

Contaminação Atmosférica num Centro Cirúrgico por Compostos Orgânicos Voláteis e Dióxido de Carbono *

Fernanda V. Almeida¹, Rosana M. Alberici¹, Franklin S. Braga², Wilson F. Jardim¹

RESUMO

Almeida FV, Alberici RM, Braga FS, Jardim WF - Contaminação Atmosférica num Centro Cirúrgico por Compostos Orgânicos Voláteis e Dióxido de Carbono

Justificativa e Objetivos - A contaminação ambiental por anestésicos inalatórios, CO₂ e éter etílico podem ocasionar alguns sintomas de desconforto ocupacional. O objetivo deste estudo foi verificar a concentração destes compostos, frente a diferentes condições de ventilação no Centro Cirúrgico do Centro de Atenção Integral à Saúde da Mulher (CAISM), Hospital da UNICAMP.

Método - Foram colhidas amostras de ar, em diversos locais do Centro Cirúrgico e em diferentes horários do dia. O CO₂ foi determinado através de um sistema de Análise por Injeção em Fluxo com detecção condutométrica, enquanto os compostos orgânicos foram determinados por cromatografia gasosa. A qualidade do ar foi monitorada na primavera, sob duas condições distintas de ventilação: Baixa Taxa de Ventilação (BTV) e Alta Taxa de Ventilação (ATV).

Resultados - Sob BTV, o CO₂ variou entre 703-1973 ppmv e o éter etílico variou entre 5-20 ppmv, enquanto que sob ATV, o CO₂ variou entre 428-1596 ppmv e o éter etílico entre 4-13 ppmv. Entre os anestésicos, o isoflurano foi o único detectado, apenas sob BTV, em concentrações que variaram de 4 a 15 ppmv.

Conclusões - Sob ATV, as concentrações atmosféricas dos compostos estudados estão todas abaixo dos níveis máximos. O CO₂ pode ser um bom indicativo da qualidade de ar interno de um hospital e útil para se inferir a velocidade de ventilação ambiental.

UNITERMOS - ANESTÉSICOS, Volátil: isoflurano; GASES: dióxido de carbono; RISCO, Profissional: poluição ambiental

SUMMARY

Almeida FV, Alberici RM, Braga FS, Jardim WF - Surgical Center Air Contamination by Volatile Organic Compounds and Carbon Dioxide

Background and Objectives - Room contamination by inhalational anesthetics, CO₂ and ethyl ether may bring about some symptoms of occupational discomfort. The aim of this study was to check the concentration of such compounds under different ventilation conditions in the Surgical Center of the UNICAMP Hospital's Women Health Integral Attention Center (CAISM).

Methods - Air samples were collected from different sites of the Surgical Center during different periods of the day. CO₂ levels were determined by Flow Injection Analysis with conductometric detection, while organic compounds were determined by gas chromatography. Air quality was monitored during spring under two different ventilation conditions: Low Ventilation (LV) and High Ventilation (HV).

Results - Under LV, CO₂ has varied between 703 and 1973 ppmv and ethyl ether has varied between 5 and 20 ppmv, while under HV CO₂ has varied between 428 and 1596 ppmv and ethyl ether between 4 and 13 ppmv. Isoflurane was the only anesthetic drug detected - just under LV - in concentrations varying from 4 to 15 ppmv.

Conclusions - Air concentrations of the compounds object of this study were all below maximum levels under HV. CO₂ may be a good indicator of a hospital's internal air quality and useful to presume room ventilation velocity.

KEY WORDS - ANESTHETICS, Volatile: isoflurane; GASES: carbon dioxide; RISK, Professional: environmental pollution

* Trabalho realizado no Instituto de Química da UNICAMP, Campinas, SP
1. Mestre em Química e Aluna de Doutorado do Instituto de Química da UNICAMP
2. Doutora em Ciências e Pesquisadora do Instituto de Química da UNICAMP
3. Anestesiologista, Professor Assistente Doutor e Chefe Médico do Centro Cirúrgico CAISM/UNICAMP.
4. Ph.D em Química Ambiental, Professor Adjunto do Instituto de Química da UNICAMP

Apresentado em 06 de agosto de 1998
Aceito para publicação em 12 de janeiro de 1999

Correspondência para Dr. Wilson Figueiredo Jardim
Caixa Postal, 6154 - Unidade DQA/IQ
13083-970 Campinas, SP
E-mail - wfjardim@iqm.unicamp.br

© 1999, Sociedade Brasileira de Anestesiologia

Nesta última década, entre os ocupantes de grandes prédios comerciais e edifícios públicos tem sido comum a constatação de diferentes sintomas ocupacionais. Desde então, profissionais do *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH), órgão americano de controle da saúde ocupacional, vêm estudando esses sintomas que incluem dor de cabeça, irritação nos olhos, nariz ou garganta, tontura, náusea, fadiga e dificuldade de concentração, sendo o conjunto deles atualmente conhecido como *Síndrome do Edifício Doente* (SED)¹. No final dos anos 70, quando as primeiras pesquisas nessa área foram desenvolvidas, concluiu-se que em 50% dos casos a causa das reclamações ou doenças era a ventilação inadequada. Esta constatação foi baseada em medidas de níveis de CO₂ que excederam 1000 ppmv. Os problemas mais comuns associados à ventilação inadequada incluem: insuficiente entrada de ar externo nos

edifícios; má distribuição e mistura do ar interno; extremos ou flutuações de temperatura e umidade; problemas de filtração de ar causados por manutenção inadequada ou imprópria dos sistemas de ventilação/refrigeração². O principal objetivo da ventilação mecânica é oferecer um ambiente interno saudável e confortável, além do controle da temperatura e da umidade. Considerando que ventilação inadequada é a principal causa da SED, medidas de velocidade de troca de ar se fazem necessárias e normalmente são desenvolvidas através do uso de gases traçadores. O uso desses gases (como o SF₆) é baseado no conceito do balanço de massa, onde a velocidade de troca da quantidade de um gás traçador em determinado espaço é igual à quantidade deste gás no espaço menos a quantidade removida pela ventilação. Gerado pelo própria ocupação o ambiente, o uso do CO₂ como um gás traçador evita problemas de saúde gerados pelos outros gases e a necessidade de se utilizar ventiladores para garantir uma completa mistura². Além disso, neste caso, o CO₂ pode ser facilmente medido através de sistema de análise em fluxo^{3,4}.

O NIOSH, através do método padrão 62-1989 usa a relação de fluxo de ar por pessoa para inferir qualidade do ar em edifícios públicos, já que nestes ambientes a fonte de contaminação está mais relacionada com a ocupação do espaço que com o volume interno^{5,6}. É recomendada uma taxa de ventilação de 10 L.s⁻¹ por pessoa em prédios comerciais e 7,5 L.s⁻¹ por pessoa em escolas e outros edifícios, o que representa uma concentração máxima de CO₂ atmosférico de 800 ppmv e 1000 ppmv, respectivamente¹.

O uso de níveis internos de CO₂ para determinar taxas de ventilação está baseado em uma relação simples entre a concentração interna de CO₂ e a taxa de ventilação. Admitindo-se que a taxa de corrente de ar, a taxa de geração, e a concentração no ar externo é constante, esta relação pode ser representada pela equação de equilíbrio de massa:

$$Q = \frac{G}{(C_{EQ} - C_0)} \quad (1)$$

Sendo que Q é a velocidade de ventilação por pessoa, G é a taxa de geração de CO₂ por pessoa, C_{eq} é a concentração de CO₂ interna e C₀ é a concentração de CO₂ externa (basal). Esta equação se refere à equação do balanço de massa no estado estacionário⁷.

Além disso, o CO₂ pode ser considerado como um dos causadores dos sintomas da SED, pois a exposição ao dióxido de carbono pode causar náusea, tontura e dor de cabeça. A exposição prolongada a baixas ou médias concentrações deste gás chega a causar estimulação respi-

ratória e a afetar a regularidade da circulação sanguínea, e a exposição a altas concentrações pode causar aumento da taxa de respiração e do batimento cardíaco, levando ao cansaço⁸.

Uma variedade de outras causas da SED podem ser apontadas. Dentre elas, a exposição a altas concentrações de compostos orgânicos voláteis (COV) empregados como anestésicos inalatórios nas cirurgias, bem como a fatores psicossociais que incluem relações empregado-patrão e estresse¹. A utilização de compostos orgânicos voláteis, como os anestésicos, é uma prática rotineira em centros médicos. Contudo, longas exposições aos COV podem causar muitos dos sintomas da SED. O órgão administrativo federal de saúde ocupacional americano, OSHA - *The Occupational Safety and Health Administration*, não fixou nenhum limite para esta classe de compostos, embora o EH&S *Environmental, Health and Safety*, órgão americano que trata da segurança no trabalho, tenha alertado que a exposição ao halotano deveria ser controlada em 0,5 ppmv, pois as pesquisas demonstraram que este composto causa aumento na taxa de aborto espontâneo e defeitos de nascimento. De acordo com o OSHA, nenhum trabalhador deveria ser exposto a concentrações vapores de anestésicos halogenados superiores a duas partes por milhão (2 ppmv) de qualquer agente anestésico halogenado. A medida está baseada na quantidade de composto volátil sobre um período de amostragem que não deve exceder uma hora. Alguns dos compostos controlados e suas respectivas concentrações que correspondem a 2 ppmv são: halotano (16,15 mg.m⁻³) e enflurano (151 mg.m⁻³)⁹.

Os valores limites de concentrações de exposição, tanto para os COV como para o CO₂, estão estabelecidos na legislação americana, segundo o *Threshold Limit Value (TLV)*. Este valor é de 5000 ppmv para o CO₂ e de 400 ppmv para o éter etílico, indicando a concentração máxima permitida para 8 horas de trabalho diário ou 40 horas semanais, para que os trabalhadores possam ser repetidamente expostos, sem efeitos adversos⁷.

O objetivo deste estudo foi verificar a concentração atmosférica de dióxido de carbono, éter etílico e de anestésicos inalatórios no Centro Cirúrgico do Centro de Atenção Integral à Saúde da Mulher (CAISM), hospital da UNICAMP. Tal verificação deveu-se às constantes reclamações de funcionários do Centro Cirúrgico sobre desconforto no trabalho, traduzido por fadiga, enxaquecas, irritação dos olhos e da garganta.

MÉTODO

Após aprovação Institucional, o estudo foi realizado no Centro Cirúrgico do CAISM.

Características do Centro Cirúrgico

O Centro Cirúrgico possui uma área útil total de 320 m², sendo composto por três salas de cirurgia, uma sala de estar, dois vestiários, uma sala de recuperação e outra de enfermagem (Figura 1). São realizadas diariamente de 10 a 15 cirurgias de câncer ou ginecológicas. A ocupação média é de cerca de 32 pessoas por dia, incluindo enfermeiras, anesthesiologistas, ginecologistas, oncologistas, pacientes e faxineiras.

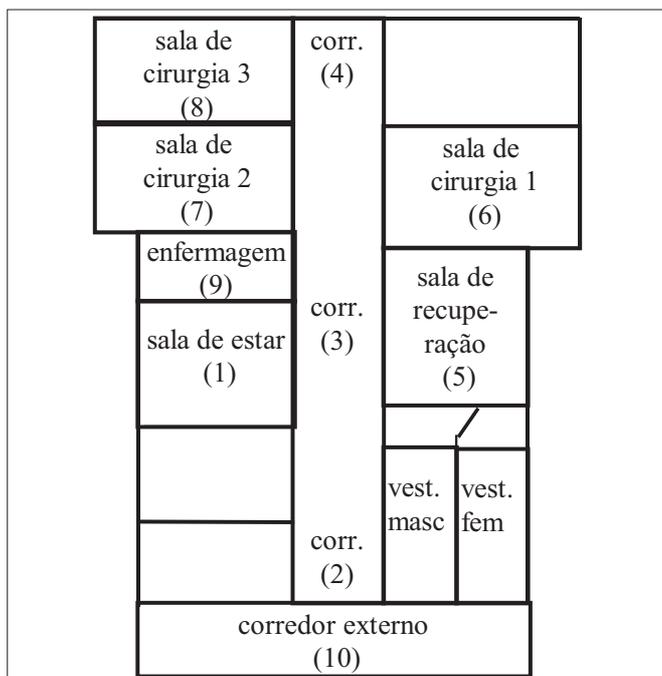


Figura 1 – Locais de amostragem no Centro Cirúrgico do CAISM

Para a anestesia geral dos pacientes são utilizados, frequentemente, anestésicos inalatórios, tais como isoflurano, enflurano, halotano e sevoflurano. Estes anestésicos são compostos orgânicos voláteis halogenados de baixo ponto de ebulição (<60°C) e peso molecular variando entre 180-200 u.m.a. Além disso, são usados outros compostos como éter etílico e benzina, para diversos fins, dentro da rotina hospitalar.

Dentre as cirurgias que são normalmente realizadas está a videolaparoscopia, com pneumoperitônio induzido pelo CO₂. O anestésico inalatório normalmente utilizado é o isoflurano.

O Centro Cirúrgico não possui um sistema central de ventilação/refrigeração que possa controlar a taxa de renovação do ar interno em todo o ambiente. Ao contrário, a refrigeração é mantida por seis unidades de ar condicionado do tipo *split-system* que se caracteriza por centrais de refrigeração, onde a unidade evaporadora e condensadora estão separadas. As centrais são independentes umas das outras, e podem ser ligadas e desligadas sepa-

radamente. Cada sala cirúrgica contém uma central de ar condicionado, sendo que as outras centrais se localizam na sala de recuperação (ponto 5), sala de enfermagem (ponto 9) e sala de estar (ponto 1). A central da sala de enfermagem possui uma saída para o corredor. As unidades centrais, da forma como foram instaladas, trocam cerca de 10% de ar interno/externo, como informado pelo setor de refrigeração do Centro para Manutenção de Equipamentos (CEMEQ) da UNICAMP.

Procedimento para Análise

Nos diferentes pontos do Centro Cirúrgico foram coletadas dez amostras de ar, em duplicata e em seringas plásticas de 10 ml (Figura 1). Após a coleta, as amostras foram levadas imediatamente ao laboratório para análise. Uma seringa com amostra foi utilizada para a determinação dos compostos orgânicos e a outra foi utilizada para a determinação do CO₂. Ambas as determinações foram feitas em triplicatas.

A determinação do dióxido de carbono foi feita pelo método FIA/conductométrico². A determinação dos compostos orgânicos voláteis foi feita por cromatografia gasosa, utilizando o GC-14B SHIMADZU, com detector FID operando a 250 °C, equipado com uma coluna megabore de sílica fundida J&W DB-624 (50% fenil metil polisiloxane - 30 m x 0,54 mm x 3 µm) operando a 35 °C e o injetor a 200 °C. Nessas condições, o limite mínimo de detecção obtido para os gases inalatórios foi de 2 ppmv.

As amostras de ar foram coletadas no interior do Centro Cirúrgico do CAISM nos vários locais mostrados na figura 1. O monitoramento foi realizado em duas etapas: uma avaliação preliminar, realizada durante o inverno de 1996, e uma avaliação final, realizada na primavera do mesmo ano. Em ambas as etapas, as amostras foram coletadas em diferentes horários, de forma a abranger toda a rotina de trabalho.

A avaliação preliminar foi realizada durante o inverno (17 e 18 de julho de 1996), com a unidade de refrigeração central desligada, mas com as unidades de ar condicionado ligadas apenas durante as cirurgias. Devido aos altos níveis de CO₂ encontrados nas salas, com uma média de 1000 ppmv e alcançando 5000 ppmv na sala cirúrgica (ponto 8 da figura 1), onde normalmente se realiza laparoscopia, um novo plano de amostragem foi proposto com o objetivo de explorar duas situações de ventilação distintas: Em 20 de setembro (primavera), a unidade central e todas as unidades de ar condicionado estavam desligadas durante todo o dia e as janelas foram mantidas abertas, condição esta denominada de baixa taxa de ventilação (BTV). Em 10 de outubro (primavera), foi obtida a máxima taxa de ventilação (alta taxa de ventilação - ATV) com a unidade central e todas as unidades de ar condicionado mantidas ligadas durante a noite anterior e durante

todo o dia de amostragem. Para se obter melhor mistura do ar no Centro Cirúrgico, as portas de todas as salas foram mantidas abertas durante o dia, proporcionando melhor troca do ar das salas cirúrgicas com o ar do corredor e, por conseguinte, a troca deste ar com o exterior, pela unidade central.

Procurou-se assim criar duas situações distintas quanto à circulação do ar dentro do Centro Cirúrgico. No primeiro dia de amostragem, foi mantida a recirculação mínima, enquanto que no segundo dia, trabalhando-se sob as melhores condições de ventilação oferecidas pelo Centro Cirúrgico.

RESULTADOS

ETAPA PRELIMINAR: Na campanha exploratória realizada no inverno de 1996 (17 e 18 de julho), os compostos orgânicos encontrados em grande parte das salas do Centro Cirúrgico foram o anestésico isoflurano e o solvente éter etílico. A concentração atmosférica destes compostos variou de 10-35 ppmv para o isoflurano e de 10-90 ppmv para o éter etílico. Com relação ao dióxido de carbono, os níveis obtidos variaram de 715-5000 ppmv na amostragem em 17 de julho e 840-3320 ppmv, na amostragem em 18 de julho.

ETAPA FINAL: Na segunda campanha, quando as condições de ventilação foram diferenciadas nos dois dias de amostragem, os níveis médios obtidos para o éter etílico foram de 9 ± 3 ppmv ($n=10$ pontos amostrados), sob ATV, e 14 ± 4 ppmv ($n=8$ pontos amostrados), sob BTV (figura 2), sendo que n representa o número de pontos amostrados (figura 1). Na mesma figura, nota-se que o éter etílico foi encontrado não só nas salas cirúrgicas (pontos 6, 7 e 8), mas também na sala do café (ponto 1).

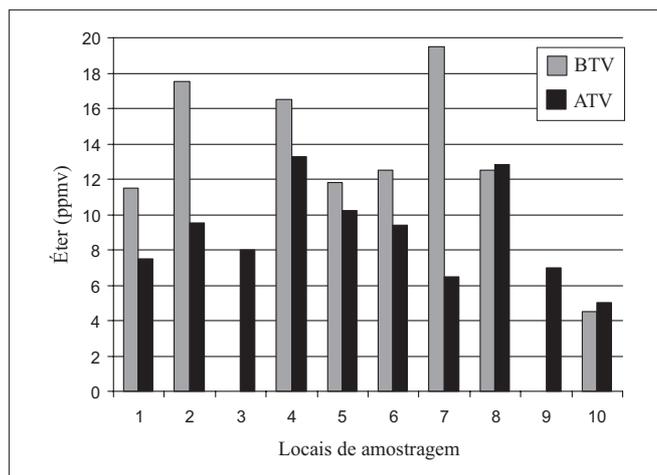


Figura 2 – Concentração média de éter etílico sob condições de baixa taxa de ventilação (BTV) e de alta taxa de ventilação (ATV). Os números se referem às salas mostradas na figura 1. OBS: Sob BTV, o éter etílico não foi analisado nos pontos (3) e (9)

O isoflurano foi o único anestésico inalatório detectado sob BTV, com níveis variando entre 4-15 ppmv. Sob ATV não foi encontrado nenhum anestésico inalatório utilizado na rotina do Centro Cirúrgico. Os valores de dióxido de carbono, sob BTV, variaram entre 703-1973 ppmv (o valor médio é de 1070 ± 169 ppmv, para $n=10$ pontos amostrados), sendo que os menores valores estão associados à coleta realizada às 13:30 h, horário de almoço (figura 3). Por outro lado, sob ATV os níveis de CO_2 variaram de 428-1596 ppmv (o valor médio é de 770 ± 106 ppmv, para $n=10$ pontos amostrados) nos locais amostrados (figura 4).

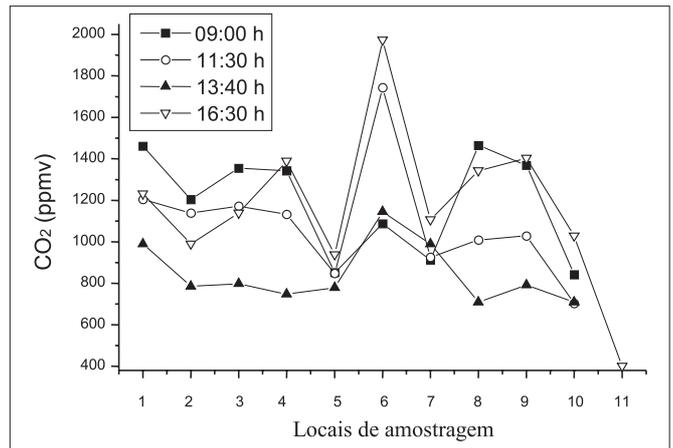


Figura 3: Concentração de CO_2 em função do local de amostragem sob BTV. Os números se referem às salas mostradas na figura 1, enquanto o número 11 se refere ao valor basal de CO_2 (concentração fora do prédio)

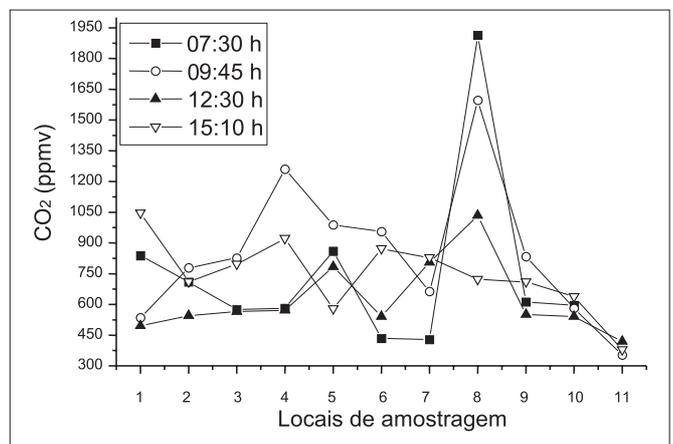


Figura 4: Concentração de CO_2 em função do local de amostragem sob ATV. Os números de 1-10 se referem às salas mostradas na figura 1, enquanto o número 11 se refere ao valor basal de CO_2 (concentração fora do prédio)

Nos 10 locais amostrados, a relação dos níveis de CO_2 com variação da velocidade de ventilação está demonstrada na figura 5, enquanto a tabela I mostra a concentração média de CO_2 nos 10 pontos amostrados, calculada para os dois regimes de ventilação.

CONTAMINAÇÃO ATMOSFÉRICA NUM CENTRO CIRÚRGICO POR COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS E DIÓXIDO DE CARBONO

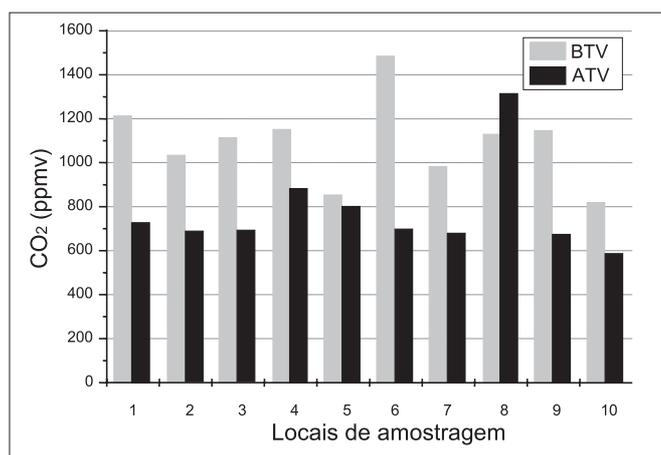


Figura 5 – Concentração média de CO₂ sob condição de baixa taxa de ventilação (BTV) e de alta taxa de ventilação (ATV). Os números se referem às salas mostradas na figura 1

Tabela I - Concentração Média de CO₂ e Velocidade de Ventilação para as Duas Condições de Ventilação

Condição	CO ₂ (ppmv)	Ventilação (L/min/pessoa)
BTV	1095	420
ATV	771	773

DISCUSSÃO

Durante a campanha exploratória, a concentração do isoflurano medida em algumas salas do Centro Cirúrgico estava acima do limite de 2 ppmv, proposto pelo NIOSH. Através de consulta às fichas de anestesia, referentes aos dias de coleta, o isoflurano foi utilizado como anestésico inalatório em sete das 12 cirurgias realizadas no dia 17 de julho e em duas das quatro cirurgias realizadas no dia 18 de julho. Isto explica os altos níveis encontrados com relação aos outros anestésicos inalatórios também pesquisados. Além do anestésico isoflurano, o solvente éter etílico foi encontrado em cerca de 80% das salas amostradas. A presença deste composto na atmosfera do Centro Cirúrgico se deve provavelmente ao freqüente uso nos testes para avaliar a diferença de temperatura corporal para confirmação da instalação das anestésias regionais (peridural e subaracnódea). Por outro lado, as concentrações medidas para o éter etílico, em todas as salas amostradas, estavam bem abaixo de seu TLV (400 ppmv).

Os níveis de dióxido de carbono encontrados na etapa preliminar foram alarmantes, sugerindo que este gás esteja intimamente relacionado com os sintomas do SED. As causas apontadas para o excesso do CO₂ na atmosfera do Centro Cirúrgico são a má circulação do ar interno associado a uma longa permanência no ambiente, a um

número elevado de pessoas nas salas (o hospital da UNICAMP funciona como um hospital escola, onde vários estagiários acompanham as cirurgias) e ao CO₂ proveniente das cirurgias laparoscópicas. Os maiores níveis de CO₂ na etapa preliminar foram encontrados no dia 17 de julho quando foram realizadas 12 cirurgias, sendo que apenas uma laparoscopia (o valor médio obtido foi de 2072 ± 1282 ppmv). Em 18 de julho foram realizadas apenas quatro cirurgias e nenhuma laparoscopia (o valor máximo obtido foi de 1718 ± 663 ppmv), o que é um valor extremamente alto, se considerarmos que não houve laparoscopia. É provável que a principal fonte de CO₂ no interior do Centro Cirúrgico seja principalmente de origem ocupacional produzido metabolicamente e liberado pela respiração humana.

Na segunda campanha, durante a primavera, era de se esperar que as concentrações internas de COV e CO₂ fossem mais baixas que aquelas obtidas no inverno, devido principalmente às altas temperaturas externas, que proporcionam aumento na velocidade de troca de ar interno e externo do Centro Cirúrgico. O éter etílico foi encontrado em baixas concentrações, até mesmo sob BTV, quando comparado com os níveis obtidos na campanha exploratória. Comparando os resultados obtidos na segunda campanha, sob diferentes padrões de ventilação, níveis mais altos do composto foram encontrados sob BTV, como esperado, muito provavelmente devido a sua alta volatilidade e absorção na vestimenta.

Nesta campanha, o isoflurano foi encontrado em quatro das dez salas amostradas, acima do seu limite de 2 ppmv. A provável razão de se encontrar apenas o isoflurano nas amostras do Centro Cirúrgico se deve ao fato deste ter sido preferencialmente utilizado, frente aos outros anestésicos inalatórios, durante o período do monitoramento. Por outro lado, sob ATV, nenhum dos anestésicos inalatórios utilizados na rotina do Centro Cirúrgico foram detectados, nem mesmo o isoflurano, embora seu uso também tenha sido intenso.

Em geral, os níveis de CO₂ obtidos na segunda etapa (primavera) foram menores que aqueles obtidos no monitoramento realizado no inverno. Para avaliar o monitoramento realizado na etapa final (primavera), é importante destacar que no dia 20 de setembro (BTV) foram realizadas quatro cirurgias de laparoscopia (duas na sala um e duas na sala três), e que em 10 de outubro (ATV) não foi realizada nenhuma cirurgia de laparoscopia. Neste dia, a concentração de CO₂ alcançou valores acima de 1300 ppmv no ponto 8, sendo a respiração humana a principal fonte. Por outro lado, as coletas realizadas entre 12:00-14:00 h, sob os dois regimes de ventilação, apresentaram os menores níveis de CO₂, quando comparados aos outros horários do mesmo dia. Este resultado reflete o esperado, já que neste horário o número de pessoas dentro do centro diminui, como a temperatura externa mais elevada, aumenta a troca de ar interno/externo.

Ao se comparar os valores obtidos para as duas coletas realizadas na primavera, nota-se que sob ATV os níveis do CO₂ são sistematicamente menores (considerando que a cirurgia de laparoscopia não representa a fonte mais importante), ficando quase sempre abaixo do limite de 800 ppmv (figura 5), proposto pelo NIOSH para edifícios comerciais.

O nível de gás carbônico num ambiente fechado pode ser caracterizado pelo valor médio da concentração deste gás medido ao longo do dia, ao admitir que a quantidade de gás que deixa o edifício devido a ventilação é igual à quantidade gerada *in situ*. Admitindo este estado estacionário, a concentração média de CO₂ foi calculada para os dois regimes de ventilação, ATV e BTV (tabela I). As velocidades de ventilação foram calculadas usando a equação (1), após fixar a taxa de geração de CO₂ por pessoa em 0,3 L.min⁻¹, representando uma ocupação constante do edifício¹⁰. Esse valor para a taxa de geração por pessoa é baseado no padrão 62-1989 do NIOSH em um edifício público, admitindo-se o mesmo tipo de ocupação. Além disso, este valor é semelhante ao utilizado por Nabinger e Persily¹¹ em uma situação de ocupação similar. Segundo o padrão 62-1989 do NIOSH, num edifício comercial (não num hospital) a ventilação ideal por pessoa é de 600 L.min⁻¹. Entretanto, se admitimos que a principal fonte de CO₂ no ambiente do Centro Cirúrgico é a atividade humana, e descartando a laparoscopia como uma fonte adicional, podemos usar este valor como diretriz. Neste caso, comparando-se os dois regimes de ventilação utilizados neste trabalho, sob BTV o valor obtido foi de 445 L/min/pessoa, caracterizando 74% do valor de ventilação mínima recomendada e, portanto gerando um aumento na concentração interna de CO₂ e dos vários gases tóxicos que possam estar presentes neste ambiente. Sob ATV, foi obtido um valor de 820 L/min/pessoa (tabela I). Este valor é 37% mais alto que o valor mínimo recomendado, e conseqüentemente a concentração de CO₂ interna permanece abaixo do valor máximo recomendado. Entendemos que a concentração de CO₂ pode ser um bom indicador da qualidade do ar interno de um hospital. A técnica utilizada se mostra bastante útil para avaliar níveis de velocidade de ventilação. Os principais aspectos positivos de se monitorar o CO₂ para cálculos de velocidade de ventilação são, além de sua característica de gás não tóxico, a facilidade da sua análise e a possibilidade de deduzir qualidade de ar relacionada a CO₂ e muitos outros contaminantes gasosos, incluindo anestésicos voláteis. Os resultados obtidos mostram que a manutenção de altas taxas de ventilação é um fator fundamental para garantir a boa qualidade do ar em centros cirúrgicos.

RESUMEN

Almeida FV, Alberici RM, Braga FS, Jardim WF – Contaminación Atmosférica en un Centro Quirúrgico por Compuestos Orgánicos Volátiles y Dióxido de Carbono

Justificativa y Objetivos - La contaminación ambiental por anestésicos inhalatorios, CO₂ y éter etílico pueden causar algunos síntomas de desconforto ocupacional. El objetivo de este estudio fue verificar la concentración de estos compuestos, de frente a las diferentes condiciones de ventilación en el Centro Quirúrgico del Centro de Atención Integral para la Salud de la Mujer (CAISM), Hospital de la UNICAMP.

Método - Fueron recogidas muestras de aire, en varios lugares del Centro Quirúrgico y en horarios diferentes del día. El CO₂ era determinado a través de un sistema de Análisis por Inyección en Flujo con detección conductométrica en cuanto que los compuestos orgánicos fueron determinados por cromatografía gaseosa. Se supervisó la calidad del aire en la primavera, bajo dos condiciones diferentes de ventilación: Baja Tasa de Ventilación (BTV) y Alta Tasa de Ventilación (ATV).

Resultados - Bajo BTV, el CO₂ varió entre 703-1973 ppmv y el éter etílico que varió entre 5-20 ppmv, mientras que bajo ATV, el CO₂ varió entre 428-1596 ppmv y el éter etílico entre 4-13 ppmv. Entre los anestésicos, el isoflurano fué el único detectado, apenas bajo BTV, en concentraciones que variaron de 4 a 15 ppmv.

Conclusiones - Bajo ATV, las concentraciones atmosféricas de los compuestos estudiados son todos abajo de los niveles máximos. El CO₂ puede ser un buen indicativo de la calidad de aire interno de un hospital y útil para inferir la velocidad de la ventilación medioambiental.

REFERÊNCIAS

- Godish T - Sick Buildings/Definition, Diagnosis and Mitigation, 1st Ed, Boca Raton, Lewis Publishers, 1995;6-9;140-143.
- Godish T - Indoor Air Pollution Control, 3rd Ed, Chelsea, Lewis Publishers, 1991;208-212.
- Guimarães JR - Determinação e especiação de carbono inorgânico em águas naturais e atmosfera por análise em fluxo, Tese de Doutorado. Instituto de Química - UNICAMP, Campinas, São Paulo, 1995.
- Almeida FV - Determinação do fluxo de dióxido de carbono na interface águas naturais/atmosfera utilizando um equipamento portátil FIA/conducométrico, Tese de Mestrado. Instituto de Química - UNICAMP, Campinas, São Paulo, 1998.
- Marshall JW - Health care ventilation standard: Air change per hour or CFM/patient?. ASHRAE Journal, 1996;38:27-30.
- Turiel I, Rudy JV - Occupant-generated CO₂ as an indicator of ventilation rate. ASHRAE Transactions, 1982;88:197-210.
- Persily AK - Ventilation, carbon dioxide and ASHRAE standard 62-1989. ASHRAE Journal, 1993;35:40-44.
- Lenga RE - The sigma-aldrich library of chemical safety data, 2nd Ed, St. Louis, Sigma-Aldrich Corporation, 1988;1430-1431.
- Sax, NI - Dangerous Properties of Industrial Materials, 7th Ed, New York, Van Nostrand Reinhold Publishing Company, 1989; 88-103.
- Bearg DW - Quality of outdoor air delivered to occupants, em: Indoor Air Quality and HVAC Systems. 1st Ed, Boca Raton, Lewis Publishers, 1993;105-114.
- Nabinger SJ, Persily AK, Dols WS - A study of ventilation and carbon dioxide in an office building". ASHRAE Trans.: Symposia, 1996;1264-1274.