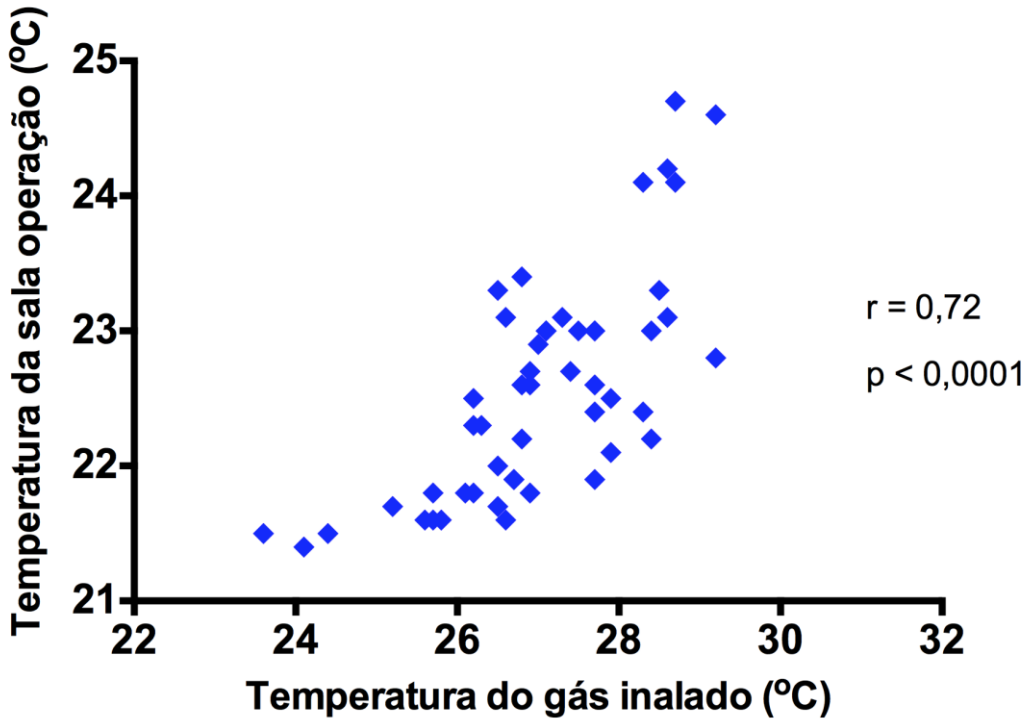


Figura 21 – Correlação entre as temperaturas da sala de operação e do gás inalado no grupo 1L.

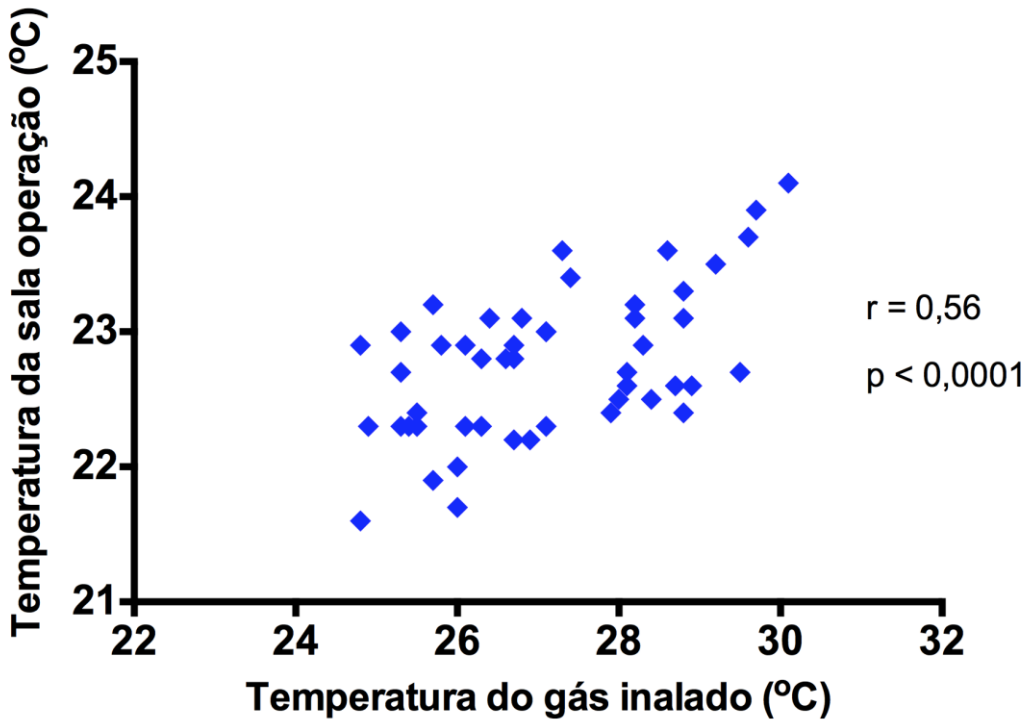


Figura 22 – Correlação entre as temperaturas da sala de operação e do gás inalado no grupo 3L.

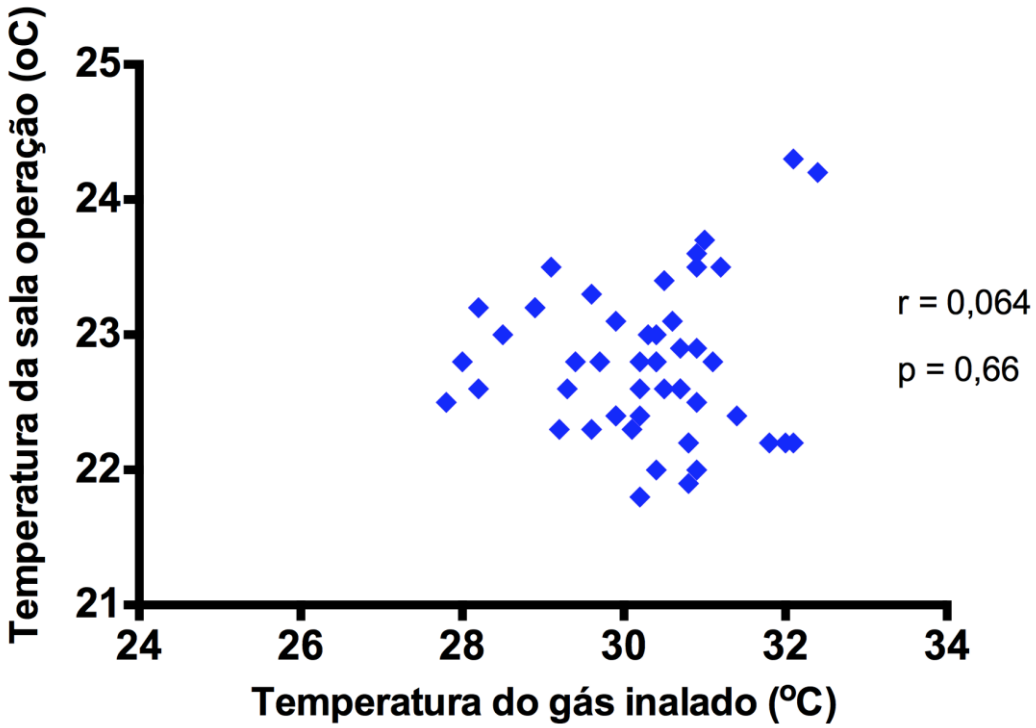


Figura 23– Correlação entre as temperaturas da sala de operação e do gás inalado no grupo PCU1L.

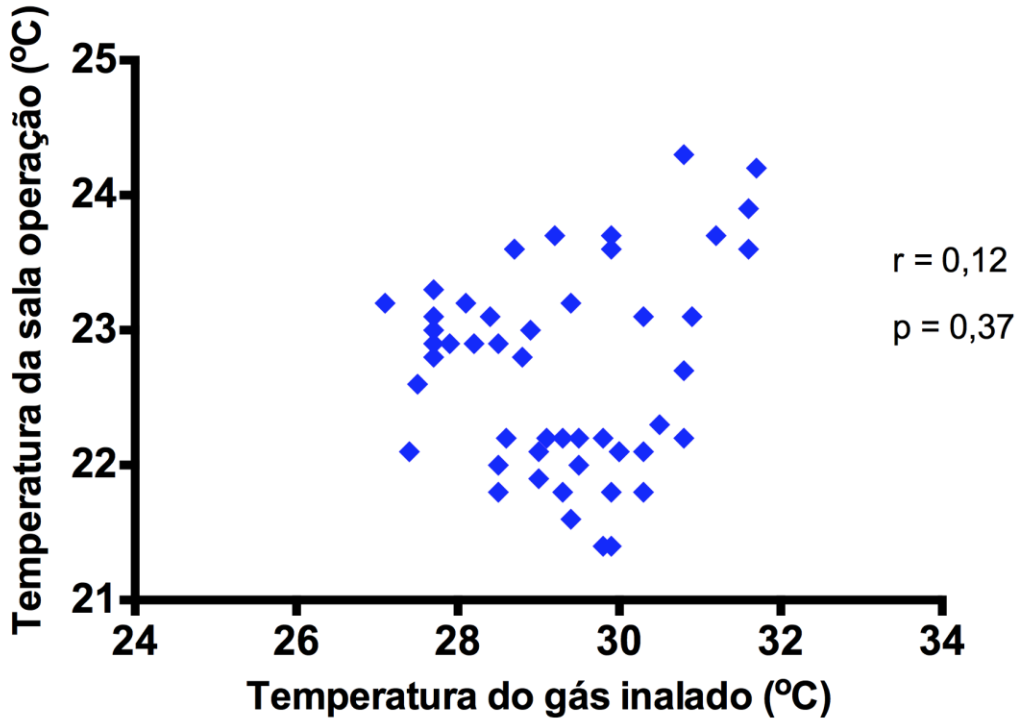


Figura 24 – Correlação entre as temperaturas da sala de operação e do gás inalado no grupo PCU3L.

5 DISCUSSÃO

Os sistemas ventilatórios circulares possuem propriedades inerentes de umidificação dos gases inalados (Henriksson et al., 1997). No sistema circular há duas fontes principais de umidade: a que está presente nos gases exalados pelo paciente e a decorrente da formação de água por ocasião da reação entre o CO_2 exalado e a cal sodada (Bengtson et al., 1989; Henriksson et al., 1997). A eficiência e magnitude da conservação de umidade dependem de alguns fatores, como o FGF utilizado (Bengtson et al., 1989), as características do sistema circular (Wada et al., 2003) e características do paciente (Hunter et al., 2005).

Com a utilização de baixo FGF, espera-se maior umidificação dos gases inalados (Bengtson et al., 1989) devido à maior reinalação de gases expirados e maior oferta de CO_2 para a reação com a cal sodada. A presente pesquisa corroborou essa expectativa, pois o grupo 1L obteve maior média de UA dos gases inalados, de 16,8 mg H_2O/L, comparado com o grupo 3L, que obteve menor média, de 14,2 mg H_2O/L. Dois outros estudos realizados em crianças também identificaram haver relação inversa entre o FGF e a umidade dos gases inalados. No estudo de Hunter et al. (2005), no grupo de crianças que utilizou FGF de 0,6L/min e no grupo que utilizou FGF de 6L/min, obteve-se UR do gás inalado de 34% e 12%, respectivamente. Já no estudo de Igarashi et al. (1999), onde também se utilizou FGF de 0,6 ou 6L/min em crianças, obteve-se UA dos gases inalados de 22,8 e 5,6 mg H_2O/L, respectivamente.

A configuração e as características específicas do sistema circular podem influenciar os valores de umidificação dos gases no sistema ventilatório. Na estação de anestesia Dräger Primus, a placa aquecida, situada logo após a válvula expiratória do circuito ventilatório circular, evita a condensação de água junto às válvulas respiratórias do aparelho e auxilia na manutenção da temperatura dos gases. Além disso, nessa estação de anestesia, os gases expirados passam uma única vez pelo compartimento da cal sodada. Já outras estações de anestesia, como Dräger Cicero e Dräger Cato, também possuem placa aquecida no circuito ventilatório porém nessas, diferentemente da Dräger Primus, os gases expirados

passam, em uma única expiração, três vezes pelo compartimento da cal sodada, sendo as duas últimas passagens em mistura com o FGF. Isso proporciona maior contato entre os gases expirados e o FGF com o compartimento úmido da cal sodada, o que teoricamente, proporciona maior umidificação dos gases (Wada et al., 2003). No estudo de Igarashi et al. (1999), os autores utilizaram a estação de anestesia Dräger Cicero e no grupo de crianças que utilizou baixo FGF (0,6L/min) obtiveram UA dos gases inalados de 22,8 mg H_2O/L. Esse resultado difere do encontrado na presente pesquisa, onde no grupo de baixo FGF (1L) obteve-se menor UA do gás inspirado, de 16,8 mg H_2O/L. A diferença de resultados possivelmente se deve às diferentes configurações dos circuitos ventilatórios das estações de anestesia. Deve-se destacar, ainda, os diferentes baixos FGFs utilizados nos dois estudos (0,6L/min na pesquisa anteriormente mencionada e 1L/min na presente pesquisa).

Características do paciente também podem influenciar os valores de umidade e temperatura dos gases inalados quando se utiliza sistema circular com absorvedor de CO_2. Para um mesmo FGF, a reinalação de gases é menor na criança que no adulto, devido ao menor volume minuto. A criança também tem menor produção total de CO_2 quando comparada à do adulto (Bain e Spoerel, 1977). Assim, dois fatores determinantes da umidificação dos gases nos sistemas ventilatórios circulares, a reinalação e a geração de água na reação do CO_2 com a cal sodada, têm menor magnitude na criança que no adulto. No presente estudo, os valores médios de UA do gás inalado nos grupos de baixo (1L/min) e alto (3L/min) FGF foram de 16,8 e 14,2 mg H_20/L, respectivamente. Já Henriksson et al. (1997), em estudo em adultos, obtiveram nos grupos de baixo (1L/min) e alto (5L/min) FGF, UA do gás inspirado de 23,1 e 17,6 mg H_20/L, respectivamente, após 60 min de ventilação. Já no estudo de Castro et al. (2011), realizado em adultos e utilizando FGF de 1L/min na estação de anestesia Primus, os autores obtiveram UA do gás inalado de 21,2 mg H_20/L, após 90 minutos de ventilação. A diferença entre os valores de UA dos gases encontrada nos estudos em adultos e a presente pesquisa é possivelmente devida à menor reinalação de gases e menor produção total de CO_2 nas crianças.

No estudo, observou-se que a utilização do PCU no sistema ventilatório aumentou de forma significante a UA e temperatura do gás inalado. O aumento de UA foi da ordem de 8 mg H_20/L tanto nos grupos de baixo FGF (1L e PCU1L), 16,8 versus 24,8 mg H_20/L, respectivamente, quanto nos grupos com alto FGF (3L e PCU3L), 14,2 versus 22,4 mg H_20/L, respectivamente. Deve ser destacado que o FGF utilizado teve importância na eficiência do PCU, considerando-se que, entre os grupos que utilizaram PCU (PCU1L e PCU3L), os maiores valores de UA foram obtidos com baixo FGF.

Alguns estudos avaliaram o uso do PCU em crianças durante a anestesia. Bissonnette e Sessler (1989), em estudo em crianças (peso de 5 a 10 kg), evidenciaram aumento da UR dos gases inspirados de 35% para 80% quando comparam pacientes sem e com PCU, respectivamente, após 1h de ventilação sem reinalação de gases.

Monrigal e Granry (1997), em estudo também em crianças (peso médio de 16 kg), obtiveram UA do gás inalado de 12 e de 22 mg H_20/L nos grupos sem e com PCU, respectivamente. Nesse estudo também não houve reinalação de gases. Observa-se que esses resultados são compatíveis com os obtidos na presente pesquisa nos grupos cuja reinalação de gases foi mínima ou ausente (3L e PCU3L), que apresentaram UA do gás inspirado de 14,2 e 22,4 mg H_20/L, respectivamente. Também é interessante notar que no estudo anteriormente referido, o modelo de PCU utilizado foi o mesmo da presente pesquisa.

Já Luchetti et al. (1999), estudando dois grupos de crianças de pesos diferentes (6,4 e 23,6 kg), durante anestesia sem reinalação de gases e onde todas utilizaram PCU, encontraram UA dos gases inalados de 25,0 e 26,2 mg H_20/L, respectivamente. Esses valores foram superiores aos encontrados na presente pesquisa (22,4 mg H_20/L) no grupo que utilizou PCU e que teve mínima ou nenhuma reinalação de gases (PCU3L). No estudo anteriormente mencionado, o modelo de PCU e a metodologia utilizada para mensurar a umidade foram diferentes dos empregados na presente pesquisa.

A utilização do PCU durante a ventilação mecânica de crianças traz alguns questionamentos, pois o dispositivo aumenta o espaço morto do sistema ventilatório e gera resistência ao fluxo aéreo (Wilkes, 2011). Com o aumento do

espaço morto, a manutenção da ventilação alveolar só pode ser mantida com aumento do volume minuto (Veyckemans, 2011). Esse fato é mais relevante na ventilação espontânea, pois o aumento do volume minuto aumenta o trabalho ventilatório. Estudo em crianças (peso de 3 a 8 kg) avaliou o efeito do PCU no trabalho ventilatório durante ventilação espontânea (Bell et al., 2006). Nas crianças que utilizaram PCU, houve aumento do trabalho ventilatório de 43% quando comparado ao das que não utilizaram o dispositivo. Os autores concluem que o uso de PCU deve ser evitado durante ventilação espontânea em crianças com similar faixa de peso.

Já durante a ventilação mecânica controlada, o aumento do trabalho respiratório passa a ser irrelevante, pois não há esforço ventilatório do paciente. Entretanto, aumentar o volume minuto pode ser necessário para compensar o aumento do espaço morto. Estudo em crianças (peso médio de 7,4 kg e idade de 0-2 anos) sob ventilação mecânica controlada com e sem PCU no circuito ventilatório constatou aumento significante do volume minuto para manutenção da $P_{ET}CO_2$ em 35 mmHg quando PCU foi utilizado (Chau et al., 2006). É importante considerar que nesse estudo utilizou-se PCU com volume interno de 22 ml, que os próprios autores consideraram ser excessivo para uso nessa faixa etária.

Na presente pesquisa, os pacientes foram mantidos sob ventilação mecânica controlada durante a anestesia. A ventilação foi realizada com VC de 8 mL/kg e FR ajustada para manutenção de $P_{ET}CO_2$ próxima de 35 mmHg. Nos pacientes dos grupos com PCU (PCU1L e PCU3L), houve necessidade de se utilizar FR média significantemente maior, de 19 e 22 respirações/min, respectivamente, em relação aos grupos sem PCU (1L e 3L), que necessitaram de 16 respirações/min. Isto foi feito para manutenção de maior volume minuto nos pacientes com PCU, pois o VC médio foi de 8 mL/kg em todos os pacientes. É interessante notar que mesmo com a determinação de manutenção de $P_{ET}CO_2$ próxima de 35 mmHg, os grupos com PCU tiveram médias de $P_{ET}CO_2$ maiores que os grupos sem PCU. Esses resultados possivelmente estão relacionados com o aumento do espaço morto adicionado pelo PCU ao sistema ventilatório.

O PCU, tanto para uso em adultos quanto em crianças, pode aumentar a resistência ao fluxo aéreo, sendo esse geralmente de pequena magnitude

(Dellamonica et al., 2004). A resistência ao fluxo aéreo gerada pelo PCU será maior quanto maior for o fluxo aéreo (Malan et al., 2007; Wilkes et al., 2008). Na ventilação mecânica em crianças, o fluxo aéreo utilizado é habitualmente menor que no adulto. Estudo experimental com modelos de PCU pediátricos mostrou que fluxo de 15L/min aumenta a pressão de vias aéreas em 1-3 cmH_2O (Malan et al., 2007). Na presente pesquisa, não se observou diferença significante nas pressões de vias aéreas entre os grupos sem (1L e 3L), de 14,5 e 13,6 cmH_20, respectivamente, e com PCU (PCU1L e PCU3L), de 14,1 e 14,4 cmH_20, respectivamente.

Uma questão relevante no estudo do condicionamento dos gases durante a ventilação mecânica se refere aos valores ideais de umidade e temperatura dos gases inalados para prevenção das alterações das vias aéreas e pulmonares. Entretanto, os valores ideais de umidificação e aquecimento dos gases durante a ventilação mecânica ainda não estão bem determinados na literatura. A dificuldade na identificação desses valores de forma mais precisa advém de alguns fatores. Entre esses, tem-se as dificuldades relacionadas à técnica de medição da umidificação dos gases em sistemas ventilatórios, ao estudo da árvore traqueobrônquica *in vivo* e à definição de medidas de desfecho clínico relacionadas ao condicionamento inadequado dos gases inspirados.

Teoricamente, o condicionamento dos gases pode ser considerado adequado quando as condições fisiológicas são mantidas, ou seja, quando o LSI é mantido em sua posição habitual (Shelly et al., 1988; Sottiaux, 2006). Nessa circunstância, o processo artificial de condicionamento dos gases deve substituir a função anteriormente exercida pelas vias aéreas superiores. Os gases administrados, ao atingirem a extremidade distal do tubo orotraqueal, devem conter umidade e temperatura equivalentes àquelas encontradas no terço médio da traqueia em condições fisiológicas.

A *American Association of Respiratory Care* (*AARC*) recomenda que todos os pacientes submetidos à ventilação mecânica invasiva devem utilizar algum método de umidificação dos gases. No caso de umidificação com umidificadores de câmara aquecida, recomendam valores mínimos de UA e temperatura de 33 mg H_20/L e 34^oC, respectivamente. No caso de umidificação com PCU, recomendam valor

mínimo de UA de 30 mg H_2O/L (Restrepo e Walsh, 2012). Por outro lado, não há recomendação de valor mínimo de umidificação na norma para uso de PCU (ISO, 2000), mas apenas na norma para uso de umidificadores de câmara aquecida, que recomenda UA de 30 mg H_20/L (ISO, 2007).

A necessidade de condicionamento dos gases inspirados em pacientes pediátricos submetidos à ventilação mecânica é amplamente aceita (Fassassi et al., 2007). Porém, os valores ideais de temperatura e umidade dos gases para a população pediátrica são geralmente inferidos a partir de estudos realizados em animais (Kleemann, 1994; Martins et al., 1996; Barra Bisinotto et al., 1999) e pacientes adultos (Dery, 1973). Kleemann (1994) baseando-se em pesquisa experimental, onde avaliou com microscopia eletrônica o epitélio traqueobrônquico de suínos, recomendou que o valor mínimo de UA do gás inalado durante a anestesia não deve ser inferior a 20 mg H_2O/L, para que não ocorram alterações da mucosa traqueobrônquica. Já Martins et al. (1996), baseando-se em estudo experimental realizado em cães, verificaram que os valores mínimos necessários de temperatura e UA do gás inalado durante a anestesia foram, respectivamente, de 27°C e 23 mg H_2O/L, para que não ocorressem alterações histológicas à microscopia óptica da árvore traqueobrônquica após três horas de ventilação artificial. Barra Bisinotto et al. (1999) verificaram, em estudo experimental no cão com microscopia eletrônica de varredura, que houve evidências de ressecamento da mucosa da árvore traqueobrônquica após três horas de ventilação artificial com FGF de 1L/min com UA de 17,8 ± 2,3 mg H_20/L e temperatura de 25,4 ± 1,6°C do gás inalado.

Outra questão relevante na definição dos valores adequados de umidificação e aquecimento dos gases inspirados relaciona-se ao período de duração da ventilação mecânica. Wilkes (2011), em recente revisão sobre o tema, recomenda que pacientes submetidos à ventilação mecânica prolongada, como ocorre nas Unidades de Terapia Intensiva (UTI), devem receber gases com UA mínima de 30 mg H_2O/L. Já nos pacientes submetidos à ventilação mecânica com duração de apenas algumas horas, como ocorre durante a anestesia, o autor recomenda que o valor mínimo de UA de 20 mg H_2O/L deve ser alcançado.

Além dos efeitos sobre as vias aéreas e a função pulmonar, a ventilação com gases secos e frios pode causar maior perda térmica pela via respiratória, o que pode contribuir para a ocorrência de hipotermia intraoperatória. Esse fato ganha maior importância em pacientes pediátricos, por serem mais susceptíveis à ocorrência de hipotermia durante a anestesia (Luginbuehl, 2011). Um fator que torna a criança mais propensa à hipotermia intraoperatória é a maior relação entre a área de superfície corporal e o peso quando comparada à do adulto (Luginbuehl, 2011). Como exemplo, no adulto de 75 kg e 1,72 m^2 de área de superfície corporal, essa relação é de 0,023, enquanto que no neonato de 3 kg e 0,2 m^2 de área corporal, a relação é três vezes maior, de 0,07. Assim, a criança troca calor mais rapidamente com o ambiente quando comparada ao adulto, favorecendo a ocorrência de hipotermia intraoperatória (Szmuk et al., 2001).

No adulto, a perda térmica pela via respiratória representa menos de 10% da perda térmica total durante a anestesia (Bickler e Sessler, 1990). Já na criança, devido ao seu maior volume minuto por unidade de peso, essa perda pode chegar a 33% do total (Luginbuehl, 2011). Isso faz com que a umidificação e o aquecimento dos gases durante a anestesia não sejam apenas mais importantes, como também mais efetivos em crianças na manutenção da temperatura central quando comparados aos adultos. Dois estudos realizados em crianças demonstraram que a ventilação com gases aquecidos e umidificados foi mais eficaz na manutenção da temperatura central durante a anestesia quando comparada à ventilação com gases não condicionados (Bissonnette e Sessler, 1989; Bissonnette et al., 1989). Em contraste, em dois outros estudos realizados em adultos, a ventilação com gases aquecidos e umidificados não foi eficaz na manutenção da temperatura central durante a anestesia (Goldberg et al., 1988; Goldberg et al., 1992).

Na presente pesquisa, observou-se diferença de temperatura do gás inalado entre os grupos sem PCU (1L e 3L), 27,0 e 27,1^oC, respectivamente, e com PCU (PCU1L e PCU3L), 30,3 e 29,3^oC, respectivamente. A perda térmica pela via respiratória ocorre por convecção, que está relacionada à temperatura do gás inalado e por evaporação, que está relacionada à umidade do gás. Pode-se então considerar que os grupos que não utilizaram PCU, portanto com menor umidade e temperatura do gás inalado, apresentaram maior perda térmica pela via

respiratória se comparados aos grupos que utilizaram PCU. Entretanto, diferentemente do estudo de Bissonnette e Sessler (1989), não observamos diferença significante na temperatura central dos pacientes entre os diferentes grupos. Na presente pesquisa, utilizou-se dispositivo de aquecimento ativo, um colchão térmico, para aquecimento corporal das crianças. Assim, acredita-se que a transferência de calor realizada por esse dispositivo tenha minimizado os efeitos da maior perda térmica ventilatória nos grupos que não utilizaram PCU, mantendo a temperatura central acima de 36^{o}C em todos os grupos e durante todo o período de estudo.

Outro aspecto observado na presente pesquisa foi a diferença entre os valores de temperatura e umidade do gás medidos na saída da estação de anestesia, junto ao ramo inspiratório, e aqueles medidos junto ao tubo traqueal, nos grupos que não utilizaram PCU. Nos grupos 1L e 3L, os gases na saída da estação de anestesia apresentaram temperatura próxima de 30^{o}C, enquanto que junto ao tubo traqueal a temperatura foi de aproximadamente 27,0^{o}C. Essa queda de temperatura, ao redor de 3^{o}C, ocorreu enquanto os gases atravessavam o ramo inspiratório. Essa perda térmica pode ser explicada pela menor temperatura da SO (mantida de 22 a 23^{o}C), o que gerou um gradiente térmico de aproximadamente 8^{o}C entre os gases que saíam da estação de anestesia e o ambiente da SO.

Estudos mostraram que a temperatura da SO exerce importante influência na temperatura do gás no circuito respiratório (Bengtson et al., 1989; Kleemann, 1990; Torres et al., 1997; Gorayb et al., 2004; Hunter et al., 2005). Assim, na presente pesquisa, parte do calor incorporado pelos gases em sua passagem pela placa aquecida e cal sodada, foi transferida para o ar ambiente da SO ou para outras partes do sistema ventilatório. A quantidade de calor transferida do gás no interior do circuito ventilatório para o ambiente depende, além do gradiente de temperatura entre o gás e ambiente, do coeficiente de transferência do material dos tubos corrugados e também de suas dimensões (Torres et al., 1997; Hunter et al., 2005). Na presente pesquisa os tubos corrugados utilizados eram de silicone e não eram termicamente isolados, o que provavelmente favoreceu essa perda de temperatura dos gases. A extensão dos tubos corrugados (1,5m) pode também ter favorecido essa perda térmica. O fato de ter havido correlação positiva significante

entre as temperaturas dos gases inalados e as da SO nos pacientes dos grupos que não utilizaram PCU corroboram esses aspectos da troca térmica entre os gases no circuito ventilatório e o ambiente. Essa correlação positiva foi também demonstrada por Gorayb et al. (2004) e Castro et al. (2011).

Em relação à temperatura dos gases inalados, é interessante notar que não houve diferença na temperatura entre os grupos 1L e 3L, de 27,0 e 27,1°C, respectivamente. Ou seja, o uso de baixo FGF, apesar de contribuir para melhor umidificação, não foi eficaz para manutenção da temperatura dos gases no sistema ventilatório. Hunter et al. (2005) realizaram estudo em crianças onde avaliaram a temperatura dos gases ao longo do circuito respiratório nas condições de baixo e alto FGF. Observaram que não houve diferença significante na temperatura dos gases inalados entre os grupos de baixo e alto FGF (24°C e 23°C, respectivamente). Os autores também concluem que o baixo FGF não auxiliou na conservação da temperatura dos gases. Entretanto, no estudo de Hunter et al. (2005), as temperaturas dos gases obtidas, tanto junto à estação de anestesia (ao redor de 23°C) quanto junto ao tubo traqueal, foram menores que as temperaturas encontradas na presente pesquisa. A presença da placa aquecida na estação de anestesia utilizada em nossa pesquisa possivelmente justifica a diferença de resultados.

Anteriormente, referimos que quanto maior é a temperatura da mistura gasosa, maior é a sua capacidade de carrear de vapor de água (Figura 1). Quando há diminuição da temperatura da mistura gasosa, mantendo-se constante a UA, a capacidade de conter vapor de água ou umidade máxima é reduzida, mas há aumento da UR (Figura 2) (Miyao et al., 1992; Wilkes, 2001). Uma consequência desse aumento é a possibilidade de condensação de água no ramo inspiratório, o que pode interferir no funcionamento adequado das válvulas e ser fonte de contaminação do circuito respiratório, situação esta muito comum com os umidificadores aquecidos (Branson et al., 1998). No presente experimento, a redução da temperatura dos gases no ramo inspiratório, como resultado da troca de calor com o ambiente da SO, combinado com o aumento da UA no sistema, aumentou a UR do gás inalado ao longo do ramo inspiratório nos grupos sem PCU.

Miyao et al. (1992) e Henriksson et al. (1997) relataram que, com um mesmo valor de UA, uma amostra de gás com baixa UR tem maior potencial para desidratar as secreções e causar obstrução do tubo traqueal. Segundo esses autores, gás com baixa UR e elevada temperatura apresenta grande energia térmica, determinando rápida absorção de água de área restrita da membrana mucosa da via aérea. Já o gás com menor temperatura e maior UR absorve água gradualmente ao longo da membrana mucosa de toda a via aérea, até a sua saturação com vapor de água à temperatura corporal. Assim, neste último caso, a mesma quantidade de água é absorvida de grande área da membrana mucosa com menor risco de produção de muco mais viscoso. Dessa forma, para se evitar o risco de desidratação e aumento da viscosidade do muco é recomendável que o gás inalado tenha maiores valores de UR do que de temperatura para um mesmo conteúdo de massa de água. Na presente pesquisa, os grupos com PCU apresentaram maiores valores de UR do gás inalado em relação aos grupos sem PCU.

Com base em pesquisas experimentais (Forbes, 1973; Mercke e Toremalm, 1976; Barra Bisinotto et al., 1999), o valor mínimo de UR clinicamente relevante para evitar desidratação das secreções, aumento da viscosidade do muco e manter a integridade do fluxo mucociliar e da função pulmonar parece estar acima de 50% e prioritariamente acima de 70%-75% durante curtos períodos de ventilação artificial. Todos os grupos da presente pesquisa apresentaram UR acima de 50%, mas apenas nos grupos com PCU seus valores foram superiores a 75%.

Na presente pesquisa, nos grupos que não utilizaram PCU, houve importante diferença nos valores de UA dos gases obtidos na saída da estação de anestesia e junto ao tubo traqueal. No grupo 1L, a UA passou de 10,9 mg H_2O/L na saída da estação de anestesia, para 16,8 mg H_2O/L, junto ao tubo traqueal. Já no grupo 3L, a UA passou, nos mesmos locais citados anteriormente, de 4,6 para 14,2 mg H_2O/L. Ou seja, em ambos os grupos, houve importante aumento da UA ao longo do ramo inspiratório. A presença de água, formada por condensação no ramo inspiratório, pode justificar esse aumento da UA ao longo do ramo inspiratório. Com a evaporação de parte da água, houve aumento da UA e UR do gás. Esse processo é favorecido pela baixa UR do gás ao deixar a estação de anestesia que,

como vimos anteriormente, tem alta capacidade para absorver água sob a forma de vapor. Pode-se considerar que o próprio tubo corrugado atua como permutador de umidade, apesar de não propiciar valores adequados de umidade, que são requeridos para ventilação mecânica durante a anestesia.

O estudo teve algumas limitações. Primeiramente, apesar de o estudo ter sido encoberto, considerando que o paciente não teve conhecimento do grupo ao qual foi incluído, não foi duplamente encoberto, pois o pesquisador teve conhecimento do grupo ao qual o paciente foi incluído. Não foi possível ocultar a presença do PCU no circuito ventilatório, assim como o FGF utilizado. Segundo, os valores de umidificação foram registrados no intervalo de tempo de até 80 minutos após a conexão do paciente ao circuito ventilatório. Este período é compatível com a duração das cirurgias pediátricas, que em sua maioria são de curta ou média duração. Estudo em adultos, no qual foi utilizada a estação de anestesia Primus, encontrou aumento da umidificação do gás inalado após 90 minutos de ventilação com baixo FGF em associação ou não com um PCU (Castro et al., 2011). Assim, aumento da umidificação do gás inalado poderia ter ocorrido após o intervalo de tempo estudado. Considerando-se a curta duração da maioria das cirurgias pediátricas, um dispositivo que umidifica e aquece adequadamente os gases inspirados deve ter efetividade desde o início do procedimento (Monrigal e Granry, 1997). Na pesquisa, a introdução do PCU no circuito ventilatório aumentou a umidificação e temperatura do gás inspirado já na primeira medida.

Nessa pesquisa, o PCU Pall BB foi escolhido por sua eficiência como trocador de calor e umidade (Chalon et al., 1984), por possuir modelo específico para uso pediátrico (BB25) e pela propriedade de filtro bacteriano e viral. Em nosso meio, o circuito ventilatório das estações de anestesia não é reutilizado nas anestesias dos pacientes pediátricos, com troca obrigatória de circuito por outro esterilizado antes de cada anestesia. Atualmente, o uso do PCU é utilizado, de forma obrigatória, para prevenção de infecção nosocomial em todos os pacientes adultos submetidos à anestesia sob ventilação artificial, segundo exigência da Comissão de Controle de Infecção Hospitalar. Infelizmente, o PCU pediátrico ainda não é disponibilizado no Hospital de Clínicas, pois seu uso não é obrigatório durante as anestesias pediátricas.

Assim, a introdução de PCU no circuito ventilatório pediátrico da estação de anestesia Primus, em associação com alto ou baixo FGF, aumentou a umidificação e temperatura dos gases inalados, sendo método simples e eficiente para condicionamento dos gases durante intubação traqueal com ventilação mecânica em anestesia pediátrica, devendo seu uso ser fortemente estimulado.

6 CONCLUSÕES

A umidificação dos gases inalados no sistema ventilatório circular pediátrico da estação de anestesia Dräger Primus depende do FGF utilizado, sendo maior com baixo FGF. Porém, a umidificação mínima (20 mg H_2O/L) para prevenção da desidratação do epitélio respiratório durante a anestesia não é alcançada nem com alto nem com baixo FGF. O uso do PCU no circuito ventilatório aumenta a temperatura e a umidade dos gases inalados, trazendo-as para valores próximos dos fisiológicos. O FGF tem significante correlação com a eficiência do PCU, com aumento da umidificação do gás inspirado com baixo FGF. Assim, em anestesia pediátrica, com sistema ventilatório circular, o uso de PCU associado a baixo FGF é a forma mais eficiente de conservação da umidade do gás inalado.

7 REFERÊNCIAS

Bain JA, Spoerel WE. Carbon dioxide output and elimination in children under anaesthesia. Can Anaesth Soc J. 1977;24(5):533-9.

Barra Bisinotto FM, Braz JR, Martins RH, Gregorio EA, Abud TM. Tracheobronchial consequences of the use of heat and moisture exchangers in dogs. Can J Anaesth. 1999;46(9):897-903.

Baum JA. Low-flow anaesthesia. Eur J Anaesthesiol. 1996;13(5):432-5.

Baum JA, Aitkenhead AR. Low-flow anaesthesia. Anaesthesia. 1995;50 (Suppl s10):37-44.

Bell GT, Martin KM, Beaton S. Work of breathing in anesthetized infants increases when a breathing system filter is used. Paediatr Anaesth. 2006;16(9):939-43.

Bengtson JP, Bengtson A, Sonander H, Stenqvist O. Humidity of the Bain and circle systems reassessed. Anesth Analg. 1989;69(1):83-6.

Bickler PE, Sessler DI. Efficiency of airway heat and moisture exchangers in anesthetized humans. Anesth Analg. 1990;71(4):415-8.

Bissonnette B, Sessler DI. Passive or active inspired gas humidification increases thermal steady-state temperatures in anesthetized infants. Anesth Analg. 1989;69(6):783-7.

Bissonnette B, Sessler DI, LaFlamme P. Passive and active inspired gas humidification in infants and children. Anesthesiology. 1989;71(3):350-4.

Bito H, Ikeda K. Long-duration, low-flow sevoflurane anesthesia using two carbon dioxide absorbents. Quantification of degradation products in the circuit. Anesthesiology. 1994;81(2):340-5.

Branson RD, Campbell RS, Davis K, Porembka DT. Anaesthesia circuits, humidity output, and mucociliary structure and function. Anaesth Intensive Care. 1998;26(2):178-83.

Brockwell RC, Andrews JJ. Inhaeld Anesthetic Delivery Systems. In: Miller RD, ed. *Miller's anesthesia*. 7th ed. Philadelphia, PA: Churchill Livingstone/Elsevier 2010:667-718.

Castro J, Jr., Bolfi F, de Carvalho LR, Braz JR. The temperature and humidity in a low-flow anesthesia workstation with and without a heat and moisture exchanger. Anesth Analg. 2011;113(3):534-8.

Chalon J, Markham JP, Ali MM, Ramanathan S, Turndorf H. The pall ultipor breathing circuit filter - an efficient heat and moisture exchanger. Anesth Analg. 1984;63(6):566-70.

Chau A, Kobe J, Kalyanaraman R, Reichert C, Ansermino M. Beware the airway filter: deadspace effect in children under 2 years. Paediatr Anaesth. 2006;16(9):932-8.

Dellamonica J, Boisseau N, Goubaux B, Raucoules-Aime M. Comparison of manufacturers' specifications for 44 types of heat and moisture exchanging filters. Br J Anaesth. 2004;93(4):532-9.

Dery R. The evolution of heat and moisture in the respiratory tract during anaesthesia with a non-rebreathing system. Can Anaesth Soc J. 1973;20(3):296-309.

Dias NH, Martins RH, Braz JR, Carvalho LR. Larynx and cervical trachea in humidification and heating of inhaled gases. Ann Otol Rhinol Laryngol. 2005;114(5):411-5.

Dyer I. Measurement of humidity. Anaesthesia and Intensive Care Medicine. 2012;13(3):121-3.

Eger EI 2nd. New inhaled anesthetics. Anesthesiology. 1994;80(4):906-22.

Fang ZX, Eger EI 2nd, Laster MJ, Chortkoff BS, Kandel L, Ionescu P. Carbon monoxide production from degradation of desflurane, enflurane, isoflurane, halothane, and sevoflurane by soda lime and Baralyme. Anesth Analg. 1995;80(6):1187-93.

Fassassi M, Michel F, Thomachot L, Nicaise C, Vialet R, Jammes Y, et al. Airway humidification with a heat and moisture exchanger in mechanically ventilated neonates : a preliminary evaluation. Intensive Care Med. 2007;33(2):336-43.

Forbes AR. Humidification and mucus flow in the intubated trachea. Br J Anaesth. 1973;45(8):874-8.

Frink EJ Jr., Green WB Jr., Brown EA, Malcomson M, Hammond LC, Valencia FG, et al. Compound A concentrations during sevoflurane anesthesia in children. Anesthesiology. 1996;84(3):566-71.

Gawley TH, Dundee JW. Attempts to reduce respiratory complications following upper abdominal operations. Br J Anaesth. 1981;53(10):1073-8.

Goldberg ME, Epstein R, Rosenblum F, Larijani GE, Marr A, Lessin J, et al. Do heated humidifiers and heat and moisture exchangers prevent temperature drop during lower abdominal surgery? J Clin Anesth. 1992;4(1):16-20.

Goldberg ME, Jan R, Gregg CE, Berko R, Marr AT, Larijani GE. The heat and moisture exchanger does not preserve body temperature or reduce recovery time in outpatients undergoing surgery and anesthesia. Anesthesiology. 1988;68(1):122-3.

Gorayb SB, Braz JR, Martins RH, Modolo NS, Nakamura G. Inhaled gases humidification and heating during artificial ventilation with low flow and minimal fresh gases flow. Rev Bras Anestesiol. 2004;54(1):20-36.

Hedley RM, Allt-Graham J. Heat and moisture exchangers and breathing filters. Br J Anaesth. 1994;73(2):227-36.

Henriksson BA, Sundling J, Hellman A. The effect of a heat and moisture exchanger on humidity in a low-flow anaesthesia system. Anaesthesia. 1997;52(2):144-9.

Hirsch JA, Tokayer JL, Robinson MJ, Sackner MA. Effects of dry air and subsequent humidification on tracheal mucous velocity in dogs. J Appl Physiol. 1975;39(2):242-6.

Hunter T, Lerman J, Bissonnette B. The temperature and humidity of inspired gases in infants using a pediatric circle system: effects of high and low-flow anesthesia. Paediatr Anaesth. 2005;15(9):750-4.

Igarashi M, Watanabe H, Iwasaki H, Namiki A. Clinical evaluation of low-flow sevoflurane anaesthesia for paediatric patients. Acta Anaesthesiol Scand. 1999;43(1):19-23.

International Standards Organization. Anaesthetic and respiratory equipment - Heat and moisture exchangers (HMEs) humidifying respired gases in humans—part 1: HMEs for use minimum tidal volumes of 250 ml. ISO 9360. Geneva, Switzerland: International Standards Organization 2000.

International Standards Organization. Respiratory tract humidifiers for medical use—Particular requirements for respiratory humidification systems. ISO 8115. Geneva, Switzerland: International Standards Organization 2007.

Jaber S, Pigeot J, Fodil R, Maggiore S, Harf A, Isabey D, et al. Long-term effects of different humidification systems on endotracheal tube patency: evaluation by the acoustic reflection method. Anesthesiology. 2004;100(4):782-8.

Kandel L, Laster MJ, Eger EI 2nd, Kerschmann RL, Martin J. Nephrotoxicity in rats undergoing a one-hour exposure to compound A. Anesth Analg. 1995;81(3):559-63.

Keck T, Leiacker R, Heinrich A, Kuhnemann S, Rettinger G. Humidity and temperature profile in the nasal cavity. Rhinology. 2000;38(4):167-71.

Kharasch ED, Powers KM, Artru AA. Comparison of Amsorb, sodalime, and Baralyme degradation of volatile anesthetics and formation of carbon monoxide and compound a in swine in vivo. Anesthesiology. 2002;96(1):173-82.

Kleemann PP. The climatisation of anesthetic gases under conditions of high flow to low flow. Acta Anaesthesiol Belg. 1990;41(3):189-200.

Kleemann PP. Humidity of anaesthetic gases with respect to low flow anaesthesia. Anaesth Intensive Care. 1994;22(4):396-408.

Konrad F, Schreiber T, Grunert A, Clausen M, Ahnefeld FW. Measurement of mucociliary transport velocity in ventilated patients. Short-term effect of general anesthesia on mucociliary transport. Chest. 1992;102(5):1377-83.

Lawes EG. Hidden hazards and dangers associated with the use of HME/filters in breathing circuits. Their effect on toxic metabolite production, pulse oximetry and airway resistance. Br J Anaesth. 2003;91(2):249-64.

Levy RJ, Nasr VG, Rivera O, Roberts R, Slack M, Kanter JP, et al. Detection of carbon monoxide during routine anesthetics in infants and children. Anesth Analg. 2010;110(3):747-53.

Luchetti M, Pigna A, Gentili A, Marraro G. Evaluation of the efficiency of heat and moisture exchangers during paediatric anaesthesia. Paediatr Anaesth. 1999;9(1):39-45.

Luginbuehl I. Temperature Regulation: Physiology and Pharmacology. In: Bissonnette B, ed. *Pediatric anesthesia : basic principles, state of the art, future*. Shelton, Conn.: People's Medical Pub. House-USA 2011:221-58.

Malan CA, Wilkes AR, Hall JE, Gildersleve C. An evaluation of the filtration performance of paediatric breathing system filters at low flows. Anaesthesia. 2007;62(5):504-8.

Marfatia S, Donahoe PK, Hendren WH. Effect of dry and humidified gases on the respiratory epithelium in rabbits. J Pediatr Surg. 1975;10(5):583-92.

Martins RH, Braz JR, Defaveri J, Curi PR. Estudo da umidificação e do aquecimento dos gases inspirados durante a ventilação mecânica no cão. Rev Bras Otorrinolaringol. 1996;62(3):206-17.

McFadden ER, Jr. Respiratory heat and water exchange: physiological and clinical implications. J Appl Physiol. 1983;54(2):331-6.

McFadden ER, Jr., Pichurko BM, Bowman HF, Ingenito E, Burns S, Dowling N, et al. Thermal mapping of the airways in humans. J Appl Physiol. 1985;58(2):564-70.

Meakin GH. Low-flow anaesthesia in infants and children. Br J Anaesth. 1999;83(1):50-7.

Mercke U, Toremalm NG. Air humidity and mucociliary activity. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1976;85(1 Pt 1):32-7.

Miyao H, Hirokawa T, Miyasaka K, Kawazoe T. Relative humidity, not absolute humidity, is of great importance when using a humidifier with a heating wire. Crit Care Med. 1992;20(5):674-9.

Monrigal JP, Granry JC. The benefit of using a heat and moisture exchanger during short operations in young children. Paediatr Anaesth. 1997;7(4):295-300.

Neumann MA, Laster MJ, Weiskopf RB, Gong DH, Dudziak R, Forster H, et al. The elimination of sodium and potassium hydroxides from desiccated soda lime diminishes degradation of desflurane to carbon monoxide and sevoflurane to compound A but does not compromise carbon dioxide absorption. Anesth Analg. 1999;89(3):768-73.

Nunn G. Low-flow anaesthesia. Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain. 2008;8(1):1-4.

Restrepo RD, Walsh BK. Humidification during invasive and noninvasive mechanical ventilation: 2012. Respir Care. 2012;57(5):782-8.

Rouadi P, Baroody FM, Abbott D, Naureckas E, Solway J, Naclerio RM. A technique to measure the ability of the human nose to warm and humidify air. J Appl Physiol. 1999;87(1):400-6.

Saraiva RA. Preventing toxic substances production during carbon dioxide absorption by soda lime with halogenate anesthetics. Rev Bras Anestesiol. 2004;54(3):431-7.

Schiffmann H, Rathgeber J, Singer D, Harms K, Bolli A, Zuchner K. Airway humidification in mechanically ventilated neonates and infants: a comparative study of a heat and moisture exchanger vs. a heated humidifier using a new fast-response capacitive humidity sensor. Crit Care Med. 1997;25(10):1755-60.

Shelly MP. The humidification and filtration functions of the airways. Respir Care Clin N Am. 2006;12(2):139-48.

Shelly MP, Lloyd GM, Park GR. A review of the mechanisms and methods of humidification of inspired gases. Intensive Care Med. 1988;14(1):1-9.

Sottiaux TM. Consequences of under- and over-humidification. Respir Care Clin N Am. 2006;12(2):233-52.

Stannard W, O'Callaghan C. Ciliary function and the role of cilia in clearance. J Aerosol Med. 2006;19(1):110-5.

Struys MM, Bouche MP, Rolly G, Vandevivere YD, Dyzers D, Goeteyn W, et al. Production of compound A and carbon monoxide in circle systems: an in vitro comparison of two carbon dioxide absorbents. Anaesthesia. 2004;59(6):584-9.

Szmuk P, Rabb MF, Baumgartner JE, Berry JM, Sessler AM, Sessler DI. Body morphology and the speed of cutaneous rewarming. Anesthesiology. 2001;95(1):18-21.

Torres MLA, Carvalho JCA, Bello CN, Cremonesi E, Mathias RS. Capacidade de aquecimento e umidificação dos gases inalados em três tipos de montagens utilizadas em aparelhos de anestesia no Brasil. Rev Bras Anestesiol. 1997;47(2):89-100.

Trindade SH, de Mello JF Jr., Mion Ode G, Lorenzi-Filho G, Macchione M, Guimaraes ET, et al. Methods for studying mucociliary transport. Braz J Otorhinolaryngol. 2007;73(5):704-12.

Tsuda T, Noguchi H, Takumi Y, Aochi O. Optimum humidification of air administered to a tracheostomy in dogs. Scanning electron microscopy and surfactant studies. Br J Anaesth. 1977;49(10):965-77.

Van Oostdam JC, Walker DC, Knudson K, Dirks P, Dahlby RW, Hogg JC. Effect of breathing dry air on structure and function of airways. J Appl Physiol. 1986;61(1):312-7.

Veyckemans F. Anesthesia Equipment. In: Bissonnette B, ed. *Pediatric anesthesia : basic principles, state of the art, future*. Shelton, Conn.: People's Medical Pub. House-USA 2011:594-668.

Villafane MC, Cinnella G, Lofaso F, Isabey D, Harf A, Lemaire F, et al. Gradual reduction of endotracheal tube diameter during mechanical ventilation via different humidification devices. Anesthesiology. 1996;85(6):1341-9.

Wada H, Higuchi H, Arimura S. Temperature and humidity of the Drager Cato anesthetic machine circuit. J Anesth. 2003;17(3):166-70.

Whimster WF. Number and mean volume of individual submucous glands in the human tracheobronchial tree. Appl Pathol. 1986;4(1-2):24-32.

Wilkes AR. Humidification: its importance and delivery. BJA CEPD Reviews. 2001;1(2):40-3.

Wilkes AR. Measuring the filtration performance of breathing system filters using sodium chloride particles. Anaesthesia. 2002;57(2):162-8.

Wilkes AR. Heat and moisture exchangers and breathing system filters: their use in anaesthesia and intensive care. Part 1 - history, principles and efficiency. Anaesthesia. 2011;66(1):31-9.

Wilkes AR. Heat and moisture exchangers and breathing system filters: their use in anaesthesia and intensive care. Part 2 - practical use, including problems, and their use with paediatric patients. Anaesthesia. 2011;66(1):40-51.

Wilkes AR, Malan CA, Hall JE. The effect of flow on the filtration performance of paediatric breathing system filters. Anaesthesia. 2008;63(1):71-6.

Williams R, Rankin N, Smith T, Galler D, Seakins P. Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa. Crit Care Med. 1996;24(11):1920-9.

Wilton N, Buckley D. Modern Modes of Ventilation in the Operating Room. In: Bissonnette B, ed. *Pediatric anesthesia : basic principles, state of the art, future*. Shelton, Conn.: People's Medical Pub. House-USA 2011:716-45.

APÊNDICE

Dados dos pacientes do grupo 1L

Grupo 1L										
Paciente número	3	6	9	15	17	24	25	28	30	38
Data	18-ago-11	25-ago-11	22-set-11	15-dez-11	19-jan-12	5-abr-12	19-abr-12	17-mai-12	14-jun-12	30-ago-12
Idade (anos)	5	8	3	1	6	7	3	2	1	4
Peso (kg)	26,0	25,0	22,0	10,0	21,5	23,0	18,0	13,0	10,0	15,0
Altura (cm)	119	130	97	78	112	123	102	84	78	106
Sexo (masc = 1; fem = 0)	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
ASA	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1
Cirurgia	tto. hidrocele	postectomia	videolaparoscopia	reimplante ureter	reimplante ureter	herniorr., postec.	orquidop. video	ureteroplastia	tto anus imperf.	ureteroplastia vl
Duração total cirurgia (min)	120	90	180	240	260	80	100	110	180	80
Número tubo	4,0	4,5	4,5	4,0	4,5	5,0	5,0	4,5	4,5	4,5
Dose total (80 min) - fentanil (mcg)	150	150	100	50	100	100	90	125	50	50
Dose total (80min) - cisatracúrio (mg)	4	2,4	3	1,2	3	3,5	2,7	1,5	1,0	1,5
Frequência cardíaca (bpm)- 10 min	83	104	115	118	89	93	111	104	104	107
Frequência cardíaca (bpm)- 20 min	97	126	100	123	94	101	118	102	117	100
Frequência cardíaca (bpm)- 40 min	97	121	94	119	100	123	123	86	117	101
Frequência cardíaca (bpm)- 60 min	107	110	101	114	103	123	121	90	117	93
Frequência cardíaca (bpm)- 80 min	107	93	112	113	101	123	121	92	118	93
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 10 min	107	128	88	68	55	106	85	73	58	90
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 20 min	107	92	84	68	49	113	85	72	77	83
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 40 min	112	78	85	63	54	120	85	98	70	76
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 60 min	110	77	92	77	60	115	77	98	69	78
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 80 min	108	82	98	77	71	115	84	89	63	78
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 10 min	54	78	40	28	30	50	27	43	31	52
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 20 min	64	41	40	28	25	63	27	46	41	41
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 40 min	63	34	43	24	30	53	27	50	24	38
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 60 min	62	34	63	37	32	41	27	42	33	34
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 80 min	52	33	64	37	33	41	30	38	29	34
Pressão arterial média (mmHg)- 10 min	72	94	56	42	38	75	53	48	40	66
Pressão arterial média (mmHg)- 20 min	78	58	55	42	33	83	53	54	58	56
Pressão arterial média (mmHg)- 40 min	79	49	57	37	37	77	53	69	49	55
Pressão arterial média (mmHg)- 60 min	78	48	73	50	41	73	51	60	51	52
Pressão arterial média (mmHg)- 80 min	71	49	75	50	46	73	54	58	45	52
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 10 min	16	13	18	13	12	11	17	11	11	12
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 20 min	16	13	18	13	12	12	17	10	13	13
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 40 min	17	13	20	13	13	12	26	10	13	13
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 60 min	17	13	23	13	13	12	24	11	13	13
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 80 min	17	15	23	14	14	12	18	11	14	13
Frequência respiratória (resp./min) - 10 min	16	16	16	23	14	15	12	16	18	14
Frequência respiratória (resp./min) - 20 min	18	15	15	23	13	16	12	14	18	14
Frequência respiratória (resp./min) - 40 min	18	15	15	20	12	16	14	14	18	18
Frequência respiratória (resp./min) - 60 min	18	15	18	20	11	15	14	15	17	16
Frequência respiratória (resp./min) - 80 min	17	15	18	21	11	15	14	16	17	16
Volume corrente (ml)- 10 min	211	210	182	90	171	196	146	100	73	112
Volume corrente (ml)- 20 min	210	208	179	94	163	202	146	100	76	126
Volume corrente (ml)- 40 min	210	217	185	90	172	190	145	112	72	125
Volume corrente (ml)- 60 min	207	192	204	81	163	201	161	111	72	120
Volume corrente (ml)- 80 min	214	180	177	81	172	201	164	115	80	120
Saturação periférica de O2 (%) - 10 min	98	99	99	99	99	98	97	96	99	99
Saturação periférica de O2 (%) -20 min	98	98	99	99	100	99	94	95	99	99
Saturação periférica de O2 (%) - 40 min	98	98	99	99	98	98	97	98	100	99
Saturação periférica de O2 (%) - 60 min	98	97	99	99	100	98	97	98	99	99
Saturação periférica de O2 (%) - 80 min	97	97	99	99	100	98	98	98	99	99
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 10 min	33	34	34	32	33	33	34	36	33	35
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 20 min	32	35	33	32	35	34	34	35	36	35
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 40 min	34	34	36	33	33	33	35	34	34	34
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 60 min	34	34	36	36	36	33	34	35	34	36
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 80 min	33	39	37	35	35	33	34	35	35	36
Conc. expirada sevoflurano (%) - 10 min	1,3	1,2	1,6	2,3	2,9	2,3	2,6	2,2	2,0	1,9
Conc. expirada sevoflurano (%) - 20 min	2,8	3,4	2,0	2,5	2,7	2,8	2,4	1,8	2,1	2,5
Conc. expirada sevoflurano (%) - 40 min	2,9	3,4	2,3	2,5	2,2	3,3	2,6	2,5	2,5	2,3
Conc. expirada sevoflurano (%) - 60 min	3,3	2,8	2,4	2,0	1,5	3,5	2,8	2,6	3,1	2,1
Conc. expirada sevoflurano (%) - 80 min	3,5	1,4	2,6	2,4	1,9	3,5	2,8	2,5	3,3	2,1
UR gas inalado max. (%) - 10 min	82,8	84,4	79,9	71,6	80,4	82,7	81,9	79,6	81,8	84,7
UR gas inalado max. (%) - 20 min	83,4	85,7	79,3	78,6	82,8	81,9	80,4	78,3	83,1	82,5
UR gas inalado max. (%) - 40 min	84,0	84,8	75,5	81,0	79,8	81,9	81,4	78,5	81,3	84,7
UR gas inalado max. (%) - 60 min	83,8	81,9	77,4	79,5	84,3	83,9	83,1	78,3	81,5	85,0
UR gas inalado max. (%) - 80 min	83,8	85,5	77,0	77,1	85,1	83,9	82,5	80,2	83,6	85,0

(continua)

(continuação)

Grupo 1L										
Temperatura gas inalado max. (oC) - 10 min	30,4	30,1	29,6	29,2	30,3	29,9	27,1	26,9	26,0	27,1
Temperatura gas inalado max. (oC) - 20 min	31,1	31,0	29,8	29,6	30,0	30,2	28,1	27,7	28,1	27,9
Temperatura gas inalado max. (oC) - 40 min	31,8	30,4	30,7	29,0	29,1	29,7	27,4	29,2	28,5	27,2
Temperatura gas inalado max. (oC) - 60 min	31,1	30,1	31,2	28,8	28,3	30,1	28,3	29,4	29,0	26,9
Temperatura gas inalado max. (oC) - 80 min	31,1	27,9	30,4	29,1	30,3	30,1	28,4	29,3	28,6	26,9
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 10 min	25,7	25,7	23,7	20,8	24,8	25,0	21,2	20,4	19,9	21,9
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 20 min	26,8	27,4	23,8	23,3	25,1	25,1	22,0	21,0	22,7	22,3
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 40 min	28,1	26,3	23,8	23,3	23,1	24,5	21,4	22,8	22,7	22,1
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 60 min	27,0	25,0	25,0	22,6	23,3	25,6	23,0	23,0	23,4	21,8
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 80 min	27,0	23,1	23,9	22,3	26,2	25,6	23,0	23,4	23,5	21,8
UR gas inalado min. (%) - 10 min	70,9	68,8	64,1	58,3	66,1	64,5	65,8	65,8	67,1	63,4
UR gas inalado min. (%) - 20 min	71,8	69,1	61,4	61,8	62,7	66,1	61,8	62,2	68,6	61,5
UR gas inalado min. (%) - 40 min	72,7	67,1	58,1	63,6	62,2	68,8	64,1	59,5	64,0	69,3
UR gas inalado min. (%) - 60 min	70,7	63,4	62,5	62,4	62,2	67,8	66,4	55,7	62,5	68,7
UR gas inalado min. (%) - 80 min	68,9	68,7	63,8	61,5	63,6	67,8	63,2	61,9	66,0	68,7
Temperatura gas inalado min. (oC) - 10 min	26,9	26,2	26,5	28,7	26,8	26,6	24,1	23,6	25,6	26,5
Temperatura gas inalado min. (oC) - 20 min	27,3	27,7	26,5	29,2	26,8	27,0	24,4	26,9	27,7	27,1
Temperatura gas inalado min. (oC) - 40 min	27,7	27,4	27,7	28,6	25,7	26,3	26,6	28,3	27,9	26,2
Temperatura gas inalado min. (oC) - 60 min	27,5	29,2	28,4	28,3	25,8	26,7	25,2	28,6	28,4	26,1
Temperatura gas inalado min. (oC) - 80 min	27,7	27,1	26,9	28,7	26,8	26,7	25,7	28,5	27,9	26,2
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 10 min	18,2	17,0	16,1	16,5	16,8	16,3	14,4	14,0	16,0	15,9
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 20 min	18,8	18,5	15,4	18,0	16,0	17,0	13,8	15,9	18,4	15,9
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 40 min	19,5	17,7	15,6	17,9	14,9	17,1	16,2	16,5	17,3	17,1
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 60 min	18,7	18,4	17,4	17,3	15,0	17,2	15,5	15,7	17,4	16,8
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 80 min	18,5	17,8	16,3	17,4	16,2	17,2	15,2	17,3	17,9	16,9
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,4	35,8	36,9	36,3	36,5	37,0	36,0	36,3	35,3	36,2
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,3	35,8	36,8	36,2	36,3	37,0	35,6	36,0	35,8	36,1
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,3	35,7	36,8	36,1	35,9	36,7	35,7	35,9	35,7	35,8
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,3	36,0	36,9	36,6	35,4	36,6	35,9	36,3	36,0	35,7
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,4	36,2	37,0	36,9	35,2	36,6	35,9	36,4	36,4	35,7
UR estação max. (%) - 10 min	47,0	34,8	31,2	30,9	37,6	44,2	37,5	30,9	45,2	32,4
UR estação max. (%) - 20 min	44,6	34,5	32,3	34,6	33,8	38,8	31,8	31,2	36,1	26,2
UR estação max. (%) - 40 min	45,2	33,2	29,5	28,5	36,3	39,5	35,0	34,4	29,0	32,2
UR estação max. (%) - 60 min	44,3	33,8	33,8	29,8	32,9	37,7	37,6	34,7	32,4	36,5
UR estação max. (%) - 80 min	44,6	34,2	34,1	37,4	37,8	37,7	36,7	38,6	33,0	36,5
Temperatura estação max. (oC) - 10 min	30,8	31,5	32,1	30,7	29,9	29,9	28,1	27,9	26,8	29,6
Temperatura estação max. (oC) - 20 min	30,7	32,4	32,0	29,8	29,6	31,7	29,9	29,5	27,0	29,5
Temperatura estação max. (oC) - 40 min	31,1	32,9	33,2	30,1	29,1	30,9	30,6	28,7	28,4	29,2
Temperatura estação max. (oC) - 60 min	31,7	32,3	33,2	30,0	29,8	30,8	29,7	29,6	27,9	28,2
Temperatura estação max. (oC) - 80 min	32,1	31,0	32,7	28,1	30,4	30,8	30,5	28,9	28,0	28,2
UA estação max. (mg H_2O/L) - 10 min	14,9	11,4	10,6	9,7	11,3	13,3	10,3	8,4	11,5	9,6
UA estação max. (mg H_2O/L) - 20 min	14,1	11,9	11,0	10,4	10,0	12,9	9,6	9,2	9,3	7,7
UA estação max. (mg H_2O/L) - 40 min	14,6	11,8	9,8	8,7	10,5	12,6	11,0	9,7	8,1	9,4
UA estação max. (mg H_2O/L) - 60 min	14,8	11,6	10,0	9,0	9,9	11,9	11,2	10,3	8,8	10,0
UA estação max. (mg H_2O/L) - 80 min	15,2	11,0	12,0	10,2	11,7	11,9	11,4	11,0	9,0	10,0
UR estação min. (%) - 10 min	43,6	34,6	30,7	30,4	37,0	41,2	36,7	30,7	39,0	31,7
UR estação min. (%) - 20 min	41,2	34,1	31,4	32,8	33,4	38,3	29,8	30,8	33,7	26,1
UR estação min. (%) - 40 min	41,6	32,8	28,9	28,4	36,1	39,1	33,6	32,6	28,6	31,9
UR estação min. (%) - 60 min	41,1	33,6	32,9	29,6	30,7	37,7	37,3	33,4	32,0	36,0
UR estação min. (%) - 80 min	41,7	32,3	33,7	36,1	37,6	37,7	36,3	34,7	31,4	36,0
Temperatura estação min. (oC) - 10 min	30,0	31,3	31,8	30,5	29,5	29,0	27,8	27,7	26,4	29,4
Temperatura estação min. (oC) - 20 min	29,9	32,3	31,7	29,5	29,4	31,5	29,0	29,3	26,5	29,3
Temperatura estação min. (oC) - 40 min	30,3	32,8	33,0	30,0	28,8	30,8	30,4	28,3	28,1	29,1
Temperatura estação min. (oC) - 60 min	31,2	32,1	32,9	29,8	29,6	30,5	29,3	29,2	27,8	28,0
Temperatura estação min. (oC) - 80 min	31,5	30,4	32,5	27,5	30,2	30,5	30,2	28,5	27,6	28,0
UA estação min. (mg H_2O/L) - 10 min	13,7	11,3	10,3	9,5	10,9	11,8	9,9	8,2	9,7	9,3
UA estação min. (mg H_2O/L) - 20 min	12,5	11,7	10,4	9,7	9,8	12,6	8,6	9,0	8,4	7,6
UA estação min. (mg H_2O/L) - 40 min	12,9	11,6	10,3	8,6	10,3	12,4	10,4	9,0	7,8	9,2
UA estação min. (mg H_2O/L) - 60 min	13,3	11,4	11,7	8,9	9,1	11,8	10,9	9,7	8,6	9,8
UA estação min. (mg H_2O/L) - 80 min	13,8	10,0	11,7	9,6	11,5	11,8	11,1	9,7	8,4	9,8
UR SO (%) - 10 min	42,5	55,2	41,7	42,0	40,8	42,5	46,0	47,8	55,7	33,8
UR SO (%) - 20 min	35,1	42,2	44,3	41,5	43,2	43,9	42,6	53,8	57,2	33,6
UR SO (%) - 40 min	37,2	42,1	38,0	40,3	42,7	45,4	39,1	45,6	53,4	35,5
UR SO (%) - 60 min	46,0	45,0	45,0	41,3	58,7	42,4	39,2	44,1	55,9	44,4
UR SO (%) - 80 min	42,3	47,6	41,1	40,2	47,5	42,4	40,3	44,4	55,5	44,4
Temperatura SO (oC) - 10 min	22,7	22,3	22,0	24,7	23,4	23,1	21,4	21,5	21,6	23,3
Temperatura SO (oC) - 20 min	23,1	22,6	21,7	24,6	22,6	22,9	21,5	21,8	21,9	23,0
Temperatura SO (oC) - 40 min	23,0	22,7	22,4	24,2	21,6	22,3	21,6	22,4	22,1	22,5
Temperatura SO (oC) - 60 min	23,0	22,8	23,0	24,1	21,6	21,9	21,7	23,1	22,2	21,8
Temperatura SO (oC) - 80 min	23,0	23,0	22,6	24,1	22,2	21,9	21,8	23,3	22,5	21,8
UA SO (mg H_2O/L) - 10 min	8,6	10,9	8,1	9,5	8,6	8,8	8,7	9,0	10,6	7,1
UA SO (mg H_2O/L) - 20 min	7,3	8,5	8,5	9,4	8,7	9,0	8,1	10,4	11,1	6,9
UA SO (mg H_2O/L) - 40 min	7,7	8,5	7,6	8,9	8,1	9,0	7,4	9,1	10,5	7,1
UA SO (mg H_2O/L) - 60 min	9,5	9,2	9,3	9,1	11,2	8,2	7,5	9,1	11,0	8,5
UA SO (mg H_2O/L) - 80 min	8,7	9,8	8,3	8,8	9,4	8,2	7,8	9,3	11,1	8,5

Dados dos pacientes do Grupo 3L

Grupo 3L										
Paciente número	2	8	10	12	14	26	32	33	35	36
Data	18-ago-11	20-set-11	27-out-11	17-nov-11	1-dez-11	3-mai-12	21-jul-12	9-ago-12	23-ago-12	23-ago-12
Idade (anos)	7	8	3	1	1	6	2	3	6	6
Peso (kg)	30,0	25,0	15,0	11,3	12,7	25,0	11,3	15,0	18,0	30,0
Altura (cm)	130	124	100	81	88	133	100	94	108	125
Sexo (masc = 1; fem = 0)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ASA	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1
Cirurgia	tto. hipospadia	abaix. colon	tto. hipospadia	fechamento ileost.	orgidopexia	tto hipospadia	orgiectomia	fechamento nefrost.	postectomia	tto. hipospadia
Duração total cirurgia (min)	80	240	200	180	90	120	80	80	80	120
Número tubo	5,0	5,0	4,5	4,0	4,0	5,5	4,0	4,0	4,5	4,5
Dose total (80 min) - fentanil (mcg)	150	125	75	75	60	100	55	75	70	100
Dose total (80min) - cisatracúrio (mg)	4	3,5	2,25	1,7	1,9	3	2	2,25	2	4,5
Frequência cardíaca (bpm)- 10 min	73	109	97	120	118	81	102	140	123	79
Frequência cardíaca (bpm)- 20 min	82	89	101	118	103	79	94	114	122	99
Frequência cardíaca (bpm)- 40 min	80	87	100	112	105	78	94	120	123	85
Frequência cardíaca (bpm)- 60 min	74	82	103	112	108	83	94	122	114	88
Frequência cardíaca (bpm)- 80 min	68	77	104	118	112	101	94	118	101	87
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 10 min	89	88	81	70	86	95	72	84	99	114
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 20 min	86	88	75	70	84	102	96	74	97	135
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 40 min	78	109	72	72	81	92	88	81	108	88
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 60 min	77	77	76	75	81	92	62	84	81	117
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 80 min	87	100	78	77	83	109	62	94	81	96
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 10 min	39	48	36	24	45	39	26	37	35	70
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 20 min	35	51	27	24	54	34	28	28	37	50
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 40 min	30	43	30	27	44	39	29	33	37	40
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 60 min	30	28	30	33	45	55	34	31	30	63
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 80 min	46	30	33	34	36	52	34	32	34	43
Pressão arterial média (mmHg)- 10 min	56	62	51	41	59	60	45	53	67	87
Pressão arterial média (mmHg)- 20 min	52	65	43	41	64	68	59	43	64	78
Pressão arterial média (mmHg)- 40 min	46	72	44	42	56	60	54	49	71	57
Pressão arterial média (mmHg)- 60 min	46	47	45	47	57	72	46	48	55	83
Pressão arterial média (mmHg)- 80 min	60	54	48	49	51	78	46	53	47	49
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 10 min	13	12	11	14	18	13	16	14	12	12
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 20 min	13	12	11	14	18	12	15	14	12	12
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 40 min	13	13	11	14	16	12	17	14	12	13
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 60 min	13	12	11	14	17	13	17	14	12	14
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 80 min	13	13	12	15	17	13	17	13	12	13
Frequência respiratória (resp./min) - 10 min	16	12	22	24	23	12	14	16	17	11
Frequência respiratória (resp./min) - 20 min	16	12	20	24	21	12	13	16	17	11
Frequência respiratória (resp./min) - 40 min	16	12	20	22	15	13	16	16	16	11
Frequência respiratória (resp./min) - 60 min	16	12	20	22	16	13	16	16	16	10
Frequência respiratória (resp./min) - 80 min	16	12	20	22	18	13	16	14	16	10
Volume corrente (ml)- 10 min	250	217	123	90	101	205	91	129	149	226
Volume corrente (ml)- 20 min	257	205	137	100	115	196	86	121	148	225
Volume corrente (ml)- 40 min	255	200	120	96	108	210	96	124	160	254
Volume corrente (ml)- 60 min	237	212	117	88	103	230	102	116	144	248
Volume corrente (ml)- 80 min	237	203	119	98	108	200	102	129	144	257
Saturação periférica de O2 (%) - 10 min	99	98	97	99	99	97	97	99	99	99
Saturação periférica de O2 (%) -20 min	99	98	97	98	100	97	97	99	99	99
Saturação periférica de O2 (%) - 40 min	99	99	98	98	100	97	97	99	99	99
Saturação periférica de O2 (%) - 60 min	99	99	98	99	100	96	97	99	99	99
Saturação periférica de O2 (%) - 80 min	99	99	99	99	100	96	97	99	99	99
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 10 min	35	32	32	38	37	34	32	35	35	32
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 20 min	35	33	32	34	34	34	35	33	34	35
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 40 min	35	35	35	35	36	35	37	34	35	34
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 60 min	34	34	34	36	36	34	36	34	35	35
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 80 min	32	32	34	36	34	35	36	35	34	34
Conc. expirada sevoflurano (%) - 10 min	2,2	2,3	3,0	2,2	2,5	2,0	2,7	2,2	3,0	1,4
Conc. expirada sevoflurano (%) - 20 min	2,7	2,5	3,1	2,3	2,9	2,1	2,7	2,1	3,2	2,1
Conc. expirada sevoflurano (%) - 40 min	2,9	2,6	3,2	1,5	2,8	1,7	2,8	2,0	3,5	1,9
Conc. expirada sevoflurano (%) - 60 min	3,0	2,5	3,1	2,7	2,9	2,2	2,1	2,5	3,1	1,6
Conc. expirada sevoflurano (%) - 80 min	1,0	2,5	3,3	3,2	2,5	2,4	2,1	1,2	1,1	1,7
UR gas inalado max. (%) - 10 min	77,9	81,9	73,5	74,2	75,8	80,3	82,8	80,7	82,0	83,8
UR gas inalado max. (%) - 20 min	77,3	80,9	78,0	77,1	73,5	79,7	85,3	81,0	79,8	82,3
UR gas inalado max. (%) - 40 min	78,4	80,9	73,3	76,0	78,5	79,7	85,1	80,9	81,0	84,5
UR gas inalado max. (%) - 60 min	80,3	79,9	72,3	74,6	77,8	80,2	81,2	81,2	81,1	85,7
UR gas inalado max. (%) - 80 min	82,4	80,6	75,9	75,6	77,7	80,2	81,9	81,1	81,1	85,0

(continua)

(continuação)

Grupo 3L										
Temperatura gas inalado max. (oC) - 10 min	29,1	30,5	28,0	29,2	30,0	28,6	27,5	27,9	29,8	28,5
Temperatura gas inalado max. (oC) - 20 min	30,7	31,3	29,4	28,4	30,1	29,1	27,3	28,8	28,8	28,7
Temperatura gas inalado max. (oC) - 40 min	29,3	31,1	28,9	28,8	29,7	28,5	27,4	28,8	28,5	28,7
Temperatura gas inalado max. (oC) - 60 min	30,2	29,2	28,7	29,4	28,8	29,1	27,6	27,9	29,2	28,5
Temperatura gas inalado max. (oC) - 80 min	30,6	29,8	28,6	30,1	29,2	29,5	27,7	27,9	29,2	27,8
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 10 min	22,6	25,5	20,0	21,6	23,0	22,6	21,9	21,8	24,6	23,4
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 20 min	24,4	26,3	22,9	21,5	22,4	23,0	22,3	23,0	22,7	23,3
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 40 min	23,0	26,0	21,0	21,6	23,4	22,3	22,4	23,0	22,7	23,9
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 60 min	24,7	23,2	20,4	21,9	22,1	23,2	21,6	22,0	23,6	24,0
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 80 min	25,9	24,2	21,3	23,1	22,6	23,7	21,9	22,0	23,6	22,9
UR gas inalado min. (%) - 10 min	59,7	53,6	53,2	55,8	56,7	51,8	60,8	57,9	61,7	54,0
UR gas inalado min. (%) - 20 min	58,8	49,4	50,8	59,6	54,8	50,2	64,3	55,3	55,2	51,9
UR gas inalado min. (%) - 40 min	60,3	46,6	50,9	57,2	53,0	49,9	67,0	56,3	56,3	52,8
UR gas inalado min. (%) - 60 min	55,5	51,2	48,7	52,7	50,8	51,9	60,6	55,6	56,5	54,1
UR gas inalado min. (%) - 80 min	60,5	50,6	52,8	52,6	52,4	49,9	59,5	50,1	56,5	54,0
Temperatura gas inalado min. (oC) - 10 min	25,7	26,8	27,4	28,8	29,7	24,8	26,7	27,3	26,3	25,5
Temperatura gas inalado min. (oC) - 20 min	25,3	28,6	28,8	28,0	29,6	26,0	26,1	28,2	28,1	26,1
Temperatura gas inalado min. (oC) - 40 min	25,3	30,1	28,3	28,4	29,2	25,7	24,8	25,8	25,3	25,4
Temperatura gas inalado min. (oC) - 60 min	26,6	26,4	28,1	28,9	28,2	26,0	27,1	27,1	26,3	25,5
Temperatura gas inalado min. (oC) - 80 min	26,7	28,7	27,9	29,5	28,8	26,7	27,1	26,9	26,3	24,9
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 10 min	14,3	13,7	14,0	15,9	16,9	11,8	15,4	15,2	15,3	12,8
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 20 min	13,8	13,9	14,4	16,2	16,3	12,2	15,8	15,2	15,1	12,7
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 40 min	14,2	14,2	14,1	15,9	15,4	12,0	15,3	13,6	13,2	12,5
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 60 min	14,0	12,8	13,3	15,1	14,0	12,7	15,7	14,4	14,0	12,8
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 80 min	15,4	14,3	14,3	15,5	14,9	12,6	15,4	12,8	14,0	12,4
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,9	36,5	36,7	37,1	36,2	36,7	35,4	36,2	36,6	36,3
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,7	36,1	36,5	36,8	36,1	36,6	35,3	36,3	36,4	36,3
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,6	36,0	36,7	36,5	36,4	36,6	35,4	36,3	36,4	36,0
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,4	35,8	36,9	36,2	36,5	36,5	35,5	36,5	36,4	35,9
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,2	35,5	37,2	36,2	36,3	36,7	35,6	36,4	36,5	35,9
UR estação max. (%) - 10 min	26,5	18,5	13,6	11,7	13,8	17,5	11,3	11,1	18,2	21,5
UR estação max. (%) - 20 min	26,2	16,9	8,4	11,3	15,4	13,1	11,9	11,8	18,9	20,3
UR estação max. (%) - 40 min	24,2	13,3	9,7	9,0	11,9	11,9	10,9	12,2	15,4	20,6
UR estação max. (%) - 60 min	22,1	15,5	8,8	8,5	9,0	15,1	9,6	9,7	14,8	24,7
UR estação max. (%) - 80 min	21,4	14,5	9,7	8,4	10,2	13,9	9,6	9,7	14,8	23,2
Temperatura estação max. (oC) - 10 min	30,3	32,5	29,6	31,2	32,5	29,8	28,4	30,7	30,8	30,1
Temperatura estação max. (oC) - 20 min	30,8	33,2	31,7	31,0	31,8	30,1	27,4	30,3	30,7	30,6
Temperatura estação max. (oC) - 40 min	30,4	33,1	31,1	31,1	31,5	30,8	27,8	28,8	29,7	30,5
Temperatura estação max. (oC) - 60 min	31,1	29,9	30,5	30,8	31,0	31,5	28,8	29,5	30,0	30,2
Temperatura estação max. (oC) - 80 min	31,2	32,1	31,6	31,4	31,3	31,3	28,8	29,5	30,0	27,6
UA estação max. (mg H_2O/L) - 10 min	8,2	6,4	4,0	3,8	4,8	5,3	3,1	3,5	5,8	6,6
UA estação max. (mg H_2O/L) - 20 min	8,3	6,1	2,8	3,6	5,1	4,0	3,1	3,6	6,0	6,4
UA estação max. (mg H_2O/L) - 40 min	7,5	4,8	3,1	2,9	3,9	3,8	2,9	3,5	4,6	6,4
UA estação max. (mg H_2O/L) - 60 min	7,1	4,7	2,7	2,7	2,9	5,0	2,7	2,9	4,5	7,6
UA estação max. (mg H_2O/L) - 80 min	6,9	4,9	3,2	2,7	3,3	4,5	2,7	2,9	4,5	6,2
UR estação min. (%) - 10 min	23,7	18,0	12,4	11,5	13,0	16,7	10,0	10,9	17,7	21,2
UR estação min. (%) - 20 min	22,0	15,1	8,0	11,2	14,0	12,9	10,9	11,6	16,8	19,6
UR estação min. (%) - 40 min	19,8	12,9	9,4	8,8	11,2	11,4	9,8	11,7	14,5	20,3
UR estação min. (%) - 60 min	18,9	15,0	8,5	8,2	8,8	14,4	9,1	9,5	14,6	23,5
UR estação min. (%) - 80 min	18,6	14,3	9,4	8,3	9,9	13,7	9,1	9,5	14,6	21,0
Temperatura estação min. (oC) - 10 min	29,5	32,2	27,7	31,1	32,3	29,3	27,4	30,4	30,4	29,7
Temperatura estação min. (oC) - 20 min	30,1	32,9	31,3	30,8	31,7	29,9	27,0	30,2	30,4	30,0
Temperatura estação min. (oC) - 40 min	29,2	32,8	30,9	31,0	31,4	30,4	27,2	28,3	29,3	30,2
Temperatura estação min. (oC) - 60 min	30,5	29,1	30,4	30,7	30,8	31,1	28,6	28,9	29,7	29,8
Temperatura estação min. (oC) - 80 min	30,4	31,8	31,4	31,3	31,4	31,1	28,6	28,9	29,7	27,1
UA estação min. (mg H_2O/L) - 10 min	7,0	6,1	3,3	3,7	4,5	4,9	2,6	3,4	5,5	6,3
UA estação min. (mg H_2O/L) - 20 min	6,7	5,3	2,6	3,5	4,7	3,9	2,8	3,6	5,2	5,9
UA estação min. (mg H_2O/L) - 40 min	5,8	4,5	3,0	2,8	3,7	3,5	2,6	3,2	4,2	6,2
UA estação min. (mg H_2O/L) - 60 min	5,9	4,3	2,6	2,6	2,8	4,6	2,6	2,7	4,4	7,1
UA estação min. (mg H_2O/L) - 80 min	5,8	4,8	3,1	2,7	3,2	4,4	2,6	2,7	4,4	5,4
UR SO (%) - 10 min	41,4	45,2	37,0	45,4	34,1	43,6	52,5	39,1	34,7	35,8
UR SO (%) - 20 min	40,4	33,0	32,2	44,2	32,2	41,9	53,7	40,9	34,1	33,3
UR SO (%) - 40 min	35,1	35,5	33,5	50,9	30,1	43,2	54,5	39,1	38,3	36,6
UR SO (%) - 60 min	46,4	40,0	36,7	47,0	33,8	46,2	51,2	38,3	34,8	33,7
UR SO (%) - 80 min	40,9	36,4	36,8	47,0	47,6	52,5	52,1	41,4	39,2	33,9
Temperatura SO (oC) - 10 min	23,2	23,1	23,4	22,4	23,9	21,6	22,8	23,6	22,8	22,4
Temperatura SO (oC) - 20 min	23,0	23,6	23,1	22,5	23,7	21,7	22,9	23,1	22,7	22,3
Temperatura SO (oC) - 40 min	22,7	24,1	22,9	22,5	23,5	21,9	22,9	22,9	22,3	22,3
Temperatura SO (oC) - 60 min	22,8	23,1	22,6	22,6	23,2	22,0	23,0	22,3	22,3	22,3
Temperatura SO (oC) - 80 min	22,9	22,6	22,4	22,7	23,3	22,2	23,0	22,2	22,3	22,3
UA SO (mg H_2O/L) - 10 min	8,6	9,4	7,8	9,0	7,4	8,3	10,7	8,3	7,1	7,1
UA SO (mg H_2O/L) - 20 min	8,3	7,0	6,7	8,9	6,9	8,0	11,0	8,5	6,9	6,6
UA SO (mg H_2O/L) - 40 min	7,1	7,8	6,9	10,2	6,4	8,4	11,2	8,0	7,6	7,2
UA SO (mg H_2O/L) - 60 min	9,5	8,3	7,4	9,5	7,0	9,0	10,5	7,6	6,9	6,7
UA SO (mg H_2O/L) - 80 min	8,4	7,3	7,3	9,5	10,0	10,3	10,7	8,2	7,8	6,7

Dados dos pacientes do Grupo PCU1L

Grupo PCU 1L										
Paciente número	5	7	11	19	21	22	23	34	39	41
Data	23-ago-11	15-set-11	27-out-11	16-fev-12	8-mar-12	5-abr-12	5-abr-12	9-ago-12	13-set-12	20-set-12
Idade (anos)	2	4	5	6	7	2	7	3	4	6
Peso (kg)	12,5	18,3	17,0	21,0	30,0	11,0	24,0	17,8	17,0	26,0
Altura (cm)	81	120	107	112	129	84	122	102	100	135
Sexo (masc = 1; fem = 0)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
ASA	2	1	1	2	1	1	1	2	2	1
Cirurgia	abaixamento colon	heniorrafia, postec.	tto. hipospadia	retirada duplo j	tto. hipospadia	orquidopexia	orquidopexia	tto. epispadia	cistoscopia, nefrost.	orquiopexia
Duração total cirurgia (min)	600	90	240	80	180	80	80	140	180	80
Número tubo	5	4,5	5,0	4,5	6,0	4,0	5,0	4,5	4,5	5,0
Dose total (80 min) - fentanil (mcg)	85	90	90	50	150	50	100	150	70	100
Dose total (80min) - cisatracúrio (mg)	2,8	3,0	2,5	3,0	3,0	1,5	3,0	2,5	2,0	4,0
Frequência cardíaca (bpm)- 10 min	126	107	91	97	72	100	92	85	108	72
Frequência cardíaca (bpm)- 20 min	128	105	91	100	71	110	97	86	110	105
Frequência cardíaca (bpm)- 40 min	126	99	88	83	72	102	110	123	110	83
Frequência cardíaca (bpm)- 60 min	117	101	89	106	69	111	102	116	91	80
Frequência cardíaca (bpm)- 80 min	118	100	100	106	69	111	102	127	104	76
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 10 min	87	88	84	69	88	91	78	75	87	83
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 20 min	87	92	78	59	94	91	93	75	88	88
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 40 min	80	88	70	51	90	100	90	101	86	87
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 60 min	76	108	66	71	89	87	79	85	82	79
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 80 min	79	86	71	71	87	87	79	94	85	93
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 10 min	39	35	34	36	35	56	37	36	41	42
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 20 min	39	40	29	31	41	56	72	38	41	48
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 40 min	31	40	22	24	39	46	56	59	38	44
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 60 min	26	36	23	25	36	53	44	46	29	32
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 80 min	41	31	25	25	34	53	44	49	38	57
Pressão arterial média (mmHg)- 10 min	55	60	55	49	53	69	53	49	56	56
Pressão arterial média (mmHg)- 20 min	55	66	52	43	58	69	81	51	57	62
Pressão arterial média (mmHg)- 40 min	47	61	40	34	56	67	72	73	54	58
Pressão arterial média (mmHg)- 60 min	42	67	36	44	54	65	59	59	47	48
Pressão arterial média (mmHg)- 80 min	58	56	46	44	51	65	59	64	54	69
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 10 min	15	16	15	12	14	17	13	13	14	12
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 20 min	16	16	15	12	13	19	13	13	14	13
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 40 min	16	16	15	12	13	17	13	14	13	13
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 60 min	12	17	14	12	13	17	13	14	13	13
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 80 min	14	15	15	12	13	17	13	14	15	13
Frequência respiratória (resp./min) - 10 min	22	22	22	18	12	29	16	17	18	11
Frequência respiratória (resp./min) - 20 min	24	23	22	18	12	22	16	17	18	12
Frequência respiratória (resp./min) - 40 min	24	23	22	16	12	26	18	18	17	13
Frequência respiratória (resp./min) - 60 min	24	23	22	18	14	25	18	18	17	13
Frequência respiratória (resp./min) - 80 min	24	20	22	18	14	25	18	21	18	13
Volume corrente (ml)- 10 min	94	154	153	175	290	91	212	136	143	217
Volume corrente (ml)- 20 min	115	157	153	168	280	109	193	147	136	204
Volume corrente (ml)- 40 min	98	160	140	164	274	100	212	159	145	213
Volume corrente (ml)- 60 min	106	169	140	168	268	112	188	157	147	214
Volume corrente (ml)- 80 min	123	145	136	168	267	112	188	157	141	210
Saturação periférica de O2 (%) - 10 min	100	99	98	97	97	98	98	99	98	99
Saturação periférica de O2 (%) -20 min	100	99	98	97	97	98	98	99	98	99
Saturação periférica de O2 (%) - 40 min	100	99	97	99	96	98	98	99	98	98
Saturação periférica de O2 (%) - 60 min	100	99	97	99	96	98	98	99	98	98
Saturação periférica de O2 (%) - 80 min	100	99	97	99	96	98	98	99	96	98
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 10 min	40	39	36	37	33	39	34	36	37	33
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 20 min	38	37	35	34	34	37	36	36	35	35
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 40 min	34	34	35	35	35	38	35	37	34	35
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 60 min	37	35	38	37	33	38	35	36	35	34
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 80 min	38	35	38	37	34	38	35	38	35	34
Conc. expirada sevoflurano (%) - 10 min	1,9	1,6	1,6	1,6	2,5	2,4	1,6	1,4	2,3	1,8
Conc. expirada sevoflurano (%) - 20 min	2,2	2,0	2,1	2,3	2,3	3,2	1,9	1,7	2,5	2,2
Conc. expirada sevoflurano (%) - 40 min	2,5	2,3	2,6	2,5	2,3	3,1	2,6	2,2	3,1	2,6
Conc. expirada sevoflurano (%) - 60 min	2,6	2,7	2,7	1,9	2,5	3,1	2,2	2,3	3,1	2,5
Conc. expirada sevoflurano (%) - 80 min	2,8	2,4	2,7	1,9	2,5	3,1	2,2	2,6	3,1	2,5
UR gas inalado max. (%) - 10 min	85,0	81,1	83,9	87,5	84,7	86,1	86,0	86,1	85,8	87,9
UR gas inalado max. (%) - 20 min	85,5	82,0	83,9	85,4	86,1	87,4	84,4	86,2	84,8	87,9
UR gas inalado max. (%) - 40 min	83,8	81,0	83,1	84,7	85,4	87,8	84,2	86,0	85,7	87,4
UR gas inalado max. (%) - 60 min	84,3	81,6	83,9	84,9	84,9	86,0	84,2	86,0	86,3	87,0
UR gas inalado max. (%) - 80 min	86,2	81,0	82,5	84,9	85,6	87,1	84,2	87,6	86,7	87,5

(continua)

(continuação)

Grupo PCU 1L										
Temperatura gas inalado max. (oC) - 10 min	29,9	31,5	32,3	31,4	31,5	30,4	32,0	30,5	29,4	31,8
Temperatura gas inalado max. (oC) - 20 min	31,0	31,8	32,8	31,0	31,3	30,8	31,6	31,1	30,3	32,3
Temperatura gas inalado max. (oC) - 40 min	31,1	32,1	31,6	31,3	30,4	31,8	31,4	30,7	29,7	32,1
Temperatura gas inalado max. (oC) - 60 min	30,7	32,5	30,6	31,5	30,8	31,6	31,1	30,4	30,3	31,6
Temperatura gas inalado max. (oC) - 80 min	31,4	32,4	30,6	31,5	30,8	30,6	31,1	30,7	30,1	31,7
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 10 min	25,7	26,7	28,8	28,6	27,9	26,7	29,0	26,8	25,2	29,4
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 20 min	27,5	27,4	29,6	27,3	28,0	27,7	27,9	27,7	26,2	30,2
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 40 min	27,1	27,5	27,5	27,6	26,5	29,3	27,5	27,1	25,6	29,7
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 60 min	26,6	28,3	26,3	27,9	26,9	28,4	27,1	26,7	26,6	28,8
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 80 min	25,4	27,9	25,9	27,9	27,1	27,3	27,1	27,6	26,5	29,1
UR gas inalado min. (%) - 10 min	80,5	74,5	79,1	82,5	75,7	83,6	79,1	80,6	81,3	81,9
UR gas inalado min. (%) - 20 min	82,4	78,7	77,7	80,6	80,0	84,3	79,9	81,5	80,8	80,5
UR gas inalado min. (%) - 40 min	78,4	78,1	79,5	79,9	79,0	85,2	80,5	82,2	81,5	83,0
UR gas inalado min. (%) - 60 min	81,0	77,4	80,2	80,6	80,3	82,0	80,5	80,2	80,3	79,5
UR gas inalado min. (%) - 80 min	81,0	76,9	79,5	80,6	79,1	86,0	80,5	82,8	81,6	82,9
Temperatura gas inalado min. (oC) - 10 min	29,4	30,7	32,1	30,7	28,2	30,1	29,3	29,9	28,9	28,9
Temperatura gas inalado min. (oC) - 20 min	30,2	31,4	32,4	30,5	28,5	30,4	31,1	30,6	29,7	29,6
Temperatura gas inalado min. (oC) - 40 min	30,7	31,8	31,2	30,8	28,0	30,9	30,9	30,2	29,2	29,1
Temperatura gas inalado min. (oC) - 60 min	30,5	32,1	30,3	30,8	28,2	30,9	30,4	29,9	29,9	30,9
Temperatura gas inalado min. (oC) - 80 min	30,9	32,0	30,4	30,8	27,8	30,2	30,4	30,2	29,6	31,0
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 10 min	23,7	23,5	26,9	26,0	20,8	25,5	23,1	24,3	23,2	23,4
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 20 min	25,4	25,7	26,8	25,1	22,4	26,1	25,7	25,5	24,1	23,9
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 40 min	24,8	26,1	25,7	25,3	21,5	27,1	25,6	25,2	23,7	24,0
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 60 min	25,3	26,3	24,7	25,5	22,1	26,1	25,0	24,2	24,2	25,3
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 80 min	25,9	26,0	24,6	25,5	21,3	26,4	25,0	25,4	24,2	26,5
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,3	35,5	36,3	36,5	35,9	36,4	36,3	35,9	36,3	36,7
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,2	35,3	36,0	36,5	35,9	36,5	36,2	35,9	36,3	36,7
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	35,8	35,5	36,0	36,5	35,8	36,5	36,3	36,1	35,7	36,8
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,0	35,9	36,2	36,5	36,1	36,1	36,3	36,1	35,2	36,7
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,1	36,3	36,1	36,5	36,1	36,1	36,3	36,2	35,1	36,8
UR estação max. (%) - 10 min	34,8	30,6	35,4	39,5	42,2	45,6	40,0	36,0	40,3	37,4
UR estação max. (%) - 20 min	36,8	33,9	39,2	39,0	41,2	36,7	40,1	34,8	39,1	37,7
UR estação max. (%) - 40 min	32,9	33,8	39,3	40,3	41,4	38,0	39,6	38,8	38,6	38,8
UR estação max. (%) - 60 min	35,1	33,1	40,1	40,7	45,5	37,5	39,8	38,0	35,9	42,0
UR estação max. (%) - 80 min	39,2	33,9	38,7	40,7	42,9	37,5	39,8	39,4	39,7	42,0
Temperatura estação max. (oC) - 10 min	31,1	33,2	34,9	31,4	32,3	28,9	32,2	31,5	29,7	32,7
Temperatura estação max. (oC) - 20 min	32,3	32,2	34,1	32,1	32,4	31,1	32,2	32,2	31,3	33,0
Temperatura estação max. (oC) - 40 min	32,7	32,9	32,6	30,4	31,7	30,8	32,3	31,6	30,2	32,6
Temperatura estação max. (oC) - 60 min	32,9	33,1	31,9	31,2	31,4	31,3	31,5	31,1	31,3	32,3
Temperatura estação max. (oC) - 80 min	32,1	32,2	32,1	31,2	31,3	31,3	31,5	30,8	31,3	32,3
UA estação max. (mg H_2O/L) - 10 min	11,2	11,0	13,9	12,9	14,5	13,0	13,7	11,8	12,0	13,1
UA estação max. (mg H_2O/L) - 20 min	12,7	11,6	14,8	13,2	14,2	11,8	13,7	11,9	12,7	13,4
UA estação max. (mg H_2O/L) - 40 min	11,6	12,0	13,7	12,5	13,8	12,0	13,6	12,8	11,8	13,5
UA estação max. (mg H_2O/L) - 60 min	12,5	11,8	13,5	13,2	14,9	12,2	13,1	12,2	11,7	14,4
UA estação max. (mg H_2O/L) - 80 min	13,4	11,6	13,1	13,2	14,0	12,2	13,1	12,5	12,9	14,4
UR estação min. (%) - 10 min	31,8	30,0	34,9	38,9	42,0	42,5	39,8	35,2	39,8	36,3
UR estação min. (%) - 20 min	36,5	31,9	37,3	38,3	41,2	35,5	38,8	34,6	38,9	37,4
UR estação min. (%) - 40 min	32,5	31,7	38,9	39,1	41,4	37,2	39,2	38,2	37,7	38,2
UR estação min. (%) - 60 min	34,6	32,3	40,0	40,3	45,5	37,2	39,0	37,5	35,4	41,1
UR estação min. (%) - 80 min	37,9	32,1	37,8	40,3	42,9	37,2	39,0	39,1	39,0	41,1
Temperatura estação min. (oC) - 10 min	31,0	33,2	34,7	31,1	31,9	28,1	32,1	31,3	29,4	32,5
Temperatura estação min. (oC) - 20 min	31,9	31,9	32,6	31,8	32,2	30,9	32,1	32,0	31,2	32,7
Temperatura estação min. (oC) - 40 min	32,3	32,4	32,4	29,8	31,5	30,7	32,2	31,3	30,0	32,4
Temperatura estação min. (oC) - 60 min	32,8	32,8	31,7	30,9	31,1	31,2	31,3	30,9	30,9	31,8
Temperatura estação min. (oC) - 80 min	31,8	31,8	31,8	30,9	31,3	31,2	31,3	30,7	31,4	31,8
UA estação min. (mg H_2O/L) - 10 min	10,2	10,8	13,6	12,5	14,1	11,6	13,5	11,5	11,7	12,6
UA estação min. (mg H_2O/L) - 20 min	12,3	10,7	13,0	12,8	14,1	11,3	13,2	11,7	12,6	13,1
UA estação min. (mg H_2O/L) - 40 min	11,2	10,9	13,4	11,7	13,6	11,7	13,4	12,4	11,4	13,2
UA estação min. (mg H_2O/L) - 60 min	12,2	11,4	13,3	12,8	14,6	12,0	12,7	11,9	11,3	13,7
UA estação min. (mg H_2O/L) - 80 min	12,7	10,7	12,6	12,8	14,0	12,0	12,7	12,3	12,8	13,7
UR SO (%) - 10 min	54,3	39,2	41,2	39,6	39,5	53,3	49,5	41,6	34,7	42,1
UR SO (%) - 20 min	45,4	44,3	36,0	39,3	39,5	46,5	44,3	41,6	43,7	39,2
UR SO (%) - 40 min	43,2	41,2	32,8	44,8	48,0	62,5	45,8	38,5	42,7	44,6
UR SO (%) - 60 min	41,5	36,5	32,8	49,6	45,0	58,0	45,6	40,7	35,5	40,8
UR SO (%) - 80 min	40,5	38,8	31,8	49,6	44,3	58,0	45,6	37,9	35,7	40,8
Temperatura SO (oC) - 10 min	22,8	22,6	24,3	22,6	23,2	22,3	22,6	23,1	23,2	23,2
Temperatura SO (oC) - 20 min	22,6	22,4	24,2	22,6	23,0	22,0	22,8	23,1	22,8	23,3
Temperatura SO (oC) - 40 min	22,9	22,2	23,5	21,9	22,8	22,0	22,9	22,8	22,3	23,5
Temperatura SO (oC) - 60 min	23,4	22,2	23,0	22,2	22,6	22,5	22,8	22,4	22,4	23,6
Temperatura SO (oC) - 80 min	23,5	22,2	23,0	22,2	22,5	22,4	22,8	21,8	22,3	23,7
UA SO (mg H_2O/L) - 10 min	11,1	7,9	9,1	8,0	8,2	10,6	10,0	8,6	7,2	8,8
UA SO (mg H_2O/L) - 20 min	9,2	8,8	7,9	7,9	8,1	9,1	9,0	8,6	8,9	8,2
UA SO (mg H_2O/L) - 40 min	8,9	8,1	7,0	8,7	9,8	12,2	9,4	7,8	8,5	9,5
UA SO (mg H_2O/L) - 60 min	8,8	7,2	6,8	9,8	9,1	11,6	9,3	8,1	7,1	8,7
UA SO (mg H_2O/L) - 80 min	8,6	7,6	6,6	9,8	8,9	11,5	9,3	7,3	7,1	8,7

Dados dos pacientes do Grupo PCU3L

Grupo PCU3l										
Paciente número	4	13	16	18	20	27	29	31	37	40
Data	18-ago-11	1-dez-11	15-dez-11	9-fev-12	8-mar-12	3-mai-12	14-jun-12	21-jul-12	30-ago-12	20-set-12
Idade (anos)	6	6	3	5	2	7	8	2	2	8
Peso (kg)	20,0	20,5	15,0	17,6	12,5	27,3	23,0	12,0	16,2	30,0
Altura (cm)	126	110	100	110	92	126	110	92	108	126
Sexo (masc = 1; fem = 0)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
ASA	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Cirurgia	tto. hipospadia	tto. hipospadia	postectomia	reimplante ureter	tto. hidrocele	tto. hipospadia	postectomia	orquidopexia	retosigmoidec.	ureteroplastia
Duração total cirurgia (min)	120	150	80		90		80	80	240	180
Número tubo	5,0	4,5	5,0	5,0	4,0	5,0	5,0	4,0	5,0	5,0
Dose total (80 min) - fentanil (mcg)	100	120	50	150	60	150	90	60	100	150
Dose total (80min) - cisatracúrio (mg)	3,0	3,0	2,0	3,0	2,0	4,0	2,4	2,0	2,0	3,0
Frequência cardíaca (bpm)- 10 min	84	80	99	117	101	93	124	87	133	109
Frequência cardíaca (bpm)- 20 min	90	95	104	118	104	89	115	102	133	98
Frequência cardíaca (bpm)- 40 min	96	92	93	117	108	85	107	114	123	101
Frequência cardíaca (bpm)- 60 min	103	93	94	120	100	81	107	112	118	104
Frequência cardíaca (bpm)- 80 min	102	109	94	126	100	102	107	114	112	109
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 10 min	100	66	84	131	76	115	113	78	82	98
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 20 min	94	97	78	101	76	125	116	80	83	97
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 40 min	94	74	76	108	74	88	110	78	77	89
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 60 min	89	79	74	118	102	106	110	81	71	95
Pressão arterial sistólica (mmHg)- 80 min	89	90	74	106	102	98	110	76	69	99
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 10 min	42	35	44	62	39	43	56	40	40	46
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 20 min	34	42	42	48	39	39	67	55	36	43
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 40 min	33	34	43	49	38	38	58	36	41	43
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 60 min	29	40	43	53	33	33	58	37	28	41
Pressão arterial diastólica (mmHg)- 80 min	30	51	42	46	33	39	58	32	30	42
Pressão arterial média (mmHg)- 10 min	62	49	57	85	57	81	75	53	54	64
Pressão arterial média (mmHg)- 20 min	54	62	54	66	57	73	83	63	51	61
Pressão arterial média (mmHg)- 40 min	53	51	54	69	52	51	75	50	53	59
Pressão arterial média (mmHg)- 60 min	49	59	53	75	56	71	75	51	42	59
Pressão arterial média (mmHg)- 80 min	49	66	53	66	56	68	75	47	43	61
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 10 min	12	18	11	11	13	15	13	15	12	13
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 20 min	12	18	12	14	15	17	13	17	16	13
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 40 min	11	18	11	13	15	17	16	16	15	13
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 60 min	12	18	11	14	14	17	16	18	14	14
Pressão de via aérea (cmH_2O) - 80 min	12	16	11	15	14	17	16	18	14	15
Frequência respiratória (resp./min) - 10 min	22	25	20	22	20	16	20	20	22	14
Frequência respiratória (resp./min) - 20 min	24	26	24	24	23	18	20	24	20	13
Frequência respiratória (resp./min) - 40 min	18	18	24	24	23	16	22	24	16	13
Frequência respiratória (resp./min) - 60 min	19	25	24	24	22	17	22	24	14	14
Frequência respiratória (resp./min) - 80 min	19	20	24	24	22	18	22	24	14	16
Volume corrente (ml)- 10 min	175	162	140	138	110	215	192	102	124	253
Volume corrente (ml)- 20 min	176	165	155	153	104	228	208	107	139	240
Volume corrente (ml)- 40 min	177	201	129	146	112	216	195	113	139	241
Volume corrente (ml)- 60 min	187	166	140	150	114	216	195	111	140	245
Volume corrente (ml)- 80 min	185	171	140	147	114	214	195	123	134	237
Saturação periférica de O2 (%) - 10 min	96	98	98	98	98	96	99	97	97	97
Saturação periférica de O2 (%) -20 min	96	96	99	100	98	96	99	97	97	97
Saturação periférica de O2 (%) - 40 min	96	97	99	98	99	97	99	97	97	97
Saturação periférica de O2 (%) - 60 min	96	98	99	99	98	96	99	97	97	97
Saturação periférica de O2 (%) - 80 min	96	97	99	99	98	97	99	97	97	97
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 10 min	41	37	44	38	40	34	40	44	37	35
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 20 min	36	35	40	37	39	35	39	42	36	34
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 40 min	33	32	41	37	39	34	39	37	33	35
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 60 min	34	35	42	38	35	36	39	39	34	36
$P_{ET}CO_2$ (mmHg) - 80 min	35	36	42	38	37	36	39	38	36	37
Conc. expirada sevoflurano (%) - 10 min	1,7	2,7	1,5	2,0	2,8	1,6	1,0	2,1	2,9	2,5
Conc. expirada sevoflurano (%) - 20 min	2,4	3,3	2,3	2,6	3,0	2,2	1,6	2,5	3,4	2,5
Conc. expirada sevoflurano (%) - 40 min	3,2	2,7	1,7	2,9	3,3	2,3	1,7	3,4	3,6	2,5
Conc. expirada sevoflurano (%) - 60 min	3,4	2,7	1,5	2,9	2,6	2,4	1,7	3,8	3,7	2,8
Conc. expirada sevoflurano (%) - 80 min	3,5	3,4	1,5	3,0	1,3	2,3	1,7	3,4	3,3	2,9
UR gas inalado max. (%) - 10 min	84,0	78,5	83,7	84,1	83,6	82,7	87,4	85,1	85,8	86,1
UR gas inalado max. (%) - 20 min	83,1	78,6	82,4	83,9	83,8	81,7	87,2	85,7	87,4	86,4
UR gas inalado max. (%) - 40 min	83,4	84,4	85,0	84,2	80,8	81,1	86,1	85,6	86,9	86,7
UR gas inalado max. (%) - 60 min	84,3	84,7	86,2	84,4	84,5	84,1	87,3	85,0	88,6	86,0
UR gas inalado max. (%) - 80 min	84,2	84,2	86,2	85,9	85,8	81,7	87,3	85,3	86,2	86,3

(continua)

(continuação)

Grupo PCU3I										
Temperatura gas inalado max. (oC) - 10 min	30,9	31,5	30,5	29,8	28,7	30,8	31,5	29,9	29,9	30,8
Temperatura gas inalado max. (oC) - 20 min	31,5	32,0	30,4	31,1	29,5	30,9	31,8	30,9	31,0	31,2
Temperatura gas inalado max. (oC) - 40 min	31,9	31,9	30,4	31,1	29,7	31,4	30,5	29,9	29,5	31,0
Temperatura gas inalado max. (oC) - 60 min	31,4	31,7	31,6	31,0	29,4	31,2	30,4	30,2	30,4	30,7
Temperatura gas inalado max. (oC) - 80 min	32,2	32,0	31,6	31,3	30,2	31,7	30,4	30,4	30,2	30,9
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 10 min	26,8	25,8	26,1	25,2	23,6	26,2	28,7	25,7	25,9	27,3
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 20 min	27,4	26,5	25,5	27,0	24,8	26,0	29,1	27,3	28,0	28,0
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 40 min	28,1	28,4	26,4	27,1	24,1	26,5	26,8	25,8	25,7	27,8
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 60 min	27,7	28,2	28,5	27,0	24,8	27,2	27,1	26,1	27,5	27,1
UA gas inalado max. (mg H_2O/L) - 80 min	28,8	28,4	28,5	27,9	26,3	27,2	27,1	26,4	26,4	27,5
UR gas inalado min. (%) - 10 min	76,5	71,0	78,8	79,0	78,9	73,2	82,3	76,5	78,6	73,6
UR gas inalado min. (%) - 20 min	76,8	71,9	73,6	77,5	77,1	70,8	81,4	78,5	80,0	72,1
UR gas inalado min. (%) - 40 min	75,3	73,0	78,7	79,2	76,5	70,2	79,4	78,2	77,4	72,1
UR gas inalado min. (%) - 60 min	77,1	79,7	75,0	77,9	80,8	73,4	77,8	77,6	79,8	72,6
UR gas inalado min. (%) - 80 min	75,3	78,1	75,0	79,2	81,0	72,3	77,8	79,6	71,9	73,5
Temperatura gas inalado min. (oC) - 10 min	30,3	30,8	29,9	29,5	28,2	27,5	28,5	29,3	29,5	27,7
Temperatura gas inalado min. (oC) - 20 min	30,9	31,7	29,9	30,5	29,0	27,7	28,5	30,3	30,3	28,1
Temperatura gas inalado min. (oC) - 40 min	28,8	31,6	29,2	30,8	29,3	27,9	29,9	29,4	29,0	27,1
Temperatura gas inalado min. (oC) - 60 min	28,5	31,2	28,7	28,6	29,1	27,7	30,0	29,8	27,4	27,7
Temperatura gas inalado min. (oC) - 80 min	28,9	31,6	28,7	30,8	29,8	28,4	30,0	29,9	29,4	27,7
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 10 min	23,7	22,5	23,8	23,3	21,7	19,4	23,0	22,4	23,2	19,7
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 20 min	24,5	23,9	22,2	24,2	22,2	19,0	22,8	24,2	24,7	19,7
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 40 min	21,5	24,1	22,9	25,1	22,4	19,0	24,0	23,0	22,3	18,7
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 60 min	21,6	25,8	21,2	21,9	23,4	19,7	23,6	23,3	21,0	19,4
UA gas inalado min. (mg H_2O/L) - 80 min	21,6	25,8	21,2	25,1	24,3	20,1	23,6	24,0	21,1	19,7
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,1	36,5	36,7	36,8	36,5	37,3	36,8	36,2	36,9	36,2
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	35,8	36,6	36,7	36,7	36,1	37,3	36,8	36,2	36,5	36,1
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	35,8	36,5	36,8	36,6	36,2	37,3	36,9	36,2	35,9	35,9
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,2	36,7	36,8	36,9	35,8	37,4	36,8	36,4	35,7	35,9
Temperatura esofágica (oC) - 10 min	36,4	36,8	36,8	37,2	35,8	37,5	36,8	36,5	36,2	36,0
UR estação max. (%) - 10 min	29,2	18,1	20,6	17,4	13,2	18,9	26,7	13,4	16,6	24,5
UR estação max. (%) - 20 min	25,5	16,8	18,3	23,7	20,4	19,3	27,9	22,7	16,9	22,1
UR estação max. (%) - 40 min	20,2	20,3	16,3	25,2	14,9	18,6	26,5	14,6	13,1	22,7
UR estação max. (%) - 60 min	20,9	22,2	16,9	23,5	14,1	19,6	22,3	15,5	13,9	22,3
UR estação max. (%) - 80 min	20,3	19,4	16,9	24,7	14,9	23,3	22,3	12,4	12,6	24,0
Temperatura estação max. (oC) - 10 min	32,1	34,3	31,4	31,4	30,1	30,6	31,7	29,9	31,1	31,8
Temperatura estação max. (oC) - 20 min	32,5	34,7	32,2	32,8	31,2	32,1	31,0	30,5	32,5	32,2
Temperatura estação max. (oC) - 40 min	31,3	33,2	31,7	32,9	31,6	32,1	30,3	30,3	30,7	32,3
Temperatura estação max. (oC) - 60 min	32,0	34,0	30,8	32,2	31,6	32,1	31,9	29,7	30,9	32,0
Temperatura estação max. (oC) - 80 min	31,8	33,9	30,8	33,3	31,1	33,0	31,9	30,7	31,0	32,6
UA estação max. (mg H_2O/L) - 10 min	9,9	6,9	6,7	5,7	4,0	5,9	8,9	4,0	5,3	8,2
UA estação max. (mg H_2O/L) - 20 min	8,9	6,5	6,2	8,3	6,6	6,6	8,9	7,1	5,9	7,5
UA estação max. (mg H_2O/L) - 40 min	6,5	7,3	5,4	8,9	4,9	6,3	8,2	4,5	4,1	7,8
UA estação max. (mg H_2O/L) - 60 min	7,1	8,3	5,4	8,0	4,7	6,7	7,5	4,6	4,4	7,5
UA estação max. (mg H_2O/L) - 80 min	6,8	7,2	5,4	8,9	4,8	8,3	7,5	3,9	4,0	8,4
UR estação min. (%) - 10 min	27,0	17,4	17,3	16,6	12,8	18,7	26,6	13,2	14,8	23,5
UR estação min. (%) - 20 min	24,1	16,5	17,8	23,3	17,9	18,7	25,0	20,9	16,5	22,0
UR estação min. (%) - 40 min	18,2	18,0	16,0	23,5	14,4	18,2	24,1	14,1	12,9	21,7
UR estação min. (%) - 60 min	19,8	21,6	16,6	19,4	13,3	19,4	21,0	14,4	12,1	19,8
UR estação min. (%) - 80 min	19,2	19,2	16,6	23,2	12,6	23,1	21,0	11,7	11,7	21,9
Temperatura estação min. (oC) - 10 min	31,5	34,2	31,0	31,0	29,7	30,4	31,4	29,7	30,5	31,1
Temperatura estação min. (oC) - 20 min	31,9	34,5	31,9	32,6	31,0	31,7	30,4	30,1	32,4	31,9
Temperatura estação min. (oC) - 40 min	30,8	32,2	31,4	32,7	31,5	31,8	29,9	30,1	30,5	31,8
Temperatura estação min. (oC) - 60 min	31,6	33,8	30,7	31,9	31,4	31,9	31,5	29,2	30,3	31,4
Temperatura estação min. (oC) - 80 min	31,2	33,8	30,7	33,1	30,2	32,7	31,5	30,6	30,5	32,2
UA estação min. (mg H_2O/L) - 10 min	8,9	6,6	5,5	5,3	3,8	5,8	8,7	3,9	4,6	7,6
UA estação min. (mg H_2O/L) - 20 min	8,1	6,4	6,0	8,1	5,7	6,2	7,8	6,4	5,7	7,4
UA estação min. (mg H_2O/L) - 40 min	5,8	6,1	5,2	8,2	4,7	6,1	7,3	4,3	4,0	7,3
UA estação min. (mg H_2O/L) - 60 min	6,6	8,0	5,2	6,5	4,4	6,5	6,9	4,2	3,7	6,5
UA estação min. (mg H_2O/L) - 80 min	6,2	7,1	5,2	8,3	3,9	8,1	6,9	3,7	3,6	7,5
UR SO (%) - 10 min	41,7	30,9	44,4	51,7	41,7	48,2	44,5	39,3	45,3	39,9
UR SO (%) - 20 min	33,2	31,9	44,4	48,0	42,8	48,3	41,6	41,5	45,4	40,6
UR SO (%) - 40 min	35,7	33,5	42,0	46,0	43,7	48,4	40,5	46,5	45,8	41,5
UR SO (%) - 60 min	47,3	33,1	45,2	44,8	40,2	47,4	40,5	46,4	40,5	41,8
UR SO (%) - 80 min	41,1	29,6	45,2	51,8	43,8	42,6	40,5	37,7	38,2	36,9
Temperatura SO (oC) - 10 min	23,1	24,3	23,6	22,0	22,9	22,6	22,0	21,8	22,2	23,3
Temperatura SO (oC) - 20 min	23,1	24,2	23,7	22,3	21,9	22,8	21,8	21,8	22,1	23,2
Temperatura SO (oC) - 40 min	22,8	23,9	23,7	22,7	22,2	22,9	21,8	21,6	22,1	23,2
Temperatura SO (oC) - 60 min	22,9	23,7	23,6	22,2	22,2	23,1	22,1	21,4	22,1	23,0
Temperatura SO (oC) - 80 min	23,0	23,6	23,6	22,2	22,2	23,1	22,1	21,4	23,2	22,9
UA SO (mg H_2O/L) - 10 min	8,6	6,9	9,5	10,1	8,5	9,7	8,7	7,6	8,9	8,4
UA SO (mg H_2O/L) - 20 min	6,9	7,0	9,5	9,5	8,3	9,8	8,0	8,0	8,9	8,5
UA SO (mg H_2O/L) - 40 min	7,3	7,3	9,0	9,3	8,6	9,9	7,8	8,8	9,0	8,6
UA SO (mg H_2O/L) - 60 min	9,7	7,1	9,6	8,8	7,9	9,8	7,9	8,7	7,9	8,6
UA SO (mg H_2O/L) - 80 min	8,5	6,3	9,6	10,2	8,6	8,8	7,9	7,1	8,0	7,6

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I – Identificação do paciente (RG hospitalar: _____)

Nome: _____

Endereço: _____

Cidade: _____ Bairro: _____

CEP: _____ Estado: _____ Telefone: _____

II – Título da pesquisa: Avaliação da umidificação e aquecimento dos gases inspirados em pacientes pediátricos sob anestesia geral com diferentes fluxos de gases frescos e uso do permutador de calor e umidade.

III – Explicações do pesquisador aos pais

Neste momento em que realizamos a avaliação pré-anestésica na véspera da cirurgia, estamos convidando seu (sua) fliho (a) a participar de uma pesquisa clínica.

Durante a respiração normal, o ar, ao passar pelo nariz, é aquecido e umidificado, de forma que quando chega aos pulmões já está com temperatura e umidade adequadas. Durante a anestesia geral, os gases (oxigênio e anestésicos), são administrados através de um tubo traqueal que é colocado no início da anestesia e retirado ao final do procedimento. Como esses gases da anestesia não passam pelo nariz, é necessário que se aqueça e umidifique esses gases para que chegem aos pulmões com temperatura e umidade adequadas.

O aparelho de anestesia, já aquece e umidifica um pouco os gases a serem administrados. Porém, alguns estudos, consideram que esse aquecimento e umidificação poderiam ser maiores, ou seja, mais próximo do normal. Para melhorar o aquecimento e umidificação existe um dispositivo chamado de permutador de calor e umidade (PCU) que é conectado no tubo traqueal com esse objetivo. Esse dispositivo (PCU) já é utilizado rotineiramente em anestesia geral de adultos. O PCU já é também utilizado frequentemente em anestesia geral em

crianças. O presente estudo irá medir os níveis de umidade e temperatura dos gases administrados aos pacientes pediátricos submetidos a anestesia geral com ou sem a utilização do PCU. Não haverá coleta de nenhum material.

O estudo não traz riscos adicionais às crianças, pois a anestesia será a mesma que é administrada rotineiramente. Os dados anotados durante a pesquisa serão mantidos em caráter confidencial e a identidade será preservada. O pesquisador responsável por este estudo, sempre que solicitado, estará à diposição para esclarecer qualquer questão relacionada à pesquisa. Além disso, você tem total liberdade para recusar a participar da pesquisa. Caso você concorde em participar e depois não queira mais, você pode retirar o seu consentimento. Não participar ou retirar o consentimento não trará qualquer prejuízo na assistência a seu filho. O benefício que o estudo pode trazer é o de reforçar a recomendação para o uso do PCU em anestesia de crianças.

Os resultados do estudo serão publicados em congressos ou revistas especializadas e a identidade dos pacientes será preservada. Ressaltamos ainda que nem os pesquisadores nem os pacientes receberão qualquer remuneração financeira para participar desta pesquisa.

IV – Consentimento pós-informado

Eu, _____ abaixo assinado, declaro que fui esclarecido sobre o objetivo do presente estudo, sobre eventuais riscos, assim como benefícios que podem resultar do estudo. Concordo, portanto, em participar na qualidade de pai (ou mãe) de paciente do referido Projeto de Pesquisa, sob livre e espontânea vontade.

_____, _____ de _____ de 20____.

_____ _____

Assinatura do pai ou mãe **Assinatura do pesquisador**

Este documento recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP e foi elaborado em duas vias sendo que a primeira via será entregue ao pai (ou mãe) do paciente e a segunda via será mantida em arquivo pelo pesquisador.

Em caso de dúvida sobre a pesquisa ou de retirada do consentimento entrar em contato:

Pesquisador Responsável: Pós-Graduando Gustavo Prosperi Bicalho
Pesquisador Orientador: José Reinaldo Cerqueira Braz, Professor Titular do Departamento de Anestesiologia da Faculdade de Medicina, UNESP, Botucatu – SP.