

# **DISPOSITIVOS DE INFUSÃO**

**Profa. Dra. Vera Lúcia da Silveira Nantes Button  
Depto. Engenharia Biomédica – Faculdade Eng. Elétrica e de  
Computação – UNICAMP**

# **DISPOSITIVOS DE INFUSÃO**

## **ÍNDICE**

### **I. INTRODUÇÃO**

### **II. BREVE HISTÓRICO DOS DISPOSITIVOS DE INFUSÃO**

### **III. APLICAÇÕES DOS DISPOSITIVOS DE INFUSÃO**

### **IV. SISTEMAS DE INFUSÃO**

#### **IV.1. Sistema de infusão com controle de fluxo manual**

#### **IV.2. Controlador de Infusão**

#### **IV.3. Bombas de infusão**

##### **IV.3.1. Onde são usadas**

##### **IV.3.2. Critérios de utilização**

##### **IV.3.3. Problemas decorrentes de vazões incorretas:**

##### **IV.3.3. Problemas decorrentes de vazões incorretas**

##### **IV.3.4. Vazão**

##### **IV.3.5. Diagrama em Blocos**

###### **IV.3.5.a. Circuito de Controle**

###### **IV.3.5.b. Painel de Controle**

###### **IV.3.5.c. Saída de dados (“display”)**

###### **IV.3.5.d. Alarmes**

###### **IV.3.5.e. Motor**

###### **IV.3.5.f. Mecanismos de Infusão**

###### **IV.3.5.f.1. Peristáltico**

###### **IV.3.5.1.a. Peristáltico Rotativo**

###### **IV.3.5.f.1.b. Peristáltico Linear**

###### **IV.3.5.f.2. Seringa**

###### **IV.3.5.f.3. Pistão ou Diafragma**

###### **IV.3.5.g. Sensor de Gotas**

**IV.3.5.h. Sensor de Ar**

**IV.3.5.i. Demais Sensores**

**IV.3.5.j. Equipo**

## **V. CLASSIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INFUSÃO**

**V.1. Bombas de Infusão para uso Geral**

**V.2. Bombas Ambulatoriais de Infusão**

**V.2.1. Bomba de Insulina**

**V.3. Bomba de Infusão de Analgésicos Controlada pelo Paciente (PCA)**

**V.4. Bombas Implantáveis**

**V.5. Bombas de Múltiplos Canais**

## **VI. CONTROLE EM MALHA FECHADA**

## **VII. ACIDENTES COM BOMBAS DE INFUSÃO**

## **VIII. CONSIDERAÇÕES DE COMPRA/MANUTENÇÃO**

## **IX. ROTINAS DE TESTE E CALIBRAÇÃO**

## **X. REVISÃO DO APRENDIZADO**

## **XI. BIBLIOGRAFIA**

# DISPOSITIVOS DE INFUSÃO

## I. INTRODUÇÃO

O sistema circulatório é o caminho primário para a oxigenação e nutrição do corpo humano e também para a remoção de dióxido de carbono e outras secreções do organismo.

**Infusão** significa introduzir um líquido (que não seja o sangue) em um vaso sangüíneo.

Considerando que todo o sangue de um adulto saudável circula completamente em 60 segundos, as substâncias introduzidas no sistema circulatório são distribuídas rapidamente. Assim, **rotas de acesso intravenoso e intra-arterial compõem vias eficazes para transportar fluidos, sangue e medicamentos até os órgãos vitais de um paciente.**

Em torno de **80% dos pacientes hospitalizados recebem terapia por infusão**. A nutrição enteral e a aplicação de anestésicos por via nervosa são utilizados em uma população menor de pacientes.

Com o aumento do uso de terapias intravenosas, tornou-se necessário desenvolver dispositivos para infundir drogas com pressão superior à pressão sangüínea e com precisão elevada. As **bombas de infusão** foram desenvolvidas entre as décadas de 60 e 70. A partir de então, estes dispositivos evoluíram conforme os avanços nos campos da eletrônica, da mecânica e da medicina.

Um sistema de infusão consiste tipicamente, de três componentes: um reservatório de fluido, um dispositivo (equipo) que transporta o líquido do reservatório para o paciente e um dispositivo para regular ou gerar o fluxo. Vários sistemas diferentes são usados para promover o fluxo de fluidos em equipos intravenosos.

Uma bomba de infusão é um dispositivo eletromecânico capaz de gerar fluxo de um dado fluido a pressões superiores à pressão do sangue no local da infusão : cerca de 10mmHg para pressão venosa e aproximadamente 80mmHg e 120mmHg para pressão arterial diastólica e sistólica, respectivamente. Possui alarmes e controles possibilitando a infusão precisa e segura mesmo em baixas velocidades e longos períodos de tempo.

## **II. BREVE HISTÓRICO DOS DISPOSITIVOS DE INFUSÃO**

- A administração de fluidos intravenosos e medicações parenterais (através de injeção) surgiu com uma agulha Rochester em 1950.
- No início da década de 60: 40% das drogas eram aplicadas na forma intravenosa; havia necessidade de um processo de infusão mais preciso;
- 1963: primeiro dispositivo automático de infusão – infusor cronométrico da Watkins (“chronofuser”, consistia num mecanismo de relógio que movimentava um cabeçote com roletes que comprimia um cateter deslocando o líquido);
- Década de 70: introdução da eletrônica analógica aliada a motores CC;
- Década de 80: utilização de eletrônica digital (microcontroladores) aliada a motores de passo; cronoterapia (na cronoterapia, administra-se drogas levando em conta o ciclo ou ritmo circadiano do paciente);
- Década de 90: desenvolvimento de sensores para controle em malha fechada (com realimentação da saída na entrada, buscando reduzir erros) de alguns sistemas de infusão, algoritmos de correção e modelamento do controle biológico.

## **III. APLICAÇÕES DOS DISPOSITIVOS DE INFUSÃO**

Os dispositivos de infusão ambulatoriais ou de finalidade geral, são usados para introduzir no sistema circulatório de pacientes, líquidos e agentes farmacológicos através de rotas intravenosas (IV), epidurais e mais raramente intra-arteriais, em aplicações diversas como:

- a manutenção dos níveis apropriados de fluidos de um paciente durante e após cirurgias, tratamento de queimaduras e controle de desidratação em pacientes pediátricos;
- nutrição parenteral (endovenosa) total (TPN) de pacientes;
- para manter a veia aberta facilitando a administração de medicamentos em emergência; (KVO – Keep Vein Open, é uma propriedade de bombas de infusão programáveis de redução do volume infundido no final da infusão, com o objetivo de manter o vaso aberto);
- infusão contínua (por exemplo, hormônio do crescimento) ou intermitente (por

exemplo, antibióticos) de drogas, em quantidades efetivas e não tóxicas.

A **administração contínua de drogas pode ser considerada a aplicação mais importante dos dispositivos de infusão**, pois a concentração de uma droga em seu sítio de ação deve ser suficientemente alta para ser efetiva, mas não tão elevada a ponto de ser tóxica.

Os modos tradicionais de administração de drogas, através de injeções ou pílulas, resultam em flutuações ao longo do tempo na concentração da droga (figura 1), que podem fazer com que esta fique abaixo ou acima da faixa terapêutica, mesmo que a concentração média esteja dentro da faixa.

A infusão contínua de drogas reduz as flutuações e, se a taxa de infusão for correta, assegura uma ação terapêutica contínua.

A **infusão contínua de drogas** pode ser usada para aplicação de:

- drogas vasoativas, para controlar a pressão arterial;
- anestésicos durante cirurgias;
- quimioterapia para tratamento de câncer;
- agentes indutores de trabalho de parto;
- drogas anti-arrítmicas;
- insulina;
- supressores de dor e de trabalho de parto;
- hormônios; etc.

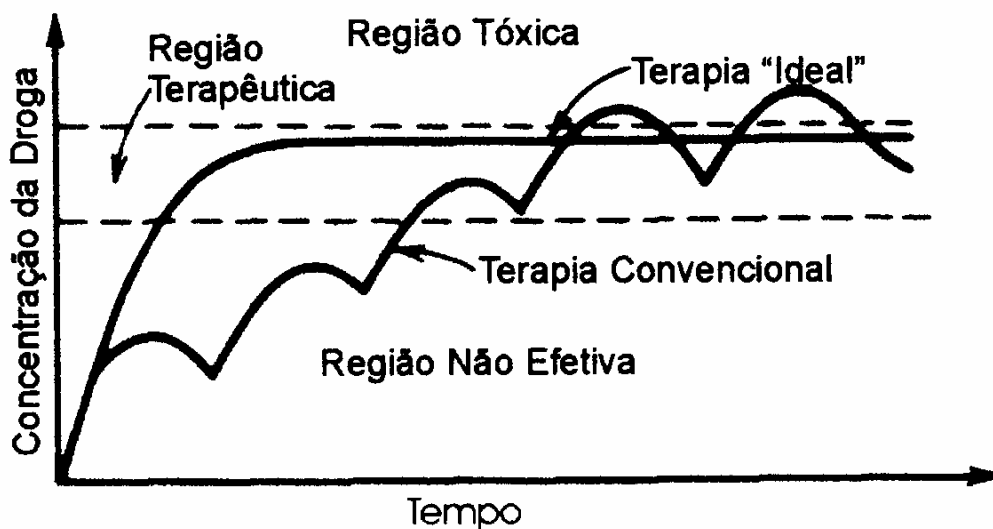


Figura 1. Comparação da evolução da concentração da droga x tempo, a partir do instante de sua administração, para terapias convencional e ideal (modificado de Drug Infusion Systems, J. Webster, Medical Instrumentation Encyclopedia, 1988)

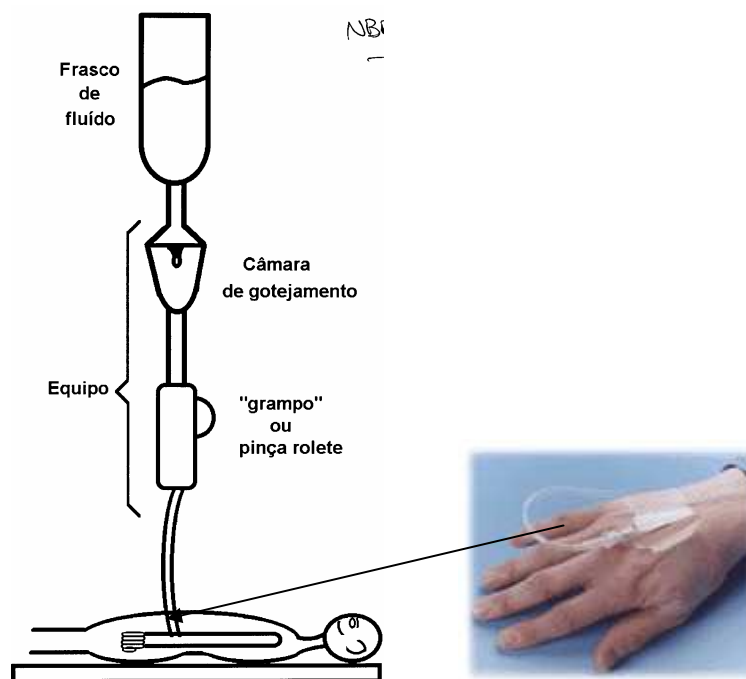
Dispositivos de infusão são utilizados em pacientes hospitalizados em ambulatorios, centros cirúrgicos, UTIs e em ambulâncias. Pacientes que necessitam de terapia prolongada de infusão mas estão livres de outros cuidados hospitalares, podem ser tratados em casa.

#### IV. TIPOS DE DISPOSITIVOS OU SISTEMAS DE INFUSÃO

Existem **três sistemas de infusão**: o que utiliza **controle manual de fluxo**, e é o mais simples de todos; o que utiliza um **controlador de infusão** (automático ou semi-automático) para estabelecer o fluxo determinado pelo operador; e o a **bomba de infusão**, que gera, monitora e controla o fluxo. A bomba de infusão é o sistema que oferece a maior precisão de infusão, e permite trabalhar com pressões maiores que os sistemas gravitacionais. Nas bombas de infusão o controle do fluxo pode ser volumétrico ou não-volumétrico.

##### IV.1. Sistema de infusão com controle de fluxo manual

O **sistema de infusão mais simples** consiste em um reservatório e um equipo, composto por um tubo, uma câmara de gotejamento e uma pinça rolete ou chapinha metálica (grampo) para comprimir o tubo do equipo e controlar o fluxo de líquido do reservatório para o paciente (figura 2). A pressão de infusão é a diferença entre a pressão hidrostática gerada pela coluna de líquido no equipo e a pressão venosa (que varia em torno de 10mmHg).



**Figura 2.** Componentes do sistema de infusão com controle de fluxo manual.

**Desvantagens:**

1. Este sistema é muito impreciso, pois o fluxo irá variar no tempo com:

- a redução da coluna de líquido ao longo da infusão;
- as variações da pressão venosa do paciente;
- o posicionamento (altura) do reservatório;
- a viscosidade e a temperatura do líquido;
- a formação de coágulo na linha de infusão.

2. Além da imprecisão, este sistema só pode ser usado em veias periféricas, devido à baixa pressão gerada. Seu uso é impraticável em veias centrais e artérias, onde a pressão do sangue é alta.

3. O método de controle de fluxo se baseia na contagem feita pelo operador (enfermeira, auxiliar de enfermagem, etc) do gotejamento. Este sistema de



controle possui um erro inerente ao processo: as características das gotas variam no tempo. Também não é possível estabelecer um dado fluxo que resulte num número de gotas que não seja inteiro (por exemplo: 3,5 gotas/minuto).

4. Não possui alarmes e a monitoração do processo depende exclusivamente do profissional da saúde.

#### **Vantagens:**

1. Baixo custo;

2. Operação simples.

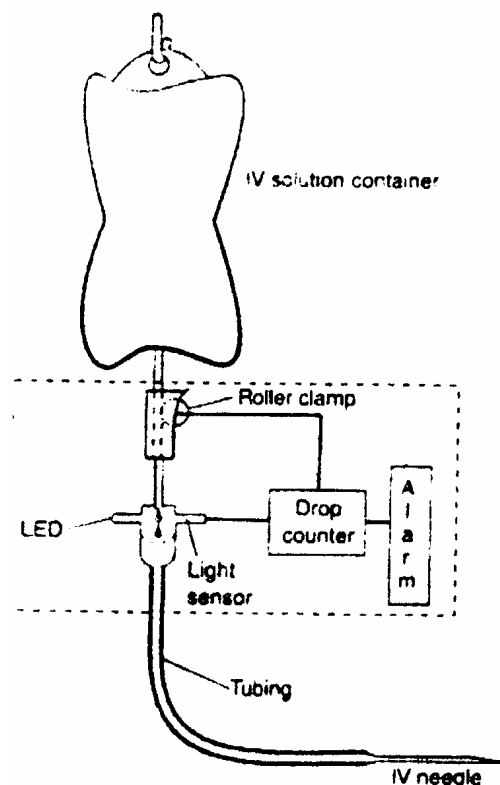
Para garantir **maior precisão** nos sistemas de infusão, pode-se utilizar **controladores de fluxo**. Quando for necessário **precisão e pressão maiores** (arterial 80mmHg - diastólica e 120mmHg - sistólica) ao longo do tempo, deve-se utilizar **bombas de infusão**.

## **IV.2. Controlador de infusão**

O controlador de pressão (ou de infusão) é **um equipamento destinado a regular a vazão do líquido** administrado ao paciente sob pressão positiva gerada pela força da gravidade (NBR IEC 60601-2). Depende da pressão gerada pela ação da gravidade para proporcionar a infusão, porém a regulação do fluxo é controlada por uma contagem eletrônica de gotas.

#### **Vantagens e *desvantagem*:**

Os controladores são uma opção para um **sistema simples de infusão**, pois **monitoram e regulam o fluxo determinado pelo operador** (semi (figura 3) ou automaticamente). Por trabalharem com pressão baixa, **são sensíveis à oclusão no equipo ou ao deslocamento da agulha**, mas são ***limitados pela baixa pressão de infusão***.



**Figura 3.** (a) Sistema de infusão por gravidade com controlador semi-automático de infusão. Quando a contagem de gotas não está de acordo com o valor pré-determinado, soa o alarme e o operador reajusta o grampo.

No sistema de infusão por gravidade com controlador mostrado na figura 3, o controle é semi-automático: o operador ajusta com ajuda do grampo, o fluxo desejado. Na câmara de gotejamento existe um diodo emissor de luz (LED) de um lado, e um sensor de luz do outro (por exemplo, um foto-diodo, acionado pela luz emitida pelo LED). O funcionamento deste sensor fotoelétrico é interrompido pela passagem de cada gota, enviando um sinal ao contador de gotas. Desta maneira, o controlador pode emitir um alarme caso a contagem de gotas esteja abaixo da programação estabelecida, ou se estiver ocorrendo fluxo livre, situações que necessitam da intervenção do operador.

### IV.3. Bombas de infusão

Bombas de infusão são usadas quando se necessita de **maior precisão** na

aplicação de fluidos no paciente, ou quando é necessário empregar fluxos maiores que os obtidos com sistemas gravitacionais ajustados manualmente.

Nas bombas de infusão a pressão de infusão independe da pressão gravitacional, e muitas vezes é maior que a pressão gravitacional. O controle do fluxo pode ser volumétrico ou não-volumétrico, e o mecanismo de infusão pode ser peristáltico, por pistão ou por seringa.

#### **IV.3.1. Onde são usadas:**

- Em oncologia, nos tratamentos de quimioterapia;
- UTI, para administração contínua de drogas cardiovasculares;
- Unidades de queimados;
- Durante e após cirurgias;
- Tratamento de pacientes desidratados
- Neonatologia (devido ao baixo peso e sensibilidade dos pacientes é indispensável a utilização de sistemas de infusão precisos e confiáveis);
- Em terapias intra-vasculares feitas na casa do paciente.

#### **IV.3.2. Critérios de utilização:**

- quando se necessita maior precisão do que a obtida com os métodos gravitacionais;
- quando for necessária pressão positiva para vencer a pressão do vaso sangüíneo, como em terapia intra-arterial;
- quando a extravasão da droga infundida estiver associada a morbidade;
- quando o volume total a ser infundido não puder ser ultrapassado;
- quando especificado pelo fabricante da droga;
- quando a taxa de administração da drogas for pré-determinada;
- quando a bomba representar um método efetivo para a diminuição de risco ao paciente.

#### **IV.3.3. Problemas decorrentes de vazões incorretas:**

- respostas retardadas (fluxo baixo) ou tóxicas (fluxo alto) ao paciente
- aumento da possibilidade de ocorrência de flebite e tromboflebite (infecção e entupimento de vasos, respectivamente)
- infiltrações e extravazamentos no local de aplicação, podendo causar necrose
- edema pulmonar, afetando função renal e cardíaca

- problemas metabólicos
- embolia pulmonar

**IV.3.4. Vazão:** Quanto à vazão, as bombas de infusão podem fornecer fluxos variados, de acordo com o tipo de controlador de fluxo empregado. Alguns valores típicos são apresentados a seguir:

Bomba de infusão com controle de fluxo volumétrico: 25ml/h

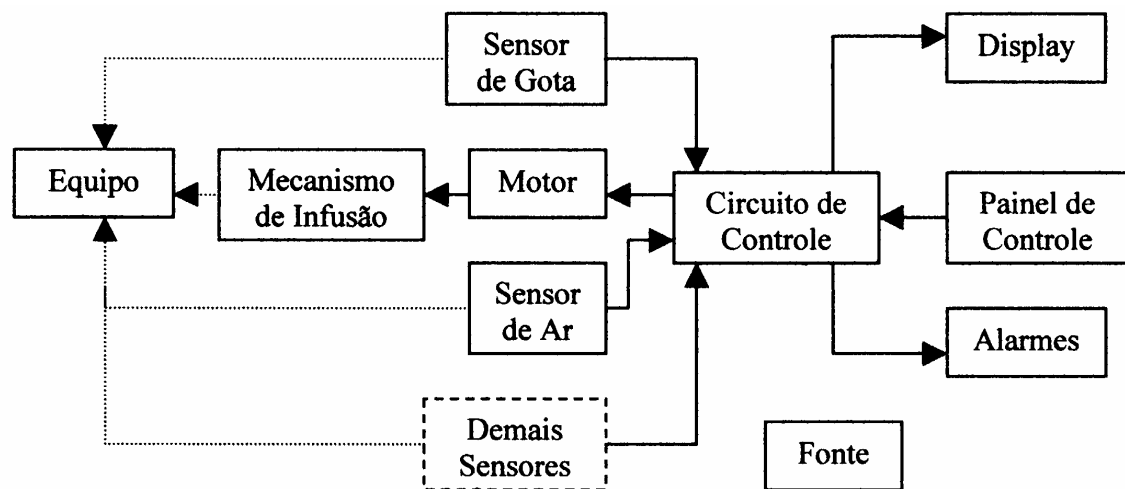
Bomba de infusão com controle de fluxo não-volumétrico: 20gotas/min

Bomba de infusão de seringa: 5ml/h (0,1 a 99,9 ml/h, dependendo da seringa)

#### IV.3.5. Diagrama em Blocos

Na figura 4 é apresentado um diagrama em blocos genérico de bomba de infusão.

**Figura 4.** Diagrama em blocos de uma bomba de infusão.



##### IV.3.5.a. Circuito de Controle

O circuito de controle de uma bomba de infusão pode ser analógico, digital e/ou microprocessado.

O circuito de controle é responsável pela interpretação das informações inseridas no dispositivo (programação), por controlar o mecanismo de infusão, por interpretar os sinais dos sensores e disparar os alarmes, quando necessário.

Os circuitos de controle podem armazenar informações, calcular a dose da droga, realizar variações na taxa de infusão, interfacear a bomba com microcomputadores e periféricos, etc..

A infusão pode ser feita através de **controle volumétrico** ou por **controle nãovolumétrico**.

- **controle volumétrico**: unidade de volume por unidade de tempo (ml/h). Controla o volume do líquido a ser infundido, assim como a velocidade de infusão, independente das características do líquido.
- **controle não-volumétrico**: número de gotas por unidade de tempo (gotas/min). Controla a quantidade de gotas liberadas, assim como a velocidade de infusão. O volume depende do tamanho da gota (que varia com o tipo do equipo), da temperatura, da viscosidade e da densidade do líquido.

#### **IV.3.5.b. Painel de Controle**

Consiste normalmente num teclado para a entrada de dados sobre a infusão a ser realizada.

#### **IV.3.5.c. Saída de dados (“display”)**

As saídas de dados das bombas de infusão mais comuns são “displays” alfanuméricos e LCD (“display” de cristal líquido); apresentam informações sobre a infusão em andamento: volume total a ser infundido, fluxo (ml/h ou gotas/min), tempo total e tempo restante da infusão, dados sobre alarmes, etc..

#### **VI.3.5.d. Alarmes**

Além de fornecer um fluxo preciso de infusão, as bombas de infusão devem possuir alarmes para garantir a segurança do paciente, mesmo em caso de mal uso do equipamento.

Os alarmes indicam:

- bolhas de ar no equipo (na presença de bolha de ar, a infusão deve ser automaticamente interrompida);
- fluxo livre;
- oclusão do equipo;
- fim de infusão (término do líquido);
- bateria fraca (a bateria deve ter autonomia mínima de 5 minutos).

#### **IV.3.5.e. Motor**

Utiliza-se motores de corrente contínua ou motores de passo para acionar os mecanismos de infusão.

#### **IV.3.5.f. Mecanismos de Infusão**

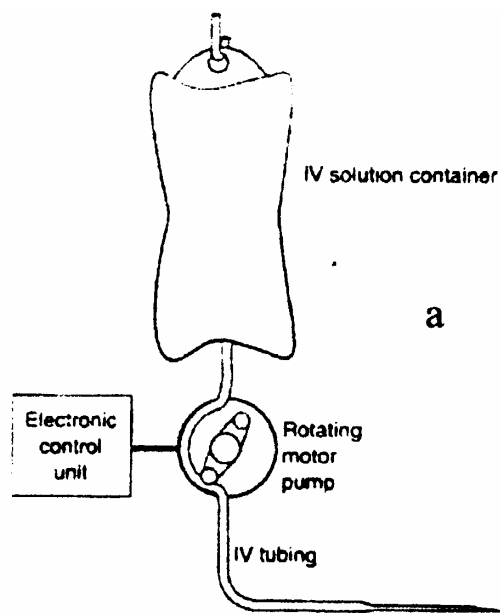
Neste bloco é gerada a pressão de infusão, responsável pelo fluxo do fluido. Os [mecanismos de infusão](#) mais comuns são os [peristálticos](#), [por seringa](#) e [por pistão ou diafragma](#).

##### **VI.3.5.f.1 Peristáltico**

Nas [bombas com mecanismo de infusão peristáltico](#) ou [bombas peristálticas](#) o mecanismo de infusão é caracterizado pelo esmagamento de um tubo por onde passa o líquido a ser infundido. As bombas peristálticas podem usar mecanismo rotativo com e sem batente ou linear. Fornecem um fluxo entre 0,01 e 999 ml/h, e seu volume é limitado pela capacidade do reservatório.

##### **IV.3.5.f.1.a. Peristáltico Rotativo**

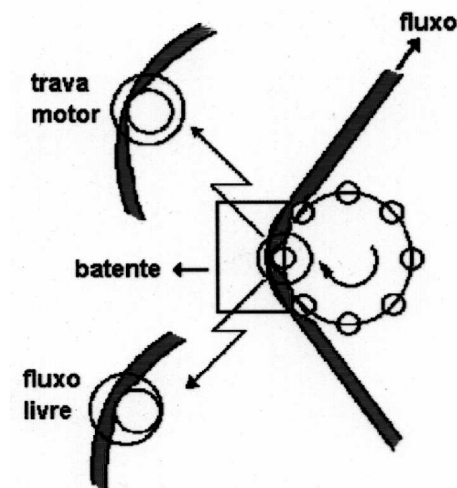
O [mecanismo de infusão peristáltico rotativo](#) é composto por um rotor que pressiona pequenos rolos contra um tubo flexível (figura 6).



**Figura 6.** Representação do mecanismo de infusão peristáltico rotativo.

Pode ser construído de duas formas básicas: com e sem batente.

**Com batente:** o tubo é pressionado contra um ponto fixo (batente rígido); pode ser usado equipo comum.

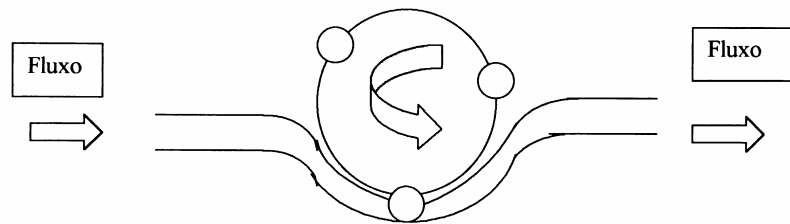


**Figura 7.** Esquema do sistema peristáltico rotativo com batente. O fluxo é estabelecido de acordo com o grau de esmagamento do tubo do equipo. Na figura são indicados dois casos extremos: fluxo livre, em que o sistema rotativo não esmaga o tubo; e interrupção do fluxo, em que o tubo é totalmente colabado pelo

sistema rotativo.

**Sem batente:** Não possui ponto fixo de esmagamento. O tubo é preso sobre o rotor (figura 8); roletes esticam e esmagam o tubo promovendo o fluxo.

É necessário usar equipo de silicone (pelo menos a porção onde ocorre o esmagamento do tubo). O equipo é específico para cada modelo de bomba.



**Figura 8.** Esquema do sistema peristáltico rotativo sem batente.

**Vantagens e *desvantagens*:**

Com batente: possui um único ponto de esmagamento, o que o torna mais confiável; *seu ajuste (mecânico) é difícil.*

Sem batente: é mais fácil de ser construído; *exige um torque maior do motor para impulsionar o líquido e exige equipo especial (de silicone).*

**A escolha do tubo de silicone:** está ligada a diversos fatores:

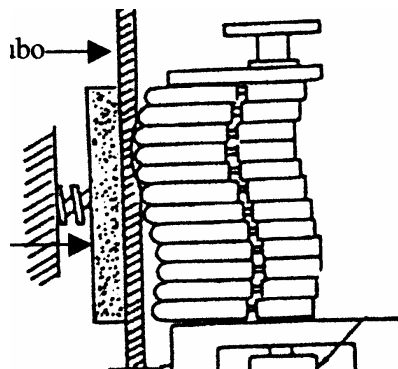
- grau de pureza (médico, alimentício ou industrial);
- diâmetro interno do tubo, define a quantidade de fluido deslocada a cada passo do motor;
- espessura da parede do tubo, determina a força para se obter o colapamento do tubo.

#### **IV.3.5.f.1.b. Peristáltico Linear**

Na figura 9 é representado o **mecanismo de infusão peristáltico linear**. Este mecanismo é composto por uma série de placas (ou engrenagens) que pressionam o tubo contra um batente, realizando um movimento ondulatório gerado por um fuso,



acionado pelo motor, justaposto às placas. O fluido é impulsionado pela pressão aplicada ao tubo em posições consecutivas.



**Figura 9.** Representação do sistema de infusão peristáltico linear.

**Vantagens:** alta precisão (erro menor que 2%) e infusão contínua (não pulsátil). As bombas com mecanismo de infusão a seringa não possuem sensor de ar pois são menos suscetíveis a este problema.

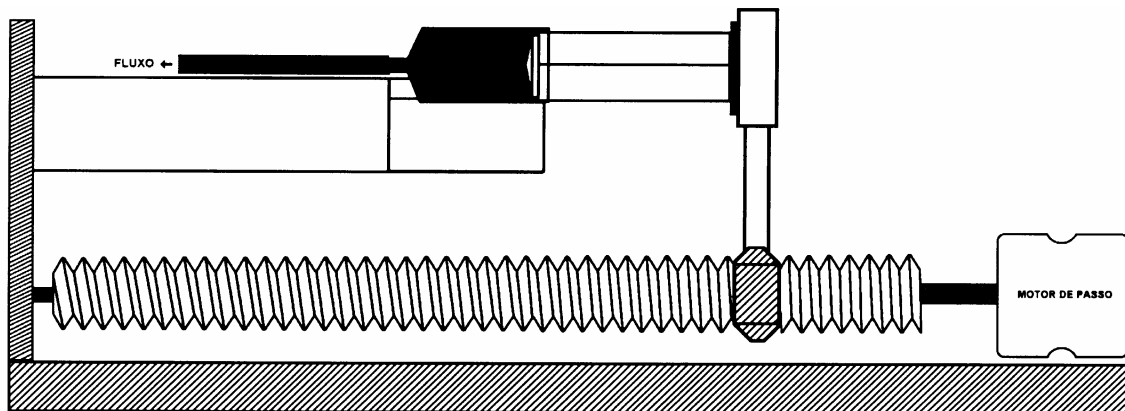
**Desvantagens:** volume limitado ao da seringa e necessidade de padronização das seringas. Apesar de serem limitadas pelo volume da seringa (máximo 100ml), alguns modelos podem acomodar mais de uma seringa.

#### **IV.3.5.f.2. Seringa**

**Bombas com mecanismo de infusão com seringa ou bombas de seringa** utilizam uma seringa como reservatório da droga; garantem precisão elevada e fluxo contínuo para pequenos volumes (menores que 100ml) de medicamentos potentes.

Por infundirem soluções com **precisão elevada e baixo fluxo**, são particularmente apropriadas para aplicações pediátricas e terapia intensiva, onde volumes pequenos de medicamentos com concentração elevada devem ser infundidos por um longo período de tempo.

Neste mecanismo a rotação do motor de passo é transmitida a um fuso (rosca sem fim) que movimenta o êmbolo da seringa (figura 10). Normalmente uma mola ou um mecanismo a gás é utilizado para empurrar o êmbolo com força constante, criando uma pressão de infusão constante.



**Figura 10.** (a) Esquema do mecanismo de infusão por seringa. (b) exemplos de bombas de seringa.

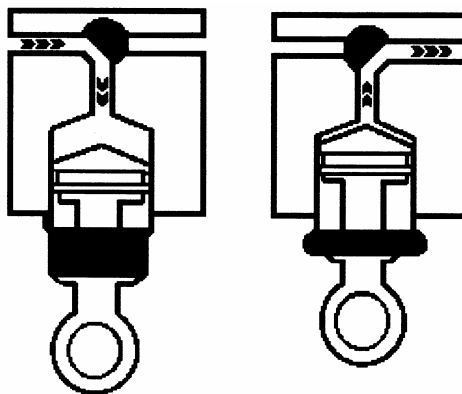
#### IV.3.5.f.3. Pistão ou Diafragma

Este mecanismo utiliza um equipo tipo pistão e tubo como o indicado na figura 11. O motor transmite um movimento ao pistão que entra e sai do êmbolo do equipo, promovendo o enchimento (figura 11 a) e o esvaziamento (figura 11 b) do reservatório (ou diafragma) de um volume conhecido.

Uma válvula direciona o fluxo conforme o estágio ao longo do ciclo de bombeamento. Este mecanismo controla o volume infundido variando o a amplitude e a taxa do deslocamento do pistão.

**Vantagem:** grande precisão (2%)

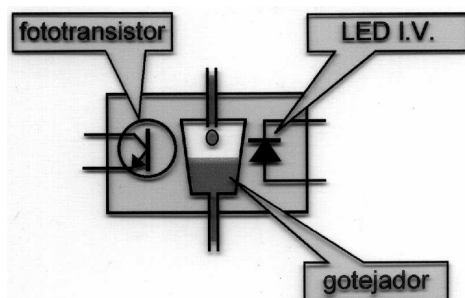
**Desvantagem:** fluxo pulsátil (o líquido é infundido a incrementos discretos de volume); grande custo do equipo.



**Figura 11.** Esquema de funcionamento do sistema de infusão tipo pistão. (a): pistão abaixa, reservatório enche. (b): com a subida do pistão o reservatório é esvaziado e a droga é impulsionada através do equipo.

#### IV.3.5.g. Sensor de Gotas

Este sensor é posicionado junto à câmara de gotejamento do equipo e é composto normalmente, por um LED, que emite um feixe de luz, e um componente fotosensível, como o fototransistor, na figura 12.



**Figura 12.** Esquema de um sensor de gotas.

Cada gota interrompe o feixe de luz gerado pelo LED e corta a corrente no fototransistor, gerando um pulso. A frequência de pulsos é medida e comparada com o valor ajustado pelo operador no painel de controle. Se a frequência estiver fora da faixa selecionada, o circuito soa o alarme. Este sensor além de ser usado para medir o fluxo de infusão, também detecta fluxo livre.

#### IV.3.5.h. Sensor de Ar

Este sensor é posicionado junto ao equipo, após o mecanismo de infusão, e opera de modo análogo ao sensor de gotejamento, com um LED de um lado do tubo e um sensor fotoelétrico do outro: quando uma bolha de ar atravessa o tubo, mais luz chega ao sensor, e será enviado um sinal para o circuito de controle que disparará o alarme de ar na linha.

#### **IV.3.5.i. Demais Sensores**

Pode-se ainda utilizar sensores de pressão para detectar oclusão na linha e transdutores de ultra-som para medir o fluxo de infusão, além de final de infusão, reservatório vazio e erro de programação. Na maioria das bombas pode-se armazenar na memória as programações e o volume total infundido no caso de interrupção temporária, causada por alarme (por exemplo).

#### **IV.3.5.j. Equipo**

O equipo é o dispositivo que transporta o líquido do reservatório para o paciente (NBR IEC 60601-2).

**Equipo universal:** desenvolvido para utilização em qualquer bomba peristáltica.

**Equipo específico:** desenvolvido para uso específico em um modelo de bomba de infusão, garantindo maior exatidão da vazão infundida.

Algumas bombas possuem capacidade de armazenar dados, tais como configuração da bomba (programação), ocorrência de alarmes, erros de sistema, uso de comando e o tempo e data de cada evento. Também podem possuir uma porta serial RS232 para saída de dados para um microcomputador ou impressora, permitindo aos hospitais armazenar dados sobre procedimentos de infusão.

### **V. CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS DE INFUSÃO**

#### **V.1. Bombas de Infusão de Uso Geral**

Bombas de infusão de uso geral são usadas para aplicar com precisão soluções contendo drogas através de rotas Intravenosa e epidurais em procedimentos terapêuticos ou de diagnóstico. São usadas em hospitais, estabelecimentos de saúde alternativos e ambulâncias.

## V.2. Bombas Ambulatoriais de Infusão

As bombas ambulatoriais de infusão administram soluções (agentes parenterais) através de seringas ou reservatórios compressíveis e são pequenas o suficiente para serem carregadas pelo paciente. São usadas para infundir soluções via intravenosa (IV), epidural e ocasionalmente intra-arterial. A infusão pode se dar continuamente (por exemplo, hormônio do crescimento, nutrição parenteral total e quimioterapia) ou intermitentemente (como no caso de antibióticos).

Pacientes que necessitam apenas de terapia de infusão podem ser tratados fora do hospital com uma bomba de infusão ambulatorial. A infusão se dá através de um cateter que pode ser implantado em uma veia periférica ou central.

Bombas ambulatoriais eletrônicas (**Bombas peristálticas, Bombas a seringa, Bomba de insulina**) se utilizam dos mesmos mecanismos de infusão discutidos anteriormente. Existem também bombas de infusão descartáveis, como a bomba por balão elástico, onde a pressão de infusão é obtida pelo preenchimento de um balão elástico, e o controle do fluxo é feito através das características do equipo.

A maioria das bombas ambulatoriais são alimentadas a bateria e são microcontroladas, sendo que alguns modelos permitem programações complexas de regimes de infusão de mais de uma droga.

### V.2.1. Bomba de Insulina

Bombas de insulina são bombas para uso ambulatorial específicas para infusão de insulina em indivíduos portadores de diabetes Tipo I (insulina-dependentes). A infusão se dá através de um cateter subcutâneo inserido na região abdominal. O reservatório geralmente tem capacidade para 3ml de solução, o suficiente para dois dias. Tais bombas infundem microvolumes ("boluses") de forma pulsátil, fornecendo um controle metabólico melhor do que as injeções, porque infundem insulina de maneira semelhante à de um pâncreas saudável.

Na maior parte do tempo, opera com um fluxo basal, suficiente para assegurar o volume de glucose necessário para fornecer energia ao paciente durante a noite e nos intervalos entre refeições. A taxa basal é definida em unidades por hora, programando-se um microprocessador. Pode-se infundir uma dose extra nos

horários das refeições (geralmente 30 minutos antes, antecipando a elevação de glucose no sangue com a digestão dos alimentos). A dose extra é calculada levando-se em conta o conteúdo calórico e de carboidrato da refeição e do nível de glucose pré-refeição

Sistemas de malha aberta de infusão de insulina não monitoram o nível de insulina no sangue do paciente e pode-se utilizar como coadjuvante, um monitor portátil de glucose no sangue para realizar pelo menos 4 análises diárias. Os resultados das análise podem ser utilizados para reprogramar a bomba de infusão de insulina.

Pacientes diabéticos não-depedentes de insulina (Tipo II e diabetes induzida por gravidez), podem eventualmente, ser tratados com infusão subcutânea intermitente de insulina.

A maioria das bombas de insulina utiliza cateter revestido internamente por um material que não reage com a insulina ("polyolefin"), a fim de evitar incrustações (com perda de insulina) e entupimento do cateter.

Algumas bombas têm capacidade de guardar dados e possuem um comando de "automatic off" que encera a infusão de insulina após um período pré-programado, evitando assim hipoglicemia.

### **V.3. Bomba de Infusão de Analgésicos Controlada pelo Paciente (PCA)**

Bombas de infusão PCA operam de forma análoga às demais bombas discutidas até aqui, com a diferença de que estas infundem doses de medicamento conforme a requisição do paciente, isto é permitem que o paciente se auto-administre doses de analgésicos por via intravenosa, subcutânea ou epidural.

Bombas PCA são indicadas para pós-operatório, pacientes terminais e traumatizados que apresentem um perfil psicológico adequado, e permitem administração segura de analgésicos conforme a necessidade do paciente, mas dentro dos limites prescritos pelo médico responsável.

Para evitar "over dose", pode-se ajustar o intervalo mínimo de tempo entre uma infusão e outra (intervalo de bloqueio do mecanismo). Também são programáveis a

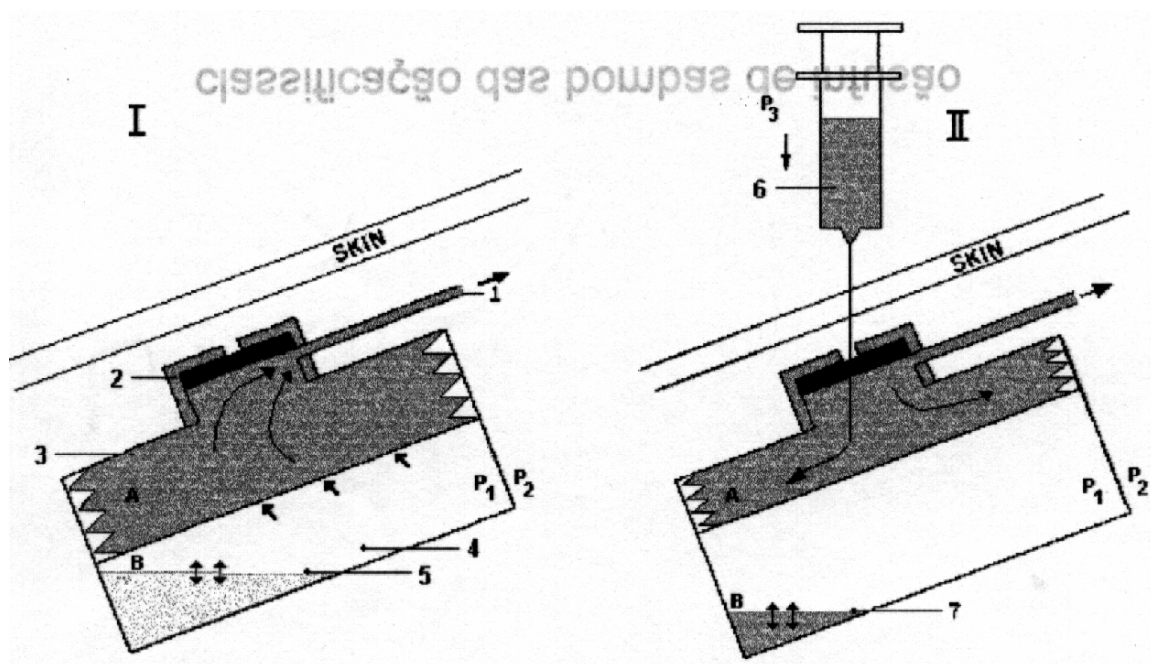
dose basal e o volume da dose extra. O botão de acionamento pode estar localizado na bomba ou em um cabo junto ao leito do paciente.

#### **V.4. Bombas Implantáveis**

Em alguns casos de dores crônicas (como as causadas por trauma físico e por alguns tipos de câncer), que não encontram solução nem com doses elevadas de medicação oral, e em que é necessário aplicar a droga o mais próximo possível de uma região específica, para reduzir a dose efetiva, pode-se utilizar bombas de infusão implantáveis. O mecanismo de controle e infusão é implantado sob a pele, por exemplo na região abdominal ou na região lombar, e um catéter, também implantado, leva a droga até a região alvo.

Bombas implantáveis devem ser pequenas e confiáveis. Devem permitir recarga do reservatório, e nos modelos eletrônicos a programação e o controle devem ser feitos externamente, por exemplo, através de ondas de rádio frequência (RF). A bateria deve permitir uma certa autonomia de tempo antes da substituição da bomba (cirúrgica).

Existem modelos comerciais que permitem recarga mas não regulação. O exemplo mostrado na figura 13 constitui um dispositivo totalmente mecânico, onde a pressão de infusão é gerada por gás “freon” ou fluorcarbono (que tende a se expandir a 37°C) contido a uma pressão P1 num compartimento fechado que comprime o reservatório do medicamento. A pressão ao redor da bomba é P2. A recarga se dá por injeção de fluido através da perfuração do “septum” (figura 13 II).



**Figura 13.** Esquema de funcionamento da bomba implantável (sem motor). I: em pleno funcionamento. II: em recarga. 1: saída do líquido infundido. 2: auto-selamento da bomba para conter a droga. 3: reservatório da droga. 4: gás a pressão 1. 5: interface vapor/líquido do gás freon. 6: droga a ser infundida ( $P_3 > P_1$ ). 7: condensação do vapor de gás freon.

No exemplo apresentado na figura 14, uma bomba de infusão com 2,5cm de espessura, 7,5cm de diâmetro e 170g de peso foi implantada cirurgicamente, logo abaixo da pele na região lombar. O catéter, também implantado cirurgicamente, é um tubo fino, com uma ponta conectada à bomba e a outra ponta localizada no espaço intratecal (ao redor da medula espinhal), onde a medicação para dor é liberada diretamente no fluido que envolve a medula espinhal, em doses controladas precisamente. Normalmente a dose nestes casos é apenas uma fração daquela que seria necessária, caso fosse administrada oral ou intravenosamente (muitas vezes sem alcançar o efeito desejado), uma vez que está sendo aplicada no local por onde a informação da dor é transmitida. Os efeitos colaterais são bastante reduzidos com a utilização da bomba implantável.

As bombas implantáveis são projetadas para não causar desconforto e não restringir os movimentos do paciente. A droga no reservatório é renovada através de injeção aplicada na parte central da bomba, no consultório médico, tipicamente a cada 6 a 8 semanas.



## **V.5. Bombas de Múltiplos Canais**

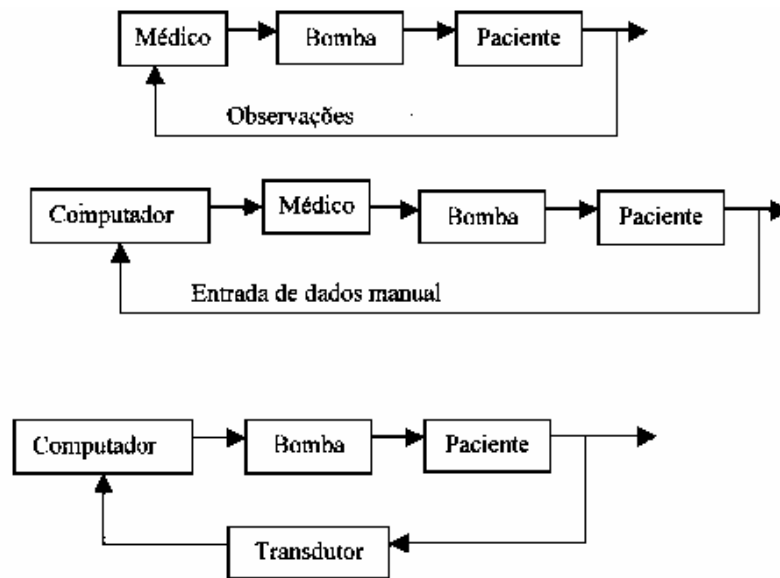
Pacientes de UTI muitas vezes necessitam de múltiplas infusões contínuas ao mesmo tempo. Por exemplo, além de terapia intravenosa com drogas, o paciente também necessita de rehidratação. Quando soluções de mais de um reservatório precisam ser infundidas, pode-se utilizar bombas de infusão com múltiplos canais ou uma combinação de bombas de canal único, montadas num único polo IV. Algumas bombas permitem a infusão simultânea ou intercalada (“piggybacking”) de duas soluções com taxas e volumes de infusão diferentes. No modo intercalado, para iniciar uma infusão secundária, é preciso fechar a linha primária, ajustar a infusão secundária, e então reabrir a linha primária quando a infusão secundária terminar (normalmente indicada por acionamento de alarme próprio)

## **VI. CONTROLE EM MALHA FECHADA**

Dispositivos de infusão com controle em malha fechada (com realimentação negativa da saída na entrada do sistema, para reduzir o erro) vêm sendo desenvolvidos para:

- melhorar o tratamento do paciente, através da infusão precisa da quantidade necessária de medicamento para se obter a maior eficiência; e
- para reduzir a atenção dispensada pelos profissionais envolvidos no tratamento intravenoso do paciente.

Em um sistema convencional de administração de drogas (figura 15 a), a taxa e o volume de infusão é determinado com base na experiência do operador, e uma forma de melhorar este sistema é o uso de “softwares específicos” de auxílio à decisão do operador (figura 15 b).



**Figura 15.** Esquemas de funcionamento de um sistema tradicional de administração de drogas (a); de um sistema com “software” de auxílio ao operador (b); e de um sistema completamente automatizado (c).

Em [sistemas completamente automatizados](#) (figura 15 c), sensores fazem a transdução da variável a ser controlada e um algoritmo (programa) de computador calcula a taxa de infusão, que é automaticamente ajustada pela bomba.

## VII. ACIDENTES COM BOMBAS DE INFUSÃO

Os acidentes mais comuns com bombas de infusão são:

- fluxo livre: pode levar à “over dose” e ocorre normalmente devido ao mal posicionamento ou escape do equipo e uso inadequado do equipo;
- interferência eletromagnética: pode alterar a programação e portanto o funcionamento da bomba;
- infecção e necrose no local da infusão: pode ocorrer devido à falta de higienização e deslocamento da agulha.

## VIII. CONSIDERAÇÕES DE COMPRA/MANUTENÇÃO

Bomba de infusão de uso geral: custo entre R\$2.000,00 e \$9.000,00; equipo universal (R\$1,20).

Bomba de infusão de uso geral, com equipo específico: cedida em comodato pelo fabricante. Equipo específico: de R\$6,20 a R\$6,50. Normalmente o contrato prevê a aquisição de um número mínimo de equipos. Por exemplo, um contrato envolvendo a cessão de 50 bombas, pode prever a aquisição de pelo menos 2000 equipos, no período de 1 ano.

Bombas em comodato não necessitam manutenção: são substituídas pelo fabricante, mas os equipos específicos são muitas vezes mais caros que o universal.

Bombas de uso geral com equipo universal: na aquisição de tais bombas, deve-se levar em conta a qualidade do produto, o custo inicial e o gasto com a manutenção.

O ECRI (Emergency Care Research Institute) recomenda a padronização, ou seja a utilização do uso de um só modelo de bomba ou pelo menos de uma só marca, para facilitar o treinamento do pessoal envolvido, a manutenção e o fornecimento de suprimentos. (obs: preços com base em maio de 2001).

## **IX. INSPEÇÕES DE ROTINA, ROTINAS DE TESTE E CALIBRAÇÃO**

Hospitais em geral possuem um número elevado de bombas de infusão. Portanto, a frequência com que as inspeções de rotinas são programadas têm um impacto razoável em termos de custo e na utilização de funcionários.

As rotinas de inspeção são normalmente realizadas apenas 1 ou 2 vezes ao ano, geralmente seguindo as recomendações do fabricante, devido à grande confiabilidade de tais equipamentos. Geralmente quando tais equipamentos falham, alarmes são acionados, não ocorrendo sub ou super infusão de soluções no paciente. Podem ocorrer falhas de alarmes e de sensores durante a utilização das bombas, que raramente poderiam ser detectadas durante inspeções de rotina. Além disso, a calibração das bombas de infusão não devem apresentar mudanças durante todo o seu ciclo de vida (5 a 10 anos) e a maior parte dos acidentes envolvendo

bombas de infusão decorrem do mal uso por erro do operador, e não por defeitos no equipamento.

O intervalo entre inspeções de rotina podem ser determinados, em cada instituição, a partir dos relatórios de inspeções e das manutenções realizadas e com o programa de qualidade em vigor. De acordo com a análise destes relatórios, o intervalo entre inspeções pode ser diminuído ou estendido.

No caso de bombas de infusão, fora do comodato, as partes que costumam apresentar problemas, mesmo que raros, são os circuitos de alimentação e “drivers” do acionamento da propulsão de fluxo, e do tracionamento do equipo. Não envolvem componentes específicos (transistores, diodos retificadores, capacitores, etc), não havendo necessidade de manutenção de estoque de tais componentes. Os componentes integrados (microcontroladores e EPROMs) são fornecidos apenas pelos fabricantes.

**Os testes de inspeção devem ser realizados para verificar:**

### **IX.1. Características de funcionamento da bomba de infusão:**

#### **1. Verificação de taxas de fluxo e de volume a ser infundido (VBTI)**

- uma bomba em geral é capaz de entregar infusões primárias a fluxos entre 1 a 999ml/h e infusões secundária entre 1 e 200ml/h;

- deve limitar a programação do fluxo máximo a valores coerentes. Por exemplo, bombas que permitem infusão de microvolumes entre 0,1 e 99,0, l/h, não devem aceitar programação de fluxos maiores que 99,9ml/h.

#### **2. Funções de memória**

- em geral, após desligada, uma bomba de infusão retém os ajustes de fluxo e VBTI e dados sobre alarmes por até 4 horas. Idealmente, a bomba deve permitir a revisão de períodos pós e pré alarmes e permitir a impressão dos dados

### **IX.2. Desempenho**

1. Descontinuidade de fluxo baixo (1ml/h ou menos) deve ser mínima. A continuidade de fluxo é especialmente importante na infusão de drogas de ação rápida. Erros de fluxo de até 5% por menos de 30s podem ser tolerados.
2. Precisão de fluxo. O fluxo deve se manter dentro de +/-5% do valor programado e não deve variar mais que 5% durante um período de 72 horas de uso.

### **IX.3. Características de segurança**

1. alarmes devem indicar claramente o problema específico causador do alarme
2. não deve ser possível desarmar alarmes sonoros indefinidamente. Se silenciado momentaneamente, devem ser reativados automaticamente após 2 minutos ou menos.
3. mesmo havendo controle de volume sonoro, não deve ser possível ajustar volumes inaudíveis.
4. A bomba deve ser capaz de detectar uma oclusão antes do paciente ("upstream") sem precisar do sensor de gotas ou outro dispositivo externo.
5. O limite de pressão do fluxo no paciente ("downstream") deve ser menor que 20psi (1034mmHg), para evitar que o equipo se desprenda. Na maioria das aplicações (venosas), pressões de infusão menores que 4psi (207mmHg) são suficientes. Para linhas epidurais pressões em torno de 10psi (517mmHg) são necessárias. Para aplicação neonatal, deve ser possível ajustar a pressão máxima em valores menores que 2psi (103mmHg).
6. Alguns modelos dispõem de gráfico de tendência de pressão (mudanças relativas de pressão de infusão) o que auxilia o operador a detectar oclusões incipientes.
7. Quando ocorre uma oclusão, a bomba deve interromper o fluxo a soar o alarme o mais rápido possível ( o que pode levar alguns minutos).
8. O controlador de infusão deve ser resistente a programações incompletas, como quando o próprio paciente ou um visitante mexer no painel. Os ajustes devem ser feitos em duas etapas, sendo a segunda, uma confirmação da mudança

estabelecida na primeira etapa.

9. Quando desconectado da bomba, o equipo não deve permitir fluxo livre para o paciente, apenas um ajuste gravitacional.

Inspeções de rotina podem ser realizadas segundo protocolos indicados pelo fabricante do equipamento e estabelecidos pelo hospital, com ou sem utilização de **analisadores de bombas de infusão**. Estes dispositivos realizam testes simples de fluxo, volume e alarmes de oclusão, substituindo buretas, balanças, temporizadores barômetros, etc., e são necessários quando o número de bombas de infusão a serem inspecionadas e consertadas diariamente é elevado.

O analisador de bombas de infusão necessita calibração anual, realizada pelo próprio fabricante.

## **X. REVISÃO DO APRENDIZADO**

Após a leitura atenta do texto sobre Dispositivos de Infusão, você está apto a responder aos testes de múltipla escolha apresentados a seguir, que podem ter mais de uma alternativa correta:

*1. Os controladores de infusão diferem das bombas de infusão:*

- ☐ ( ) quanto ao volume limitado (pequeno) a ser infundido
- ☐ ( ) os primeiros são menos sensíveis à oclusão indesejada do fluxo
- ☐ ( ) os primeiros são mais sensíveis à oclusão indesejada do fluxo
- ☐ ( ) quanto à maior capacidade, das bombas, de infundir soluções sob pressão elevada
- ☐ ( ) nda

*2. Em que situações o paciente necessita de infusão de soluções através de bombas de infusão?*

- ☐ ( ) infusão de drogas em neonatos prematuros
- ☐ ( ) rehidratação simples

- ☐ ) terapia intra-arterial
- ☐ ) quando o volume de solução a ser infundida não é crítico
- ☐ ) nda

*3. As bombas de infusão de seringa:*

- ☐ ) permitem infundir um volume pequeno e preciso num intervalo de tempo grande
- ☐ ) não são indicadas quando a “região terapêutica” é estreita
- ☐ ) têm como característica a miniaturização em relação às bombas de infusão
- ☐ ) tanto o equipo quanto a bomba são descartáveis
- ☐ ) nda

*4. Numa bomba de infusão genérica, o sistema de controle é responsável por:*

- ☐ ) fornecer energia aos circuitos da bomba
- ☐ ) controlar a pressão arterial do paciente
- ☐ ) controlar o mecanismo de infusão de soluções
- ☐ ) “interpretar” sinais vindos dos sensores
- ☐ ) desarmar alarmes recorrentes
- ☐ ) nda

*5. Fluxo livre é uma condição em que:*

- ☐ ) o paciente recebe a dose exata da droga
- ☐ ) terapia através da qual o processo de hidratação é acelerado
- ☐ ) o controlador está programado para fluxo máximo
- ☐ ) a vida do paciente está em perigo
- ☐ ) nda

*6. Quando o alarme de excesso de pressão de entrada (“upstream”) soa:*

- ☐ ) indica condição de oclusão entre o reservatório e o paciente
- ☐ ) o operador deve desabilitar o alarme
- ☐ ) o operador deve dar “reset” na bomba e reiniciar o processo

☐ indica condição de fim de infusão

☐ nda

*7. Nas bombas com mecanismo de infusão peristáltico:*

☐ utiliza-se equipo universal

☐ o deslocamento do fluxo ocorre por esmagamento do equipo

☐ O fluxo é limitado pela capacidade do reservatório

☐ o equipo deve ser de silicone

☐ nda

*8. Bombas de infusão microcontroladas necessitam calibração:*

☐ a cada 2 semanas

☐ a cada 2 anos ou após 50 utilizações

☐ a cada 6 ou 12 meses, de acordo com o fabricante

☐ após cada manutenção corretiva

☐ nda

*9. Em relação aos sistemas de segurança das bombas de infusão*

☐ os alarmes sonoros podem ser momentaneamente desabilitados

☐ os alarmes sonoros podem ser permanentemente desabilitados

☐ podem ocorrer falhas de alarmes e sensores durante a infusão

☐ se estiverem bem calibradas, nunca ocorrem falhas de sensores e alarmes

☐ nda

*10. Nos sistemas de infusão com controle de fluxo manual:*

☐ há influência da pressão venosa do paciente no fluxo estabelecido

☐ o fluxo varia com a massa corpórea do paciente

☐ o fluxo estabelecido varia com a temperatura e a viscosidade da solução

☐ o fluxo é bastante preciso, e seu controle é objetivo

☐ nda



## **XI. BIBLIOGRAFIA**

Webster, J. D., Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation, 1988.

Webster, J. D., Medical Instrumentation, 1998.

Bronzino, The Biomedical Engineering Handbook, 1995.

ABNT, NBR IEC 60601-2, 1996.

ECRI (Emergency Care Research Institute), Infusion Pumps, Ambulatory, 1999;  
Infusion Pumps, Syringe, 1999; Infusion Pumps, General Purpose, 1999; Infusion  
Pumps, Controllers, 1999.

General-Purpose Infusion Pump Purchasing Guide. Health devices, vol. 26, no. 2,  
pp. 36-44, 1997.

General-Purpose Infusion Pump. Evaluation Criteria, Test methods, and results.  
Health devices, vol. 26, no. 2, pp. 61-66, 1997.

Infusion Pump Analyzers. Health devices, vol. 27, nos. 4-5, pp. 124-147, 1998.

Infusion Pump Inspection Frequencies. Health devices, vol. 27, nos. 4-5, pp. 148-  
148-150, 1998.

[www.medtronic.com](http://www.medtronic.com)

[www.opitsourcebook.com/alaris.html](http://www.opitsourcebook.com/alaris.html)

[www.opitsourcebook.com/infudev.html](http://www.opitsourcebook.com/infudev.html)

[www.ebmequipamentos.com.br/bombas.html](http://www.ebmequipamentos.com.br/bombas.html)

[www.dibmed](http://www.dibmed).