

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS URUGUAIANA
PROGRAMA DE RESIDÊNCIA INTEGRADA EM MEDICINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE RESIDÊNCIA
RESÍDUOS DE GASES ANESTÉSICOS: SISTEMAS DE EXAUSTÃO E RISCOS
RELACIONADOS À EXPOSIÇÃO

Orientadora: Marília Teresa de Oliveira

Ana Paula Ibarra dos Santos

Uruguaiana, dezembro de 2017.

ANA PAULA IBARRA DOS SANTOS

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE RESIDÊNCIA
RESÍDUOS DE GASES ANESTÉSICOS: SISTEMAS DE EXAUSTÃO E RISCOS
RELACIONADOS À EXPOSIÇÃO**

Trabalho de Conclusão do Programa de
Residência Integrada em Medicina
Veterinária, Campus Uruguaiana da
Universidade Federal do Pampa.

Orientador: Marília Teresa de Oliveira

Uruguaiana

2017

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

d237r dos Santos, Ana Paula Ibarra
Resíduos de gases anestésicos: sistemas de exaustão e
riscos à exposição / Ana Paula Ibarra dos Santos.
25 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Especialização)--
Universidade Federal do Pampa, RESIDÊNCIA INTEGRADA EM
MEDICINA VETERINÁRIA, 2017.

"Orientação: Marília Teresa de Oliveira".

1. Anestesiologia. 2. Veterinária. 3. Resíduos. 4. gases.
I. Título.

ANA PAULA IBARRA DOS SANTOS

Trabalho de conclusão do curso de Residência Integrada em Medicina Veterinária, Campus Uruguaiana, da Universidade Federal do Pampa.

Área de concentração: Medicina de Animais de Companhia, com ênfase em Anestesiologia Veterinária.

Monografia apresentada e defendida em 06 de dezembro de 2017.

Profa. Dra. Marília Teresa de Oliveira
Orientadora / Universidade Federal do Pampa

Prof. Dr. Roberto Thiesen
Medicina Veterinária / Universidade Federal do Pampa

MsC. Inácio Manassi da Conceição Brandolt
Medicina Veterinária / Universidade Federal do Pampa

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	6
RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 SISTEMAS DE EXAUSTÃO DE GASES.....	10
2.1.1 SISTEMA ATIVO (ACTIVE SYSTEM)	11
2.1.2 SISTEMA PASSIVO (PASSIVE SYSTEM).....	12
2.2 INTERFACES	13
2.2.1 INTERFACE ABERTA.....	14
2.2.2 INTERFACE FECHADA	16
2.3 EXPOSIÇÃO AOS RESÍDUOS DE GASES ANESTÉSICOS E SEUS RISCOS	17
3. CONCLUSÃO	21
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de exaustão ativo vendido comercialmente no Brasil.....	11
Figura 2 – Desenho e medida (mm) da válvula de Venturi.....	13
Figura 3 – Ilustração de sistema passivo com válvula de Venturi na extremidade final.....	13
Figura 4 – Sistema de exaustão com interface aberta.....	15
Figura 5 – Sistema de exaustão com interface fechada.....	17

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Residência - Programa de Residência Integrada em
Medicina Veterinária Universidade Federal do Pampa

RESÍDUOS DE GASES ANESTÉSICOS: SISTEMAS DE EXAUSTÃO E RISCOS RELACIONADOS À EXPOSIÇÃO

AUTORA: Ana Paula Ibarra dos Santos

ORIENTADORA: Marília Teresa de Oliveira

CO-ORIENTADOR: Roberto Thiesen

Justificativa e objetivos: Vários estudos têm demonstrado os efeitos adversos da exposição prolongada a resíduos de gases anestésicos sobre os profissionais presentes em salas de procedimento operatório sem sistema de exaustão. Entre os maiores riscos à saúde, estão os danos ao material genético e o estresse oxidativo. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre os diferentes tipos de sistemas de exaustão e sobre os riscos relacionados à exposição aos resíduos de gases anestésicos.

Conteúdo: Muitos autores relatam os efeitos adversos causados pela exposição a esses resíduos, porém outros estudos não conseguiram comprovar a existência desses efeitos a curto prazo, apesar disso em todos os estudos ficou comprovada a diminuição da exposição após implementação de um sistema de exaustão.

Conclusão: Levando em consideração a promoção da saúde única, percebe-se a necessidade da instalação de um sistema de exaustão de resíduos de gases anestésicos no centro cirúrgico do HUVet da Universidade Federal do Pampa, assim como nos demais locais que façam o uso desses gases.

Palavras-chave: anestésicos inalatórios, exposição ocupacional, poluição do ar, resíduos.

ABSTRACT

ANESTHETIC GASES WASTE: SCAVENGING SYSTEMS AND EXPOSURE RISK

Background and Objectives: Several studies have demonstrated the adverse effects of prolonged exposure to anesthetic gas residues on professionals present in operating room rooms without an exhaust system. Among the most significant health risks are the damages to genetic material and oxidative stress. This work aimed to carry out a literature review on the different types of exhaust systems and the risks related to exposure to anesthetic gas residues.

Contents: Many authors report the adverse effects caused by exposure to these wastes, but other studies have not been able to prove the existence of these facts in the short term. However, in all studies the reduction of exposure after implementation of an exhaust system has been demonstrated.

Conclusions: Taking into account the promotion of health, is necessary to install an exhaust system for anesthetic gas residues in the surgical center of HUVet of the Federal University of Pampa, as well as in other places that use these gases.

Keywords: air pollution, inhalation anesthetics, occupational exposure, residues.

1. INTRODUÇÃO

A exposição dos membros da equipe cirúrgica a resíduos de gases anestésicos ocorre com frequência em centros cirúrgicos veterinários no Brasil pelo fato da maioria dos hospitais e clínicas veterinárias não possuírem um sistema para exaustão destes resíduos, configurando uma situação de riscos aos envolvidos no serviço (BRAZ et. al., 2017).

Vários estudos têm correlacionado à exposição crônica a resíduos de agentes anestésicos voláteis com problemas de saúde (VAISMAN, 1967; OLIVEIRA, 2009; CASALE et al., 2014). Vaisman (1967), em estudo envolvendo 198 anestesistas homens e 110 anestesistas mulheres expostos diariamente a éter dietílico, óxido nitroso e halotano, correlacionou esta exposição à sintomas de cefaleia, fadiga e irritabilidade. Também obteve correlação de 58% entre a ocorrência de abortos entre as mulheres estudadas em relação à sua exposição aos agentes inalatórios anestésicos.

Em 1974, a Sociedade Americana de Anestesiologia (ASA) realizou um estudo com 49.580 profissionais expostos a agentes anestésicos, comparando com um grupo controle não exposto de 23911 pessoas. A conclusão desse estudo foi que as mulheres expostas possuem maior risco de aborto espontâneo, câncer, doenças hepáticas e renais e anormalidades congênitas que as do grupo controle. Já os homens analisados apresentaram maior risco de doenças hepáticas e anormalidades congênitas (COHEN, 1974).

Em 1977, o Instituto Nacional de Segurança Ocupacional e Saúde (NIOSH, 1994) dos Estados Unidos, publicou recomendações quanto aos limites de exposição a resíduos de gases anestésicos, fixando em duas partes por milhão (ppm) para agentes halogenados e 25 ppm para óxido nitroso. Neste mesmo documento, indicou também a instalação de sistemas de exaustão de gases anestésicos das salas operatórias.

Segundo a ASA, as principais causas de contaminação da sala de procedimentos por resíduos de agentes anestésicos podem ser citados como: não desligar a válvula de fluxo ao desconectar o tubo traqueal/máscara; máscara mal adaptada; *flushing* para limpar o circuito respiratório; perdas no enchimento dos

vaporizadores; tubo orotraqueal sem ou com enchimento insuficiente do balonete; sistema respiratório pediátrico; capnógrafo do tipo *sidestream*; e escapes do sistema (OLIVEIRA, 2009; LUCIO et al., 2017).

A legislação brasileira não impõe limites de exposição a gases anestésicos, nem recomenda a monitoração dos ambientes. Apenas a Norma regulamentadora 32 (2005) de Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Assistência à Saúde do Ministério do Trabalho, que afirma que a gestante que tiver contato com ambientes com anestésicos voláteis somente poderá trabalhar com a autorização por escrito do médico responsável pelo Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional, segundo o programa de Prevenção de Riscos Ambientais (OLIVEIRA, 2009; LUCIO et al., 2017).

Os anestésicos halogenados – halotano, isoflurano, sevoflurano, desflurano – e o óxido nitroso são os agentes anestésicos voláteis mais usados (NIOSH, 2007), por este motivo suas interações com a saúde ocupacional tem sido objeto de pesquisa. O Instituto Americano de Arquitetos definiu como recomendado entre 15 e 21 trocas de ar por hora nas salas operatórias (AIA, 1993; OLIVEIRA, 2009; LUCIO et al., 2017; BRAZ, et al., 2017). Sousa et al., 2016, ao analisarem o ar das salas de operação com sistema de exaustão com 6-8 trocas de ar por hora e salas sem exaustão, encontraram concentrações médias, entre ambas as salas, de halogenados acima de 5 ppm e óxido nitroso acima de 170 ppm. Braz et al. (2017), em estudo semelhante, compararam o resíduo de isoflurano e sevoflurano em salas com exaustão parcial, na taxa de 7 trocas de ar por hora, e sem exaustão. Os resultados foram valores muito acima dos 2 ppm, indicados pelo NIOSH, em salas sem exaustão para ambos os gases e em salas com exaustão foram encontrados valores abaixo dos 2 ppm para isoflurano e acima para sevoflurano.

Os sistemas de exaustão de gases anestésicos das salas de procedimento operatórias podem ser do tipo passivo ou ativo. O sistema ativo possui ligação com o sistema de vácuo central do hospital, com uma válvula de controle de vácuo ajustada pelo operador (OLIVEIRA, 2009). O sistema passivo possui ligação do aparelho de anestesia com o sistema de ventilação da sala, desde que não exista recirculação (OLIVEIRA, 2009).

Pensando na exposição ocupacional dos profissionais veterinários, estudantes e servidores sujeitos a resíduos de gases anestésicos halogenados no Hospital Veterinário Universitário da Universidade Federal do Pampa e de outras

instituições de ensino do país, o objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre os diferentes tipos de sistemas de exaustão e sobre os riscos relacionados à exposição aos resíduos de gases anestésicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS DE EXAUSTÃO DE GASES

Segundo Rose, G. e McLarney, JT (2014) existem dois tipos principais de sistemas de eliminação de gases anestésicos que são classificados através do tipo de sucção utilizada para evacuar os gases de escape. Um sistema ativo requer a saída por sucção através da parede ou através de tubulação a fim de evacuar todo gás anestésico residual. Já um sistema passivo depende do fluxo montante de gás que sai do aparelho de anestesia para fluir passivamente para fora do sistema, não precisando de sucção.

Smith (2010) explica que todo aparelho de anestesia tem uma linha de exalação de gases que é conectada a uma válvula de pressão conectada a um balão reservatório que se expande e contrai com pressão positiva ou negativa. Esse balão também captura o excesso de gás anestésico e o envia, através do sistema conectado, para o meio externo.

Em 1992, o Instituto de Arquitetos publicou diretrizes para a Construção e Equipamentos de Hospitais e Instalações Médicas, recomendando entre 15 e 21 trocas de ar por hora em uma sala cirúrgica (American Institute of Architects; 1992).

Segundo o Guideline da OSHA (2010), outro aspecto importante a ser levado em consideração é a criação de um programa de gerenciamento desses resíduos que deve ter um administrador das ações a fim de fiscalizar e assim ter certeza que há redução da exposição dos membros da equipe. Os programas devem mensurar os gases dentro e ao redor do centro cirúrgico e mantê-los dentro dos limites estipulados pela OSHA e pela NIOSH de 25 ppm pra óxido nitroso e 2 ppm para os agentes halogenados. As medições devem ser feitas a cada seis meses e indica-se a utilização de um analisador infravermelho de gases.

2.1.1 SISTEMA ATIVO (ACTIVE SYSTEM)

Um sistema ativo deve ser anexado a alguma forma de sucção, que seria a parede da instalação ou através da sucção por tubulação. Na maioria dos casos, existem *plug-ins* separados na parede para sucção de exaustão e sucção do paciente. Em algum lugar no sistema de exaustão, deve haver um meio de ajustar a pressão negativa. Sistemas ativos precisam de alguma forma ajustar a pressão negativa para garantir que a sucção dos resíduos não seja tão forte a ponto de criar um vácuo dentro do próprio aparelho de anestesia. Esse tipo de sistema necessita também de algum tipo de alívio de pressão positiva caso a sucção não seja a adequada ou venha a ser interrompida para que a pressão positiva não se acumule dentro do aparelho anestésico. Um dos possíveis perigos desse sistema de exaustão é a ocorrência de barotrauma nos pacientes caso a sucção do exaustor não seja forte o suficiente ou o mesmo pare de funcionar (ROSE e McLARNEY, 2014).

Existe hoje no Brasil, apenas um sistema de exaustão para venda comercial. Trata-se de um sistema de exaustão ativo que pode ser incorporado tanto a parede da sala cirúrgica quanto ao telhado e que é livre de manutenção, segundo o fabricante (Figura 1).



Figura 1 Sistema de exaustão ativo vendido comercialmente no Brasil (Fonte: www.brasmed.com.br).

2.1.2 SISTEMA PASSIVO (PASSIVE SYSTEM)

Um sistema passivo é um sistema de baixa pressão que depende do fluxo passivo de gás do aparelho anestésico e deve estar conectado a algum tipo de saída da sala cirúrgica de modo a não poluí-la. Ao contrário dos sistemas ativos, não há risco de acumular grandes quantidades de pressão negativa, portanto não há necessidade de ter uma válvula de alívio para tal. Porém, caso o fluxo passivo de ar seja impedido, existe a possibilidade de aumento de pressão, o que requer uma válvula de alívio (ROSE e McLARNEY, 2014).

2.1.2.1 SISTEMA VENTURI

O sistema Venturi é formado por uma válvula constituída de dois troncos de cone que são ligados por um ducto paralelo entre suas seções menores (Figura 2). O ar quando entra na parte convergente do sistema sofre expansão adiabática com diminuição da pressão estática e aumento da velocidade seguida de recompressão na sua porção divergente. O estrangulamento do fluxo de ar, provocado pelo Venturi causa um aumento de velocidade na passagem do ar seguido de aumento da pressão cinética concomitante à diminuição da pressão estática e assim mantendo relativamente à pressão total. Sendo assim, na região paralela entre os cones do sistema Venturi, a pressão estática torna-se negativa, criando uma zona de aspiração no sistema (VANE et. al., 1990).

Vane *et. al.* (1990), através de estudo realizado conseguiram comprovar a redução de 96% de nível de resíduos de halotano no sangue dos cães testemunha (animais expostos ao ambiente do bloco cirúrgico) e diminuição em 94% dos níveis de resíduos no ar da sala cirúrgica. Comprovou o excelente rendimento do sistema proposto (Figura 3), sendo comparável aos sistemas mais sofisticados.

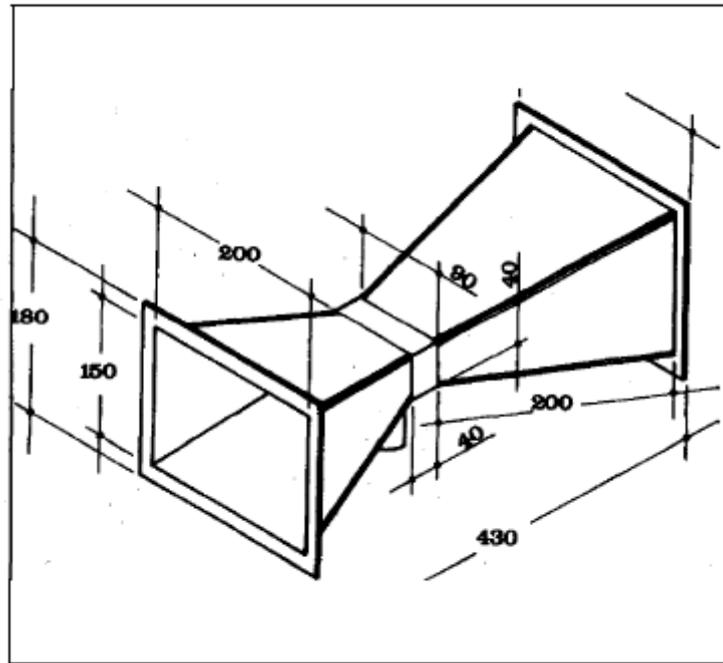


Figura 2 Desenho e medida (mm) da válvula de Venturi. Fonte: VANE et. al. (1990).

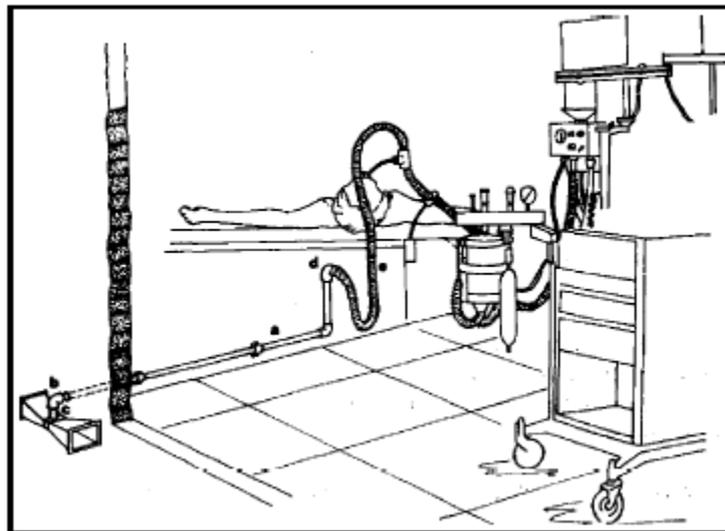


Figura 3 Ilustração de sistema passivo com válvula de Venturi na extremidade final. Fonte: VANE et. al. (1990).

2.2 INTERFACES

As interfaces destinam-se a impedir que haja transferência das alterações de

pressão no sistema de exaustão. É o que classifica o relacionamento do sistema de exaustão com o ambiente onde ele foi instalado. A interface deve proporcionar pressão positiva de alívio a fim de proteger o paciente de obstruções que possam ocorrer no sistema e produzir pressão negativa para limitar os efeitos da pressão no sistema de exaustão ativo além de um reservatório para o excesso de resíduos de gás, utilizados em sistemas ativos de eliminação (HARTSFIELD, SM; 2013). Esse sistema pode ser aberto ou fechado, classificado quanto à ligação do sistema com o meio externo. Os sistemas de exaustão passivos podem apenas ter interface aberta, já os sistemas de exaustão ativos podem ter interface aberta ou fechada (ROSE e McLARNEY, 2014).

2.2.1 INTERFACE ABERTA

Uma interface aberta é um sistema de exaustão que está realmente aberto ao ambiente da sala. O próprio eliminador deve possuir buracos ou fendas dentro do próprio aparelho que permitem proteger o paciente de barotrauma positivo e negativo. O exaustor tem o que parece ser um dispositivo de medidor de vazão como parte de sua construção com uma bobina dentro, o objetivo desse formato é manter a bobina com as linhas ou a zona de fábrica, ajustando a força de sucção da parte, permitindo assim realizar a quantidade adequada de sucção, individual para cada local de anestesia. Isso é importante porque a força de sucção pode variar de uma sala para outra (ROSE e McLARNEY, 2014).

Como a descarga de gases residuais geralmente é intermitente e o fluxo através do sistema de exaustão ativo é contínuo, existe a necessidade de ter um reservatório que possa segurar o fluxo de gás que entra na interface até que o sistema de exaustão os elimine. Esse reservatório permite que a taxa de fluxo no sistema seja mantida logo acima da taxa média de fluxo de gases do conjunto coletor (DORSCH e DORSCH, 2011).

Tudo isso é realizado sem a presença de partes móveis ou válvulas com molas que acabam por ficar velhas e oxidadas. A interface aberta proporciona segurança para o paciente. Caso a sucção do exaustor não seja suficientemente

forte ou por algum motivo a tubulação da parede seja bloqueada, haverá poluição da sala, já que é a interface aberta que permite que os resíduos de gases saiam. Cabe ao anestesiológista garantir que seu sistema de exaustão esteja funcionando. Qualquer odor inexplicável de agente anestésico inalatório precisa ser investigado. A bobina do medidor de vazão da interface aberta deve ser verificada com frequência (a cada seis meses), afim de que tudo flua corretamente (ROSE e McLARNEY, 2014).

A interface aberta é simples, mas pode resultar em poluição da atmosfera caso o reservatório não possua volume suficiente para conter o fluxo de resíduos de gases anestésicos (RGA). O sistema de exaustão ativa deve fornecer o fluxo adequado para remover os gases eliminados da interface (DORSCH e DORSCH, 2011).

A interface aberta obrigatoriamente necessita de sucção ativa para funcionar (Figura 4). Se fizesse parte de um sistema passivo, o gás residual seria somente exposto para a sala através dos orifícios e fendas da interface. Geralmente os aparelhos de anestesia possuem um eliminador de gases situado em local de fácil visualização do seu operador. Alguns aparelhos como os da Datex-Ohmeda®, possuem seu eliminador ou seu medidor de vazão na parte traseira do aparelho, não sendo possível visualizá-lo na parte frontal (ROSE e McLARNEY, 2014).

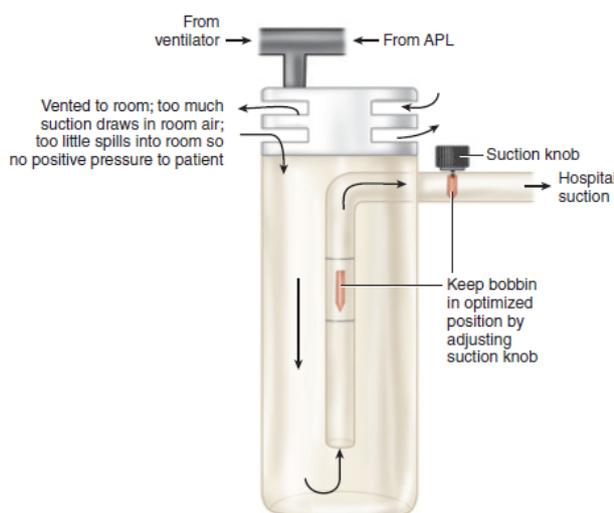


Figura 4 Sistema de exaustão com interface aberta. Fonte: Anesthesia Equipment Simplified (ROSE, G. 1. ed, Ed. Medical, 2014).

2.2.2 INTERFACE FECHADA

Esse tipo de interface como o nome já diz, está fechada para o ambiente e pode fazer parte de um sistema ativo ou passivo. Para exemplificar esse tipo de interface podemos imaginar uma mangueira que é conectada à anestesia e desviada da sala, necessitando de uma válvula de alívio de pressão positiva para que a pressão possa ser retirada caso haja uma obstrução de fluxo em algum dos segmentos da máquina. (ROSE e McLARNEY, 2014).

A interface fechada faz a conexão com a atmosfera através das válvulas. Caso o sistema a que esta interface esteja conectada seja ativo, há ainda a necessidade da adição de uma válvula de alívio de pressão negativa a fim de que o ar possa ser arrastado quando a pressão dentro do reservatório estiver abaixo da pressão atmosférica (DORSH e DORSCH, 2011).

A interface fechada para um sistema de exaustão ativo é um pouco mais complexa (Figura 5) e deve estar localizado de modo a ser visualizado na parte frontal do aparelho de anestesia. Necessita de conexão tanto com a máquina quanto com a tubulação de sucção, um botão passível de controlar a quantidade de válvulas de alívio de sucção, de pressão positiva e negativa, separadamente e um balão reservatório. A tubulação que vai da própria máquina para a interface pode ser incorporada ao aparelho de anestesia de modo a não ficar visível ou ainda pode ser colocado na parte externa da máquina (ROSE e McLARNEY, 2014). Caso a interface fechada possua apenas uma válvula de alívio de pressão positiva este deve ser utilizado apenas com sistemas de exaustão passivo, mantendo essa válvula fechada, a menos que haja algum problema e aumento da pressão negativa dentro do sistema (DORSCH e DORSCH, 2011).

Outra diferença da interface fechada para o sistema ativo é o balão reservatório que não deve ser confundido com o balão reservatório do circuito do paciente, estando fora do alcance, mas visível e geralmente é colorido de maneira diferente e com conectores de tamanho diferente do balão do paciente afim de não serem confundidos. O balão reservatório do sistema de exaustão necessita ser inspecionado com frequência para garantir que esteja funcionando corretamente. As interfaces fechadas possuem válvulas de alívio de pressão carregadas por molas, que devem ser ajustadas em torno de -0,5 a -2cmH₂O (ROSE e McLARNEY, 2014).

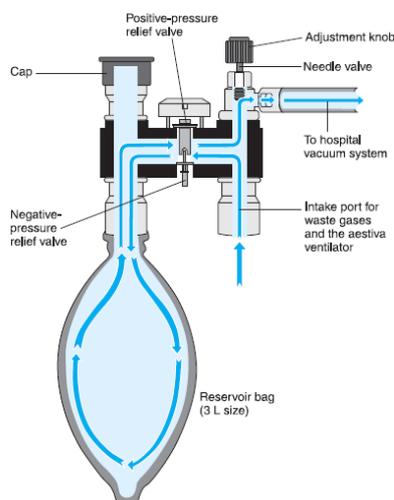


Figura 5 Sistema de exaustão com interface fechada. Fonte: *Anesthesia Equipment Simplified* (ROSE, G. 1. ed, Ed. Medical, 2014).

2.3 EXPOSIÇÃO AOS RESÍDUOS DE GASES ANESTÉSICOS E SEUS RISCOS

Os resíduos de gases anestésicos (RGA) são pequenas quantidades de anestésicos inalatórios que estão presentes no ar ambiente das salas de cirurgia e dentre eles destacam-se principalmente os anestésicos halogenados, sendo o isoflurano e o sevoflurano os principais constituintes dos RGA, devido a ampla utilização desses anestésicos na rotina clínica (NIOSH, 2007).

Vane *et. al.* (1990) relatam a preocupação com o ambiente insalubre dentro dos hospitais e mais precisamente dentro do centro cirúrgico ocasionando alterações patológicas sobre anestesistas, cirurgiões e demais pessoas que necessitem estar presentes nesses locais, dando ênfase ao anestesista, pela exposição devido a longas jornadas diárias inalando esses RGA.

Oliveira *et. al.* (2009) relatam que a exaustão dos RGA deve ser executada em qualquer local onde eles são utilizados, dentre elas as salas cirúrgicas. Os resíduos devem estar dentro dos limites de exposição recomendadas pelas diretrizes internacionais através do uso de exaustores e de técnicas práticas na manipulação dos gases.

O National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH, 2007) e a Occupational Safety and Health (OSHA, 2004) trazem algumas recomendações de

saúde ocupacional, dentre elas destaca-se: exposição ocupacional a agentes anestésicos halogenados em concentrações que devem ser mantidas abaixo de 2 ppm; aparelhos de anestesia, sistemas respiratórios e dispositivos em T devem possuir um dispositivo eficaz de exaustão capaz de coletar todos os gases anestésicos desperdiçados; máscaras faciais devem fornecer um “selo” eficaz com o intuito de minimizar o escape de gases; preencher os vaporizadores preferencialmente em área ventilada e quando não estão em uso girá-los para a posição de repouso; executar testes de escape em todos os componentes de baixa e alta pressão do sistema de anestesia; não abrir os fluxômetros de gases anestésicos antes de induzir o animal, além de verificar o desligamento ou se a peça Y está selada quando o circuito for desconectado do paciente; esvaziar a bolsa reservatório antes de desconectar do sistema anestésico; realizar os procedimentos apropriados para evitar derramamento de agente anestésico, de acordo com os dados de fabricação e segurança fornecidos pelo fabricante e, se necessário, fazer uso dos equipamentos de proteção individuais (EPI); monitorar o ar em todos os locais com potencial de exposição aos RGA.

Oliveira *et. al.* (2009) também relatam que a legislação trabalhista brasileira é omissa em relação a esse assunto, uma vez que nela, não constam limites para os valores de exposição ocupacional aos gases anestésicos, tampouco recomendações nacionais sobre como proceder a monitoração ambiental e definição de periodicidade. Atualmente se encontram duas normas reguladoras (NR), criadas em 2005, a NR15 e a NR32, onde a NR15 estipula valores de exposição ocupacional a gases e vapores tóxicos, entretanto nesta lista encontramos apenas o óxido nitroso, representando os agentes anestésicos gasosos, limitado a doses asfíxiantes. Já a NR32, estabelece diretrizes sobre a saúde e a segurança no trabalho em estabelecimentos de assistência a saúde, tratando o assunto de modo mais direto, porém também não é clara e objetiva quando se tratam dos gases anestésicos mesmo em tópicos específicos sobre o tema.

Em estudo realizado por Braz *et. al.* (2017), foi possível demonstrar que a utilização de gases anestésicos como isofluorano e sevofluorano em salas cirúrgicas sem nenhum tipo de exaustão resultou em altas concentrações residuais médias que excederam os valores de dois (2) ppm recomendados pelo NIOSH. Já as salas com sistema de exaustão obtiveram concentrações residuais médias de isofluorano menores do que as recomendadas pelo NIOSH em 66% das salas cirúrgicas

aferidas.

Guedes *et. al.* (2011) reforçam os riscos ocupacionais em homens e mulheres expostos aos RGA. Mulheres expostas aos RGA possuem risco aumentado de abortos espontâneos e anormalidades congênitas no feto, câncer, doenças hepáticas e renais e em homens expostos, o risco aumentado de hepatopatias e anomalias congênitas em sua prole. Como não existe a possibilidade de realização de ensaios clínicos em humanos, a mutagenicidade e a carcinogênese pela exposição ocupacional aos gases não puderam ser comprovadas nessa espécie.

Porém Rosa (2010) comprovou através de estudo realizado com camundongas *in vivo* que a exposição dos animais ao halotano acarretou em efeitos prejudiciais a sua fertilidade, viabilidade embrionária e gestacional. O mesmo não foi encontrado quando da exposição dessas fêmeas ao isoflurano e ao sevoflurano. Comprovou também que a exposição repetida ao halotano, isoflurano ou sevoflurano não acarretaram em aumento da incidência de abortos ou teratogênias em fêmeas de camundongos.

Os efeitos genotóxicos dos agentes anestésicos em humanos foram relatados por Silva *et. al.* (2015), através da inalação desses gases não só pelo paciente como por toda a equipe cirúrgica presente em sala sem sistema de exaustão. Os mecanismos por onde ocorrem as lesões genéticas não são totalmente conhecidos, o que se sabe é apenas que o N₂O (óxido nitroso) possui efeitos tóxicos diretos sobre essas células. Também citam que os fármacos halogenados, como o isoflurano reagiriam diretamente sobre a molécula de DNA, ou ainda através de metabólitos originados pelo metabolismo hepático/renal do gás anestésico ocasionando toxicidade.

Alleva *et. al.* (2003), através de estudo experimental em humanos concluíram que a anestesia inalatória com isofluorano induz efeitos genotóxicos em linfócitos de pacientes submetidos a cirurgias não intracavitárias. Apesar de os mecanismos que levem a essas lesões no DNA de linfócitos não serem bem esclarecidos, sabe-se que os metabólitos gerados pelos anestésicos inalatórios halogenados induzem danos no material genético reagindo diretamente na molécula de DNA por alquilação das purinas na posição N7 ou por formação de compostos reativos ou ainda através da liberação de espécies reativas de oxigênio (ROS), corroborando os achados sobre os efeitos do uso de agentes anestésicos inalatórios como isoflurano e sevoflurano de outros autores (SARDAS *et. al.*, 1998; KARABIYIK *et.al.*, 2001;

HAIYAN et. al., 2011; KAYMAK et. al., 2012).

3. CONCLUSÃO

Há muitos anos são estudados os danos que os resíduos de gases anestésicos causam não só ao paciente que é mantido em anestesia geral inalatória, mas também aos profissionais que circulam dentro do bloco cirúrgico e ao meio ambiente. Dessa forma, mesmo em locais onde não é possível a mensuração da quantidade de gases a que essas pessoas estão expostas, sabe-se que a implementação de um sistema de exaustão minimiza os riscos relacionados à exposição.

Levando em consideração a promoção da saúde única, percebe-se a necessidade da instalação de um sistema de exaustão de resíduos de gases anestésicos no centro cirúrgico do HUVet da Universidade Federal do Pampa, assim como nos demais locais que façam o uso desses gases.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIA. American Institute of Architects. **Guidelines for construction and equipment of hospitals and medical facilities.** 1993.

ALLEVA R, TOMASETTI M, SOLENGHI M. D, STAGNI F, GAMBRINI F, BASSI A, FORNSARI P. M, FANELLI G, BORGHI B. **Lymphocyte DNA damage precedes DNA repair or cell death after orthopaedic surgery under general anaesthesia.** Mutagenesis; v.18, p.423-8, 2003.

Anesthetic gases: guidelines for workplace exposure. US Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, Office of Science and Technical Assessment. . Acessado em 12/11/2017.

American Society of Anesthesiologists Ad Hoc Committee on the **Effect of Trace Anesthetics on the Health of Operating Room Personnel.** Occupational disease among operating room personnel: a national study. Anesthesiology, 1974; 41: 321-340.

American Society of Anesthesiologists, Committee Occupational Health of Operating Room Personnel – Waste Anesthetic Gases – **Information for Management in Anesthetizing Areas and the Postanesthesia Care Unit,** 2004.

BRAZ LG, et al. **Comparação de resíduos de gases anestésicos em salas de operação com ou sem sistema de exaustão em hospital universitário brasileiro.** Revista Brasileira de Anestesiologia. 2017; 67(5): 516-520.

CASALE T, CACIARI T, ROSATI MV, et al. **Anesthetic gases and occupationally exposed workers.** Environ toxicol Pharmacol. 2014; 37: 267-74.

COHEN EN, BROWN BW, BRUCE DL. **Occupational disease among operating room personal: a national study – report of an ad hoc Committee on the Effect of Trace Anesthetics on the Health of Operating Room Personnel.** American Society of Anesthesiologists. Anesthesiology, 1974; 41: 321-340.

DORSCH, JA; DORSCH, SE. **Understanding anesthesia equipment.** 5th ed. Ed Lippincott : Williams & Wilkins, 2011.

FONSECA, NM; **Conceitos fundamentais do aparelho de anestesia.** In: Medicina Perioperatória: Cavalcanti IL, Cantinho FAF, Assad A. Rio de Janeiro: SAERJ, 2006.237–251.

GIACOBINO J, BRAZ MG, SALVADORI DMF. **Evaluation of dna damage in lymphocytes from patients anesthetized with isoflurane.**

GUEDES, AA. **Riscos profissionais em Anestesiologia.** Rev. Med. Minas Gerais 2011; 21 (2 Supl 3): S41-S49.

Guidelines for Construction and Equipment of Hospitals and Medical Facilities, 1992-93. Washington, DC: American Institute of Architects; 1992.

HAIYAN W, QI Z, HUO F. **General anesthesia-associated DNA damage in peripheral blood mononuclear cells of surgical patients.** Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, p.686-688. 2011.

HARTSFIELD, SM. **Aparelhos de Anestesia e Sistemas Respiratórios.** In: TRANQUILLI, WJ; THURMON, JC; GRIMM, KA. Lumb & Jones: Anestesiologia e Analgesia Veterinária; Tradução VALADÃO, CAA. São Paulo, Roca, 2013.

KARABIYIK L, SARDAS S, POLAT U, KOCABAS NA, KARAKAYA AE. **Comparison of genotoxicity of sevoflurane and isoflurane in human lymphocytes in vivo using the comet assay.** Mutation Research, v.492, p.99–107. 2001.

KAYMAK C, KADIOGLU E, COSKUN E, BASAR H, BASAR M. **Determination of DNA damage after exposure to inhalation anesthetics in human peripheral lymphocytes and sperm cell in vitro by comet assay.** Revista Human & Experimental Toxicology, 2012.

LUCIO LM, et al. **Riscos ocupacionais, danos no material genético e estresse oxidativo frente à exposição aos resíduos de gases anestésicos.** Rev Bras Anesthesiol. 2017. In <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjan.2017.05.001> (Acessado em 12/11/2017).

Ministério do Trabalho e Emprego – Portaria MTE n 485 – NR 32 – **Segurança e Saúde no Trabalho em Serviço de Saúde**, de 11 de novembro de 2005 (DOU de 16/11/05 – seção 1).

NIOSH. **Criteria for a recommended standard: occupational exposure to anesthetic gases and vapors.** 1977.

NIOSH – **NIOSH pocket guide for chemical hazards**. The National Institute for Occupational Safety and Health of the United States of America. 1994.

NIOSH. **Waste anesthetic gases: occupational hazard in hospitals**. The National Institute for Occupational Safety and Health of the United States of America. 2007.

OLIVEIRA CRD. **Exposição ocupacional a resíduos de gases anestésicos**. Rev Bras Anesthesiol. 2009;59: 110-24.

ROSA, AC. **Efeitos das exposições ao halotano, isoflurano e sevoflurano na fertilidade, viabilidade embrionária e gestação em fêmeas de camundongos**. Dissertação. Programa de Pós-graduação de mestrado em Ciência Animal. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2010.

ROSE G, McLARNEY JT. **Anesthesia Equipment Simplified**. 1. Ed. [S.I.]: Mc Graw Hill Education, 2014.

SARDAS S, KARABIYIK L, AYGUN N, KARAKAYA AE. **Use of alkaline comet assay (single cell gel electrophoresis technique) to detect DNA damages in lymphocytes of operating room personnel occupationally exposed to anaesthetic gases**. Mutation Research, v. 418, p. 93-100, 1998.

SILVA, PES. **Efeitos genotóxicos relacionados ao uso de anestésicos**. Trabalho de especialização (Programa de Aprimoramento Profissional _ SES SP) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.

SMITH, FD. **Management of exposure to waste anesthetic gases**. AORN Journal, vol. 91, n. 4, 2010.

SOUZA KM, BRAZ LG, NOGUEIRA RF, et al. **Occupational exposure to anesthetics leads to genomic instability, cytotoxicity and proliferative changes**. Mutation Research; 2016: 791-2,42-8.

VAISMAN AI. **Working conditions in the operating room and their effect on the health of anesthetics**. Eksperiment Khirurg Anesteziol, 1967; 12:44-49.

Vane LA, Almeida Neto J T P, Curi P R, Vianna P T G, Braz J R C. **The effect of the**

venturi system as an antipollution device in the operating room environment.
Revista Brasileira de Anestesiologia, 40:3:159-165. 1990.

WITCHER C E, PIZIALI R, SHER R, MOFFAT R.J. **Development and evaluation of methods for elimination of waste anesthetic gases and vapors in hospital.**
Washington, Government Printing Office, 1975.