

Aerossol bacteriano gerado por respiradores mecânicos: estudo comparativo

M. D'AGOSTINO DIAS, E.N. PELLACINE, C.A. ZECHINELI

Unidade de Terapia Intensiva do Hospital 9 de Julho, São Paulo, SP.

RESUMO — Respiradores mecânicos emitem aerossóis que podem estar colonizados com bactérias.

OBJETIVO. Estudar a contaminação ambiental gerada por respiradores, comparando-se dois sistemas de umidificação.

MÉTODOS. Realizaram-se 51 estudos, comparando-se a colonização dos aerossóis emitidos pela válvula expiratória dos aparelhos de ventilação mecânica, sendo em 31 com nebulizadores convencionais e em 20 com condensadores higroscópicos, em quinze minutos de observação.

RESULTADOS. Houve emissão de bactérias para o ambiente, pela válvula expiratória, de 32,2% de respiradores equipados com sistema de nebulização convencional e de 5% com condensador ($p = 0,0340$).

CONCLUSÃO. A umidificação da mistura gasosa com o uso de condensadores pode ser um meio eficiente de reduzir a contaminação bacteriana ambiental.

UNITERMOS: Aerossol bacteriano. Condensadores higroscópicos. Nebulizadores. Contaminação ambiental.

INTRODUÇÃO

O sistema de umidificação dos respiradores mecânicos tem sido constantemente apontado como uma importante fonte de bactérias^{1,2}, principalmente a água que permanece condensada dentro dos circuitos. A colonização da água pode provir do paciente^{3,4} ou de outras fontes, pois nem sempre os germes são coincidentes^{3,4}.

Suspeita-se que essa contaminação “interna” possa, em alguns casos, ser a causa de pneumonias necrotizantes ou de outras infecções pulmonares do próprio paciente que está sendo submetido a assistência ventilatória. A contaminação ambiental ou “externa”, que a partir dos respiradores poderia atingir outros pacientes, também tem sido aventada^{5,6}, mas, habitualmente, é pouco lembrada na prática diária.

Para contornar a contaminação dos circuitos, tem sido recomendado: sua troca freqüente, a cada 24 ou 48 horas³, a adição de iodo à água do nebulizador⁷ ou a interposição, nas extensões dos respiradores, de filtros com capacidade de reter bactérias e vírus^{8,9}. Mais recentemente, tem-se proposto a modificação completa do sistema de umidificação, empregando-se, em lugar do nebulizador convencional, um condensador higroscópico colocado próximo à cânula de intubação ou de traqueostomia, que tem a propriedade de conservar o calor e a umidade das vias aéreas. Esse dispositivo é conhecido como “nariz artificial” e com seu uso dispensa-se o nebulizador, que é retirado do circuito¹⁰. Dessa forma, as extensões permanecem

secas e não se contaminam, conforme foi comprovado por vários autores^{10,11}.

Como os condensadores higroscópicos mantêm a esterilidade dos circuitos, ou seja, evitam a contaminação “interna”, aventou-se a possibilidade de que seu uso pudesse, também, reduzir a emissão, pelas válvulas expiratórias dos respiradores mecânicos, de aerossóis contaminados para o ambiente, evitando, assim, a contaminação “externa”. Para testar essa hipótese, elaborou-se o presente estudo prospectivo, comparando-se a contaminação do material expelido pela válvula expiratória de respiradores equipados com sistema de nebulização convencional ou com condensadores higroscópicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais analisados foram provenientes de 32 pacientes internados na UTI do Hospital 9 de Julho, mantidos sob assistência ventilatória mecânica por insuficiência respiratória ou por alterações neurológicas. As rotinas habituais da assistência ventilatória foram mantidas durante o estudo, modificando-se apenas o tipo de umidificação empregada, conforme será explicado. O número total de avaliações feitas foi de 51, com alguns dos pacientes entrando no estudo mais de uma vez.

O respirador utilizado foi o Bear 5, exceto em um caso, que foi o respirador Bird Mark 7, ambos de fabricação norte-americana. Foram empregados dois sistemas de nebulização, aleatoriamente. No primeiro grupo (convencional), manteve-se no circuito o

nebulizador original dos aparelhos, que é do tipo ultra-sônico, no Bear 5, e do tipo de borbulhamento, no Bird M7. No segundo grupo (condensador), foi retirado o nebulizador do aparelho e colocado no circuito, próximo ao paciente, um condensador higroscópico Icor 1 - *New Med*, de procedência sueca.

Foram feitos 31 estudos em pacientes do primeiro grupo e 20 em pacientes do segundo.

Todos os materiais para cultura foram colhidos após ter-se aguardado 24 horas da colocação de um ou outro sistema de umidificação. Em todos os pacientes, colheu-se secreção traqueal por aspiração simples e procedeu-se à colocação de placa de ágar-sangue a uma distância padronizada (aproximadamente 12cm) da válvula expiratória do respirador, de forma a ficar exposta ao fluxo da mistura gasosa que é expelido intermitentemente para o ambiente. As placas permaneceram abertas por um período de 15 minutos, sendo, depois, fechadas e encaminhadas ao laboratório juntamente com os outros materiais descritos, todos devidamente identificados. Simultaneamente, no grupo convencional, colheu-se a água condensada no circuito, próximo ao nebulizador, e no outro grupo, com *swab*, material do condensador, na face voltada para o circuito.

As placas foram incubadas por 24 horas e lidas após esse período; os *swabs* foram mantidos em meio de transporte de Stuart, enviados ao laboratório, semeados em ágar Colúmbia, suplementado com 5% de sangue desfibrinado de carneiro, ágar chocolate, ágar McConkey e caldo tioglicolato de sódio, incubado a 35°C durante 24 horas. Os demais materiais foram semeados e processados de acordo com os procedimentos habituais. As culturas negativas foram reincubadas por mais 24 horas.

A identificação das bactérias e respectivos antibiogramas foi feita segundo normas padronizadas pela *American Society of Microbiology* e *National Committee for Clinical Laboratory Standards* (NCCLS), conforme rotina do Laboratório Bioclínico¹².

Os resultados das culturas foram tabelados e submetidos a tratamento estatístico por aplicação do teste exato de Fischer.

RESULTADOS

Na tabela 1, encontram-se os resultados das culturas de secreção traqueal em ambos os grupos, podendo-se verificar que o índice de positividade foi idêntico, isto é, 26/31 no grupo convencional e 17/20 no grupo condensador.

As culturas da água condensada nos circuitos estão expressas na tabela 2, mostrando um índice de positividade geral de 54,8% ou um índice de

Tabela 1 — Resultados das culturas de secreção traqueal dos pacientes

A) Grupo nebulização convencional	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	5
<i>Staphylococcus aureus</i>	2
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i> + <i>S. aureus</i>	1
<i>Xantomonas maltophilia</i> + <i>Staphylococcus aureus</i>	1
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i> + <i>Candida albicans</i>	1
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i> + <i>Candida</i> sp. + <i>S. aureus</i>	1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> + <i>Streptococcus viridans</i>	1
<i>Enterobacter</i> sp. + <i>Candida albicans</i>	1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> + <i>Candida albicans</i>	1
<i>Streptococcus viridans</i> + <i>Candida albicans</i>	1
B) Grupo condensador	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	4
<i>Staphylococcus aureus</i>	3
<i>Enterococcus faecalis</i>	2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> + <i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	2
<i>Candida albicans</i>	1
<i>Staphylococcus aureus</i> + <i>Streptococcus viridans</i>	1
<i>Staphylococcus epidermidis</i> + <i>Streptococcus viridans</i>	1
<i>S. epidermidis</i> + <i>S. viridans</i> + <i>E. coli</i>	1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> + <i>Enterobacter</i> sp.	1
<i>Enterobacter</i> sp. + <i>Streptococcus viridans</i>	1
<i>Staphylococcus aureus</i> + <i>Candida albicans</i>	1
Culturas de secreção traqueal negativas	
Grupo nebulização convencional	5 (16%)
Grupo condensador	3 (15%)
	N.S.

65,3% de positividade nos casos em que a secreção traqueal foi positiva. Em 14 vezes, ou seja, em 82%, houve coincidência, isto é, o germe recuperado no condensado do circuito estava, também, presente na traquéia.

A tabela 3 mostra os resultados das culturas dos condensadores, que foram positivas em apenas dois casos (10%), sendo um dos germes coincidente com o da traquéia e o outro, não. Esse índice de positividade de culturas foi significativamente menor ($p = 0,0013$) do que no grupo de nebulização convencional.

Os resultados das culturas do aerossol da válvula expiratória que estão expressos na tabela 4 foram positivos em dez dos aparelhos com nebulização convencional (32,2%) e em apenas um (5%) dos aparelhos com condensador. Essa diferença foi estatisticamente significativa para um $p = 0,0340$. Outro dado que se observou é que em 9 dos 10 aparelhos que estavam fornecendo aerossol contaminado a cultura do condensado da água também foi positiva e em apenas um a cultura da água foi negativa.

Tabela 2 — Resultados das culturas da água do circuito dos respiradores — grupo nebulização convencional

Obs.	Água condensada no circuito	Secreção traqueal do paciente	Coincidência de germes
1	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	<i>A. calcoaceticus</i> <i>S. aureus</i>	+ +
5	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>A. calcoaceticus</i>	
6	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	<i>A. calcoaceticus</i>	+
9	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	<i>A. calcoaceticus</i> <i>S. epidermides</i>	+ +
10	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	<i>A. calcoaceticus</i>	+
11	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	<i>A. calcoaceticus</i>	+
12	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	<i>A. calcoaceticus</i>	+
14	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	<i>A. calcoaceticus</i> + <i>Candida</i>	+
16	<i>A. calcoaceticus</i> + <i>P. aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+
17	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+
19	<i>P. aeruginosa</i> + <i>S. aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+
22	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+
24	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	<i>P. aeruginosa</i> + <i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	+
25	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	<i>Enterobacter</i> sp. + <i>Candida</i>	
27	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+
28	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	
30	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+

Tabela 3 — Resultados das culturas dos circuitos junto aos condensadores

Obs.nº	Circuito	Secreção traqueal do paciente	Coincidência de germes
10	<i>Enterobacter</i> sp.	<i>S. epidermides</i> + <i>S. viridans</i> + <i>E. coli</i>	
15	<i>S. aureus</i>	<i>S. aureus</i> + <i>Candida</i>	+
Contaminação dos circuitos			
Grupo nebulização convencional			17 (54,84 %)
Grupo condensador			2 (10,00 %)
* p = 0,0013			

Tabela 4 — Resultados das culturas do aerossol das válvulas expiratórias

A) Grupo nebulização convencional		Coincidência traquéia/água
Obs. nº		
1	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	+/+
12	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	+/+
16	<i>A. calcoaceticus</i> + <i>P. aeruginosa</i>	+/+
17	<i>Enterococcus faecalis</i> + <i>S. epidermides</i>	-/-
19	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+/+
22	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+/+
24	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	+/+
25	<i>Staphylococcus epidermides</i>	-/-
28	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+/+
B) Grupo condensador		Coincidência traquéia/circuito
Obs. nº		
15	<i>Staphylococcus epidermides</i>	-/-
Positividade das culturas do aerossol da válvula expiratória		
Grupo nebulização convencional		9 (32,26%)
Grupo condensador		1 (5 %)
* p = 0,0340		

DISCUSSÃO

A assistência ventilatória é sabidamente um procedimento de risco para colonização e infecção de vias aéreas do próprio paciente. Muitos dispositivos e materiais são implicados como fonte potencial, entre eles os ventiladores, tubos¹³, “Ambus”¹⁴, termômetros¹⁵ e sobretudo nebulizadores^{1-3,16}. Outra fonte descrita de contaminação dos respiradores é o ar comprimido medicinal, que, normalmente, obedece a normas técnicas de pureza química, mas não bacteriológica. É relatado que, dependendo da fonte, 70 a 80% das amostras de ar fornecem culturas positivas para germes como *Pseudomonas*, *Staphylococcus albus* e *Corynebacterium*¹⁷. Também foi encontrada contaminação na fonte de oxigênio, como publicado por Moffit *et al.*, que encontraram 13 culturas positivas para bactérias em 32 amostras de oxigênio⁵.

Particularmente em relação aos nebulizadores, é conhecido, há vários anos, que a água se torna colonizada com o passar do tempo, e que esse índice de colonização pode chegar a 100% após 24 horas^{2,7}. Na UTI do Hospital 9 de Julho, já foi verificada a incidência de 60% de positividade de cultura da água na nebulização convencional, ao final de um dia de uso¹⁰. Sabe-se que a água assim colonizada pode conter até 200.000 bacilos/mL, e que sua manipulação pouco

cuidadosa pode infectar as mãos do pessoal da equipe de saúde⁴. Outros indicam na água condensada um número acima de 10.000.000 de organismos/mL, tendo sido encontrada uma média de 70.000 organismos/mL após 24 horas⁶. Essa água colonizada nos circuitos tem sido objeto de preocupação de vários autores porque pode retornar ao paciente, infectando-o, e porque não existem rotinas estabelecidas para seu descarte e, por isso, podem disseminar-se para o ambiente de várias formas.

A água contida no umidificador é fornecida ao paciente em partículas de tamanhos variáveis e, se estiver colonizada, se transforma em aerossóis bacterianos, que podem conter de 2 a 24 unidades formadoras de colônias, em relação direta com a quantidade de bactérias da água¹⁸. Esses aerossóis têm sido implicados na reinfecção do próprio paciente^{6,19,20}, assim como do ambiente^{16,19}, e podem atravessar barreiras, até mesmo filtros comuns²¹. Devido a isso, foram desenvolvidos filtros especiais, cada vez mais aperfeiçoados, cuja finalidade é proteger o paciente desses aerossóis²². Ainda assim, há passagem do aerossol bacteriano pelos filtros, como foi demonstrado por Mebius, que testou vários tipos de filtros com aerossol de *Staphylococcus aureus* e *E. coli* em volume de 28L/min, colocando placas de cultura após o filtro. O autor verificou que todos os filtros testados deixaram passar de 1 a 43 unidades formadoras de colônias (UFC)²³.

O risco de contaminação do ambiente e, conseqüentemente, de outros pacientes ou da equipe de saúde não está ainda bem definido. Foi demonstrado que fragmentos de biofilme da parede interna dos tubos endotraqueais podem se desprender e projetar-se a uma distância de até 45cm²⁴, porém aerossol de válvulas de respiradores Bird M 8, usados para RPPI (exercícios com pressão positiva intermitente), pode lançar bactérias a uma distância de praticamente dez metros (32 pés), numa sala sem turbulência aérea²⁵. Num ambiente comum de UTI, com múltiplas pessoas se movimentando ao redor dos aparelhos de ventilação, há grande possibilidade de o aerossol contaminar roupas e mãos, e das bactérias viajarem por distâncias muito maiores.

Um estudo pioneiro na área foi publicado, em 1985, por Thompson e Flournoy²⁶. Os autores trabalharam com um respirador Puritan-Bennett, modelo MA-1, dotado de um espirômetro na válvula expiratória. Inicialmente demonstraram, em laboratório, a possibilidade de passagem de uma cepa conhecida de *Pseudomonas aeruginosa* através do circuito do respirador e, daí, para o meio ambiente. Em seguida, em um trabalho clínico com cinco pacientes internados em UTI, ligados ao mesmo tipo de respirador, foram colocadas placas próximas à saída do spi-

rômetro, por uma hora, por vários dias consecutivos. Dessa forma, conseguiram demonstrar a saída do aerossol contaminado; em alguns casos, por identificação do biotipo, comprovaram que o mesmo germe presente na traquéia do paciente estava passando para o ambiente por essa via. Esses resultados estão de acordo com os nossos achados, que demonstraram coincidência entre os germes da traquéia e do aerossol em 80% das vezes.

Essas observações permitem sugerir que os aerossóis gerados pelos respiradores podem agir como vetor entre um paciente e outro, disseminando bactérias dentro das UTIs. Em alguns casos é possível, também, que epidemias possam ocorrer por esse mecanismo.

Nossos dados comprovaram que a saída do aerossol contaminado está relacionada ao tipo de sistema de umidificação, e não ao tipo de respirador. A incidência de contaminação na saída da válvula, por nós encontrada, foi de 5%, quando se empregaram condensadores, e de 32,2%, quando se usou a nebulização convencional. O tempo de exposição das placas foi relativamente curto, de apenas quinze minutos; é possível que a passagem de bactérias para fora do respirador se faça de forma intermitente, e que, ao longo de muitas horas, todos os aparelhos cujo circuito tenha água colonizada devam fornecer aerossóis contaminados. Foi descrito por Rhame *et al.* que num nebulizador de borbulhamento as gotas do aerossol gerado contiveram número de bactérias que variou, em cada momento, de acordo com a velocidade do fluxo e o grau de contaminação, de 2 a 24 unidades formadoras de colônias¹⁸. Não encontramos nenhuma publicação sobre a interferência da distância entre a válvula expiratória e a extremidade da cânula, que é variável nos diferentes respiradores; acreditamos que, possivelmente, quanto mais curta for essa distância maior possibilidade exista de que também germes da traquéia sejam expelidos pela válvula. O Bear 5 tem uma longa distância da traquéia até a válvula, cerca de 100cm, e no Bird M7 a válvula expiratória está a 15cm da extremidade da cânula.

Embora a formação de aerossóis bacterianos esteja relacionada principalmente ao tipo de umidificação, o impacto ambiental resultante de uma mesma carga bacteriana pode depender de outros fatores. Um deles é a direção do fluxo da saída da mistura gasosa. No Bear 5, que foi o respirador empregado no presente estudo, a válvula expiratória tem a saída voltada para baixo, enquanto que, no Bear 2, ela é voltada para cima. Os Birds M7 ou M8, que são os respiradores empregados na maior parte dos leitos das UTIs no Brasil, geralmente, têm a válvula expiratória com saída horizontal ou voltada para cima.

Por outro lado, verificou-se, em 203 Unidades norte-americanas, que as rotinas diárias de trocas de circuito e nebulizadores só são cumpridas em 53% delas²⁷. Nos serviços que atendem pacientes mais graves e/ou com menos condições de promover troca de circuitos e nebulizadores, existe incidência muito maior de água colonizada^{2,4,7} e, portanto, certamente, de aerossóis contaminados.

É muito difícil ter certeza de qual é o papel desempenhado pelos aerossóis contaminados na transmissão de doenças de um paciente para outro, pois múltiplos fatores estão envolvidos, porém essa fonte potencial merece, certamente, ser estudada com maior seriedade. Além disso, seu controle deve fazer parte dos cuidados com a equipe de saúde, atualmente mais em evidência, desde que se decidiu pela adoção de precauções universais. Outro aspecto que tem sido destacado é a mudança de percepção do público e dos pacientes sobre as infecções hospitalares e a própria modificação dos padrões de transmissão dessas doenças¹⁶.

Para evitar a emissão de aerossóis contaminados, tem sido sugerido o uso de filtros como barreira mecânica exclusiva ou como bactericidas, até mesmo filtros de cobre²⁸, com relato de grande eficiência antibacteriana.

Os filtros podem diminuir consideravelmente a contaminação, mas não substituem o sistema de nebulização convencional, que necessita permanecer no circuito, embora desligado da fonte elétrica. A nosso ver, uma solução mais abrangente é a substituição do sistema de nebulização por condensadores, cujo uso, além de reduzir significativamente a emissão de aerossóis contaminados em comparação ao sistema convencional, traz vantagens operacionais, já publicadas anteriormente¹⁰.

A umidificação através de condensadores, em uso na UTI do Hospital 9 de Julho há mais de quatro anos, tem-se mostrado muito simples e contribui para resolver vários problemas, simultaneamente. Não se usa água, os circuitos se contaminam muito pouco e não necessitam ser trocados; pela inexistência de água, não se forma o condensado e nem o aerossol. Observe-se que, no presente estudo, os dois únicos condensadores contaminados não passaram germes para o ambiente, e a única placa do grupo, cuja cultura foi positiva, deu crescimento a *Staphylococcus epidermidis*. Essa bactéria, provavelmente, não foi proveniente nem do respirador, nem do paciente, já que a cultura da secreção traqueal foi *Enterococcus faecalis*. A umidificação pelos condensadores é, também, mais vantajosa em termos de custos, em comparação com o sistema tradicional^{7,10,11}.

CONCLUSÃO

A contaminação ambiental através dos aerossóis bacterianos gerados pelos respiradores é um risco não desprezível para os pacientes e para a equipe de saúde. A emissão de aerossóis contaminados pode chegar a ser muito alta, dependendo do tipo de paciente e das condições materiais do serviço. A modificação do sistema de umidificação do respirador, substituindo-se o nebulizador convencional por um condensador higroscópico, demonstrou ser eficiente para impedir a geração de aerossóis bacterianos, parecendo ser essa a opção mais adequada.

SUMMARY

Bacterial aerosol generated by mechanical ventilators: a comparative study

Mechanical ventilators generate aerosol which may be bacterially colonized.

Purpose — *To determine the environmental contamination generated by ventilators with two different humidification techniques.*

Methods — *The study was done comparing the generation of bacterial colonized aerosol by the expiratory valve of mechanical respirators with conventional water nebulization or with hygroscopic condensator as the humidifier source during 15 minutes of observation.*

Results — *The aerosol got positive cultures in 32.2% of the conventional system and in 5% of the condensator system (p = 0.0340).*

Conclusion — *We concluded that the humidification by the hygroscopic condensator may be an efficient way to reduce environmental bacterial contamination.* [Rev Ass Med Brasil 1997; 43(1): 15-20.]

KEY WORDS: Bacterial aerosol. Hygroscopic condensator. Nebulizer. Environmental contamination.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Craven DE, Steger KA, Borber TW. Preventing nosocomial pneumonia. State of the art and perspectives for the 1990s. *Am J Med* 1991; 91(3B): 445-55.
2. Shelly MP. *Humidification - Intensive care rounds*. Oxford, The Medicine Group (Education), 1993.
3. Wille B. *Hygiene measures for anaesthesia and ventilation equipment*. Krankenhaus - Hygiene + infections - Verhütung 1989; 17-21.
4. Craven DE, Steger KA. Pathogenesis and prevention of nosocomial pneumonia in the mechanically ventilated patient. *Resp Care* 1989; 34(2): 85-97.
5. Moffit HL, Allan D: Survival and dissemination of bacteria in nebulizers and incubators. *Am J Dis Child* 1967; 114: 13-20.
6. Saravolotz LD, Pohlod DJ, Conway W *et al*. Lack of bacterial

- aerosols associated with heat and moisture exchangers. *Am Rev Resp Dis* 1986; 134: 214-6.
7. D'Agostino Dias M, Trivelatto S, Quintas ML et al. Uso de microdoses de iodo na prevenção da contaminação de ventiladores mecânicos. *Rev Ass Med Brasil* 1986; 32: 162-4.
 8. Berry AJ, Nolte FS. An alternative strategy for infection control of anaesthesia breathing circuits: a laboratory assessment of the Pall HME filter. *Anaesth Analg* 1991; 72:651-5.
 9. Gallagher J, Strangeways JEM, Alet-Grahan J. Contamination control in long-term ventilation. *Anaesthesia* 1987; 42: 476-81.
 10. D'Agostino Dias M, Pellacine EN, Zechineli CA. Novo sistema de umidificação e aquecimento da mistura gasosa dos respiradores: estudo comparativo. *Rev Ass Med Brasil* 1993; 39(4): 207-12.
 11. Koller W. Breathing filters for use in inhalation anesthesia and long-term respiration therapy: an analysis using Pall breathing filters as an example. *Zbl Hyg* 1989; 189: 235-47.
 12. Balows A, Hausler Jr WJ, Herrmann KL et al. Manual of clinical microbiology. 5 th ed, Washington DC, 1991.
 13. Im SWK, Fung JPH, So SY et al. Unusual dissemination of *Pseudomonas* by ventilators. *Anaesthesia* 1982; 37: 1074-7.
 14. Weber DJ, Wilson MB, Rutala WA et al. Manual ventilation bags as a source for bacterial colonization of intubated patients. *Am Rev Resp* 1990; 142: 892-4.
 15. Weems Jr JJ. Nosocomial outbreak of *Pseudomonas cepacea* associated with contamination of reusable electronic ventilator temperature probes. *Inf Contr Hosp Epid* 1993; 14(10): 583-586.
 16. Vincent JL. Hygiene standards for breathing systems? Editorial. *Yearb Int Care Emerg Med* 1994; 72(2): 143-4.
 17. Bjerling P, Obering B. Bacterial contamination of compressed air for medical use. *Anaesthesia* 1986; 41: 148-50.
 18. Rhame FS, Strifel A, McComb C et al. Bubbling humidifiers produce microaerosols which can carry bacteria. *Am J Inf Contr* (Abstract) 1984; 12-4.
 19. Johnson W, Volpe III J. The evaluation of the clinical utility of the Pall breathing circuit filter for the control of effluent microorganisms during mechanical ventilation. *Resp Care* (Abstract) 1984; 29-10.
 20. Pierce AK, Stanford JP. Bacterial contamination of aerosols. *Arch Int Med* 1973; 131z: 156-9.
 21. Chen CC, Lehtimäki M, Willeke K. Aerosol penetration through filtering facepieces and respirator cartridges. *Am Inal Hyg Assoc J* 1992; 53(9): 566-74.
 22. Vallverdú I, Mancebo J, Bok E et al. Estudio comparativo de cuatro intercambiadores de calor y humedad en pacientes ventilados mecánicamente. *Med Int* 1992; 16: 392-7.
 23. Mebius C. Heat and moisture exchanger with bacterial filters: a laboratory evaluation. *Acta Anaest Scand* 1992; 36: 572-6.
 24. Inglis TJJ, Millar MR, Jones JG et al. Tracheal tube biofilm as a source of bacterial colonization of the lung. *J Clin Microb* 1989; 2:014-8.
 25. Dyer ED, Peterson DE. How far do bacteria travel from the exhalation valve of IPPB equipment? *Nurs Res* 1972; 8: 155-8.
 26. Thompson JE, Flournoy DJ. Airborne bacterial contamination from patients on MA-1 volume ventilators. *J Oklah State Med Assoc* 1985; 78: 4-8.
 27. Goularte TA, Craven DE. Results of a survey of infection control practices for respiratory therapy equipment. *Inf Contr* 1986; 7(6): 327-30.
 28. Ingaramo R, Bagnasco A, Casas JCF. Utilización de la propiedad antibacteriana del cobre en la prevención de infecciones en terapia intensiva. *Med Bue Air* 1976; 36: 131-9.