



## **Análise dos parâmetros de manutenção da família de ventiladores pulmonares: um estudo comparativo entre duas diferentes marcas de um mesmo parque de equipamentos médico-hospitalares**

**Rafael Koltun**

**Centro de Engenharia e Ciências Exatas – Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE**

**Av. Tarquinio Joslin dos Santos, 1300 – 8587-900 – Foz do Iguaçu - PR**

**rafaelkoltun@gmail.com**

*Resumo: Alguns equipamentos médico-hospitalares possuem uma alta criticidade em relação a sua utilização. Os parâmetros de manutenção desses equipamentos devem ser analisados, pois muitas vezes não é permitida falha durante sua utilização, podendo comprometer a vida de pacientes. Para isso existem equipes de gerenciamento da manutenção, chamada de engenharia clínica. Por meio de uma análise dos históricos da manutenção, geridas pela equipe de manutenção, dentre ordens de serviços e observações feitas após as intervenções, pode ser feita uma comparação entre marcas diferentes, para equipamentos com a mesma finalidade. A análise das ordens de serviço revela uma comparação superficial dos parâmetros da manutenção, devido ao fato de existir sazonalidade e condições em que os técnicos induzem ao erro de comparação. Mediante a comparação dos ventiladores pulmonares é possível verificar o nível de obsolescência ou analisar o custo-benefício para manter a manutenção preventiva nos equipamentos.*

*Palavras-chave: Manutenção; Ventiladores pulmonares; Ordens de serviço.*

### **1. Introdução**

A constante modernização de equipamentos e aplicação de novas tecnologias tem gerado melhor qualidade de vida ao ser humano, principalmente em relação a saúde. A área médica é um dos fatores que contribui significativamente para uma melhor qualidade de vida, devido ao constante processo evolutivo dos equipamentos, proporcionando ao paciente meios cada vez menos invasivos e mais seguros.

Com o objetivo de suprir essa vontade de atender cada vez melhor o setor médico, é preciso que, além de inovar com as tecnologias, exista uma gestão de tecnologia de saúde, também chamado de área da engenharia clínica. Essa área é responsável por todo gerenciamento de um parque de equipamentos de um hospital. Nesse contexto Calil e Teixeira (2002) julgam imprescindível que a equipe de manutenção não pode simplesmente consertar o equipamento, é necessário que o profissional atuante da área conheça o nível de importância do equipamento nos procedimentos clínicos ou nas atividades de suporte de tais procedimentos.

A análise dos parâmetros de manutenção, de acordo com Monchy (1985), fornece respaldo para a equipe de manutenção, pois permite o acompanhamento do quadro de manutenções de cada equipamento, ou seja, fornece uma síntese de informações técnico-econômica para que o mantenedor possa escolher a melhor forma de realizar a manutenção para o equipamento ao qual se tem o histórico.



A complexidade aliada a grande criticidade de alguns equipamentos da área médica faz com a sociedade atinja um progresso tecnológico jamais esperado, extravasando as previsões até então imaginadas.

Conseqüentemente, tornou-se extremamente relevante a questão do treinamento apropriado do corpo técnico e de engenharia para operar, manter, reparar, e gerenciar instrumentos cada vez mais complexos e absolutamente necessários para uma melhor qualidade de vida do ser humano (CALIL; TEIXEIRA, 2002).

## 2. Ventiladores pulmonares

### 2.1 Introdução

O ventilador pulmonar é um equipamento utilizado para fornecer respiração artificial. O objetivo dos ventiladores pulmonares é prover suporte respiratório, seja temporário, completo ou parcial, a pacientes com incapacidade de respirar espontaneamente devido a fatores como doenças, anestesia, defeitos congênitos, dentre outras. Esse equipamento também é usado para permitir o descanso dos músculos respiratórios até que o paciente seja capaz de reassumir a respiração espontânea. Além desse suporte, o campo de aplicação do equipamento é bastante amplo, devido às diversas modalidades de ventilação disponível, e com isso a possibilidade de ser utilizado por todos os tipos de pacientes, desde pacientes que nasceram prematuramente até pacientes adultos (ROMERO, 2006).

A respiração, como sendo função básica do pulmão, segundo o mesmo Romero (2006), consiste na troca de gases em todos os tecidos do corpo humano, assim como pode ser observado na fig. 1, mantendo e produzindo inúmeras funções metabólicas vitais. As trocas gasosas, basicamente, são realizadas com a função de manipular um gás que o corpo precisa eliminar (dióxido de carbono) e trocá-lo por um gás que o corpo pode usar (oxigênio). Os alvéolos pulmonares são estruturas de pequenas dimensões, localizadas no final dos bronquíolos, que por sua vez realizam as trocas gasosas.

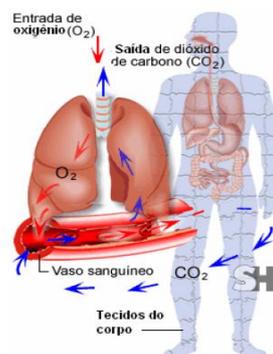


FIGURA 1 – Troca de gases entre os tecidos do corpo humano. Fonte: Romero (2006).

### 2.2 Histórico do equipamento

A respiração mecânica, no Brasil, começa a história por volta de 1950, sendo que até essa data ainda não se praticava respiração artificial. Anteriormente a essa época os profissionais da área médica já administravam a anestesia gasosa sob respiração espontânea ou anestesia gasosa sob respiração assistida, adotada pela maioria dos anestesistas, conforme a técnica praticada pelo anestesista Beecher (TAKAOKA, 2005).



Após a época de 1950, chega ao Brasil o anestesista sueco Olle Friberg, frisando a importância da respiração controlada, que tanto podia ser feita manual ou mecanicamente pelo Spiropulsator fabricado pela AGA, para utilização em anestesia do tórax. O mesmo Olle Friberg foi quem executou pela primeira vez a respiração controlada mecanicamente no Brasil (TAKAOKA, 2005).

Tendo em vista a vital importância do órgão para o corpo humano, profissionais da área de saúde começaram a sentir a falta de um aparelho que auxiliasse nos estados patológicos ou induzidos nos quais a respiração fisiológica é incompleta ou paralisada (ROMERO, 2006). Segundo Takaoka (2005), essa falta era mais nítida durante cirurgias pulmonares, pois estavam ligadas diretamente com o órgão responsável pela respiração. Até a época que antecedia o invento dos respiradores artificiais, os hospitais registravam índices de mortalidade respiratória de 70 % em cirurgias pulmonares, em consequência do pneumotórax aberto e da perda das trocas gasosas (hematose) (TAKOAKA, 2005).

Com a nova técnica de respiração artificial os índices de mortalidade respiratória caíram para 3.3 %. Mesmo com a melhora na utilização da técnica de respiração artificial, foi idealizado um novo tipo de respirador, construído por Carlos Cerqueira em 1951, com uma mecânica funcional simples, o pulmoter ventilador que realizava a respiração controlada com inversão na ventilação pulmonar (ALMEIDA, 1954).

### 2.3 Princípio de funcionamento dos ventiladores pulmonares

Os ventiladores pulmonares produzem a chamada ventilação mecânica, na qual monitora ou substitui a respiração espontânea, diminuindo ou substituindo o trabalho respiratório do paciente (ZAROS, 2009).

Basicamente, os ventiladores pulmonares, possuem uma fonte de pressão positiva que insufla os pulmões do paciente por meio de uma máscara, um tubo endotraqueal, ou uma traqueotomia. A pressão nos pulmões aumenta proporcionalmente ao volume do gás monitorado. O gás é exalado através de uma via de exalação onde a pressão é renovada, assim como pode ser observado na fig. 2.

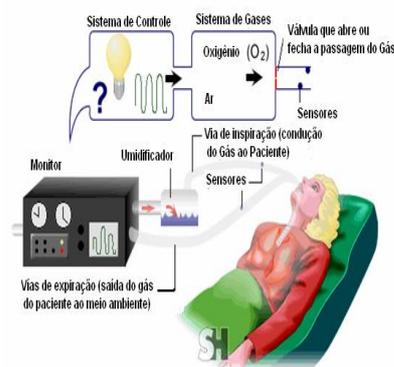


FIGURA 1 – Representação esquemática do funcionamento do ventilador pulmonar. Fonte: Romero (2006).

Esses equipamentos possuem um sistema de controle, válvulas de gases, alarmes e sensores, além de mangueiras e tubos. Segundo Lessa (2005 *apud* Romero, 2006) o sistema de controle é programado pelo profissional que opera o equipamento, monitorando o funcionamento do ventilador pulmonar. Os sistemas de válvulas de gases, de ar comprimido e



de oxigênio regulam o fluxo, permitindo ou restringindo a pressão dos gases. Os alarmes, tanto sonoros quanto auditivos, permitem verificação, por meio do usuário, das condições do paciente e também do próprio equipamento. Os circuitos de mangueiras e tubos conduzem e monitoram a passagem dos gases até o paciente, proporcionando a umidificação e temperatura adequada para que a mistura de gases seja mais próximo possível das condições ideais para o paciente (ROMERO, 2006).

De acordo com Chiarioni (2006) o princípio básico de funcionamento consiste em o oxigênio ( $O_2$ ) entrar no ventilador através de sua respectiva conexão rosqueada, tendo a pressão reduzida através de uma válvula reguladora de pressão, com um controle para calibração. O gás segue então para a sua respectiva válvula de controle de fluxo, as quais são submetidas a um controle eletrônico para fornecer a quantidade exata de gás a cada instante. Esse gás passa por um sistema que faz a aspiração do gás ambiente na proporção de 50% a 100%. O fluxo da mistura é então fornecido ao circuito respiratório durante a fase inspiratória, no qual o valor desse fluxo depende dos parâmetros ajustados no equipamento.

Os equipamentos utilizados para respiração artificial também podem ser classificados segundo sua utilização, no qual essas consistem em ventilador para cuidado intensivo (adulto), ventilador para cuidado intensivo (pediátrico), ventilador para transporte e ventiladores portáteis. Esses equipamentos, certamente, são utilizados nas salas de emergência, nos centros cirúrgicos, nas ambulâncias, dentre outras utilizações.

Segundo Stainoff (2004) existem os modos de ventilação mecânica, nos quais consistem nas seguintes configurações:

- ventilação com pressão positiva intermitente, assistida e/ou controlada, regulada a volume ou pressão (IPPV);
- ventilação a pressão controlada (PCV);
- ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV);
- ventilação com suporte pressórico (PSV);
- pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP); e
- associações: SIMV + PSV, PSV + CPAP, SIMV + CPAP.

## 2.4 Aspectos da manutenção

Os aspectos da manutenção estão diretamente ligados ao adequado funcionamento do equipamento, e que por sua vez estão associados a condições seguras de uso. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2004), a fiscalização dos equipamentos médico-hospitalares pós-comercialização é realizada por um sistema de tecnovigilância, da própria vigilância sanitária, sendo que esta fiscalização é feita com a realização de coletas, processamento e divulgação de acidentes, falhas, queixas técnicas e eventos adversos associados a equipamentos, artigos e kits diagnósticos de uso médico.

A manutenção desses equipamentos está vinculada diretamente ao estado clínico do paciente, pois além de ser um equipamento de muita valia para um bom estado clínico, também pode agravar o estado clínico do paciente. Para reforçar essa argumentação, Ichinose et al. (2008) afirma que a falta de controle dos ventiladores pulmonares após sua comercialização pode ocasionar riscos para a saúde do paciente, como barotrauma, hipoventilação, exposição prolongada a elevadas concentrações de oxigênio, dentre outras.



Existem duas razões básicas para realizar uma adequada manutenção nos equipamentos de respiração artificial: proteger os pacientes de danos ou morte através da detecção de uma falha ou mau funcionamento e para proteger a instituição ou companhia de ações legais a partir de pacientes, que de alguma forma, lesados ou mortos durante o uso do equipamento danificado (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2004).

De acordo com a mesma Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2004), testes realizados em ventiladores apresentaram redução de até 42% no fluxo pré-ajustado, e que funcionando neste estado podem prejudicar o tratamento e até comprometer a vida de pacientes.

Tendo em vista a importância da manutenção, um indicador para analisar os parâmetros da mesma pode ser feito por meio dos históricos gerados pelas intervenções realizadas. Com a utilização dos históricos da manutenção é possível criar um relatório de falhas, no qual é de extrema utilidade para comparações com intervenções futuras. Lafraia (2001), nesse quesito, afirma que qualquer manutenção que seja bem organizada possui um relatório de falhas, e que é feito em uma ou mais de quatro maneiras, sendo essas relatadas a seguir:

- No encerramento da ordem de serviço, comentários (ou códigos) sobre a causa, condição e trabalho realizado, são anotados no arquivo de histórico do equipamento.

- Um registro é feito em computador para as falhas importantes, ou que estão associadas a equipamentos importantes, com maior criticidade.

- Relatórios narrativos detalhados para falhas severas com impacto econômico sério. Nesses casos deve-se haver uma análise mais detalhada, com fotos, análises metalúrgicas e estudos de engenharia, com consultores externos.

- Relatórios descritivos feitos em revisões e substituição.

Além dessas informações, os relatórios de falhas ainda possibilitam associações das informações obtidas para a análise de confiabilidade, assim como ressalta Lafraia, (2001).

De acordo com Monchy (1989) os históricos devem ser sempre atualizados, retratando periodicamente as ações corretivas, e também, como todo arquivo, a definição exata de seu conteúdo condiciona o mesmo para ser uma fonte confiável de informações, ou quando informações em demasia ou inutilizadas, tornam-se inúteis na memória do histórico.

Em se tratando de controle de falhas nas ordens de serviço (OSs), Calil e Teixeira (2002), ressaltam que esse controle ainda é pouco utilizado devido a não existência de literatura para a codificação de falhas de equipamentos hospitalares em geral. Desse modo, o tipo de defeito incluso nas OSs serve, geralmente, para distinguir entre um erro de operação, falha de componente e abuso na utilização (queda do equipamento, ligação em tensão não compatível, impactos em partes delicadas, etc.).

O controle das OSs alertará o responsável, pelo grupo de manutenção, para as causas das solicitações de serviços, fazendo com que o próprio mantenedor possa tomar providências para tentar corrigir distorções, como por exemplo, excesso de erros de operação em um determinado equipamento (CALIL; TEIXEIRA, 2002).

Quando existe um excesso de erros de operação para um determinado equipamento, a conclusão que se pode tirar é a de que o problema está no operador, sendo necessário instruí-lo para melhor utilização do equipamento, ou também adequar o espaço físico no qual o



equipamento é acondicionado (CALIL; TEIXEIRA, 2002).

Ainda em relação às OSs, Calil e Teixeira (2002) propõem métodos para facilitar o processamento de dados contidos em OSs, e por consequência auxiliar o gerenciamento do grupo de manutenção. Dentre esses métodos pode-se relacionar com os seguintes parâmetros, para um melhor controle mensal, ou de acordo com a periodicidade estabelecida pelo grupo de manutenção:

- Tempo gasto para atividades de manutenção corretiva e manutenção preventiva e outras.
- Produtividade de cada técnico.
- Gasto total do departamento de manutenção.
- Total de horas que o departamento trabalhou.
- Valor da hora técnica (geral ou por grupo de equipamento).
- Produtividade média (geral ou por grupo).
- Custo total do material gasto para os serviços executados.
- Valor do estoque que o departamento manteve no mês.
- Tempo médio de resposta para o atendimento das solicitações.
- Tempo médio para reparo dos equipamentos.
- Número de solicitações realizadas pela segunda vez, para a mesma ocorrência.

Os dados contidos nas OSs são utilizados para o gerenciamento, e a quantidade de dados de uma OSs pode ser ampliado de acordo com o aumento das atividades oferecidas e a consequente necessidade de um gerenciamento com maior elaboração. Além disso, os dados podem oferecer informações em longo prazo para uma realimentação da manutenção proporcionando um melhoramento contínuo (CALIL; TEIXEIRA, 2002).

E por fim, outro parâmetro que a equipe de manutenção deve analisar, é o nível de obsolescência, tanto por uso quanto pela tecnologia que não satisfaz os requisitos mínimos exigidos. Nesse contexto, Ichinose et al. (2008) afirma que, dependendo do valor do orçamento e do motivo da avaria, talvez a melhor maneira de contornar a grande quantidade de intervenções nos equipamentos seja a aquisição de um novo equipamento. No entanto, essa decisão não é tão simples assim, ela deve ser baseada não só no valor do reparo, mas na posterior obsolescência tecnológica, dificuldade de obter peças de reposição e valor do investimento para a aquisição de um novo produto.

### **3. Metodologia de comparações para as diferentes marcas de ventiladores pulmonares**

A análise da comparação entre as diferentes marcas dos ventiladores pulmonares foi realizada num hospital da região oeste do Paraná, por meio de visitas ao local e também pela aquisição de dados referente ao gerenciamento da manutenção dos equipamentos referidos nesse estudo.

Esse trabalho apresenta uma metodologia que permite comparar os parâmetros da manutenção entre um ventilador pulmonar da marca Takaoka e outro da marca Hamilton Raphael.

A metodologia foi aplicada em relação a todos os ventiladores do parque de



equipamentos médico-hospitalares, tendo em vista que a empresa de engenharia clínica responsável pelo gerenciamento da manutenção, também é encarregada de gerir todos os equipamentos referentes ao hospital em questão. Os estudos não foram realizados por distinção de setores, devido à dificuldade da análise no sistema de gerenciamento.

Esse sistema de gerenciamento que o hospital possui, é responsável pela gerência de todos os aspectos da manutenção, tanto de equipamentos como predial, e também o patrimônio existente, bem como o controle das questões técnico-econômica. Todos os setores do hospital são interligados ao sistema, sendo que cada funcionário possui acesso ao mesmo para requisitar compras e realizar a solicitação de manutenção para o equipamento de seu respectivo setor. A equipe de manutenção recebe as OSs requisitadas pelos setores e realiza a manutenção ou realiza o encaminhamento para intervenções terceirizadas, quando for o caso. Ainda em relação às OSs que a equipe de manutenção recebe, existe uma prioridade de atendimento, classificada como: emergência, alta, urgente, média e baixa.

Os ventiladores pulmonares recebem um maior número de intervenções devido a grande quantidade desses equipamentos existentes e também devido a sua grande utilização. Traduzindo em números, do período 01/08/2010 até 31/08/2010 dos 1.219 equipamentos que receberam a manutenção, 2,54 % são ventiladores pulmonares. Analisando-se durante um período anual, quando as ordens de serviço são da ordem de 6.500 intervenções, a parcela referente aos ventiladores é de 0,9 %.

De acordo com o cadastro de equipamentos simplificado, fornecido pelo sistema, os ventiladores pulmonares da marca Takaoka foram adquiridos no ano de 2005, em contra partida os da marca Hamilton Medical, fabricante do respirador artificial Hamilton Raphael, foram adquiridos quatro anos mais tarde.

Em se tratando da quantidade de intervenções realizadas em cada uma das marcas, de 35 intervenções realizadas em todos os ventiladores, 15 são referentes ao Takaoka Monterey Smart, correspondendo a 42,86 % do total das intervenções. Relacionando-se com o mesmo total de intervenções, 4 são referentes ao Hamilton Raphael, correspondendo a 11,43% do total.

Os técnicos fazem anotações, em relação às observações das Os, da descrição do problema ocorrido com o equipamento, chamado no sistema de descrição do dano. Também nas observações o técnico relata se a manutenção será feita pela própria equipe ou se a intervenção será feita pela equipe autorizada ou uma equipe terceirizada.

Como exemplo para os ventiladores, as descrições do dano de algumas intervenções são: “o suporte de traqueia estava quebrado e não tem conserto. Será necessária a compra de um novo”. “O braço do ventilador foi perdido.” “Braço quebrado.” “Barulho de vazamento de ar”.

As causas do dano também são classificadas da seguinte maneira: Falha operacional, falha do equipamento, desgaste natural do equipamento, ajustes técnicos, manutenção programada preventiva, instalação, periódico, OS aberta indevidamente pelo solicitante e calibração.

Em relação às OSs abertas indevidamente, analisando no período de um mês, para os ventiladores pulmonares, de 89 intervenções 13 são as indevidas, correspondendo a 14,61 %. Para mesma família de equipamentos, em um mesmo período de intervenções, de 64 OSs realizadas, 19 não foram informadas a causa do dano, correspondendo a 29,69 %.



#### 4. Considerações Finais

O gerenciamento da manutenção da equipe de engenharia clínica referente ao respectivo trabalho, está em direção ao caminho certo, pois apresenta uma boa organização, um bom corpo técnico de funcionários e sistema para gerenciamento das intervenções. No entanto, para a análise dos parâmetros da manutenção, que se constitui no produto final desse trabalho, fica relativamente vaga pela falta de informações contidas nas ordens de serviço. Esse fato influencia na geração de históricos, pois na grande parte das ordens de serviço realizadas, os responsáveis não informaram a causa do dano. Com o conteúdo adquirido, em relação a quantidade de intervenções de cada equipamento de respiração artificial, pode-se concluir que o ventilador da marca Takaoka recebeu um maior número de intervenções, no entanto possui maior tempo de uso. Nesse caso cabe ao responsável pela equipe de manutenção, avaliar o nível de obsolescência e levantar o custo-benefício do valor da aquisição de um equipamento novo e do valor da manutenção preventiva, levando em consideração a periodicidade das ocorrências das falhas, para evitar que ocorra uma avaria durante sua utilização, caso julgue a melhor escolha como a intervenção preventiva. Contudo, o levantamento de análises sobre parâmetros da manutenção podem ser feitos por meio da análise de OSs, porém deve-se levar em conta a sazonalidade, período de levantamento, e também com as OSs solicitadas indevidamente.

#### Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Segurança e Equipamentos Médico-Hospitalares: Boletim informativo de tecnovigilância – BIT*. Brasília: ANVISA, 2004.
- ALMEIDA, Cabral. *Respiração Controlada Mecanicamente pelo Pulmo-Ventilador*. Revista brasileira de anestesia, p. 4-63, 1954.
- CALIL, Saide Jorge; TEIXEIRA, Marilda Solon. *Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção: capacitação a distância/ Ministério da Saúde, Secretaria de Gestão de Investimentos em Saúde, Projeto REFORSUS*. – Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2002.
- CHIARIONI, Mauricio. *Manual de Operação – Ventilação pulmonar TAKAOKA*. 2006.
- ICHINOSE, R. M. et al. *Metodologia para Diagnóstico do Estado e Condições de Uso de Ventiladores Pulmonares em CTI*. Congresso Brasileiro de Engenharia biomédica. Rio de Janeiro. 2008.
- LAFRAIA, João Ricardo Barusso. *Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade*. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- MONCHY, François. *A Função Manutenção – formação para gerência da manutenção industrial*. São Paulo: Editora Durban Ltda., p. 55-65, 1989.
- ROMERO, Jorge Calderón. *Confiabilidade Metrológica de Ventiladores Pulmonares*. Dissertação (Mestrado em Metrologia para Qualidade e Inovação) – Pontifícia Universidade Católica – PUC, Rio de Janeiro, 2006.
- STAINOFF, Ingrid Evelin. *Parâmetros do Ventilador e Modos Ventilatórios*. Curso de especialização em fisioterapia respiratório em terapia intensiva e ventilação mecânica. Turma TPN-6. 2004.
- TAKAOKA, Kentaro. *Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro*. Hospital da clínicas. Rio de Janeiro. 2005.
- ZAROS, Pedro Renato. *Ventilação Mecânica*. Orientação e qualificação da área médica. 2009