

PESQUISA CLÍNICA

Mensuração da poluição anestésica em salas cirúrgicas veterinárias de pequenos animais

Drielle B.S. Figueiredo,¹ Aline G. Aun,¹ Juliana R. Lara,¹ Natache A. Garofalo,² Francisco José T. Neto,² Leandro G. Braz,¹ Mariana G. Braz,^{1,*}

¹ Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina, Departamento de Anestesiologia, Botucatu, SP, Brasil.

² Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária, Botucatu, SP, Brasil.

Recebido em 30 de janeiro de 2020; aceito 25 de outubro de 2020

PALAVRAS-CHAVE:

Anestésicos inalatórios;
Centro cirúrgico;
Cirurgia veterinária;
Poluição do ar;
Exposição ocupacional

RESUMO:

Justificativa: Anestésicos inalatórios são amplamente utilizados mundialmente para manutenção anestésica tanto em centro cirúrgico humano quanto veterinário. Altas concentrações de resíduos de gases anestésicos podem levar a riscos à saúde nos profissionais expostos. Considerando que se desconhece a poluição anestésica em centro cirúrgico veterinário em país em desenvolvimento, este estudo teve como objetivo, de forma inédita, mensurar a concentração residual do isoflurano no ar ambiente de salas cirúrgicas de pequenos animais em hospital universitário brasileiro.

Método: As concentrações residuais de isoflurano foram mensuradas por analisador infravermelho nos seguintes locais: canto oposto do equipamento de anestesia, nas zonas respiratórias do cirurgião, do anestesiológista e do paciente (animal), e na parte dianteira do equipamento de anestesia em três momentos – aos 5, 30 e 120 minutos do início da indução anestésica.

Resultados: Houve aumento progressivo das concentrações residuais médias de isoflurano no canto oposto ao equipamento de anestesia e nas zonas respiratórias do cirurgião e do anestesiológista ($p < 0,05$). Houve aumento aos 30 minutos e 120 minutos quando comparados aos momentos iniciais na zona respiratória do animal e na parte dianteira do equipamento de anestesia ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa dos locais de mensuração independentemente do tempo avaliado.

Conclusão: Este estudo mostrou elevadas concentrações residuais de isoflurano em salas cirúrgicas veterinárias sem sistema de exaustão, excedendo o limite recomendado por agência internacional. Diante desse panorama, urge a necessidade de implementação de sistemas de exaustão que reduzam a poluição anestésica com consequente redução da exposição ocupacional.

Autor correspondente:

E-mails: mgbraz@hotmail.com; mariana.braz@unesp.br. (M.G. Braz).

<https://doi.org/10.1016/j.bjane.2021.02.007>

© 2021 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Introdução

Os anestésicos inalatórios halogenados são amplamente utilizados na manutenção da anestesia geral humana e veterinária, pois têm baixo custo e não necessitam de bomba de infusão venosa. Na anestesiologia veterinária, os halogenados mais utilizados são o halotano, o isoflurano e o sevoflurano, sendo o isoflurano o anestésico mais comumente usado.¹

O isoflurano (2-cloro-2-(difluorometoxi)-1,1,1-trifluoroetano) apresenta vantagens em relação aos outros halogenados, incluindo menor solubilidade que o halotano, o que acarreta em rápida recuperação anestésica, além de ter biotransformação hepática mais baixa (0,2%) que sevoflurano (3%) e halotano (20%).^{2,3} Adicionalmente, o isoflurano é menos custoso que o sevoflurano. Uma medida de potência anestésica refere-se à concentração alveolar mínima (CAM). Em humanos adultos, o isoflurano apresenta CAM aproximada de 1,2%.⁴ Entretanto, essa medida varia entre os animais, incluindo os domésticos (1,28.1,5% para cães e 1,28.1,9% para gatos).⁵

Tem-se observado aumento no cuidado da saúde dos animais de estimação por parte dos seus proprietários, o que tem contribuído para maior expectativa de vida desses animais e, conseqüentemente, para maior probabilidade de, em algum momento de suas vidas, serem submetidos a uma intervenção anestésica-cirúrgica.⁶ Assim, espera-se maior exposição aos resíduos de gases anestésicos pelos profissionais que atuam em salas cirúrgicas. Nas últimas décadas, tem-se discutido sobre a possibilidade de riscos à saúde dos profissionais que são expostos ocupacionalmente aos anestésicos inalatórios; a literatura é mais extensa em relação aos que atuam em centro cirúrgico humano⁷⁻¹¹ do que em relação aos profissionais que atuam em centro cirúrgico veterinário.¹²⁻¹⁴

Assim, para minimizar a exposição aos anestésicos, o *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH)¹⁵ recomenda limite de exposição para os anestésicos halogenados (sem uso de óxido nítrico concomitante) de até 2 partes por milhão (ppm) sem ultrapassar uma hora. Há alguns artigos científicos, na literatura ao nosso alcance, sobre poluição anestésica em centro cirúrgico veterinário, porém todos foram realizados em países desenvolvidos e com diferentes objetivos.^{14, 16-21}

A ausência de sistema adequado de exaustão de gases das salas cirúrgicas é um dos fatores mais relevantes que contribuem para altas concentrações residuais anestésicas.²² Segundo um estudo publicado no início da década de 1990, no Reino Unido, já se relatava que as condições ventilatórias e de exaustão das salas cirúrgicas veterinárias eram precárias e geralmente piores do que as condições encontradas em centro cirúrgico humano.¹⁶ De fato, a exposição aos resíduos de gases anestésicos é importante fator de risco para ocorrência de partos prematuros em veterinárias atuantes em salas sem sistema de exaustão.²³

Deve-se notar que, além da poluição interna nas salas cirúrgicas, os resíduos de gases anestésicos também são eliminados ao exterior, podendo causar impacto ambiental. Res-

salte-se que os anestésicos inalatórios contêm compostos halogenados que se assemelham aos clorofluorocarbonos e, portanto, podem apresentar efeitos deletérios na camada de ozônio. Com base em medições realizadas em vários ambientes, incluindo áreas urbanas e até a remota Antártica, detectou-se rápida acumulação e aumento da presença de resíduos dos anestésicos halogenados mais modernos na atmosfera global ao longo das últimas décadas.²⁴

Frente ao exposto e devido à ausência de dados de países em desenvolvimento, este trabalho inédito teve como objetivo mensurar a concentração residual do isoflurano no ar ambiente de salas cirúrgicas utilizadas para realização de anestesia em pequenos animais em hospital veterinário universitário no Brasil.

Método

O estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética local (parecer: 2.422.128) e realizado em centro cirúrgico veterinário sem sistema de exaustão de gases. A pesquisa foi realizada ao longo do dia (uma cirurgia no período da manhã e outra no período da tarde, quando existentes), por dois meses, nas quatro salas cirúrgicas (48 a 70 m³) para realização de procedimentos com duração mínima de 2 horas em animais de pequeno porte, os quais receberam indução com anestesia venosa e manutenção com isoflurano após intubação orotraqueal com uso de balonete, de acordo com os procedimentos de rotina realizados nesse centro cirúrgico.

Os equipamentos de anestesia disponíveis nas salas cirúrgicas foram: Conquest 5000 e Conquest 3000 Slim, ambos da HB Hospitalar, Fuji 2604 da Takaoka e Fabius Plus da Dräger (vaporizador mais moderno). Para os modelos Conquest e Fuji, utilizou-se o sistema aberto (ou circuito avalvular) em pacientes com peso menor que 7 kg e se utilizou o sistema semifechado (ou circuito circular valvular) nos animais com peso acima de 7 kg. Já para o equipamento da Dräger, só se utilizou o sistema semifechado.

Para realização das mensurações residuais das concentrações ambientais de isoflurano nas salas cirúrgicas, utilizou-se o analisador de gases portátil InfraRan 2 Four Gas Anesthetic Specific Vapor Analyzer (Wilks - A Spectro Scientific Co., Inc., Norwalk, CT). O analisador detecta por infravermelho, em tempo real, as concentrações anestésicas. O *range* recomendado de mensuração para o isoflurano é de 0 a 50 ppm e o equipamento foi zerado (com filtro de carvão) antes do início de cada mensuração, conforme o manual de instruções.

Amostras de ar foram coletadas em cinco locais: canto oposto do equipamento de anestesia, nas zonas respiratórias do cirurgião, do anestesista e do paciente (animal), e na parte dianteira do equipamento de anestesia (Figura 1), em três momentos - aos 5, 30 e 120 minutos do início da indução anestésica. Assim, as médias das concentrações residuais do anestésico foram calculadas para todos os momentos e locais.

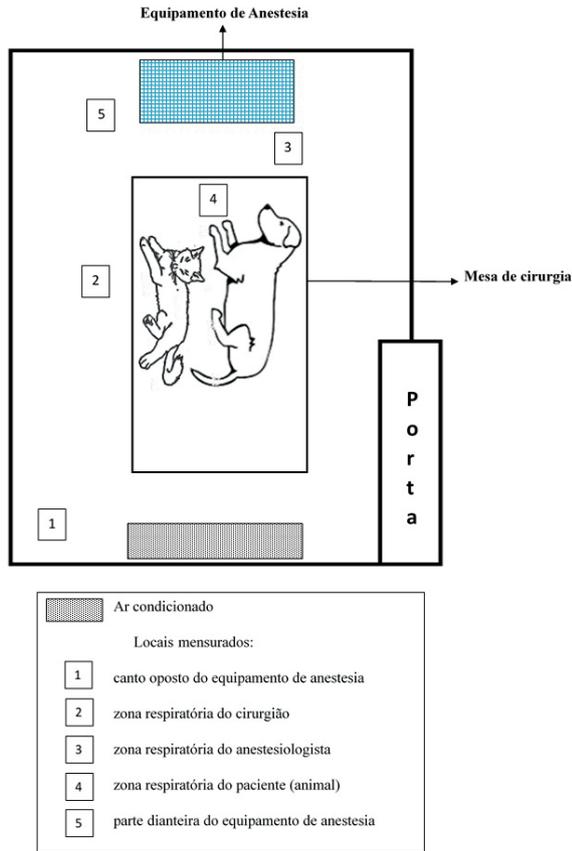


Figura 1 Esquema das salas cirúrgicas veterinárias com representação dos locais em que foram mensurados os resíduos de isoflurano.

Análise estatística

Para checagem da distribuição dos dados, aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk. Uma vez que os dados foram paramétricos, realizou-se a análise de medidas repetidas para comparação das médias nos momentos para cada local de mensuração. Aplicou-se o teste de Levene para igualdade das variâncias de erro, o teste de Mauchly para esfericidade das médias e o teste de Bonferroni para comparações múltiplas. Para comparação dos locais em cada momento utilizou-se a análise de variância. Níveis de significância menores que 5% foram considerados significativos.

Resultados

Realizou-se a mensuração em 21 cirurgias, incluindo em cada uma delas os três momentos e cinco locais. A maioria das mensurações de resíduo de isoflurano foi realizada com as portas das salas cirúrgicas abertas (73%). Os dados gerais encontram-se na Tabela 1. Os pacientes anestesiados foram animais de estimação, sendo a grande maioria cães. Utilizou-se em torno de 1,5 CAM (média de 2,3%), baixo fluxo de gases frescos (FGF) e, na maioria das vezes, o sistema respiratório semifechado e o equipamento da Dräger.

Tabela 1 Dados gerais resultantes das mensurações realizadas nas salas cirúrgicas.

Salas mensuradas	Concentração alveolar mínima (%)	Fluxo de gases frescos (L/min)	Equipamentos anestésicos		Tipo de sistema respiratório			Animais	
			Fabius Plus (%)	Conquest (%)	Semifechado (%)	Aberto (%)	Cão (%)	Gato (%)	Peso (Kg)
4	2,3 ± 0,5	1,1 ± 0,4	44	40	90	10	90	10	14 ± 9

Dados apresentados em número ou média ± desvio padrão

Tabela 2 Concentrações (média \pm desvio padrão) residuais de isoflurano (ppm) mensuradas em diferentes tempos e locais em salas cirúrgicas veterinárias utilizadas para animais de pequeno porte.

Momentos	Locais de mensuração					Valor de <i>p</i>
	Canto oposto do equipamento de anestesia	Zona respiratória do cirurgião	Zona respiratória do anestesiológista	Zona respiratória do paciente	Dianteira do equipamento de anestesia	
5 min.	2,7 \pm 2,3a	2,5 \pm 2,2a	2,6 \pm 2,1a	3,0 \pm 2,4a	4,4 \pm 5,2a	0,38
30 min.	8,2 \pm 6,1b	8,1 \pm 4,9b	8,6 \pm 5,0b	10,4 \pm 6,3b	13,2 \pm 16,8b	0,57
120 min.	13,9 \pm 7,3c	15,1 \pm 7,2c	14,2 \pm 7,7c	15,7 \pm 7,8b	23,1 \pm 17,5b	0,41
Valor de <i>p</i>	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,006	

As letras comparam médias dos momentos em cada local; letras diferentes mostram diferença estatística significativa

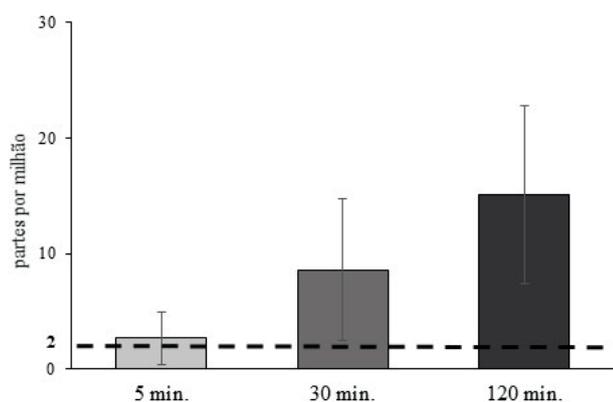


Figura 2 Comparação das médias gerais (média \pm desvio padrão) dos cinco locais mensurados entre os três momentos quanto às concentrações residuais de isoflurano, com linha representativa do valor limite recomendado pela National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH).

A Tabela 2 mostra as concentrações residuais médias de isoflurano mensuradas nas salas cirúrgicas. Observa-se aumento progressivo dos valores no canto oposto do equipamento de anestesia e nas zonas respiratórias do cirurgião e do anestesiológista ao longo do tempo ($p < 0,05$). Houve aumento de 3 vezes e de 5,2 vezes aos 30 minutos e 120 minutos, respectivamente, quando comparado ao início da indução anestésica no canto oposto do equipamento de anestesia. De forma semelhante, houve aumento de 3,2 vezes e de 3,3 vezes nas zonas respiratórias de cirurgiões e anestesiológistas, respectivamente, aos 30 minutos e de 6 vezes e de 5,5 vezes nas zonas respiratória de cirurgiões e anestesiológistas, respectivamente, aos 120 minutos.

Em relação aos outros dois locais de mensuração, também houve aumento significativo aos 30 minutos e 120 minutos quando comparados aos momentos iniciais ($p < 0,05$). Houve aumento de 3,5 vezes e de 4,9 vezes aos 30 minutos e 120 minutos, respectivamente, quando comparado ao início da indução anestésica na zona respiratória do animal. Já próximo ao equipamento de anestesia, houve aumento de 3 vezes e de 5,3 vezes aos 30 minutos e 120 minutos, respectivamente, quando comparado ao início da indução anestésica.

Apesar de se observar que em todos os momentos houve ligeira média superior na parte dianteira do equipamento de anestesia em relação aos outros locais mensurados, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) dos locais de mensuração, independentemente do tempo avaliado.

Na Figura 2 mostra-se a média dos cinco locais mensurados nos três momentos avaliados tendo como valor de referência 2 ppm, que é o valor limite recomendado pela NIOSH.

Discussão

O presente estudo demonstrou que a concentração residual média do isoflurano excedeu em demasia os valores de 2 ppm em todos os tempos e locais mensurados e que houve aumento progressivo das concentrações ao longo dos momentos especialmente nas zonas respiratórias dos profissionais.

O monitoramento das concentrações residuais anestésicas é imprescindível para se conhecer a poluição anestésica no ar ambiente do centro cirúrgico. Ressalta-se que mesmo após 5 minutos da indução anestésica os valores médios já se encontravam pouco acima de 2 ppm (valor de referência) em todos os locais mensurados e os valores mais que quadruplicaram com meia hora de anestesia, chegando a aumentar de 7 até 12 vezes com 2 horas de anestesia em relação ao valor de referência. Considerando que, infelizmente, não há recomendações nacionais nem quanto aos limites de exposição aos anestésicos nem quanto às normativas para instalação de sistemas de exaustão/ventilação do centro cirúrgico, o limite preconizado pela NIOSH¹⁵ foi excedido já nos primeiros 5 minutos de anestesia e foi largamente excedido nos momentos subsequentes. Assim, esses dados mostram, pela primeira vez, alta poluição anestésica de isoflurano encontrada em salas cirúrgicas veterinárias utilizadas para a realização de anestesia em animais de estimação (caninos e felinos) de país em desenvolvimento, o que pode ser representativo de muitos centros cirúrgicos veterinários ao redor do mundo que dispõem das mesmas condições. Dessa forma, a contaminação do ambiente de trabalho pelo uso de anestésicos inalatórios deve ser a mínima possível para minimizar a exposição ocupacional.¹⁸

Mesmo com a utilização de sistema respiratório semifechado na maioria das cirurgias, bem como de sistema aberto (Mapleson/Baraka), houve liberação de resíduos de gases anestésicos que contribuíram para a contaminação anestésica do ar ambiente, a qual rapidamente se dissipou dentro das salas cirúrgicas por serem de volume pequeno, poluindo toda a sala, independentemente dos locais de mensuração. Assim, todos os profissionais que atuavam nessas salas, independentemente de sua localização, ficaram ocupacionalmente expostos a relevante poluição anestésica. De fato, as maiores concentrações residuais de isoflurano foram encontradas próximas aos equipamentos de anestesia, nos quais há saída do sistema de exaustão de gás anestésico (*active gas scavenging* - AGS) pela parte dianteira. Deve-se considerar, também, que os equipamentos de anestesia mais antigos apresentam maior possibilidade de vazamentos pela ausência de testes realizados antes do procedimento anestésico. Outras causas de contaminação das salas cirúrgicas incluem vazamento do anestésico inalatório durante o preenchimento dos vaporizadores, uso de tubo orotraqueal sem balonete, uso de alto FGF (≥ 3 L/min) e especialmente ausência de sistema de exaustão e ventilação.^{25,26}

Ressalte-se que as mensurações foram realizadas em centro cirúrgico sem qualquer tipo de exaustão/ventilação de gases. Traçando paralelo com um estudo²² realizado em centro cirúrgico humano de hospital universitário que também demonstrou que as concentrações residuais de isoflurano excederam muito o limite internacional recomendado (NIOSH) em salas cirúrgicas sem sistema de exaustão de gases, e que houve aumento da poluição anestésica quanto maior o tempo da anestesia, evidencia-se acúmulo de poluição anestésica tanto em salas cirúrgicas humanas como veterinárias quando estas não possuem sistema de exaustão de gases. De forma interessante, ao comparar nossos resultados com o trabalho anteriormente citado, no qual foram avaliados três locais de mensuração semelhantes ao nosso e aos 30 e 120 minutos de anestesia, pode-se notar que todos os valores médios residuais de isoflurano encontrados em nosso estudo foram superiores aos relatados por Braz e colaboradores em 2017,²² o que mostra alta contaminação anestésica em centro cirúrgico veterinário quando não há sistema de exaustão instalado. Esses mesmos autores avaliaram as concentrações residuais de isoflurano em salas cirúrgicas com sistema de exaustão de gases com 7 trocas de ar por hora e observaram que as médias das concentrações do anestésico ficaram mais próximas ao limite de 2 ppm. Dessa forma, evidencia-se a necessidade e eficiência de sistemas de exaustão para redução da poluição anestésica e, conseqüentemente, redução da exposição aos profissionais expostos.

Referente aos trabalhos disponíveis na literatura científica quanto à temática, os dados são escassos no que tange à mensuração residual de isoflurano utilizado na manutenção da anestesia em animais de pequeno porte/domésticos. Segundo um estudo português, os autores, por método de cromatografia gasosa, encontraram concentrações residuais médias de isoflurano menores que 2 ppm em salas

com exaustão de gases, enquanto na ausência de sistema de exaustão de gases, essas concentrações médias subiram para 5,8 ppm durante anestesia em cães.¹⁴ Estudo realizado na década de 1990, no Canadá, mostrou concentração de isoflurano superior a 4,5 ppm quando animais de pequeno porte foram intubados com balonete e anestesiados com isoflurano utilizando tanto sistema respiratório aberto como o semifechado.¹⁷

Já em estudo conduzido em animais de experimentação (roedores) anestesiados com isoflurano em laboratórios de pesquisa, observou-se baixas concentrações residuais anestésicas, uma vez que as condições das salas eram apropriadas conforme a regulamentação australiana, com boa ventilação e sistema efetivo de exaustão de gases em adição à utilização de modernos equipamentos de anestesia, acarretando mínima exposição aos anestésicos.²⁰ Em artigo publicado recentemente, relatórios de pesquisa foram revisados retrospectivamente para avaliar exposições ao isoflurano em salas utilizadas para realização de procedimentos cirúrgicos em animais (primata, suíno e roedor) e humanos operadas pelo National Institutes of Health dos EUA.²¹ As medições foram realizadas em salas cirúrgicas com sistema de fluxo laminar que produzia 17 trocas de ar por hora sem recirculação e cujos equipamentos de anestesia também possuíam sistema de exaustão conectados ao sistema de exaustão central do hospital, com fluxo de sucção de 45 L/min. Todas as concentrações mensuradas por espectroscopia infravermelha estavam abaixo de 2 ppm.

Assim, a instalação e o funcionamento adequado de sistema de exaustão das salas cirúrgicas, a utilização de modernos equipamentos de anestesia com sistema de exaustão bem como o treinamento de pessoal no manuseio correto do equipamento de anestesia são medidas importantes para redução dos níveis de exposição tanto na anestesiologia veterinária como na humana. Desta forma, percebe-se que esforços são necessários para efetiva redução da contaminação anestésica no ar ambiente de centro cirúrgico.-

Levando em consideração nossos achados e os dados da literatura, é urgente e necessária a realização de melhoria das condições das salas cirúrgicas, nas quais diversos profissionais atuam. A Sociedade Brasileira de Anestesiologia e o Colégio Brasileiro de Anestesiologia Veterinária, dentre outras entidades semelhantes em países em desenvolvimento, têm papel relevante para melhorar os padrões de qualidade na área, e por isso se sugere que também atuem na conscientização dos profissionais ocupacionalmente expostos e, especialmente, dos gestores para melhoria do ambiente de trabalho para minimizar a exposição aos anestésicos, com implantação de regulamentações e medidas políticas com a finalidade de criação de leis/normas específicas, como as encontradas há muitas décadas em países desenvolvidos. A redução da poluição anestésica e prevenção dos potenciais riscos insalubres à saúde dos profissionais atuantes em centro cirúrgico é questão de saúde pública e de responsabilidade dos seus gestores em promover um ambiente seguro aos seus profissionais, incluindo a biossegurança.

Quanto às possíveis limitações do presente estudo, pode-se citar o fato de as medições residuais anestésicas

terem sido realizadas ao longo do dia (sem definição prévia de padronização, como a primeira cirurgia do dia), o que pode ter influenciado na poluição da segunda cirurgia do dia na mesma sala. Entretanto, ressalta-se que sempre houve um intervalo de 3 horas entre as cirurgias, o que pode ter diminuído esse viés quanto ao acúmulo da contaminação anestésica. Adicionalmente, como na maior parte das vezes as portas das salas cirúrgicas mantiveram-se abertas, havia uma certa circulação de ar; caso as portas estivessem fechadas, certamente o nível de contaminação anestésica seria muito maior.

Ressalte-se que os anestésicos inalatórios evaporam para a atmosfera e são objeto de debate devido aos seus potenciais de efeito estufa e contribuições para a destruição da camada de ozônio, o que contribui para as mudanças climáticas, apontadas como a maior ameaça à saúde pública da humanidade. Os danos ao meio ambiente advindos dos resíduos de gases anestésicos dependem do seu peso molecular, da meia-vida na atmosfera e do potencial de aquecimento global.²⁷ A meia-vida atmosférica do isoflurano é a menor dentre os halogenados, a qual é de 3,2 anos, porém esse anestésico tem potencial de aquecimento global superior ao sevoflurano.²⁸ Um estudo mostrou que o impacto climático médio por procedimento anestésico na Universidade de Michigan, nos EUA, é o mesmo que a emissão de 22 kg de gás carbônico (CO₂) e estimou que as emissões anuais de resíduos de gases anestésicos são equivalentes às emissões de CO₂ de uma usina de carvão.

De fato, o impacto dos anestésicos inalatórios é pequeno frente a outros poluidores; mesmo assim, tem grande relevância se considerarmos o grande número de salas cirúrgicas existentes mundialmente. Em estudo multicêntrico envolvendo hospitais universitários dos EUA, Canadá e Reino Unido, os quais utilizavam os anestésicos isoflurano, sevoflurano e desflurano, relatou-se que as salas cirúrgicas são fonte importante de emissão de gases de efeito estufa estimando-se emissão, nesses três países, de 9,7 milhões de toneladas de CO₂ por ano, o equivalente a 2 milhões de veículos de passageiros.²⁹ Recentemente, diante do impacto do aquecimento global, autores britânicos têm destacado a oportunidade dos profissionais da área contribuírem com a sustentabilidade ambiental na anestesiologia veterinária.³⁰ É importante salientar que ter um ambiente ecologicamente equilibrado é direito constitucional, sendo que o poder público deve defendê-lo e preservá-lo para a presente e futuras gerações.

Concluindo, a presente pesquisa demonstrou, em hospital veterinário universitário no Brasil, elevadas concentrações residuais de isoflurano em salas cirúrgicas utilizadas para animais de pequeno porte, as quais não têm de sistema de exaustão, as quais excederam os limites recomendados por agência internacional. Esses resultados são relevantes e possivelmente representam a maioria dos centros cirúrgicos veterinários ao redor do globo, especialmente em países em desenvolvimento, os quais não possuem sistema de exaustão/eliminação de gases. Assim, urge a conscientização e resolução dessa problemá-

tica e a necessidade de realizar melhoria nas condições dos centros cirúrgicos para redução de mínima exposição ocupacional aos profissionais da saúde, bem como a mitigação da emissão de gases de efeito estufa.

Financiamento

Este estudo teve apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2018/20900-0. D.B.S.F. recebeu Bolsa de Mestrado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Conflitos de Interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Steffey EP, Mama KR, Brosnan RJ. Inhalation anesthetics. In: Grimm KA, Lamont LA, Tranquilli WJ, Greene SA, Robertson SA, editors. *Veterinary Anesthesia and Analgesia: the Fifth Edition of Lumb and Jones*. John Wiley & Sons, Inc; 2015, p. 297.
2. Eger EI 2nd. New inhaled anesthetics. *Anesthesiology*. 1994;80:906-22.
3. Safari S, Motavaf M, Seyed Siamdoust SA, Alavian SM. Hepatotoxicity of halogenated inhalational anesthetics. *Iran Red Crescent Med J*. 2014;16:20153.
4. Nickalls R, Mapleson W. Age-related iso-MAC charts for isoflurane, sevoflurane and desflurane in man. *Br J Anaesth*. 2003;91:170-4.
5. Dodman NH, Lamb LA. Survey of small animal anesthetic practice in Vermont. *J Am Anim Hosp Assoc*. 1992;28:439-44.
6. Carareto R, Rocha LS, Guerrero PN, et al. Retrospective study of the mortality and morbidity associated with general inhalant anesthesia in dogs. *Semina: Ciênc Agrár*. 2005;26:569-74.
7. Mastrangelo G, Comiati V, dell'Aquila M, Zamprogno E. Exposure to anesthetic gases and Parkinson's disease: a case report. *BMC Neurol*. 2013;13:194.
8. Casale T, Caciari T, Rosati MV, et al. Anesthetic gases and occupationally exposed workers. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2014;37:267-74.
9. Costa Paes ER, Braz MG, Lima JT, et al. DNA damage and antioxidant status in medical residents occupationally exposed to waste anesthetic gases. *Acta Cir Bras*. 2014; 29:280-6.
10. Souza KM, Braz LG, Nogueira FR, et al. Occupational exposure to anesthetics leads to genomic instability, cytotoxicity and proliferative changes. *Mutat Res*. 2016:791-792:42-8.
11. Braz MG, Souza KM, Lucio LMC, et al. Detrimental effects detected in exfoliated buccal cells from anesthesiology medical residents occupationally exposed to inhalation anesthetics: An observational study. *Mutat Res*. 2018;832-833:61-4.
12. Hoerauf K, Lierz M, Wiesner G, et al. Genetic damage in operating room personnel exposed to isoflurane and nitrous oxide. *Occup Environ Med*. 1999;56:433-7.
13. Epp T, Waldner C. Occupational health hazards in veterinary medicine: physical, psychological, and chemical hazards. *Can Vet J*. 2012;53:151-7.
14. Macedo AC, Mota VT, Tavares JM, et al. Work environment and occupational risk assessment for small animal Portuguese veterinary activities. *J Occup Environ Hyg*. 2018;15:D19- D28.

15. NIOSH. Criteria for a recommended standard: occupational exposure to anesthetic gases and vapors. The National Institute for Occupational Safety and Health of the United States of America. 1977.
16. Gardner RJ, Hampton J, Causton JS. Inhalation anaesthetics: exposure and control during veterinary surgery. *Ann Occup Hyg.* 1991;35:377-88.
17. Korczynski RE. Anesthetic gas exposure in veterinary clinics. *Appl Occup Environ Hyg.* 1999;14:384-90.
18. Friembichler S, Coppens P, Säre H, Moens Y. A scavenging double mask to reduce workplace contamination during mask induction of inhalation anesthesia in dogs. *Acta Vet Scand.* 2011;53:1.
19. Säre H, Ambrisko TD, Moens Y. Occupational exposure to isoflurane during anaesthesia induction with standard and scavenging double masks in dogs, pigs and ponies. *Lab Anim.* 2011;45:191-5.
20. Johnstone KR, Lau C, Whitelaw JL. Evaluation of waste isoflurane gas exposure during rodent surgery in an Australian university. *J Occup Environ Hyg.* 2017;14:955-64.
21. Newcomer D, Chopra I. Evaluation of waste anesthetic gas surveillance program and isoflurane exposures during animal and human surgery. *J Occup Environ Hyg.* 2019;16:544-56.
22. Braz LG, Braz JRC, Cavalcante GA, et al. Comparison of waste anesthetic gases in operating rooms with or without an scavenging system in a Brazilian University Hospital. *Rev Bras Anesthesiol.* 2017;67:516-20.
23. Shirangi A, Fritschi L, Holman CD. Associations of unscavenged anesthetic gases and long working hours with preterm delivery in female veterinarians. *Obstet Gynecol.* 2009;113:1008-17.
24. Vollmer MK, Rhee TS, Rigby M, et al. Modern inhalation anesthetics: Potent greenhouse gases in the global atmosphere. *Geophys Res Lett.* 2015;42:1606-11.
25. Oliveira CR. Occupational exposure to anesthetic gases residue. *Rev Bras Anesthesiol.* 2009;59:110-24.
26. Lucio LMC, Braz MG, do Nascimento PJ, Braz JRC, Braz LG. Occupational hazards, DNA damage, and oxidative stress on exposure to waste anesthetic gases. *Rev Bras Anesthesiol.* 2018;68:33-41.
27. Ishizawa Y. Special article: general anesthetic gases and the global environment. *Anesth Analg.* 2011;112:213-7.
28. Sulbaek Andersen MP, Sander SP, Nielsen OJ, Wagner DS, Sanford TJ Jr, Wallington TJ. Inhalation anaesthetics and climate change. *Br J Anaesth.* 2010;105:760-6.
29. MacNeill AJ, Lillywhite R, Brown CJ. The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems. *Lancet Planet Health.* 2017;1:381-8.
30. Jones RS, West E. Environmental sustainability in veterinary anaesthesia. *Vet Anaesth Analg.* 2019;46:409-20.