

## CAPÍTULO 34

# Conceitos Fundamentais do Aparelho de Anestesia

---

*Neuber Martins Fonseca \**

O aparelho de anestesia, atualmente conhecido nos equipamentos modernos como Estação de Trabalho de Anestesia por suas inovações tecnológicas, é composto de vários itens integrados entre si com função básica de administrar gases durante a anestesia inalatória. Geralmente consiste de componentes como sistema de condução de gases, vaporizador(es), ventilador, sistema antipoluição e diferentes monitores que avaliam a função fisiologia do indivíduo anestesiado. Esta integração permite simultaneamente a monitorização do fluxo de gases inspirados e expirados, pressões, volumes e capacidades respiratórias com compensação de possíveis perdas, além da corrente, voltagem e amperagem da alimentação elétrica.

Os vários componentes do aparelho de anestesia envolvem estruturas de funcionamento pneumáticas a complexas estruturas mecânicas, eletrônicas e componentes microprocessados. Todos estes têm a função de aumentar a segurança do cliente anestesiado. Atualmente as estações de anestesia são construídas com algoritmos computadorizados de verificação e auto-ajuste de compensação.

Mesmo com o uso de sofisticada tecnologia nas estações de trabalho, nem sempre disponível a todos, é essencial ao anestesiológico o conhecimento de conceitos fundamentais e de entendimento do funcionamento do equipamento de anestesia para o correto manejo do aparelho de anestesia, seja ele básico ou avançado.

O aparelho de anestesia é conceituado como um equipamento destinado à administração de gases anestésicos ao paciente, sendo constituído basicamente de três componentes, a saber: a secção de fluxo contínuo, sistema respiratório e respirador.

---

\* Professor doutor da disciplina de Anestesiologia e responsável pelo CET/SBA da Faculdade de Medicina da Universidade Federal.  
Membro da Comissão de Normas Técnicas e Segurança em Anestesia (CNTSA/SBA)

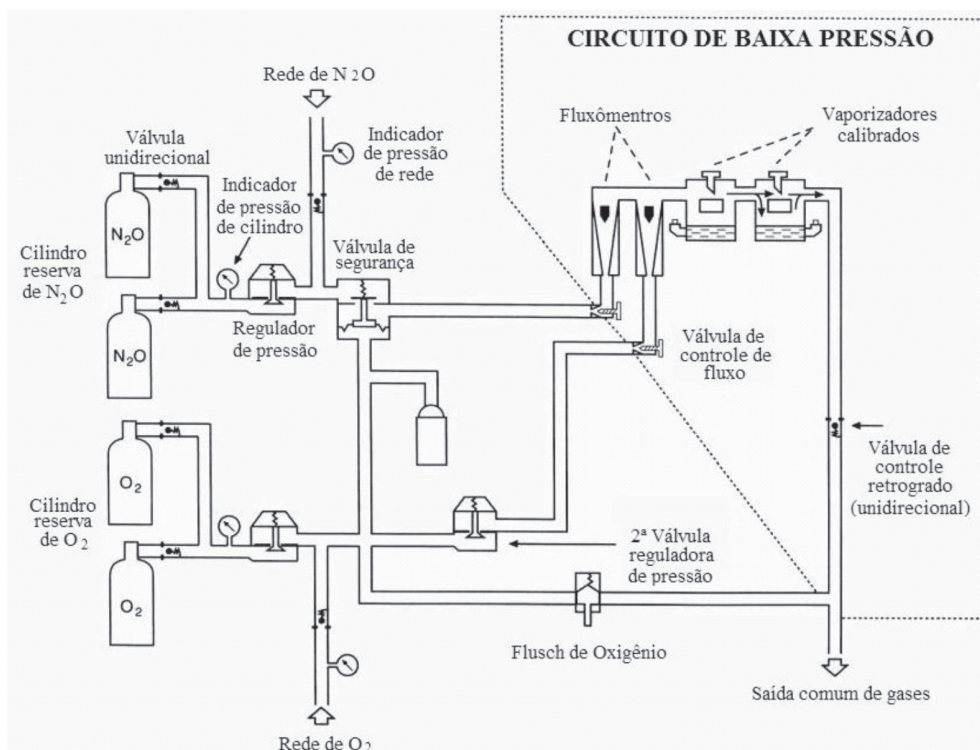
Conceitualmente a secção de fluxo contínuo é a parte do aparelho de anestesia com função de misturar gases ou vapores anestésicos a serem fornecidos ao cliente. O sistema respiratório é o conjunto através do qual os gases ou vapores anestésicos podem ser direcionados de forma controlada, por dispositivos em conexões com a via aérea do cliente a ser anestesiado. Finalmente, o respirador, também conhecido como ventilador, é o aparelho com função de complementar ou fornecer a ventilação pulmonar.

Apesar de que nos hospitais brasileiros encontram-se equipamentos de diferentes idades, procedências e estágios tecnológicos, criterioso cuidado deve existir por parte dos anestesiológicos na assistência técnica empregada, que deverá atentar aos critérios e determinações da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), cujo fórum nacional de normalização estabelece termos e definições para segurança mínima dos equipamentos e que serão expostos.

## 1- Secção de Fluxo Contínuo

O aparelho de anestesia, como mostrado no diagrama da figura I é composto de diferentes componentes, dentro da secção de fluxo contínuo, que serão a seguir detalhados

**Figura I** - Diagrama de um aparelho de anestesia (Adaptado de Schwarts, 2000)



### 1.1 - Abastecimento de gases:

O abastecimento de gases ao aparelho de anestesia é proveniente de uma central de gases ou de cilindros, por extensões com conector rosqueado com DISS (*diameter indexed safety system* - sistema de segurança com diâmetro indexado) ou NIST (*non-inter changeable screw-threaded* -

rosqueado não intercambiável) ou por conector rápido não intercambiável, os quais devem obedecer rigorosamente às normas técnicas brasileiras de modo a não permitir troca de gases.

Habitualmente o fornecimento de gases em hospitais é feito por uma rede de gases de pressão nominal de trabalho. Os gases desta rede deverão ter sistema de manometria de trabalho regulável entre 3,5 e 4,5 kgf.cm<sup>-2</sup>.

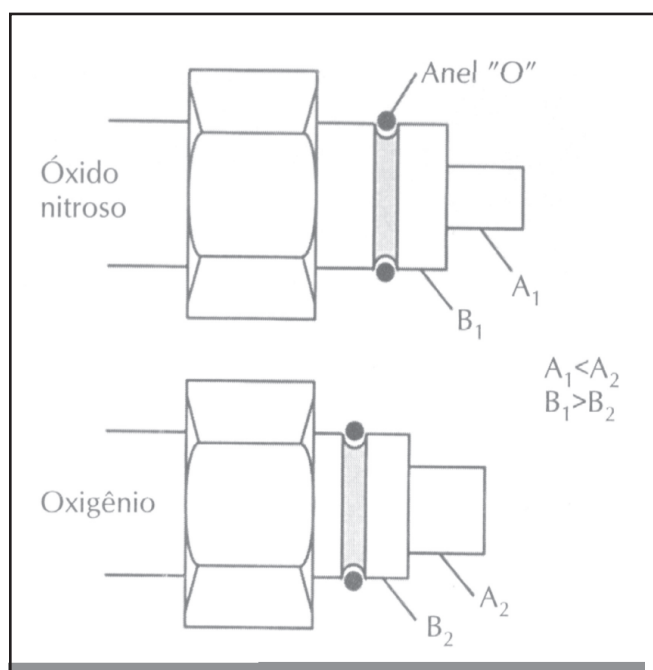
Durante circunstâncias usuais poderá haver um suprimento auxiliar por cilindros acessórios, como uma linha de segurança no caso de falha de fornecimento pela rede principal. Este cilindro fixado habitualmente na parte traseira do equipamento é encaixado por sistema de pinos de segurança, conforme a NBR 12510, ISO 2407. Para prevenir a instalação errada de um cilindro de gás, a cabeça deste é codificada com um posicionamento apropriado dos furos que combinam com os pinos de segurança.

O sistema para distribuição de gás anestésico deve ser fornecido com um sistema de alarme que indique falha no fornecimento de oxigênio, conforme NBR 60601:2004, para alertar e mostrar ao operador a queda do fornecimento de oxigênio, seja derivado de uma rede de fornecimento de gases ou de um cilindro.

O abastecimento de gases ao aparelho de anestesia, ou interligação entre a rede de gases e o equipamento é realizado por chicote de baixa pressão, formado por mangueira flexíveis fixada permanentemente a conectores de entrada e saída específicos a um gás e que é projetado para conduzir gás com pressões menores que 1400 kpa, com símbolo e cor específico a cada gás, seguindo critério da NBR 11906:1992, ISO 5359 e ISO 32 como mostra a tabela 1.

**Tabela 1** - Descrição do gás, símbolo e cor específica a cada gás conforme NBR 11906.

Gás	Símbolo	Cor
Ar comprimido	Ar	Cinza claro/amarelo
Oxigênio	O <sub>2</sub>	Verde
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	Azul marinho
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	Alumínio
Nitrogênio	N <sub>2</sub>	Cinza claro



Os conectores de entrada e saída de gases são projetados com roscas diferentes – (NBR 10337:1988, NBR 11906:1992, NBR 12188), e quando utilizado o sistema de engate rápido, segue a padrões de segurança conforme a figura II e tabela 1.

**Figura II** - Representação de conectores de engate rápido (Adaptado de Ward C, 2000)

**Tabela 2 - Dimensões do NIST macho empregados em conectores de engate rápido**

	Haste dianteira (A) mm	Segunda haste (B) mm
Óxido nitroso	9,5	15,5
Oxigênio	11,5	13,5
Vácuo	12,5	12,5
Ar	9	16

### 1.2 - Canalizações do aparelho:

É o conjunto de tubos, conexões e válvulas de controle de fluxo. O conteúdo de gás da canalização deve ser identificado com o nome ou símbolo ou cor apropriada para cada gás (tabela 1).

Os gases ao entrarem no aparelho de anestesia, passam por um sistema de canalizações que controlarão o tipo e quantidade de gás a ser administrado ao cliente. Este sistema de canalização possui válvulas reguladoras de pressão com função de manter estável a pressão nominal de trabalho (figura 1 e 3).

Os reguladores de pressão são utilizados porque sendo a pressão liberada na rede muito alta poderia ser transmitida ao cliente provocando acidente pulmonar. Se a pressão não fosse reduzida, o controle fino de ajuste de fluxo pelos fluxômetros deveria suportar altas pressões, o que comprometeria o controle acurado do fluxo de gases e não seria mantida constante a pressão nominal de trabalho.

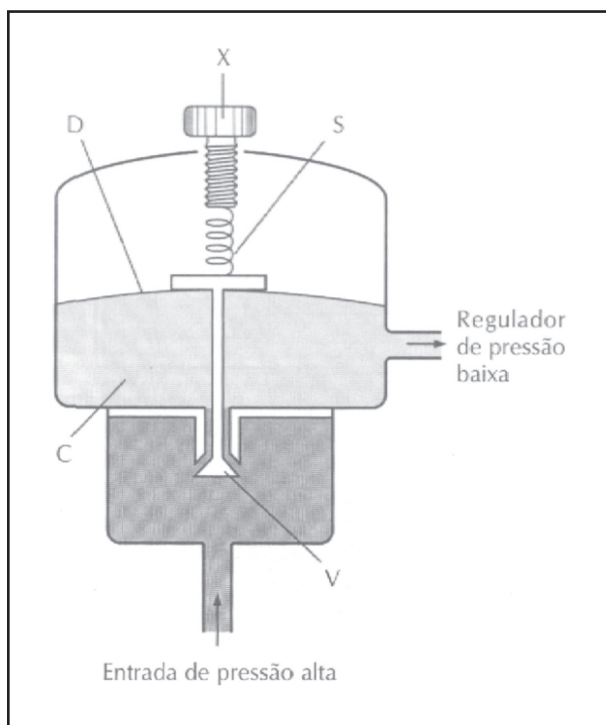
Modernos equipamentos de anestesia possuem reguladores primários de pressão específica para cada gás, usados principalmente para reduzir as altas pressões dos cilindros. Reguladores secundários são utilizados internamente para melhor planificar o fornecimento de gases, especialmente quando uma saída auxiliar do aparelho de anestesia é usada para comandar um respirador com uma alta demanda de gases intermitentes, evitando flutuações paralelas no desempenho de outros componentes, como nos fluxômetros.

Este controle pode ser feito manualmente ou de forma pré-ajustada pelo fabricante. O controle é pneumático por limitador ajustável entre as câmaras de alta e baixa pressão conforme mostra a figura III.

### 1.3 – Sistemas de controle de fluxo

No aparelho de anestesia, deve existir um sistema de controle de fluxo próprio para cada gás. A válvula de controle de fluxo representa importante ponto no equipamento ao dividir o sistema de anestesia em duas partes, a de alta e baixa pressão. Permite ao anestesiolegista regular o fluxo administrado ao circuito com ajustes variáveis.

Os gases das linhas de fornecimento ou de cilindros, depois de regulados a uma pressão segura, passam através dos fluxômetros, que acuradamente controlam o fluxo de gás através do aparelho de anestesia, que tem um conjunto de fluxômetros para os vários gases a serem utilizados. Um fluxômetro consiste de uma válvula em agulha e outra de selamento e um tubo sinalizado e calibrado com um indicador (rotâmetro). Conforme NBR 60601:2004 todos os fluxômetros e sistemas de controle de fluxo devem ser únicos e independentes, graduados em litros por minuto e com exatidão dentro de um erro aceitável de até 10% do valor indicado. O controle de fluxo de estilo rotatório do oxigênio deve ter um perfil físico diferente dos demais gases devendo estar de acordo com a figura IV. Os demais botões de ajuste de fluxo de estilo rotatório para gases diferentes devem ser redondos, e suas ranhuras da superfície não devem exceder uma profundidade de

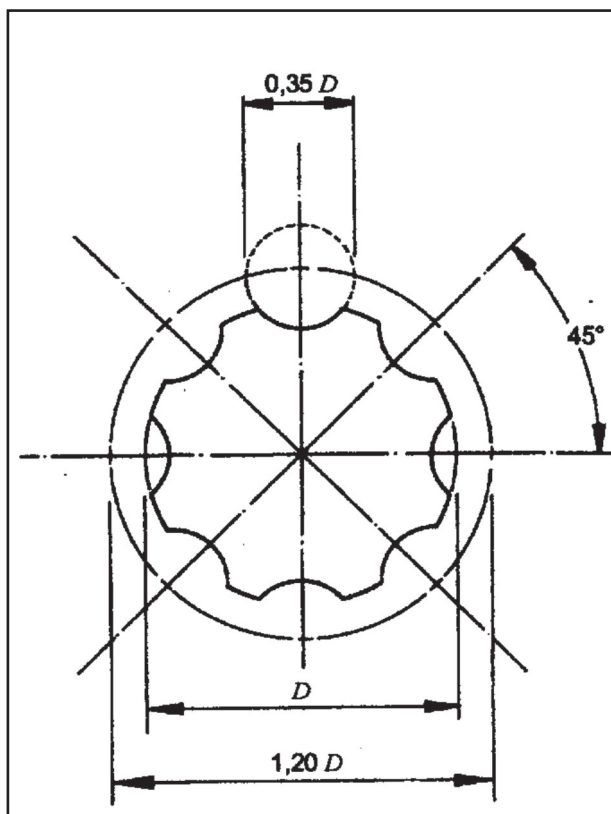


**Figura III** - Representação esquemática de válvula reguladora de pressão. D, diafragma; S, mola; C, câmara de baixa pressão; V, válvula de engate; X, parafuso de ajuste. A câmara C está fechada pelo diafragma D. Como o gás entra na câmara através da válvula V, a pressão na câmara é aumentada e o diafragma é distendido contra si próprio recolhendo-se com a tensão da mola S. Eventualmente a pressão aumenta mais e o diafragma se move mais do que a válvula V que está fechada. A pressão que causa isto pode variar pelo ajuste do parafuso X de forma a alterar a tensão da mola S. Se for permitido ao gás escapar através de uma saída de uma câmara, a pressão diminui e a válvula V se reabre. Quando o regulador está em uso uma pressão padrão é mantido na câmara pela abertura parcial da válvula V (Adaptado de Ward C, 2000).

1 mm. Esta mesma norma citada determina que a rotação no sentido anti-horário deve causar aumento no fluxo. Os botões de controle de fluxo devem ser claramente identificados com nome ou cor do gás correspondente.

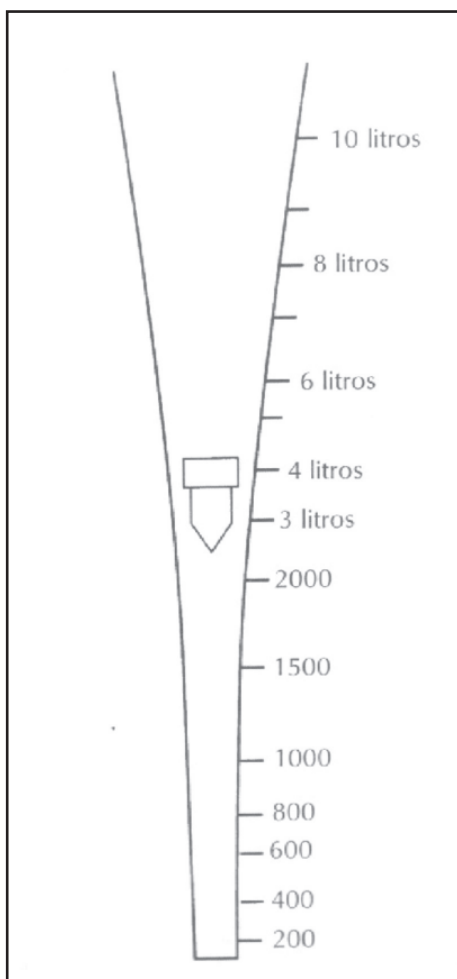
#### 1.4 – Fluxômetros:

O gás que entra no tubo sinalizado proporciona movimento no flutuador (indicador de volume) de acordo com fluxo de gás. Fluxômetros com pressões diferenciais constantes e área variável tem o tamanho dos orifícios variando de acordo com a velocidade do fluxo. A variação do tamanho do orifício mantém o diferencial da pressão constante e indica a velocidade do fluxo através de um flutuador, que é colocado para se mover livremente dentro do fluxômetro de acordo com as alterações das velocidades de fluxo. Para



**Figura IV** - Perfil do botão de controle de fluxo de oxigênio para outras aplicações diferentes do controle de fluxo de dispositivos para distribuição de vapor anestésico (NBR 60601:2004)





**Figura V** - Tubo de um fluxômetro variando sua forma de acordo com a escala de alongamento de taxas de fluxo (Adaptado de Ward C, 2000).

uma dada velocidade de fluxo, o flutuador permanece estacionado desde que as forças de pressão diferencial, gravidade, viscosidade, densidade e flutuação sejam todas balanceadas. Quando o gás entra dentro da base, o flutuador sobe por força de deslocamento do gás, permitindo que o fluxo de gases se faça, criando um espaço anular entre o flutuador e a parede do fluxômetro. Grandes fluxos requerem áreas anulares maiores que pequenos fluxos permitindo assim a graduação de passagem de gás pelo fluxômetro. Este processo exige que o flutuador esteja na posição vertical, de forma que ele possa moldar ao desenho do tubo. A calibração pode ser feita utilizando a fórmula para cálculo de vazão:

$$Q = V \times A$$

onde o Q = fluxo, V = velocidade e A = área; utilizando um anemômetro (equipamento que mede a velocidade do gás), e que pode ser expresso conforme mostra figura V.

Alguns equipamentos utilizam informação de fluxo pelo princípio fluídico, em que os gases geram oscilação cuja frequência é proporcional à taxa de fluxo. Esta oscilação pode ser detectada pela rotação de uma ventoinha proporcional ao fluxo. Um fluxo laminar de gases é passado ao longo de um tubo de corpo liso que possui um desviador que causa uma pequena obstrução capaz de induzir a formação de pequenos redemoinhos proporcional à taxa de fluxo. Na prática da anestesia, os redemoinhos são detectados pelas interrupções de um sensor ultra-sônico.

Os fluxômetros de diferentes gases do equipamento de anestesia são tradicionalmente arranjados em um bloco com o fluxômetro de oxigênio sendo o último gás fornecido, evitando que haja mistura hipóxica caso haja interrupção de fluxo anterior a este. São montados usualmente próximos uns dos outros para que suas partes finais descarreguem em uma tubulação única.

### 1.5 – Oxigênio direto:

O equipamento de anestesia deve possuir uma válvula de fluxo independente, operada manualmente, para administração direta de oxigênio à saída comum de gases, devendo ser automaticamente fechada quando desativada e claramente identificado conforme determina a NBR 60601:2004 em oxigênio direto, fluxo direto de oxigênio ou  $O_2^+$ . Este é o componente final do sistema pneumático do aparelho de anestesia que deve estar localizado entre válvula unidirecional de gases (controle retrogrado de fluxo) e a saída comum de gases. Esta válvula fornece oxigênio puro com alto fluxo capaz de preencher rapidamente o sistema respiratório a uma taxa de 60 a 100  $l.min^{-1}$ .

O uso inapropriado deste dispositivo pode causar barotrauma, como por exemplo, aplicado na fase inspiratório do ventilador, quando a válvula de liberação de gases está fechada. Isto é crucial, pois durante a fase inspiratória um fluxo de pelo menos  $1 \text{ l}\cdot\text{seg}^{-1}$  é acrescentado a fase inspiratória. Quando o flush da válvula é ativado e o ventilador esta no ciclo inspiratório, o alto volume corrente pode produzir lesão pulmonar como um pneumotórax.

Excessivo uso deste dispositivo pode também comprometer a concentração anestésica no sistema respiratório pois o oxigênio fornecido é puro (não contém anestésico). Devido a esta alta fração de gás adicional ocorrerá uma redução inapropriada de agente anestésico, comprometendo a concentração inspiratória do agente proposto.

### 1.6 – Sistema de segurança:

A construção do equipamento de anestesia obedece a critérios de segurança estabelecido em Normas Técnicas Brasileiras ou pela ISO para padronizar e evitar eventos adversos durante procedimento anestesiológico.

Os sinais de alarmes dispostos nos equipamentos de anestesia devem obedecer a estruturas de prioridade estabelecidas por NBR em que cada condição de alarme anuncia uma prioridade. As prioridades são definidas em alta, média e remota conforme o risco ao indivíduo. Estudos atuais preocupam em melhorar o desempenho da utilização de alarmes como importante auxílio na segurança da anestesia, definindo ao máximo de 6 tipos a capacidade ótima de reconhecimento humano aos sons gerados por alarmes. O projeto 26:002.02-013/2 da ABNT especifica o componente audível do sistema de alarmes com as características temporais e do trem de pulso. Limita em 120 segundos o tempo permitido da função desligar o alarme de alta prioridade e em 4 minutos o de baixa prioridade. Esta atitude provavelmente trará mudança de comportamento no entendimento que os alarmes promovem benefício à segurança, maior que a irritabilidade ou confusão gerada pelos mesmos que geralmente conduzem o anestesiológico a desligá-lo durante o procedimento. O aparelho de anestesia deve possuir um sistema que interrompa o fluxo de todos os outros gases quando a pressão de trabalho de oxigênio cair. O fluxo de outros gases pode sofrer redução proporcional à redução do fluxo de oxigênio. O sistema de proporção, uma segunda interface entre o oxigênio e óxido nitroso, desenvolvido para prevenir hipóxia no gás misturado no fluxômetro, conforme NBR 60601:2004, determina que o sistema de distribuição de gás anestésico deve ser fornecido com meios para prevenir a seleção não intencional de uma mistura de oxigênio inferior ao ar ambiente.

Deve também possuir sinal sonoro de alarme que seja ativado quando a pressão norma de alimentação de oxigênio reduza para um limite igual ou inferior a 50% da pressão da fonte de alimentação.

### 1.7 – Vaporizadores

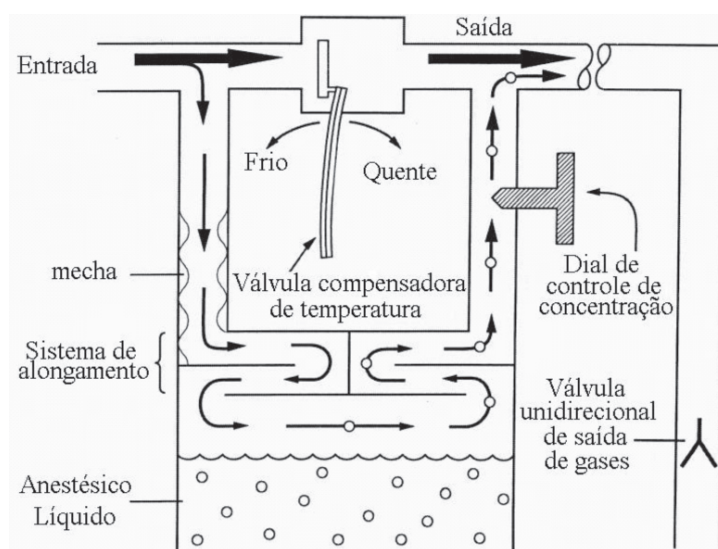
É o equipamento destinado a promover a mudança de estado líquido para vapor de um agente anestésico, e liberar ao fluxo de gases que se dirigem ao indivíduo de maneira quantificada e controlada.

Os vaporizadores podem ser do tipo universal ou de borbulha, calibrado universal com fluxômetro, calibrado pneumático, calibrado semi-eletrônico e calibrado eletrônico. Os dois primeiros tipos são utilizados quase exclusivamente em nosso país devido ao baixo custo e por permitir uso com os diferentes anestésicos disponíveis.



O vaporizador calibrado convencional como tipo Tec-4, Tec-5, Dräger Vapor 19n ou 20n são classificados como pneumáticos, de bypass variável. É o mais conhecido em nosso meio. Mesmo com limitações, permite estabelecer diretamente, através de manipulação de um dial, a concentração do agente anestésico desejada, sendo específico para cada agente e obedecem a limites de fluxo, temperatura e pressão. Utiliza o método de arrastamento e desvio variável para regulagem de concentração. O fluxo total que sai dos fluxômetros do aparelho de anestesia passa pelo vaporizador e é dividida em duas partes, uma que atravessa a câmara de vaporização e outra que se dirige à saída do vaporizador. O gás carreador sai da câmara de vaporização saturado de vapor e sofre diluição variável pelo fluxo de gás desviado antes de alcançar a saída do vaporizador. É chamado de bypass porque a proporção de gás desviado é alterada manualmente pela manipulação do dial (figura VI).

**Figura VI** - Esquema simplificado do vaporizador bypass (Adaptado de Brockwell RC, 2002)



Alguns fatores afetam o desempenho deste tipo de vaporizador como extremos de temperatura, pressão barométrica, efeito bombeamento, direção do gás (com inversão de conexão), níveis líquidos, composição do gás alveolar, .

Os vaporizadores pneumáticos mais modernos possuem sistema de compensação de temperatura que aumenta o fluxo para dentro da câmara de vaporização a baixas temperaturas para manter a mesma concentração pré-estabelecida.

Devido algumas propriedades dos anestésicos voláteis, como curva de pressão de vapor em relação à temperatura, podem diferir amplamente de agente para agente, de forma que vaporizadores são desenvolvidos para cada agente anestésico.

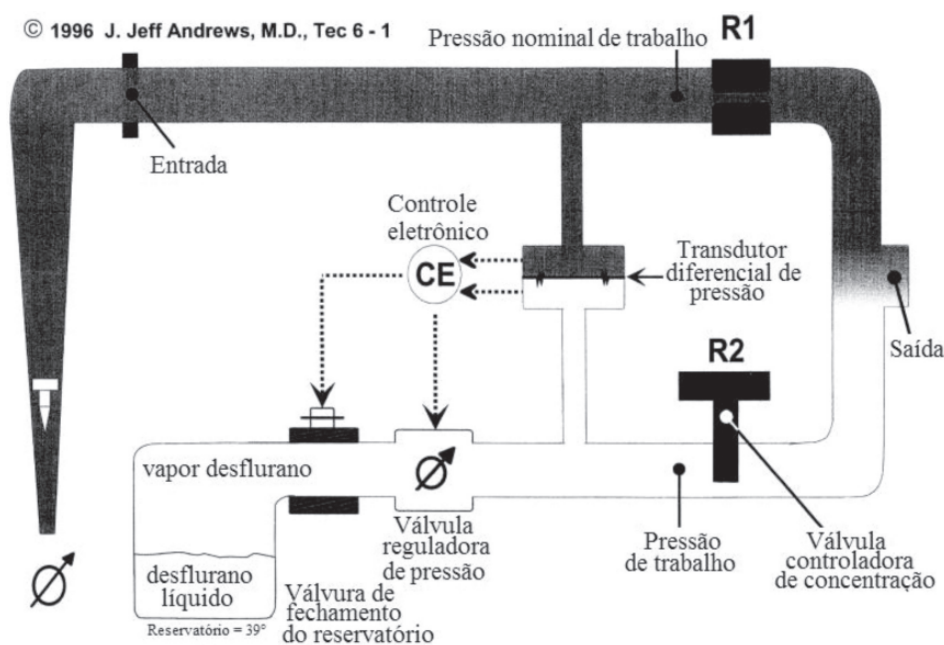
O efeito bombeamento ocorre quando uma resistência é aplicada à saída de um aparelho de anestesia, como o que ocorre quando uma ventilação é usada impulsionada pelos gases frescos, como ocorre em ventiladores ciclados a volume. Ocorre um aumento na pressão dos gases anestésicos que é transmitida para trás na câmara do vaporizador, carregando o gás para dentro do vaporizador para manter ser comprimido. Quando a pressão transmitida é liberada, ocorre expansão do gás que está saturado com vapor anestésico, surgindo um sistema de vaporização na entrada e saída dos gases aumentando a pressão de vapor final. Vaporizadores pneumáticos mais mo-



dermos como TEC 5 (Ohmeda®) oferecem dispositivo de segurança, como válvula unidirecional ou modificações internas, que evitam o fenômeno de contrapressão para o interior da câmara de vaporização.

O nível líquido dentro do vaporizador tipo calibrado pneumático pode afetar seu desempenho quando está muito cheio sua área de exposição diminui, podendo causar queda da concentração de saída do vapor ou por outro lado, resultar em perigo de altas concentrações devido derramamento de agente líquido para dentro da câmara de bypass.

**Figura VII** - Representação esquemática do vaporizador Tec-6 para desflurano  
(Adaptado de Andrews JJ, 1996)

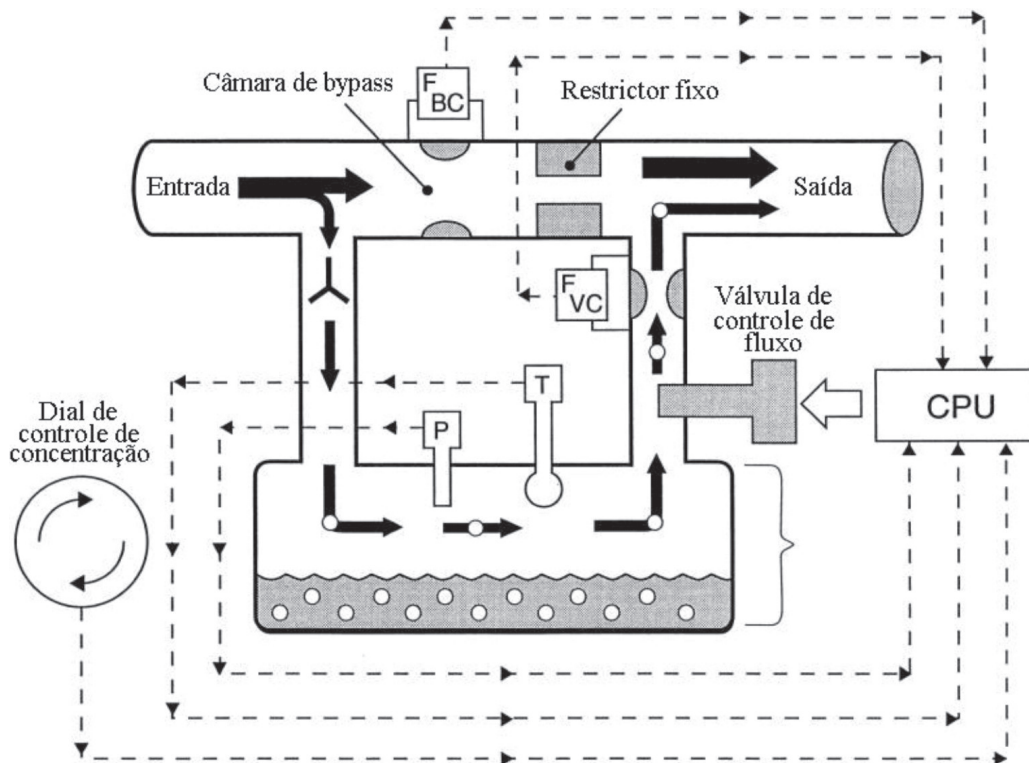


O vaporizador calibrado pneumático tem sido substituído nos últimos 10 anos por uma nova geração de vaporizadores de avançada tecnologia eletrônica. Estes são conhecidos por vaporizador de injeção de vapor. Um sistema eletrônico é responsável pelo aquecimento e estabilização da temperatura interna, controlando ainda o sistema de compensação de injeção de vapor na dependência dessa temperatura. Esta mudança ocorreu mais especificamente em 1992 com a introdução do vaporizador Tec-6 para controle da vaporização do desflurano (figura VII). Este foi o primeiro vaporizador que incorporou um microprocessador, com aquecimento elétrico e sistema termostático de controle de saída de vapor anestésico do vaporizador. O Tec-6 utiliza um reservatório anestésico aquecido eletricamente mantido a 39° C para gerar uma curva de pressão de vapor anestésica. Como o desflurano é aquecido acima do ponto de ebulição, o vapor pode ser predito e liberado a uma concentração de vapor de saída desejada. Quando o fluxo de gás chega ao vaporizador não é dividido como no sistema de bypass, mas forçado a passar por um limitador de fluxo. Quando o gás encontra este local é gerada uma pressão retrograda dependente a quantidade e composição do gás. O controle eletrônico do vaporizador mede a pressão criada por um transdutor diferencial de pressão. Com esta pressão conhecida, a unidade de processamento central do vaporizador estabelece regulagem sobre a válvula de pressão interna do vaporizador para que a pressão de fornecimento de vapor de desflurano se iguale a pressão de trabalho gerada retrogradamente. Finalmen-

te um segundo limitador, ajustado por um dial de controle de concentração permite administração controlada e previsível da concentração do agente anestésico.

O vaporizador calibrado eletrônico é o mais recente desenvolvimento tecnológico em equipamento de vaporização de gás anestésico. Constituído de um componente interno e um externo. O componente interno tem a função de avaliar a quantidade de vapor a ser entregue no circuito respiratório, por um microprocessador que quantifica os diferentes tipos de fluxos, temperatura e pressão no interior do vaporizador (figura VIII). Uma válvula eletromecânica de proporção de fluxo permite passagem de gás fresco para o interior do depósito do agente arrastando para fora a quantidade previamente ajustada em um display pelo operador. O componente externo (cassete Aladim) é um depósito identificado para colocação de cada agente volátil, dotado de tampão de enchimento e de drenagem. Cada depósito é específico para cada agente inalatório, identificado com o nome, cor e símbolo do agente. Por mecanismo magnético de identificação, cada depósito quando inserido no compartimento de uso identifica o agente que contém.

**Figura VIII** - Representação esquemática do vaporizador Datex-Ohmeda Aladin Cassete: As setas pretas representam fluxo para o fluxômetro e os círculos brancos representam o vapor. O vaporizador é eletronicamente controlado por uma válvula de controle de fluxo localizado na câmara de saída. CPU= unidade central de processamento,  $F_{BC}$  = unidade medidora do fluxo da câmara de bypass;  $F_{VC}$  = unidade medidora do fluxo da câmara de vaporização; P = sensor de pressão; T = sensor de temperatura. (Adaptado de Andrews JJ, 2000)



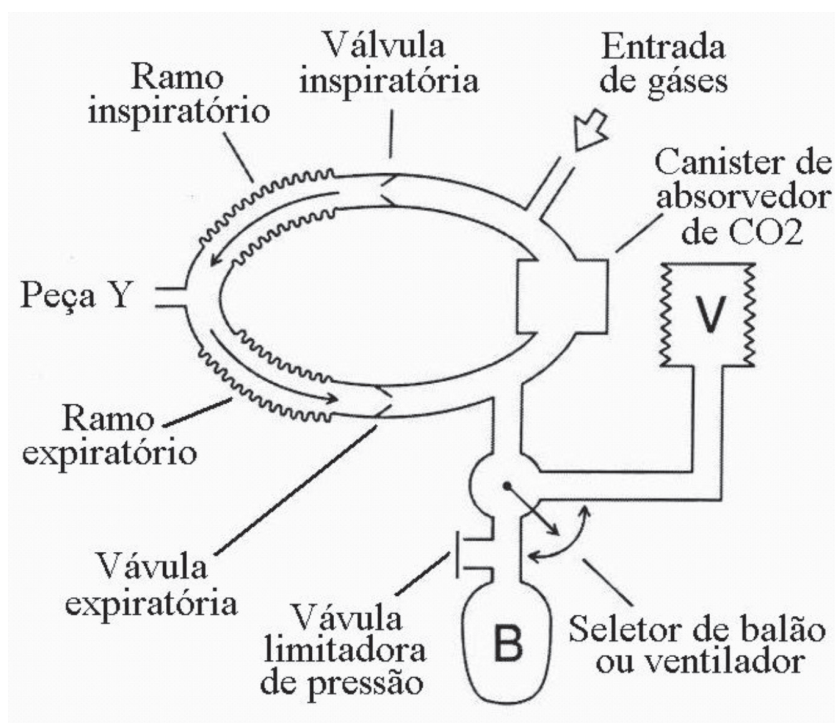
## 2 - Sistema Respiratório

O sistema circular é o sistema mais comumente utilizado com sistema respiratório nos equipamentos de anestesia. Tornou-se popular provavelmente pela simplicidade e eficiência de funcio-

namento. Possuem a vantagem de economia de anestésicos, baixa poluição do ambiente, aquecimento e umidificação dos gases inspirados e estabilidade na concentração desejada de anestésicos inalatórios. A classificação adotada pelas normas técnicas nacionais baseia-se no aspecto estrutural dos sistemas. Pela NBR 10012 os sistemas são classificados nos tipos sem ou com absorvedor de CO<sub>2</sub> válvulares ou avalvulares. Alguns autores classificam funcionalmente como semi-aberto, semi-fechado ou fechado, baseado na proporção de gases frescos. Para um sistema respiratório se considerado fechado, a quantidade de gás fresco entrando no sistema deve ser a mesma consumida pelo indivíduo. Para que isto ocorra sem hiper carbida é fundamental o bom funcionamento do absorvedor de CO<sub>2</sub> (cal sodada).

O sistema circular tem sete componentes: 1 – entrada de gás fresco, 2 – válvula unidirecional inspiratória e expiratória, 3 – ramo inspiratório e expiratório, 4 – conector em Y, 5 – válvula de escape de gás (“pop-off”), 6 – bolsa reservatória de gás, 7 – canister com absorvedor de CO<sub>2</sub> (figura IX).

**Figura IX** - Componentes do sistema circular. B = balão reservatório, V = ventilador  
(Adaptado de Andrews JJ, 1999)



Uma variedade de arranjos é possível no sistema circulatório. O mais eficiente desenho é aquele que permite alta conservação de gás fresco. Isto é possível quando as válvulas unidirecionais estão fechadas para o paciente e a válvula de escape de gases esta localizada após a válvula expiratória. Este arranjo no sistema permite melhor ventilação alveolar enquanto minimiza o espaço morto. A grande desvantagem do sistema circular relaciona-se a grande quantidade de componentes. São aproximadamente 10 locais onde podem ocorrer desconexões com risco potencial ao indivíduo anestesiado.

Provavelmente a verificação da integridade do sistema de anestesia esteja entre uma das mais críticas avaliações pré-operatória, necessária antes e durante o procedimento anestesiológico. A completa avaliação deverá ser certificada com testes de vazamento.



O perfeito desempenho das válvulas foi importante conquista para o funcionamento do componente pneumático dos equipamentos de anestesia. Preferencialmente tem sido utilizada membrana em disco de “próprio peso” por apresentarem menor resistência e melhor vedação. Quando o diafragma da válvula está fechado, a pressão necessária para abri-la e permitir o fluxo de gás, dependerá de critérios relacionados à equação:

$$R = \frac{4W}{\delta d^2}$$

onde R é a resistência ao fluxo, W é o peso da membrana e d é o diâmetro do diafragma. Compreende-se assim que pequenas válvulas, como redução do diâmetro, na tentativa de diminuir o peso pode levar a piora do funcionamento, pois quanto menor do diâmetro do diafragma maior poderá ser a resistência. Avanços foram conseguidos neste quesito com utilização de materiais de baixo peso nos discos de vedação das válvulas.

Os sistemas circulares com dimensões reduzidas e de baixa complacência propostos para crianças encontravam limitações devido a resistências dos componentes, especialmente válvulas. Cuidados e ajustes devem ser adotados para compensar a complacência do sistema que deve ser reduzida, acrescida ao fato dos gases sofrerem compressão durante a ventilação controlada. Estes fatores podem comprometer o volume corrente calculado. Idealmente deve-se dispor de um ventilômetro conectado no sistema respiratório para auxiliar o anestesiológista a corrigir o efeito da compressão de gases e a redução do volume corrente, ou da avaliação de parâmetros fisiológicos da ventilação, o que pode ser fornecido pela capnografia, conforme recomendação da Comissão de Normas Técnicas e Segurança em Anestesia (CNTSA) da Sociedade Brasileira de Anestesiologia (SBA) apoiada pela lei 1363/93 do Conselho Federal de Medicina (CFM).

### 3 - Fluxo Basal de Gases como Sistema Antipoluição

Historicamente, o temor no ambiente cirúrgico, tanto para a equipe cirúrgica quanto para o paciente, relacionava-se ao risco de fogo e explosões devida ao uso de gases anestésicos de alta combustão ou explosivos. Este risco foi abolido com a introdução de anestésicos halogenados. Contudo, outros riscos continuam afetando a equipe, especialmente relacionos à poluição no ambiente cirúrgico produzida pelos agentes anestésicos, tanto na sala de operação quanto na recuperação pós-anestésica.

Muitos estudos tem sido realizados com respeito aos efeitos adversos à exposição de concentrações de gases anestésicos. Estes abrangem avaliações em animais, voluntários humanos, epidemiológicos e de mortalidade. Sugerem aumento da incidência de abortos espontâneos e partos prematuros e redução da fertilidade nas mulheres que trabalham em ambiente cirúrgico. Referem também alterações cognitivas, como capacidade de concentração. Mostram aumento na incidência de doenças renais, hepáticas e hematopoéticas nas equipes que mantem contato crônico com agentes anestésicos. Muitos outros investigadores não confirmaram estes estudos, sendo assunto complexo, inconclusivo e extremamente controverso. É portanto, prudente adotar conduta de reduzir ao máximo o nível de agentes anestésicos na atmosfera do ambiente de trabalho onde estão sendo utilizados, e esforços devem ser feitos, mesmo cientes que a completa eliminação de todas as moléculas poluentes é praticamente impossível.

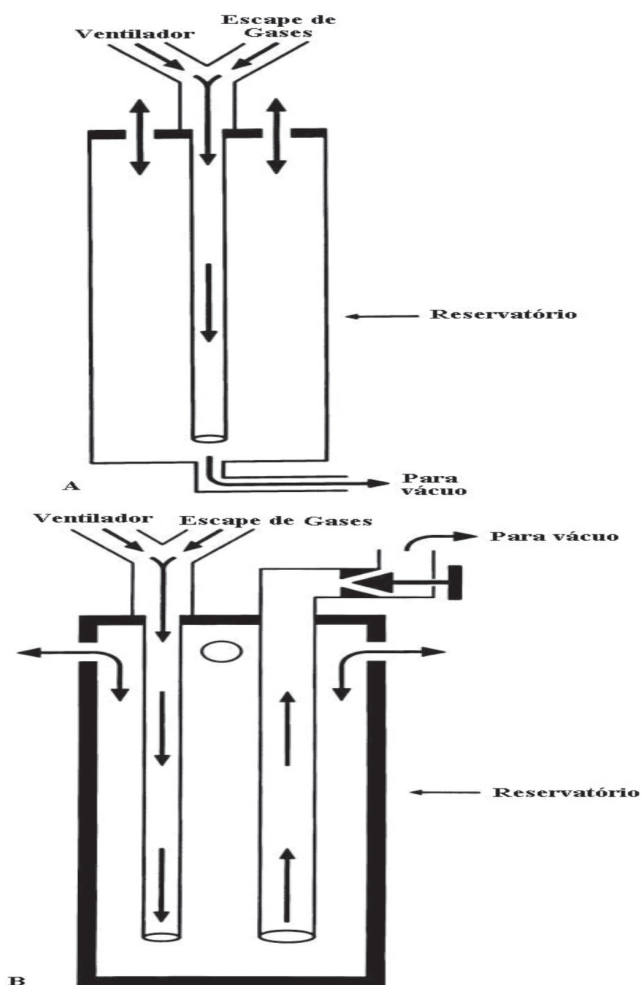


O objetivo controle da poluição no ambiente cirúrgico deve ser direcionada em reduzir a concentração de gases anestésicos ao nível mais baixo possível. Para atingir este propósito, quatro áreas devem ser priorizadas: coleta e remoção de gases não utilizados pelo paciente, eliminar vazamentos nos equipamentos utilizados, empregar técnicas anestésicas não poluente e assegurar um eficiente sistema de ventilação da sala de operação.

Para o controle efetivo da poluição no ambiente cirúrgico as quatro áreas referidas acima devem ser abordadas conjuntamente. Os métodos atualmente empregados tem sido sistema de coleta e eliminação dos gases por processo ativo, através de ductos coletores ou por aspiração contínua com auxílio de vácuo central, ou de forma passiva através de sistema de ventilação e exaustão da sala, ou por eliminação passiva por ducto exteriorizado pela parede, ou por sistema de filtros especiais para absorção de gases (figura X).

O uso de fluxo basal de gases é provavelmente uma das técnicas mais racionais de antipoluição que pode ser empregada, por agregar uma série de benefícios. Além de utilizar fluxo basal de gases, ou seja, o necessário ao paciente anestesiado, permite melhor previsão do volume anestésico utilizado, conservação do calor corporal do paciente anestesiado, umidificação dos gases administrados, economia significativa do consumo de agentes anestésicos e monitorização de parâmetros fisiológicos como consumo de oxigênio, débito cardíaco, produção de dióxido de carbono, ventilação alveolar e necessidades de líquidos.

Como exemplo nota-se que variações no consumo de oxigênio podem indicar alterações diretas do débito cardíaco. Além disto, a umidificação dos gases que ocorre no sistema durante o



**Figura X** - A e B são sistemas de anti-poluição, avalvular, conectado ao vácuo. O excesso de gás entra no reservatório e é aspirado pelo sistema de drenagem hospitalar. O sistema é considerado aberto para permitir aspiração contínua nas fases intermitentes da ventilação pulmonar, permitindo a aspiração do ar atmosférico na fase inspiratória do ventilador. Estas aberturas laterais do reservatório também evitam a transmissão de pressão negativa ao circuito respiratório (Adaptado de Dorsch JÁ, Dorsch SE, 1999).



percurso da anestesia, diminui a possibilidade de formação de substâncias tóxicas durante a absorção de dióxido de carbono pelo absorvedor no canister do aparelho de anestesia, por dificultar a absorção do anestésico para o interior do grânulo de cal, pela presença de água na cal em proporção adequada. Desta forma, com técnica de fluxo basal de gases o anesthesiologista mantém a fisiologia corporal e controla com facilidade a função pulmonar e cardiovascular na cabeceira do paciente.

Sem qualquer questionamento, esta técnica reduz a magnitude da poluição, que associada a bom sistema de exaustão de gases da sala, diminui consideravelmente a concentração anestésica ambiental. O uso de baixo fluxo de gases ou sistema fechado de anestesia não exclui a necessidade de um eficiente sistema de exaustão, pois altos fluxos são necessários no processo da regressão da anestesia, quando o circuito de anestesia é aberto e deve ser “lavado” com gases isentos de anestésicos, para permitir a eliminação pulmonar de anestésicos acumulados no paciente durante o período anestesiado.

Embora sejam difundidas as vantagens oferecidas pela técnica do fluxo basal de gases, a propagação do método como rotina entre as técnicas anestésicas encontra obstáculos diversos, primeiramente pela divergência no conceito de fluxo baixo de gases ou mínimo fluxo de gases, e por ser considerada por muitos como complexa na execução.

Ao ser pouco realizada pelos anesthesiologistas, observa-se que possa estar relacionada à falta de adequado treinamento e falsos conceitos de dificuldades técnicas. Está também ligada a interpretação por muitos da excessiva atenção necessária aos intervalos de tempo, principalmente com a técnica de injeções intermitentes de anestésico líquido no ramo expiratório do sistema de inalação, onde deve ser redobrada, em decorrência da injeção de anestésico em curtos intervalos de tempo, somada a manipulações demasiadamente frequentes da seringa de injeção, principalmente durante os primeiros intervalos da anestesia..

Diante das dificuldades para a administração dos agentes anestésicos, as opções para anestesia com fluxo basal de gases têm se multiplicado, diferenciando-se basicamente pelo método, a saber, uso de vaporizadores tipo *copper-kettle*, calibrado ou universal, ou pela diferenciação nos tempos abordados no emprego do anestésico. A administração contínua de líquido anestésico por bomba de infusão em substituição a vaporizadores apresentou avanços na técnica, facilitando a quantificação do consumo e as necessidades clínicas, reduzindo assim os atropelos de cronometragem a curtos intervalos de tempo e cálculos matemáticos, considerados fatores limitantes.

Empenho deve ser feito para administração de anestesia com fluxo basal de gases, tanto pelas vantagens como sistema antipoluição assim como outras auferidas pela técnica, que demonstra segurança e simplicidade na execução.

## Referências Bibliográficas

1. Andrews JJ, Johnston Jr: RV The new Tec 6 desflurane Vaporizer. *Anesth Analg* 1993; 76:1338.
2. Andrews JJ – Delivery systems for inhaled anesthetics. In: Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK – *Clinical Anesthesia*, 3ª Ed., New York, Lippincott-Raven, 1996, 535-572.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Equipamento eletromédico: Prescrições particulares para segurança de ventilador pulmonar – Ventiladores para cuidados críticos. NBR 60601-2-12, Rio de Janeiro, 2004, 40p.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Equipamento eletromédico: Prescrições particulares para segurança e desempenho essencial de sistemas de anestesia. NBR 60601-2-13, Rio de Janeiro, 2004, 40p.
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Equipamento respiratório e de anestesia - Vocabulário. NBR 26:060.01-001, Rio de Janeiro, 2005, 23p.

6. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Conexões e roscas para válvulas de cilindros para gases comprimidos. NBR 11725, Rio de Janeiro, 1986.
7. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Conexões roscadas e de engate rápido para postos de utilização dos sistemas centralizados de gases de uso medicinal sob baixa pressão. NBR 11906, Rio de Janeiro, 1992.
8. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Sistemas centralizados de oxigênio, ar, óxido nitroso e vácuo para uso medicinal em estabelecimentos assistenciais de saúde. NBR 12188, Rio de Janeiro, 2003.
9. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Válvula plana de cilindros para gases medicinais: sistema de pinos indicadores de segurança. NBR 12510, Rio de Janeiro, 1992.
10. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Conectores e intermediários de sistemas respiratórios. NBR 13475, Rio de Janeiro, 1995.
11. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Sinais de alarme para anestesia e cuidados respiratórios - Parte 3: Guia para aplicação de alarmes. Projeto 26:002.02-013/2, Rio de Janeiro, 2001.
12. Dorsch JA, Dorsch SE: *Understanding Anesthesia Equipment*, 4th edition. Edited by Dorsch JA, Dorsch SE. Baltimore, Williams & Wilkins, 1999.
13. Edworthy J, Hellier E – Alarms and human behaviour: implications for medical alarms. *Br J Anaesth*, 2006; 97: 12-17.
14. Fonseca NM, Manhães WL, Andrade Jr DA - Anestesia Quantitativa com Enflurano: Comparação entre Injeção em Bolus e com Bomba de Infusão em Fluxos Basais de Oxigênio. *Rev Bras Anesthesiol*, 1997; 47:108-116.
15. Fonseca NM, Goldemberg S - An Evaluation of New Circle System of Anesthesia: Quantitative Anesthesia with Isoflurane in New Zealand Rabbits. *Acta Cirúrgica Brasileira*, 1997, 12: 240-245. 3 – Moyle JTB, Davey A – Equipamentos em Anestesia de Ward, 4ª Ed, Porto Alegre, Artmed, 2000;381-392.
16. Fortis EAF - O aparelho de anestesia. em: Manica J e col. – *Anestesiologia, Princípios e Técnicas*, 3ª Ed, Porto Alegre, Artmed, 2004, 358-393.
17. Torres MLA, Mathias RS – Aparelhos de Anestesia: Componentes e Normas Técnicas, em: Yamashita AM e col – *Anestesiologia*, 5ª Ed., São Paulo, Atheneu, 2001; 99-119. 4. Schwartz AJ, Matjasko MJ, Otto CW – Understanding your anesthesia machine. *ASA*, 2002; 30:41-59.

