

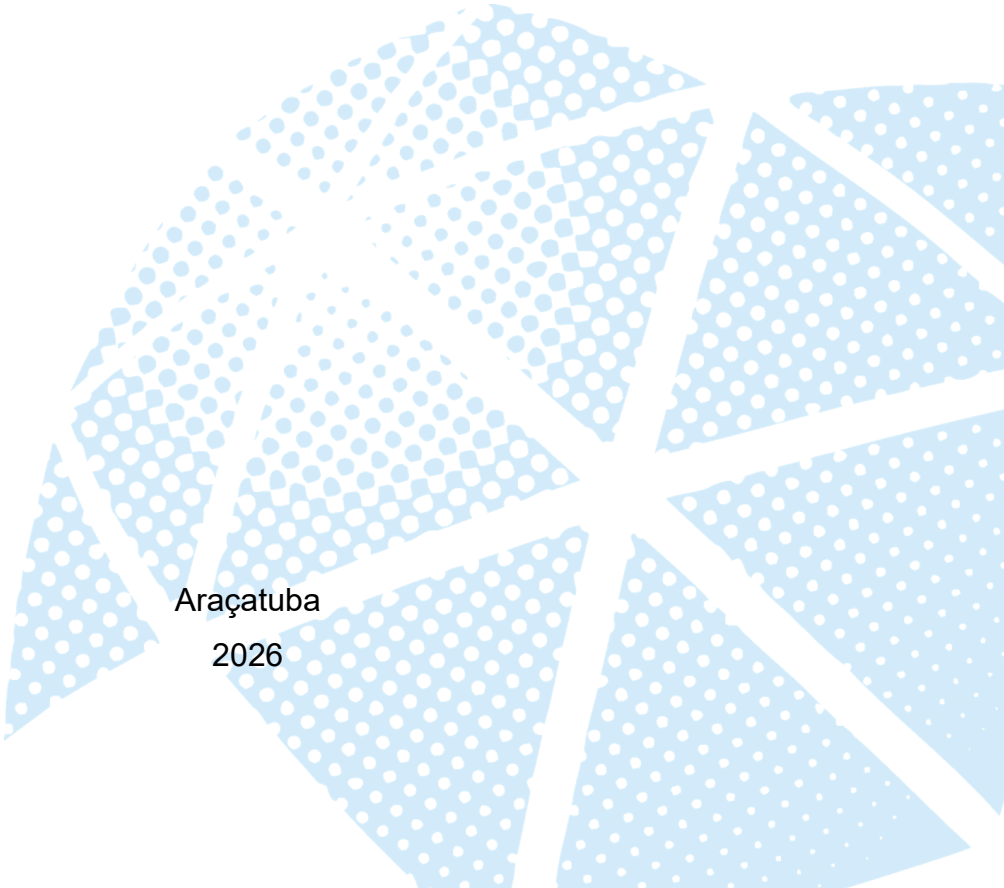
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
Faculdade de Medicina Veterinária - Campus de Araçatuba

LUENE BUARO PESSOA PEREIRA

**RESÍDUOS EM ANESTESIOLOGIA VETERINÁRIA: IMPACTOS AMBIENTAIS E
RISCOS À SAÚDE OCUPACIONAL – REVISÃO DA LITERATURA**

Araçatuba

2026



LUENE BUARO PESSOA PEREIRA

**RESÍDUOS EM ANESTESIOLOGIA VETERINÁRIA: IMPACTOS AMBIENTAIS E
RISCOS À SAÚDE OCUPACIONAL – REVISÃO DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Residência
apresentado à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina
Veterinária, Araçatuba, para obtenção do
título de residente em Medicina Veterinária
junto ao Programa de Residência
Integrada em Medicina Veterinária.

Área de Concentração: Anestesiologia
Veterinária

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio Patto
dos Santos

Araçatuba

2026

P436r Pereira, Luene Buaro Pessoa.
Resíduos em anestesiologia veterinária: impactos ambientais e riscos à saúde ocupacional – revisão da literatura / Luene Buaro Pessoa Pereira. -- Araçatuba, 2026
39 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (residência em Medicina Veterinária) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina Veterinária,
Araçatuba

Orientador: Paulo Sergio Patto dos Santos

1. Anestésicos inalatórios. 2. Hospitais veterinários. 3. Resíduos de serviços de saúde. 4. Riscos ocupacionais. 5. Segurança ocupacional. I. Título.

Elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba.
Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

CERTIFICO, para os fins devidos, que **Luene Buaro Pessoa Pereira**, portadora da Cédula de Identidade R.G. 613658/SSP-RO, cumpriu todas as atividades do Programa de Residência em Área Profissional da Saúde da UNESP, denominado Residência Integrada em Medicina Veterinária, desta Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, no período de 01/03/2024 a 28/02/2026, na subárea de Anestesiologia Veterinária.

Certifico, também, que a interessada apresentou, em 10/02/2026, o Trabalho de Conclusão de Residência (TCR) intitulado "RESÍDUOS EM ANESTESIOLOGIA VETERINÁRIA: IMPACTOS AMBIENTAIS E RISCOS À SAÚDE OCUPACIONAL – REVISÃO DA LITERATURA", tendo sido APROVADA diante de Comissão Examinadora constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. Paulo Sérgio Patto dos Santos, Profa. Dra. Flávia de Almeida Lucas, Prof. Dr. Wagner Luís Ferreira.

Araçatuba, 28 de fevereiro de 2026.



DANIELA BERNADETE ROZZA
Coordenadora do Programa

Ato de Autorização de Funcionamento do Programa: Despacho nº: 210/2013-CCPG/SG

Ato de Reconhecimento do Programa: Parecer nº 1055/2018/CGRS/DEES/SESU/MEC de acordo com a Resolução CNRMS nº 07/2014

LMK/lmk.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, minha maior inspiração e fonte de força. Agradeço por cada palavra de incentivo e por acreditar em mim, mesmo nos momentos em que eu própria duvidei. Este trabalho é também resultado do seu exemplo e do seu cuidado, pois foi você quem me ensinou o amor e o respeito pelos animais. Sou grata por viver os meus sonhos e compartilhar comigo cada etapa dessa trajetória, tornando até os momentos mais desafiadores mais leves.

Ao meu pai e à minha irmã, pelo apoio constante, mesmo à distância, estando sempre presentes e prontos para me amparar sempre que necessário. O incentivo de vocês foi fundamental ao longo desta trajetória.

Aos meus professores da graduação, Rafael Huppes, Stefania Caroline Claudino da Silva e Carlos Bettini, por acreditarem em mim, pelas oportunidades concedidas, pelos conselhos e ensinamentos. Minha gratidão é eterna. A oportunidade de ingressar na residência foi possível graças ao apoio de vocês.

Aos anestesistas que me deram a oportunidade de iniciar na Anestesiologia desde o terceiro ano da graduação, em especial Gabriela, Isabella, Fernanda e Guilherme, tenho muito orgulho de ter aprendido com vocês. Aos anestesistas amigos e aos colegas do estágio curricular que me auxiliaram nos estudos para a residência, em especial Rafaela, Renan, Letícia, Bárbara e Isadora.

Ao meu orientador, Prof. Patto, a quem também tenho como amigo, expresso minha imensa gratidão por toda a orientação, disponibilidade e ensinamentos ao longo da residência. Seus ensinamentos vão além da anestesiologia, contribuindo de forma significativa para minha formação profissional e pessoal. Agradeço imensamente a oportunidade concedida, pois, mesmo sem me conhecer, confiou em mim e me deu a oportunidade de realizar a residência. Pessoa justa, de coração imenso e sempre com um sorriso acolhedor.

À Beatriz, minha eterna dupla da 'ciru', um verdadeiro presente da residência. Mesmo à distância, esteve sempre presente, fortalecendo uma amizade que levarei para toda a vida. À Ana, minha eterna R2, agradeço a ajuda, ensinamentos e conselhos. Minha inspiração de anestesista cuidadosa e dedicada.

Aos funcionários do Hospital Veterinário, que sempre me trataram com carinho e respeito, em especial à Marilda, Cleo, Silvinha, Thalana, Lívia e Tiago. Às preceptoras Laís e Jady, por todo o ensino, por me manter atualizada, pela atenção e

confiança depositada em mim. Aos mestrandos Beatriz, Fabio e Ana obrigada por toda ajuda e parceria durante as aulas práticas e rodízios.

Aos estagiários curriculares Nathália e Mário e à doutoranda Giovana, vocês não imaginam a relevância que tiveram no meu início, quando eu me encontrava perdida em um ambiente até então desconhecido. Serei eternamente grata pelo apoio e paciência. Aos estagiários da UNESP – FMVA, em especial a Ana Kelly, Melissa, Natália, Nicolas e Bruno, agradeço o carinho, ajuda, pelas risadas e pelos momentos de leveza ao longo da residência

À médica veterinária Rosana, que, antes mesmo de eu cursar Medicina Veterinária, já tornava meus sonhos possíveis por meio do trabalho voluntário. Ao Rodrigo, meu amigo, como diz minha mãe, o filho que ela não teve. Seu apoio constante foi essencial e, sem você, nada disso seria possível.

Aos professores com quem tive a honra de conviver ao longo da residência e pelos quais guardo grande admiração e respeito, em especial à professora Flávia e ao professor Wagner.

Ao Prof. Igor, por todo o cuidado e apoio em um dos momentos mais difíceis vividos ao longo da residência, a perda da minha Pitty, bem como pelos valiosos ensinamentos em pacientes com comorbidades, nos quais o conhecimento em clínica médica mostrou-se de suma importância na anestesia.

À Professora e Coordenadora da Residência MEC, Daniela, expresso minha sincera gratidão pelo apoio e disponibilidade ao longo de toda a residência. Sua atuação foi fundamental para o bom andamento do programa, sempre com atenção e compromisso com a formação profissional e humana dos residentes. Agradeço por nos auxiliar sempre que necessário e por nos lembrar da importância do equilíbrio entre a vida profissional e pessoal.

Aos animais que estiveram sob meus cuidados ao longo da Residência, contribuindo para meu aprendizado e aos quais, por meio da anestesiologia, pude oferecer conforto, segurança e bem-estar. Agradeço também aos tutores pela confiança depositada em mim.

Por fim, agradeço ao Setor de Anestesiologia, à Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, ao Ministério da Educação (MEC) e Ministério da Saúde pela oportunidade.

RESUMO

A produção de resíduos hospitalares é uma preocupação abrangente e crescente, sendo cada vez mais o foco de debates e propostas. É fato que a destinação desses resíduos é desafiadora frente aos diferentes materiais produzidos em ambiente clínico-hospitalar e somado a esse fator, os resíduos gerados pelos anestésicos evidenciam ainda mais essa preocupação, principalmente em virtude da utilização de agentes inalatórios (gases) que resultam em produtos potencialmente nocivos e de difícil tratamento devido à sua condição de gás, podendo portanto representar um desafio ainda maior na contenção, tratamento, descarte e conscientização. O cenário em medicina veterinária pode ser ainda mais complexo em virtude das diferentes espécies envolvidas e dos múltiplos cenários de ambientes hospitalares encontrados no território brasileiro. Frente a essa variabilidade de fatores e condições, com essa revisão de literatura objetivou-se elencar os riscos e desafios inerentes aos resíduos hospitalares, com especial enfoque nos gerados pelos Serviços de Anestesiologia, somados ainda aos riscos operacionais presentes, a fim de elucidar os pontos críticos e destacar as atualidades nos quesitos investigados.

Palavras-chave: anestésicos inalatórios; hospitais veterinários; resíduos de serviços de saúde; riscos ocupacionais; segurança ocupacional.

ABSTRACT

The production of hospital waste is a broad and growing concern, increasingly becoming the subject of debates and proposals. However, the disposal of such waste remains challenging due to the wide variety of materials produced in clinical and hospital settings. In addition, both material and immaterial waste generated by anesthetic procedures further highlight this issue, particularly because of the use of inhalation agents that result in potentially harmful byproducts which, due to their intangible nature, may represent an even greater challenge for containment and awareness. The scenario in veterinary medicine can be even more complex, given the different species involved and the multiple types of hospital environments found across Brazil. Considering this variability of factors and conditions, the aim of this literature review was to outline the risks and challenges inherent to hospital waste, with a special focus on those generated in anesthesiology, while also addressing the operational risks posed to practitioners and individuals in contact, in order to elucidate critical points and highlight current developments in the investigated aspects.

Keywords: inhalation anesthetics; veterinary hospitals; healthcare waste; occupational risks; occupational safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resíduo reciclável descartado de forma incorreta no Hospital Veterinário da UNESP – FMVA, localizado na Rua Clóvis Pestana, nº 793, Araçatuba – SP	16
Figura 2 – Descarte inadequado de resíduo reciclável, com mensuração de peso e consequente geração de custos para o Hospital Veterinário da UNESP/ FMVA, localizado na Rua Clóvis Pestana, nº 793, Araçatuba – SP	17
Figura 3 – Implantação de microchip realizado sob indução e manutenção anestésica com isoflurano por meio de máscara em jandaia	22
Figura 4 – Indução da anestesia com isoflurano por meio de máscara em ganso.....	22
Figura 5 – Resultados de busca no site PubMed com os termos “anestesia”, “occupational” e “risk”, em conjunto, revelando resultado de 733 publicações, com maior frequência direta nos últimos seis anos	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Demonstração de concentrações máximas (ppm) permitidas por país para profissionais da saúde com exposição crônica aos gases anestésicos por dia	31
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RRS	Resíduos de serviços de saúde
ISO	Isoflurano
SEVO	Sevoflurano
N ₂ O	Óxido Nitroso
DES	Desflurano
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
ASA	Sociedade Americana de Anestesiologistas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE	15
3	RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE EM MEDICINA VETERINÁRIA	18
3.1	RSS FARMACOLÓGICOS	19
4	RESÍDUOS ANESTÉSICOS.....	21
4.1	RESÍDUOS ANESTÉSICOS MATERIAIS.....	23
4.2	RESÍDUOS ANESTÉSICOS INALATÓRIOS.....	25
5	RISCOS À SAÚDE OCUPACIONAL	27
6	PERSPECTIVAS FUTURAS	31
7	CONCLUSÃO.....	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a produção de resíduos sólidos é antiga e multinacional, sendo alvo de debates constantes. Esse assunto não diz respeito apenas à manutenção do meio ambiente, mas também se trata de uma questão de saúde pública, visto a possibilidade de contaminação do solo, de mananciais e da chegada de tais resíduos, de forma direta ou indireta, ao contato humano. No território brasileiro não é diferente, as diretrizes mais atuais para a melhoria na destinação de resíduos são provenientes da Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei n. 12.305, de agosto de 2010 (Brasil, 2010), a qual foi responsável pela modificação da lei previamente existente, de 1998. A lei vigente pretende potencializar a destinação correta de resíduos em solo brasileiro, com especial enfoque às instalações de processamento e reaproveitamento de lixo em detrimento da utilização de descarte a céu aberto, principalmente enfatizando a importância dessas atualizações no impacto à saúde pública (Brasil, 2010), entretanto, a realidade dos resíduos gerados e processados em solo brasileiro ainda preocupa.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apontam especial preocupação com a destinação correta de resíduos sólidos, especialmente nas regiões Norte e Nordeste do território brasileiro. Até o ano de 2023, quase 32% dos municípios brasileiros utilizavam lixões a céu aberto como método de descarte de resíduos, enquanto cerca de 60% apresentavam métodos de coleta seletiva (IBGE, 2024). Embora tais dados generalizem os resíduos sólidos, não especificando resultados de lixos hospitalares, pode-se pressupor que as métricas devem seguir um paralelismo de geração de lixo, visto que alguns resíduos hospitalares são tratados apenas como resíduos sólidos.

Amparado na Lei nº 12.305/2010, os resíduos hospitalares são classificados como resíduos de serviços de saúde e sofrem determinações e diretrizes baseadas, principalmente, em normas técnicas definidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2013, 2016, 2020), Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (Brasil, 2018) e Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (Brasil, 2005). Entretanto, as instruções vigentes focam-se nos resíduos sólidos, principalmente, não havendo uma regulamentação e direcionamento pertinentes aos resíduos anestésicos voláteis, por exemplo. Portanto, a elucidação desses riscos ocupacionais é crescente e origina diversos estudos, devendo ser elencada de forma

pertinente para que possa ganhar conhecimento do público, conforme a sequência desta revisão.

2 RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

Os resíduos de serviços de saúde (RSS) são caracterizados como todos aqueles gerados por estabelecimentos prestadores de serviços e assistência médicas, sanitárias ou similares, provenientes de hospitais, unidades ambulatoriais de saúde, clínicas e consultórios médicos e odontológicos, farmácias, laboratórios de análises clínicas e patológicas, bancos de sangue e leite, bem como clínicas veterinárias ou quaisquer outros estabelecimentos que produzam resíduos biológicos e/ou direta ou indiretamente a eles relacionados (André; Veiga; Takayanagui, 2016). Por apresentarem elevado potencial de danos à saúde pública por contaminação e disseminação de agentes patogênicos, apresentam instruções de manejo diferentes dos demais resíduos sólidos.

A Resolução do CONAMA n. 358, de 29 de abril de 2005, dispõe sobre o tratamento e destinação final desses resíduos (Brasil, 2005). Essa resolução evidencia a necessidade de os ambientes de serviços em saúde gerarem o próprio plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, obedecendo às demais normas de vigilância sanitária e leis estaduais e municipais, devendo ser elaborado por um profissional responsável técnico habilitado, além de apresentar relatórios anuais da produção e destinação de tais resíduos. Ainda, esta resolução apresenta a classificação de risco dos resíduos, determina a sua separação conforme a classificação, bem como as formas desejáveis de tratamento de acordo com os riscos ambientais e biológicos de cada produto previamente ao seu descarte.

A ANVISA também apresenta parecer técnico acerca desses resíduos a partir da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n. 222, de 28 de março de 2018 (Brasil, 2018), visando à regulamentação e boas práticas de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde, complementando e reforçando informações contidas na resolução do CONAMA. Ressalta-se que os resíduos que não apresentam riscos biológicos, sanitários, químicos ou radiológicos poderão ser encaminhados para reciclagem e/ou descarte em aterros sanitários, desde que sejam resíduos "comuns" (Brasil, 2018). Esses direcionamentos e classificação de risco também são encontrados na NBR 12808 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2016), enquanto as NBRs 12809 e 12810 (ABNT, 2013, 2020) tratam do manuseio e da coleta dos resíduos de serviços de saúde, respectivamente.

Em suma, os documentos se complementam e fornecem informações a fim de direcionar o tratamento dos resíduos em ambiente hospitalar, com enfoque especial à separação do descarte de acordo com sua classificação de risco, à necessidade de contratação de empresas especializadas no tratamento prévio ao descarte, bem como à mitigação dos riscos relacionados à contaminação ou acidentes físicos envolvendo os manipuladores e o meio ambiente.

A geração de lixo hospitalar pode estar diretamente relacionada com o desenvolvimento econômico do país, uma vez que países desenvolvidos tendem a gerar maior quantidade de resíduo hospitalar em virtude da maior adoção de materiais descartáveis quando comparados a estabelecimentos de saúde de países menos desenvolvidos (André; Veiga; Takayanagui, 2016). No Brasil, há uma média de produção diária de, aproximadamente, 675 kg de resíduos de serviços de saúde por hospital humano, representando uma média de 4,2 kg de lixo por dia por leito de paciente (André; Veiga; Takayanagui, 2016). Ainda, deve-se considerar que o lixo contabilizado leva em conta resíduos comuns recicláveis, resíduos biológicos e químicos. Conforme ilustrado na Figura 1, a deficiência no processo de separação dos resíduos e/ou a contaminação acidental de resíduos comuns com material biológico ou químico representam uma importante preocupação, uma vez que esses resíduos passam a necessitar de descarte conforme o agente contaminante, onerando o estabelecimento de saúde (Brasil, 2018; Valério; Castanheira, 2013). Esse impacto é evidenciado na Figura 2.

Figura 1 - Descarte inadequado de resíduos comuns juntamente com resíduos contaminados no Hospital Veterinário da UNESP – FMVA, localizado na Rua Clóvis Pestana, nº 793, Araçatuba – SP.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura 2 - Descarte inadequado de resíduos comuns juntamente com resíduos contaminados com mensuração de peso e consequente geração de custos para o Hospital Veterinário da UNESP/ FMVA, localizado na Rua Clóvis Pestana, nº 793, Araçatuba – SP.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Outro importante ponto a ser destacado refere-se à incorreta destinação de resíduos biologicamente contaminados. Estima-se que apenas 30% do RSS biologicamente contaminado sofre o destino correto com incineração (Agência Brasil, 2023). Tais pontos levantados demonstram que, mesmo com as legislações e normativas vigentes, as falhas na correta destinação de RSS são evidentes e precisam ser destacadas para fomentar a melhoria do cenário nesse âmbito.

3 RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE EM MEDICINA VETERINÁRIA

As legislações, resoluções e normas técnicas brasileiras tratam os resíduos gerados em ambientes veterinários de forma igualitária aos produzidos por estabelecimentos humanos e, portanto, devem seguir as mesmas premissas e diretrizes (Brasil, 2018). O manejo e o tratamento dos resíduos de serviços de saúde (RSS) em ambientes veterinários apresentam elevada relevância sob as perspectivas ambiental, animal e humana. Além de compartilharem riscos ambientais semelhantes aos observados nos serviços de saúde humana, os resíduos veterinários representam riscos aos profissionais que os manipulam ou que entram em contato indireto com esses materiais, bem como aos demais animais expostos (Koytcheva *et al.*, 2021).

Estudos envolvendo estabelecimentos veterinários brasileiros no quesito de RSS sugerem dados alarmantes. Reis *et al.* (2013) identificaram que apenas 30,6% dos veterinários possuem conhecimento acerca das instruções e legislações destinadas ao controle de RSS gerados por clínicas e hospitais veterinários, bem como apenas 19,4% possuíam contratos com empresas especializadas no tratamento e descarte de resíduos contaminantes, e uma parcela de menos de 3% elaborou o plano de gerenciamento de RSS. Já um estudo direcionado a um hospital escola foi capaz de evidenciar que a separação e destinação dos RSS não seguia as diretrizes normatizadas pela ANVISA e ABNT, bem como estimou-se que, caso o protocolo de separação de materiais de acordo com o nível de risco fosse praticado da forma correta, poderia haver uma redução média de 58% nos RSS gerados, culminando em maior aproveitamento de outros materiais por reciclagem, bem como redução dos custos operacionais de descarte desses resíduos (Roeder-Ferrari; Andriguetto Filho; Ferrari, 2008).

Entretanto, apesar da importância dos RSS veterinários no cenário mundial, suas métricas, estudos, considerações e impactos são pobremente avaliados quando comparados aos advindos da prática humana, fato que levou os autores a encorajarem fortemente a realização de novos estudos focados nos resíduos gerados em estabelecimentos veterinários (Koytcheva *et al.*, 2021). Assim, a falta de conhecimento acerca do tema, bem como a fiscalização por vezes insuficiente, favorece a destinação incorreta de RSS de estabelecimentos veterinários (Mclean; Watson; Muswema, 2007).

Os resíduos de serviços de saúde (RSS) sólidos, conforme demonstrado nos parágrafos anteriores, são amplamente reconhecidos por seus impactos ao meio ambiente e à saúde pública. Em razão da materialização mais evidente de seus danos, esses resíduos tendem a despertar maior preocupação da população em geral. Contudo, é igualmente fundamental atentar para os resíduos farmacológicos gerados nos estabelecimentos de saúde veterinários, que também representam riscos significativos.

3.1 RSS FARMACOLÓGICOS

O descarte incorreto de fármacos pode causar contaminações de solos, fontes de água, dentre outros, que poderão afetar indiretamente outros animais e até mesmo humanos (Oliveira *et al.*, 2019). O descarte incorreto de fármacos antimicrobianos, além de causar contaminações, representa um sério risco à saúde pública em virtude da criação de resistência aos antimicrobianos de forma descontrolada (Menzir; Adeladlw, 2022). A ausência de materialidade do impacto ambiental e de saúde causado por esses contaminantes pode ser o fator determinante para a menor preocupação com essa modalidade de contaminação. Ademais, a reduzida fiscalização em ambientes veterinários, bem como o fácil acesso a esses compostos por leigos, podem ser pontos críticos a potencializarem esses hábitos.

O descarte farmacológico em drenagens não tratadas favorece a contaminação de fontes de água potável (Menzir; Adeladlw, 2022). As recomendações de legislação e instruções normativas direcionam a dispensação de resíduos líquidos em redes de esgotos submetidas ao tratamento sanitário antes de serem devolvidas ao meio ambiente quando se trata de substâncias inertes. Ainda, caso haja risco à saúde ou meio ambiente por potencial biologicamente nocivo, recomenda-se que haja tratamento prévio por empresa certificada antes que a substância seja dispensada nas redes hídricas certificadas (Brasil, 2018). Entretanto, o descarte irregular poderá favorecer a presença desses contaminantes em águas utilizadas para consumo direto, irrigação de solos e culturas, bem como alimentação animal, ocasionando consumo humano e/ou animal de forma direta ou indireta, predispondo mecanismos diversos de reações colaterais (Alam; Ahmade, 2013).

Os efeitos tóxicos dos fármacos podem ser os mais diversos e dependem diretamente do composto descartado de forma irregular (Menzir; Adeladlw, 2022). A

presença de repelentes, hormônios e antibióticos já foi previamente constatada como fonte de contaminação ambiental, ocasionando prejuízos ao meio ambiente, por meio da contaminação do solo e de culturas agrícolas, além de impactar negativamente as populações de organismos aquáticos e a vida marinha (Kinney *et al.*, 2006; Kolpin *et al.*, 2002).

Entretanto, a presença de resíduos de antibióticos em fontes de água surge como uma preocupação de maior relevância no cenário ambiental e de saúde pública pois, além de potencializar processos de disbioses ambientais, também são fortemente relacionados com os mecanismos de resistência aos antimicrobianos e surgimento das superbactérias (Kinney *et al.*, 2006; Kolpin *et al.*, 2002; Menzir; Adeladlw, 2022).

Portanto, os aspectos relacionados aos resíduos em serviço de saúde veterinária são muito abrangentes e não se restringem somente à produção de lixo. Dentre todos os seus aspectos, os cenários de saúde pública e meio ambiente são diretamente afetados, gerando impactos diretos e indiretos à saúde humana, animal e ambiental (One Health) ao mesmo tempo. Assim, a preocupação e a vigilância devem ser multimodal e multidirecional. Em adição à contaminação de solos e água, há a preocupação com a contaminação do ar, especialmente secundária aos fármacos anestésicos, gerando consequências aos seres vivos (Menzir; Adeladlw, 2022). Os aspectos relacionados aos potenciais efeitos dos fármacos anestésicos serão discutidos nos tópicos subsequentes.

4 RESÍDUOS ANESTÉSICOS

Como elucidado nos tópicos anteriores, a produção de RSS é elevada e demanda muito esforço para mitigar seus efeitos nocivos sobre o meio ambiente e seres humanos indiretamente envolvidos, ou até mesmo aqueles diretamente envolvidos no manuseio e destinação desses resíduos. Além dos resíduos sólidos, os resíduos farmacológicos são de suma importância, além dos antibióticos, os fármacos anestésicos representam um amplo impacto e grande preocupação frente às suas possíveis consequências, como ressaltado pela Sociedade Americana de Anestesiologistas (ASA). Cabe ressaltar que, quando se trata de resíduos farmacológicos anestésicos, a tratativa pode estar relacionada com fármacos líquidos e, até mesmo, voláteis, resultando em contaminação do ar por gases (ASA, 2024).

A despeito da produção de resíduos em medicina veterinária ser pouco estudada ou elucidada frente aos gerados por estabelecimentos humanos, a avaliação de resíduos contaminantes anestésicos é, surpreendentemente, um dos pontos de destaque para pesquisas (Koytcheva *et al.*, 2021). Ademais, os gases anestésicos utilizados são semelhantes, e os efeitos em ambas as especialidades podem ser transladados.

Em medicina veterinária, os riscos de contaminação do profissional anestesista parecem ser maiores do que os de profissionais dedicados à saúde humana. Esse fato deve-se, principalmente, à ocorrência de circuitos anestésicos abertos ou semiabertos destinados ao uso em pequenos animais. O circuito aberto, popularmente conhecido como "Baraka" (Baraka, 1969), tem ampla aplicabilidade clínica, especialmente em pacientes com até 5 kg de peso vivo, faixa de peso essa que apresenta cada vez maior presença na rotina clínica de clínicas e hospitais veterinários. Entretanto, possui a desvantagem de promover a liberação de gases anestésicos no ambiente, favorecendo o contato e inalação do operador e demais pessoas presentes no ambiente de centro cirúrgico (Baraka, 1969).

Ainda, a anestesia em animais silvestres pode favorecer ainda mais a liberação de gases anestésicos no ambiente. A maioria desses animais é elegível à anestesia por meio de circuito aberto ou máscara, conforme ilustrado na Figura 3. Além disso, muitos também necessitam de contenção química com o uso de agentes anestésicos inalatórios para sedação, conforme demonstrado na Figura 4, o que

favorece a inalação desses gases pelos operadores. Nesses casos, recomenda-se a utilização de caixas adaptadas para a indução anestésica (Pal *et al.*, 2025).

Figura 3 – Implantação de microchip realizado sob indução e manutenção anestésica com isoflurano por meio de máscara em jandaia.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura 4 – Indução da anestesia com isoflurano por meio de máscara em ganso.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

No ambiente de centro cirúrgico veterinário, especialmente no de pequenos animais onde adota-se o uso de circuitos anestésicos abertos ou semiabertos, é esperado que haja poluição ambiental com o gás utilizado para manutenção

anestésica. Especialmente, espera-se que as áreas próximas ao aparelho anestésico e mesa cirúrgica sejam as mais afetadas, apresentando maiores concentrações de gases no ar (Figueiredo *et al.*, 2021). Notoriamente, são as áreas de maior ocupação pelo pessoal da equipe cirúrgica e anestésica, indicando a necessidade de preocupação e cuidados acerca deste tema. Ainda, a concentração do gás no lado oposto ao aparelho no centro cirúrgico tende a aumentar exponencialmente de acordo com o tempo anestésico, especialmente aos 30 e 120 minutos de anestesia (Figueiredo *et al.*, 2021), evidenciando que, além da equipe diretamente envolvida na cirurgia e anestesia, todos os presentes poderão ser afetados pela inalação do gás anestésico residual.

Os efeitos dos resíduos de gases anestésicos podem ser variados a depender da concentração inalada, frequência de exposição e tipo de gás, e seus efeitos são fortemente relacionados ao estresse oxidativo gerado quando entram em contato com tecidos vivos. Exposições crônicas podem induzir cefaleia, náusea e vômitos, cansaço, incoordenação e irritabilidade. Efeitos pós-exposição podem incluir toxicidade tecidual aos mais diversos órgãos, além de alterações cromossômicas e possível carcinogênese (Andrade; Dantas, 2015; Ayoğlu, H.; Ayoğlu, F., 2021; Nicholau; Arnold III, 2010). Ademais, a liberação ambiental desses resíduos pode causar impactos crônicos, especialmente relacionados aos danos sobre a camada de ozônio (Jones; West, 2019). Esses conhecidos efeitos chamam a atenção pela gravidade e, portanto, devem despertar o interesse da comunidade profissional para atenção e vigilância sobre os cuidados necessários para mitigar os efeitos dessa exposição.

4.1 RESÍDUOS ANESTÉSICOS MATERIAIS

No escopo desta revisão, os resíduos anestésicos materiais poderão ser divididos em duas categorias distintas. A primeira refere-se aos RSS derivados dos armazenamentos e produtos derivados de técnicas anestésicas. Nesse quesito, podemos considerar as embalagens de fármacos, materiais com resíduos orgânicos com potencial efeito biológico, como componentes de acessos venosos contendo sangue, bem como materiais perfurocortantes utilizados no processo. Esta primeira categoria, em virtude de tratar-se de RSS, deverá seguir as mesmas premissas discutidas nos tópicos anteriores relacionados a RSS, respeitando a possibilidade de

reciclagem, bem como a necessidade de descarte controlado, tratamentos prévios aos descartes ou incineração. Já a segunda categoria refere-se aos fármacos em si, em sua composição líquida e/ou liofilizada.

Os resíduos farmacológicos de anestésicos são pouco estudados, visto que o enfoque das pesquisas se refere, em sua maioria, aos efeitos dos gases anestésicos poluentes aos operadores e pacientes, entretanto, o cuidado também deve ser tomado com essa categoria. A principal forma de contaminação ambiental com tais resíduos farmacológicos se deve ao descarte irregular das substâncias, especialmente descartes diretos no solo, mananciais, ou em redes de esgoto sem o devido tratamento prévio (Menzir; Adeladlw, 2022). Assim como os demais resíduos farmacológicos, os anestésicos também poderão comprometer a saúde de seres vivos que façam contato direto ou indireto, comprometendo o ecossistema do ponto de vista ecológico e de saúde pública. Embora o efeito dos fármacos sobre seres vivos não seja completamente estimado em virtude da ausência de conhecimento de suas concentrações residuais em ambientes terrestres ou marinhos (Menzir; Adeladlw, 2022), seus efeitos também podem ser os mais diversos, podendo influenciar direta e indiretamente nas funções orgânicas ou reprodutivas no curto, médio ou longo prazos.

O anestésico propofol é o mais amplamente utilizado nos procedimentos anestésicos (Van Zundert, 2021), especialmente em anestesiologia veterinária, podendo ser empregado como agente indutor de anestesia e/ou para manutenção anestésica em infusão contínua. Entretanto, o descarte irregular deste agente pode trazer consequências catastróficas, visto ser um agente não biodegradável e tóxico para o ambiente aquático. Seus efeitos podem variar de espécie para espécie, causando desde inibição de crescimento em algas, até toxicidade aguda em crustáceos e peixes (Kostrubiak *et al.*, 2020). Tais efeitos são relacionados, especialmente, ao descarte irregular do propofol em lixo comum ou esgoto de água comum. Recomenda-se que este fármaco, assim como os demais, seja descartado conforme legislação em recipiente específico de atenção farmacológica, para que recebam tratamento químico de inativação previamente à incineração (Van Zundert, 2021).

Ainda, o profissional anestesista está predisposto à ocorrência de acidentes físicos envolvendo o contato direto de fármacos com a superfície corporal, especialmente a pele, podendo promover reações diversas, como hipersensibilidade,

irritação cutânea, alergias, queimaduras, dentre outros, a depender do agente com o qual se acidentou (Ayoğlu, H.; Ayoğlu, F., 2021).

4.2 RESÍDUOS ANESTÉSICOS INALATÓRIOS

A perda de gases anestésicos no ambiente é a maior preocupação frente aos resíduos farmacológicos, uma vez que a volatilidade dos componentes poderá causar a inalação direta por seus operadores e contactantes sem que haja percepção plena. A contaminação do ar poderá ocorrer de forma esperada quando se utiliza circuitos abertos ou semiabertos de anestesia (Ayoğlu, H.; Ayoğlu, F., 2021), especialmente envolvendo pacientes de menor porte. Entretanto, a perda de gases também pode ocorrer secundária aos déficits de manutenção de equipamentos anestésicos, deterioração de materiais plásticos condutores no aparelho e utilização de sonda endotraqueal sem cuff, por exemplo.

Os gases anestésicos empregados na anestesia inalatória sofreram modificações ao longo dos anos a fim de aumentar a segurança operacional e dos pacientes. Dentre os agentes inalatórios, podem ser destacados o óxido nitroso (N_2O), isoflurano (ISO), sevoflurano (SEVO) e desflurano (DES) (American Society of Anesthesiologists, 2024). Tais gases também podem colaborar para a poluição ambiental e atuar equivalentemente aos gases causadores do efeito estufa e gerar danos à camada de ozônio (Van Zundert, 2021). Estima-se que o impacto climático de um procedimento anestésico humano seja comparável à emissão de 22 kg de CO_2 , bem como que as emissões globais de gases anestésicos possam ser semelhantes ao impacto ambiental causado por uma usina termelétrica à carvão ou de um milhão de veículos automotores de passageiros (Sulbaek Andersen *et al.*, 2010).

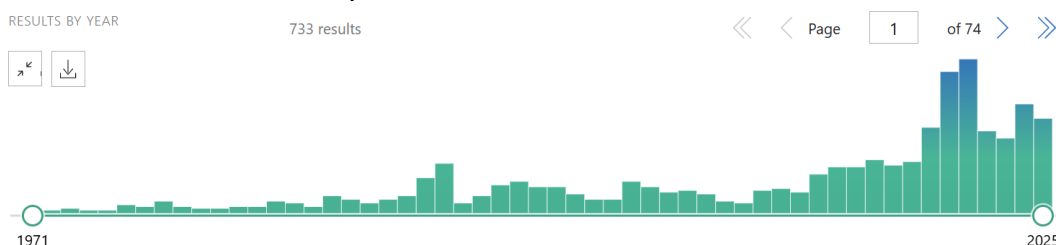
Dentre os gases anestésicos, N_2O e DES são os que apresentam maiores prejuízos ao meio ambiente. O DES necessita de maior concentração para manter a concentração alveolar mínima, fato que induz maior liberação de resíduo ao ambiente, podendo ser 50 vezes mais poluente em comparação ao SEVO. Já o N_2O , em virtude do seu maior potencial de gerar aquecimento global, gera maior quantidade de poluição total. Portanto, a utilização de DES e N_2O representa a modalidade mais alarmante de poluição ambiental dentro das opções empregadas atualmente na anestesiologia (Van Zundert, 2021). Oportunamente, para a medicina veterinária, os gases com maior frequência de uso são ISO e SEVO, com maior enfoque ao ISO

(Pokhrel; Grady, 2021). Do ponto de vista ambiental, há vantagem por serem agentes menos poluidores frente aos demais gases apresentados (Van Zundert, 2021), entretanto, do ponto de vista ocupacional, os riscos podem ser graves. Devido a importância desses riscos, estes serão expostos na sequência em um tópico especial.

5 RISCOS À SAÚDE OCUPACIONAL

Apesar dos grandes riscos relacionados ao profissional anestesiológico potencialmente causados pelos resíduos de gases anestésicos, poucos estudos são direcionados a essas tratativas ou elucidações. Em uma busca no PubMed utilizando os termos "anestesia", "occupational" e "risk", em conjunto, apenas 733 trabalhos retornam como resultado, tendo maior pico de publicações nos últimos seis anos (Figura 5).

Figura 5 – Resultados de busca no site PubMed com os termos “*anestesia*”, “*occupational*” e “*risk*”, em conjunto, revelando resultado de 733 publicações, com maior frequência direta nos últimos seis anos.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

O profissional anestesiológico, independentemente de ser atuante na área humana ou veterinária, está exposto a diversos riscos laborais, os quais podem ser classificados em cinco categorias (Ayoğlu, H.; Ayoğlu, F., 2021):

1. Fatores de segurança físicos, como radiação, ventilação, aquecimento, riscos elétricos, gases comprimidos, dentre outros;
2. Fatores químicos, que envolvem a exposição aos gases anestésicos;
3. Fatores biológicos, como exposição a agentes patogênicos, a exemplo de fungos e bactérias;
4. Fatores oriundos da profissão em si, como estresse laboral, alterações psicossociais e vício em drogas/fármacos;
5. Fatores ergonômicos e laborais, como violência, organização de fluxo de trabalho, modelo de trabalho e sobrecarga.

Portanto, a exposição aos resíduos de fármacos anestésicos representa apenas um dos tópicos de importância dentro da profissão. Apesar disso, com base nos argumentos utilizados nos tópicos anteriores desta revisão, é um dos itens de maior preocupação frente à profissão.

Em um ambiente de centro cirúrgico, espera-se que estejam presentes seis profissionais por cirurgia e que, no mínimo, 50% destes estejam diretamente expostos de forma contínua aos resíduos de gases anestésicos, enquanto 12% possuem exposições acima dos limites recomendados, especialmente causadas pelas falhas na ventilação do ambiente ou por defeitos oriundos dos equipamentos de anestesia (Perea *et al.*, 2018).

Uma revisão visando identificar alterações orgânicas em trabalhadores da área da saúde causadas por resíduos de gases anestésicos registrou que a maioria dos artigos relatam alterações nos sistemas renal, hepático, hematológico, neurológico, imunológico e reprodutivo (Teixeira *et al.*, 2023). A exposição crônica aos gases anestésicos pode aumentar a frequência de ocorrência de neoplasias em mulheres de 1,3 a 2 vezes quando comparadas ao grupo não exposto (ASA, 2024). Mesmo que a exposição aos gases seja feita de forma controlada e dentro dos limites diários estabelecidos, é esperado que haja aumento de trocas entre cromátides irmãs, indicando maior risco para genotoxicidade (Hoerauf *et al.*, 1999a).

Apesar da grande maioria dos estudos datarem dos últimos 20 anos, os dados ainda preocupam. A evolução dos fármacos anestésicos halogenados, bem como o entendimento de seus riscos e a evidente necessidade de cuidados individuais apontam para uma redução dos riscos ocupacionais. Entretanto, deve-se ressaltar que, nas décadas passadas, fármacos mais antigos eram utilizados e, potencialmente, oferecem maiores riscos aos operadores.

Revisões da década de 70 já apontavam para efeitos nocivos do halotano, gás anestésico popular à época (Chang, 1977). À época, efeitos nocivos relatados indicavam a ocorrência de nefrotoxicidade, neurotoxicidade e, com especial enfoque, à hepatotoxicidade. A exposição subclínica ao halotano, como frequentemente enfrentado pelos profissionais anestesiológicos, estaria potencialmente relacionada à degeneração hepática à nível celular. Ainda, efeitos nocivos e preocupantes do gás anestésico sobre a formação tecidual, especialmente de rins, fígados e sistema nervoso, foram destacados, demonstrando seus efeitos nocivos sobre a formação fetal e/ou pós-natal (Chang, 1977).

Modelos experimentais de exposição ao halotano durante a gravidez foram executados, evidenciando que as doses subanestésicas foram diretamente correlacionadas a não implantação do embrião e/ou morte embrionária e fetal. Ainda,

o estudo evidenciou que indivíduos machos expostos cronicamente ao halotano apresentaram redução substancial na taxa de fertilidade (Popova *et al.*, 1979).

Com as evidências observadas relativas aos efeitos tóxicos do halotano e o risco ocupacional causado aos profissionais, novos gases anestésicos halogenados foram desenvolvidos a fim de mitigar os efeitos sobre os operadores e, também, sobre os pacientes. Assim, surgiram os gases enflurano, ISO, SEVO e DES. Embora mais seguros em comparação ao halotano, ainda apresentam limitações e foram alvos de estudos a fim de elucidar os pontos negativos relacionados ao seu uso (Vandroux; Nathan, 2025).

Paes (2013) avaliou o efeito de estresse oxidativo e de genotoxicidade dos gases anestésicos ISO, SEVO e N₂O em profissionais da saúde, comparado a pessoas que não tinham contato direto com os gases. Como resultado, identificou-se que os resíduos de anestésicos foram capazes de gerar alterações genéticas em todos os expostos aos 08, 16 e 22 meses de exposição, a partir da identificação da quebra de fitas de DNA. Ademais, alterações de estresse oxidativo também puderam ser notadas, especialmente aos 16 meses de exposição em relação à redução de proteínas carboniladas, bem como aos 22 meses com aumento da identificação de grupos tióis, onde em ambos os momentos a enzima glutathione peroxidase também esteve aumentada, possivelmente pelo maior processo oxidativo identificado em cada profissional de saúde. Dessa forma, verificou-se que a exposição crônica aos resíduos de gases anestésicos em profissionais pode, de fato, levar a alterações de quebra de DNA, bem como aumentar o estresse oxidativo orgânico ocupacional (Paes, 2013).

Em um estudo conduzido em profissionais veterinários em ambiente de centro cirúrgico expostos aos resíduos de gases anestésicos, especialmente N₂O e ISO, verificou-se que houve aumento significativo de troca entre cromátides irmãs em linfócitos de sangue periférico (Hoerauf *et al.*, 1999b). Por outro lado, Pokhrel e Grady (2021) realizaram um levantamento literário e correlacionaram dados com a exposição de profissionais veterinários ao ISO. Como resultado, identificaram que o sistema nervoso foi o principal alvo de eventos nocivos do fármaco, além de apresentar reações dose-dependentes nos sistemas cardiovascular e respiratório. Ademais, em virtude do potencial em atravessar a barreira uteroplacentária, destacou-se o potencial mutagênico deste anestésico sobre os fetos de profissionais grávidas, com risco de malformações congênitas nas semanas iniciais de gestação. Por fim, os autores

concluíram que o risco de doenças não carcinogênicas relacionadas ao ISO é alto e que seu uso deve ser minimizado (Pokhrel; Grady, 2021).

Apesar do esperado efeito transplacentário do ISO e seu potencial mutagênico, ainda se busca evidências concretas acerca dos efeitos diretos sobre o embrião nas fases iniciais de gestação, sendo ainda alvo de estudos em execução (Silva; Castro; Emanuelli, 2021). Já considerando-se todos os potenciais efeitos dos gases anestésicos sobre as profissionais grávidas, podem ocorrer alterações mutacionais no feto, com gravidade a depender da fase de gestação, aborto espontâneo, indução de disfunções cognitivas no desenvolvimento pós-natal, dentre outros aspectos (Mangla; Singla, 2023).

Um levantamento realizado por Varandas (2024), somente com profissionais de medicina veterinária, revelou que a preocupação com a proteção individual correta contra a inalação de resíduos de gases anestésicos somente foi identificada em profissionais gestantes, enquanto quase 50% do público geral desconhece os riscos e/ou legislações acerca desse assunto. Ainda, foi possível observar que, aproximadamente, somente 48% dos ambientes de centro cirúrgico possuíam ventilação adequada para impedir a concentração de resíduos de gases anestésicos, enquanto somente cerca de 30% das salas de recuperação de pacientes eram ventiladas corretamente (Varandas, 2024). Tais pontos reforçam que os profissionais médicos-veterinários podem ser mais expostos aos resíduos de gases anestésicos, seja pelo menor conhecimento acerca do tema, menor fiscalização dos serviços públicos frente às instalações físicas e de equipamentos, bem como para redução de custos operacionais.

6 PERSPECTIVAS FUTURAS

Considerando os potenciais efeitos nocivos dos resíduos de gases anestésicos é desejável que formas de eliminar ou mitigar a propagação de resíduos sejam adotadas (ASA, 2024). Portanto, todas as manobras e procedimentos anestésicos que visem reduzir o requerimento de agentes de manutenção anestésica inalatórios são desejáveis quando aplicáveis. Isso posto, a utilização de bloqueios locorregionais, infusões contínuas e ou manutenção anestésica parcial ou total com infusão intravenosa contínua de fármacos podem ser desejáveis de acordo com a demanda de cada paciente e procedimento (ASA, 2024).

Diversos países limitam a exposição diária de seus profissionais da saúde aos gases anestésicos (Ayoğlu, H.; Ayoğlu, F., 2021), entretanto ainda não há um consenso acerca da quantidade diária aceitável para exposição, apresentando discrepâncias nos valores tolerados. Os valores máximos tolerados por região geográfica podem ser identificados na Tabela 1. Embora tais valores sejam sumariamente relacionados aos profissionais da medicina, quando se considera a medicina veterinária a extrapolação dos resultados de exposição tolerável torna-se dificultosa, uma vez que não há uma legislação trabalhista que determine a mensuração nesses profissionais anestesiológicos, as modalidades de uso de tais gases anestésicos podem ser diferentes (e até maiores, frente a maior casuística de circuitos abertos e semiabertos), bem como a jornada de trabalho volante torna esse processo ainda mais dificultoso.

Tabela 1 - Demonstração de concentrações máximas (ppm) permitidas por país para profissionais da saúde com exposição crônica aos gases anestésicos por dia.

País/Agência	Óxido nítrico	Halotano	Enflurano	Isoflurano	Sevoflurano	Desflurano
EUA/NIOSH ¹	25	2	2	2	2	2
EUA/ACGIH ²	50	75	-	-	-	-
Áustria	100	5	-	-	-	-
Dinamarca	100	5	2	-	-	-
França	100	2	-	-	-	-
Alemanha	100	5	20	-	-	-
Reino Unido	100	10	50	50	-	-
Itália	100	-	-	-	-	-
Noruega	100	5	2	2	-	-
Suécia	100	5	10	10	-	-
Suíça	100	5	10	10	-	-

Fonte: Adaptado de Ayoğlu, Ayoğlu, 2021.

Legenda: ¹ Estados Unidos da América / Instituto nacional de saúde e segurança ocupacional; ² Estados Unidos da América / Conferência Americana de Higienistas Ocupacionais Governamentais.

Jones e West (2019) discutiram os impactos ambientais e a sustentabilidade na anestesiologia veterinária, especialmente relacionada à utilização de N₂O e ISO. As alternativas propostas para a redução da emissão dos resíduos foram: utilização de agentes sequestradores de carbono em circuitos fechados ou semiabertos, como a cal sodada, por exemplo, e adoção de técnicas de anestesia geral intravenosa (Jones; West, 2019). Ademais, os autores também propuseram métodos de mitigar os efeitos relacionados aos resíduos de serviços de saúde na anestesiologia veterinária, como, por exemplo, incentivar a segregação dos resíduos, especialmente aqueles recicláveis, utilização de baterias recarregáveis em equipamentos anestésicos em detrimento de baterias descartáveis e adoção de materiais reutilizáveis (Jones; West, 2019).

Considerando-se o potencial mutagênico, teratogênico e abortivo dos resíduos de gases anestésicos sobre as profissionais em gestação, sugere-se, portanto, cuidado extremo para profissionais com possibilidade, suspeita ou confirmação de gravidez, uma vez que o risco é iminente. Para ocasiões em que profissionais de centro cirúrgico em período gestacional precisem atuar, recomenda-se fortemente abandonar anestésicos voláteis e adotar protocolos anestésicos injetáveis (Detôni, 2018).

Assim sendo, levando-se em conta todos os riscos ambientais e ocupacionais que podem ser direta e indiretamente relacionados aos resíduos de gases anestésicos, White e Shelton (2020) sugeriram, em uma revisão de literatura, que haja uma substituição gradual do uso de anestesia inalatória pela anestesia total intravenosa até que seja possível abandonar completamente o uso de fármacos inalatórios. Embora os autores tenham destacado que tal processo precise de tempo para ocorrer por completo e a dificuldade cultural, laboral e comercial em realizar essa modificação, as justificativas envolveram, além do risco ocupacional, especialmente o risco ambiental, considerando o aquecimento global como principal argumento, enfatizando os benefícios a longo prazo de tal mudança (White; Shelton, 2020).

Em contrapartida, cabe ressaltar que uma revisão sistemática conduzida por Garcia-Álvarez *et al.* (2023) indicou que a maioria dos estudos avaliando o efeito teratogênico direto dos gases anestésicos possui nível baixo de evidência científica e que, em sua maioria, não apresentam protocolos padronizados de avaliação. Ainda, destaca que, desde que utilizados da forma correta, em equipamentos com bom estado de conservação e manutenção, utilizando sistemas de filtragem de gases, e

em ambientes de centro cirúrgico equipados com sistemas adequados de ventilação, os gases anestésicos halogenados não estão associados a ocorrência de abortos espontâneos ou teratogenicidade (Garcia-Álvarez *et al.*, 2023). Portanto, a observação de protocolos e normas técnicas e obediência às recomendações de saúde pública podem ser peças-chave na mitigação dos efeitos nocivos dos gases anestésicos sobre seus operadores.

7 CONCLUSÃO

A produção de resíduos durante a execução de serviços de saúde é elevada e quando relacionada aos serviços veterinários pode ser ainda maior ou apresentar mais problemas, possivelmente em virtude da baixa fiscalização, mão de obra pouco qualificada para o manejo correto e separação dos resíduos, bem como falta de conhecimento profissional a respeito da importância do correto manejo desses resíduos.

Quando se leva em consideração os resíduos anestésicos, esses podem ser ainda mais preocupantes, visto a ocorrência exagerada de descarte irregular de fármacos e a poluição ambiental e populacional causada pelos resíduos de gases anestésicos. A redução de custos e o baixo conhecimento de profissionais médicos veterinários acerca do tema podem ser fundamentais para que tais resíduos gerem ainda mais riscos.

Portanto, medidas de conscientização para aumentar o conhecimento da comunidade e mitigar os efeitos dos resíduos anestésicos poderiam ser ações a serem tomadas a fim de reduzir os riscos ocupacionais aos profissionais veterinários, bem como reduzir os efeitos ambientais decorrentes de descartes irregulares de lixo hospitalar e farmacológico. Soma-se a isso o aumento da fiscalização da vigilância sanitária e Conselhos Regionais de Medicina Veterinária frente ao descarte desses resíduos também poderiam ser outra frente de ação, que juntas, são fundamentais para a resolução satisfatória no que tange o descarte de resíduos na execução de serviços de saúde.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Somente 30% do lixo hospitalar vai para incineração, aponta Abrelpe**. Brasília-DF: Agência Brasil, 4 out. 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2023-04/somente-30-do-lixo-hospitalar-vai-para-incineracao-aponta-abrelpe>. Acesso em: 20 ago. 2025.

ALAM, P.; AHMADE, K. Impact of solid waste on health and the environment. **International Journal of Sustainable Development and Green Economics**, Adiyaman, v. 2, n. 1-2, p. 165-168, 2013.

AMERICAN SOCIETY OF ANESTHESIOLOGISTS - ASA. **The environmental impact of inhaled anesthetics**. Schaumburg: ASA, 2024. Disponível em: <https://www.asahq.org/about-asa/governance-and-committees/asa-committees/environmental-sustainability/greening-the-operating-room/inhaled-anesthetics>. Acesso em: 20 ago. 2025.

ANDRADE, G. O.; DANTAS, R. A. Work-related mental and behaviour disorders in anesthesiologists. **Brazilian Journal of Anesthesiology**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 6, p. 504-510, 2015. DOI: 10.1016/j.bjane.2013.03.021.

ANDRÉ, S. C. S.; VEIGA, T. B.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Geração de resíduos de serviços de saúde em hospitais do município de Ribeirão Preto (SP), Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 123-130, 2016. DOI: 10.1590/S1413-41520201600100140092.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12808**: resíduos de serviços de saúde – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12809**: resíduos de serviços de saúde - Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde intraestabelecimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12810**: resíduos de serviços de saúde - Gerenciamento extraestabelecimento - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 12 p.

AYOĞLU, H.; AYOĞLU, F. N. Occupational risks for anaesthesiologists and precautions. **Turkish Journal of Anaesthesiology and Reanimation**, Istanbul, v. 49, n. 2, p. 93-99, 2021. DOI: 10.5152/TJAR.2020.219.

BARAKA, A. PCO₂ control by fresh gas flow during controlled ventilation with a semi-open circuit. **British Journal of Anaesthesia**, London, v. 41, n. 6, p. 527-530, 1969. DOI: 10.1093/bja/41.6.527.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **RDC n. 222/2018 comentada**. Brasília-DF: ANVISA, 11 jun. 2018. 61 p. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/publicacoes/rdc-222-de-marco-de-2018-comentada.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA n. 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília-DF, n. 84, p. 63-65, 4 maio 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=453. Acesso em: 20 ago. 2025.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília-DF, v. 147, n. 147, p. 3-7, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 20 ago. 2025.

CHANG, L. W. Pathologic changes following chronic exposures to halothane: a review. **Environmental Health Perspectives**, Research Triangle Park, v. 21, p. 195-210, 1977. DOI: 10.1289/ehp.7721195.

DETÔNÍ, P. Efeito do isoflurano no desenvolvimento embrionário pré-implantacional. **Anestesia em Revista**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 22-23, 2018.

FIGUEIREDO, D. B. S.; AUN, A. G.; LARA, J. R.; GAROFALO, N. A.; TEIXEIRA NETO, F. J.; BRAZ, L. G.; BRAZ, M. G. Measurement of anesthetic pollution in veterinary operating rooms for small animals: isoflurane pollution in a university veterinary hospital. **Brazilian Journal of Anesthesiology**, Rio de Janeiro, v. 71, n. 5, p. 517-522, 2021. DOI: 10.1016/j.bjane.2021.02.007

GARCÍA-ÁLVAREZ, J. M.; ESCRIBANO-SÁNCHEZ, G.; OSUNA, E.; MOLINA-RODRÍGUEZ, A.; DÍAZ-AGEA, J. L.; GARCÍA-SÁNCHEZ, A. Occupational exposure to inhalational anesthetics and teratogenic effects: a systematic review. **Healthcare**, Basel, v. 11, n. 6, art. 883, p. 1-11, 2023. DOI: 10.3390/healthcare11060883.

HOERAUF, K. H.; WIESNER, G.; SCHROEGENDORFER, K. F.; JOBST, B. P.; SPAECK, A.; HARTH, M.; SATOR-KATZENSCHLAGER, S.; RÜDIGER, H. W. Waste anaesthetic gases induce sister chromatid exchanges in lymphocytes of operating room personnel. **British Journal of Anaesthesia**, London, v. 82, n. 5, p. 764-766, 1999a. DOI: 10.1093/bja/82.5.764.

HOERAUF, K.; LIERZ, M.; WIESNER, G.; SCHROEGENDORFER, K.; LIERZ, P.; SPACEK, A.; BRUNNBERG, L.; NUSSE, M. Genetic damage in operating room personnel exposed to isoflurano and nitrous oxide. **Occupational and Environmental Medicine**, London, v. 56, n. 7, p. 433-437, 1999b. DOI: 10.1136/oem.56.7.433.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **MUNIC 2023**: 31,9% dos municípios brasileiros ainda despejam resíduos sólidos em lixões. Brasília-DF: Agência de Notícias do IBGE, 28 nov. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41994-munic-2023-31-9-dos-municipios-brasileiros-ainda-despejam-residuos-solidos-em-lixoes>. Acesso em: 20 ago. 2025.

JONES, R. S.; WEST, E. Environmental sustainability in veterinary anaesthesia. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, New York, v. 46, n. 4, p. 409-420, 2019. DOI: 10.1016/j.vaa.2018.12.008.

KINNEY, C. A.; FURLONG, E. T.; ZAUGG, S. D.; BURKHARDT, M. R.; WERNER, S. L.; CAHILL, J. D.; JORGENSEN, G. R. Survey of organic wastewater contaminants in biosolids destined for land application. **Environmental Science and Technology**, Washington-DC, v. 40, n. 23, p. 7207-7215, 2006. DOI: 10.1021/es0603406.

KOLPIN, D. W.; FURLONG, E. T.; MEYER, M. T.; THURMAN, E. M.; ZAUGG, S. D.; BARBER, L. B.; BUXTON, H. T. Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in US streams, 1999-2000: a national reconnaissance. **Environmental Science & Technology**, Washington-DC, v. 36, n. 6, p. 1202-1211, 2002. DOI: 10.1021/es011055j.

KOSTRUBIAK, M.; VATOVEC, C. M.; DUPIGNY-GIROUX, L. A.; RIZZO, D. M.; PAGANELLI, W. C.; TSAI, M. H. Water pollution and environmental concerns in anesthesiology. **Journal of Medical Systems**, New York, v. 44, n. 9, art. 169, p. 1-7, 2020. DOI: 10.1007/s10916-020-01634-2.

KOYTCHIEVA, M. K.; SAUERWEIN, L. K.; WEBB, T. L.; BAUMGARN, S. A.; SKEELS, S. A.; DUNCAN, C. G. A systematic-review of environmental sustainability in veterinary practice. **Topics in Companion Animal Medicine**, New York, v. 44, art. 100550, p. 1-8, 2021. DOI: 10.1016/j.tcam.2021.100550.

MANGLA, M.; SINGLA, D. Occupational risks to pregnant anesthesia trainees and physicians: are we ignoring something important? **Asian Journal of Anesthesiology**, Taipei, v. 61, n. 1, p. 1-13, 2023. DOI: 10.6859/aja.202303_61(1).0001.

MCLEAN, M.; WATSON, H. K.; MUSWEMA, A. Veterinary waste disposal: practice and policy in Durban, South Africa (2001-2003). **Waste Management**, New York, v. 27, n. 7, p. 902–911, 2007. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.05.004.

MENZIR, A. T.; ADELADLW, T. A. A Review on veterinary medical waste disposal and management. **CEOS Veterinary Medicine and Research**, Sheridan, v. 1, n. 1, p. 1-23, 2022.

NICHOLAU, D.; ARNOLD III, W. P. Environmental safety including chemical dependency. In: MILLER, R. D. (ed.). **Miller's Anesthesia**. 7. ed. Philadelphia: Churchill Livingstone, 2010. p. 3053-3073.

OLIVEIRA, K. S.; MORELLO, L.; OLIVEIRA, S. V.; AGOSTINETTO, L.; SILVA, B. F.; SIEGLOCH, A. E. Disposal of animal healthcare services waste in southern Brazil: One Health at risk. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 78-93, 2019. DOI: 10.1590/0103-11042019S306.

PAES, É. R. C. **Avaliação de genotoxicidade e estresse oxidativo em profissionais recém-expostos aos resíduos de gases anestésicos**. 2013. 66 f. Tese (Doutorado em Medicina) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina de Botucatu, Botucatu, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/106619>. Acesso em: 13 nov. 2025.

PAL, M.; BESHIR, M.; LEMMA, M.; MEKONNEN, M.; REGASSA, M.; BHARDWAJ, N. A Scooping review on anesthesia in wild animals. **Open Access Journal of Veterinary Science & Research**, Novi, v. 10, n. 1, art. 000281, p. 1-7, 2025. DOI: 10.23880/oajvsr-16000281.

PEREA, E.; TALAMBAS, S.; NUNES, R.; ROSA, P.; CARVALHO, J.; FONNEGRA, J.; POROVSKA, O.; INFANTE, J.; MANZANO, M. Exposição ocupacional a gases anestésicos no Centro Hospitalar Universitário de Lisboa Central, EPE. **Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional On Line**, Rio Tinto, v. 6, p. 1-12, 2018. DOI: 10.31252/RPSO.22.09.2018.

POKHREL, L. R.; GRADY, K. D. Risk assessment of occupational exposure to anesthesia Isoflurane in the hospital and veterinary settings. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 783, art. 146894, p. 1-13, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146894.

POPOVA, S.; VIRGIEVA, T.; ATANASOVA, J.; ATANASOV, A.; SAHATCHIEV, B. Embryotoxicity and fertility study with halothane subanesthetic concentration in rats. **Acta Anaesthesiologica Scandinavica**, Aarhus, v. 23, n. 6, p. 505-512, 1979. DOI: 10.1111/j.1399-6576.1979.tb01480.x.

REIS, M. A.; RANGEL-S., M. L.; MATTOS, C. M.; FRANKE, C. R. Conhecimento, prática e percepção sobre o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em estabelecimentos médicos veterinários de Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 14, n. 2, p. 287-298, 2013. DOI:

ROEDER-FERRARI, L. D.; ANDRIGUETTO FILHO, J. M.; FERRARI, M. V. Produção e manejo de resíduos sólidos de saúde no Hospital Veterinário da UFPR. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 26-30, 2008. DOI: 10.5380/avs.v13i1.11556.

SILVA, G. R. F.; CASTRO, R. C. F.; EMANUELLI, I. P. Efeito do isoflurano no desenvolvimento embrionário pré-implantacional. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA UNICESUMAR, 12., 2021, Maringá. **Anais [...]**. Maringá: UniCesumar, 2021. p. 1-5. Disponível em: <http://www.unicesumar.edu.br/epcc2021>. Acesso em: 3 set. 2025.

SULBAEK ANDERSEN, M. P.; SANDER, S. P.; NIELSEN, O. J.; WAGNER, D. S.; SANFORD JR., T. J.; WALLINGTON, T. J. Inhalation anaesthetics and climate change. **British Journal of Anaesthesia**, London, v. 105, n. 6, p. 760-766, 2010. DOI: 10.1093/bja/aeq259.

TEIXEIRA, F. A. S.; SILVA, G. M.; SARTORI, T.; COUTINHO, R. M. C.; ANANIAS, F. Exposição ocupacional aos resíduos anestésicos. **Revista Eletrônica Acervo Saúde - REAS**, São Paulo, v. 23, n. 4, art. e12378, p. 1-10, 2023. DOI: 10.25248/reas.e12378.2023.

VALÉRIO, M. C.; CASTANHEIRA, N. P. Análise quali-quantitativa do lixo produzido em hospital público do paraná: viabilidade econ mica através da correta segregação de materiais recicláveis. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 1-15, 2013. DOI: 10.22292/mas.v4i2.239.

VAN ZUNDERT, A. The green footprint of anaesthesia. **Anaesthesia Critical Care and Pain Medicine**, Issy-les-Moulineaux Cedex, v. 40, n. 4, art. 100872, p. 1-4, 2021. DOI: 10.1016/j.accpm.2021.100872.

VANDROUX, D.; NATHAN, N. Anestésicos halogenados. **EMC – Encyclopedie Medico-Chirurgicale. Anestesia-Reanimaci n**, Issy-les-Moulineaux Cedex, v. 51, n. 2, p. 1-23, 2025. DOI: 10.1016/S1280-4703(25)50395-X.

VARANDAS, C. S. R. **Avaliação do risco associado   manipulação de agentes anestésicos em profissionais das ciências veterinárias**. 2024. 119 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem Veterinária de Pequenos Animais de Companhia) – Instituto Politécnico de Portalegre, Escola Superior de Biociências de Elvas, Elvas, 2024. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.26/53046>. Acesso em: 13 nov. 2025.

WHITE, S. M.; SHELTON, C. L. Abandoning inhalational anaesthesia. **Anaesthesia**, London, v. 75, n. 4, p. 451-454, 2020. DOI: 10.1111/anae.14853.