

ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR INTERNO DE UM CENTRO CIRÚRGICO –  
VERIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE  
CARBONO

**Sylvia Katherine de Medeiros Moura** – sylviakatherine1995@gmail.com  
**Antônio Calmon de Araújo Marinho** – Antonio.Marinho@ebserh.gov.br  
Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH), www.ebserh.gov.br  
**Wagner Amadeus Galvão de Souza** – [amadeusgalvao@gmail.com](mailto:amadeusgalvao@gmail.com)  
Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU), www.cbtu.gov.br  
**Angelo Roncalli Oliveira Guerra** – aroncalli@uol.com.br  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, www.dem.ufrn.br

F2 - Qualidade Ambiental Interna

**Resumo.** *A qualidade do ar que as pessoas respiram está diretamente relacionada ao conforto e qualidade de vida, no caso específico de unidades de saúde, influencia diretamente no tempo de recuperação dos pacientes e na ocorrência de infecções hospitalares. Alguns fatores químicos, físicos e biológicos contribuem para o desenvolvimento de microrganismos e dispersão dos contaminantes no ar. Estabelecimentos como hospitais, necessitam de um sistema de climatização bem projetado e de um cronograma de procedimentos adequado a cada tipo de ambiente, para que a saúde dos pacientes não seja comprometida. O objetivo deste trabalho foi analisar a qualidade do ar interno (QAI) do centro cirúrgico de um Hospital de médio porte, localizado na cidade de Natal no estado do Rio Grande do Norte, Brasil, através da coleta de parâmetros físicos como (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar) e das concentrações de dióxido de carbono. A metodologia adotada foi a recomendada pelas legislações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). A comparação dos resultados obtidos, com os requisitos de projetos contidos nos regulamentos e legislação vigentes, servirá de base teórica para apresentação de sugestões durante a revisão da norma NBR 7256, que ocorrerá ainda no ano de 2018.*

**Palavras-chave:** *Qualidade do ar interno, centro cirúrgico, infecção hospitalar, climatização.*

## 1. INTRODUÇÃO

Na década de 70, após as primeiras reclamações dos usuários quanto a qualidade do ar devido a introdução dos edifícios climatizados sem a entrada de ar externo, surgiu o termo Síndrome do edifício doente (SED). Durante o tempo de ocupação uma parte das pessoas sente-se afetadas pelos sintomas cronológicos, devido à má qualidade do ar, e ao deixar o local sentem os sintomas diminuírem ou desaparecerem (Sterling et al., 1991).

A qualidade do ar que as pessoas respiram está diretamente relacionada ao conforto e qualidade de vida, no caso específico de unidades de saúde, influencia diretamente no tempo de recuperação dos pacientes e na ocorrência de infecções hospitalares. Alguns fatores químicos, físicos e biológicos contribuem para o desenvolvimento de microrganismos e dispersão dos contaminantes no ar (Quadros, 2008).

Além desses fatores, segundo Jones (1999) a ventilação e renovação de ar adequada interferem de forma significativa na qualidade do ar interno pois evita o acúmulo de CO<sub>2</sub> (contribuinte para o aumento da acidez no sangue, provocando a ampliação da taxa e profundidade da respiração) e microorganismos no ambiente.

Afonso et al (2004), fizeram uma revisão bibliográfica com uma limitação temporal de 10 anos, em que foram analisados 23 textos com os seguintes enfoques: padrões e normas para manutenção da qualidade do ar; qualidade do ar e isolamento de microrganismos; qualidade do ar e ocorrência de infecção. Os microrganismos *Aspergillus*, *Legionella*, *Clostridium*, *Nocardia*, *Acinetobacter*, entre outros gêneros, foram identificados em aparelhos de ar condicionado, sendo os três primeiros responsáveis pelos surtos de infecção hospitalar.

A contaminação microbiológica ocorre pelas vias aéreas acarretando problemas sérios, um ambiente com alta umidade, baixa ventilação entre outras condições contribuem para o aumento das amostras de ácaros e desenvolvimento dos fungos sobre superfícies úmidas (Carmo e Prado, 1999).

Diante disso, a qualidade do ar em um ambiente hospitalar torna-se mais crítica em consequência ao estado de baixa imunidade de alguns pacientes, desta forma, é necessário haver um controle das emissões que podem gerar malefícios à saúde as pessoas (paciente, corpo clínico e visitantes) que frequentam o local através de um sistema de ventilação adequado. (Gioda e Neto, 2003). Portanto, as condições internas dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) devem estar de acordo com a norma NBR 7256, por possuírem características epidemiológicas diferenciadas e críticas.

A partir da importância da QAI e tomando como referência os regulamentos e legislação vigentes, este trabalho teve como objetivo avaliar as condições internas de um centro cirúrgico de um hospital através das concentrações de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e dos seguintes parâmetros físicos: temperatura e umidade relativa.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Sobre o hospital

Em geral, os equipamentos existentes no Hospital, foram desenvolvidos para atender ambientes residenciais e comerciais de pequeno porte, sendo em sua maioria, unidades do tipo janela (ACJ) e do tipo Split. Atualmente, o hospital encontra-se nas seguintes condições:

- Não possuem pressão suficiente para utilizar a filtragem preconizada na NBR 7256;
- Impossibilitam o controle adequado de temperatura;
- Impossibilitam o controle de pressão dos ambientes (positiva/ negativa);
- Não possibilitam a captação de ar renovado.

### 2.2 Descrição das salas cirúrgicas estudadas

A pesquisa foi desenvolvida nas salas de cirurgia, G e E, e nos corredores de um centro cirúrgico (C.C.). Os dados foram coletados em três dias consecutivos, no primeiro dia a coleta foi realizada na sala G e nos outros dias na sala E. A área das salas, o tipo e a potência de cada um dos equipamentos estão descritos na Tab. 1.

Tabela 1. Área das salas, tipo e potência de cada um dos equipamentos.

Sala	Área (m <sup>2</sup> )	Quantidade/Tipo	Potência (Btu/h)
G	40	3 Equipamentos/ACJ	18.000
E	30	2 Equipamentos/ACJ	18.000

### 2.3 Determinação dos parâmetros físicos e concentração de gás carbônico (CO<sub>2</sub>)

A metodologia utilizada para determinação dos parâmetros físicos (temperatura e umidade relativa) da concentração de CO<sub>2</sub> foi a recomendada pela Resolução no 09, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Foi utilizado um medidor digital portátil modelo AZ-77535, da marca Instrutherm, devidamente calibrado, que verifica o nível de temperatura, umidade e concentração de CO<sub>2</sub> (simultaneamente através do raio infravermelho não dispersivo), possibilitando a leitura direta com as seguintes faixas de operação e resolução:

- Concentração de Dióxido de Carbono: (0 a 10.000 ppm ± 2 ppm);
- Umidade Relativa: (0% a 95% UR ± 0,1% UR);
- Temperatura: (-10 °C a 60 °C ± 0,1 °C).

Em ambas as salas, foram adotados 4 pontos como referência para obtenção das amostragens e um ponto no corredor próximo a porta de acesso a sala. Após o início da cirurgia, as medições ocorriam de 15 em 15 minutos.

**Sala G.** As amostragens foram realizadas na manhã do dia 16/05/2018, durante os procedimentos pré e intra operatório de uma neurocirurgia de túnel do carpo. Foram realizadas um total de 6 amostragens, sendo 4 durante a cirurgia, 01 uma antes e 01 depois do pré-operatório. Na primeira medição (antes do início do processo pré-operatório), os equipamentos 2 e 3 estavam ligados (Fig. 1). Entretanto, para o acolhimento do paciente, eles foram desligados, permanecendo inoperantes por 36 minutos, até a conclusão do processo de indução anestésica. O período total de amostragem foi de 1h e 22 minutos. Durante o procedimento, estavam presentes em média de 10 pessoas, considerando o fluxo de entrada e saída de pessoas. Através da Fig. 1 podemos analisar o layout da sala e a distribuição dos equipamentos de ar condicionado.

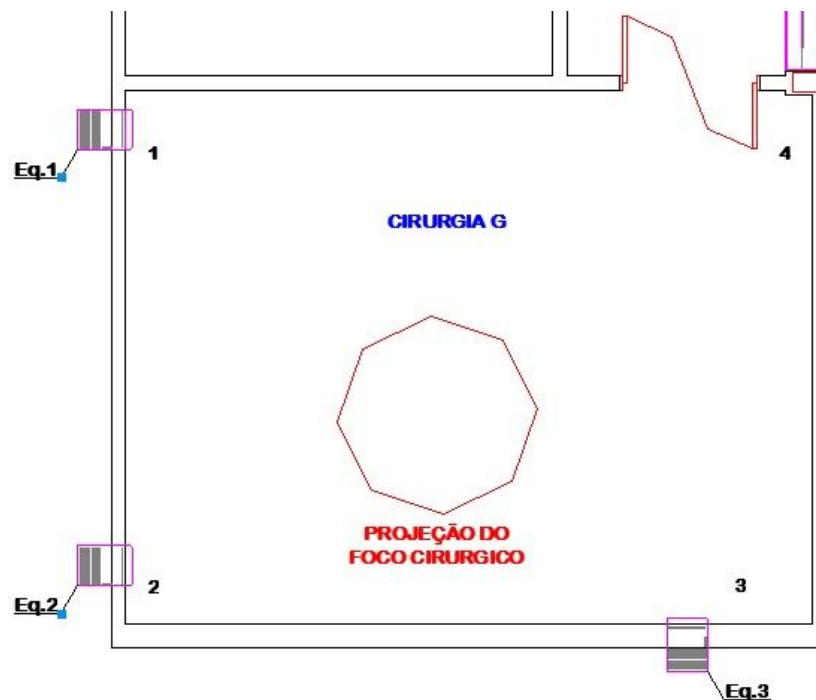


Figura 1. Layout da sala G.

**Sala E.** Os parâmetros desta sala foram analisados durante dois dias consecutivos devido às condições internas do ambiente estarem mais críticas em razão do equipamento 2 estar quebrado.

No primeiro dia, foi realizada uma cirurgia de oncológica de ooforectomia com duração de aproximadamente cinquenta minutos de pré-operatório e duas horas de cirurgia; foi realizada a primeira medição logo após o início do pré-operatório e mais nove ao longo da cirurgia. Havia grande fluxo de entrada e saída dos profissionais envolvidos, variando a ocupação entre 9 e 14 pessoas, sendo a maior concentração no centro da sala e no ponto de referência 1 indicado na Fig. 2, que representa o layout da sala e a distribuição dos equipamentos de ar condicionado.

No dia seguinte, foram realizadas 13 amostragens durante uma cirurgia cardíaca de troca valvar, uma após o início do pré-operatório e as demais no decorrer do intra operatório. Durante o pré-operatório havia um menor número de pessoas (8), entretanto, durante a cirurgia este número variou entre 12 e 15 com maior concentração no ponto 1 e próximo ao ponto 4, indicados na Fig. 2.

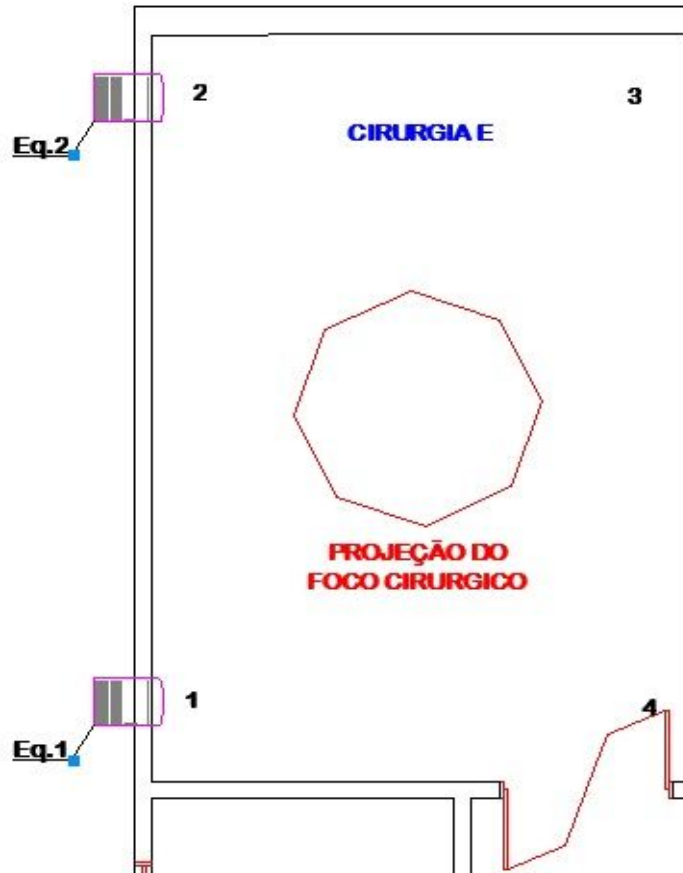


Figura 2. Layout da sala E.

### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

#### 3.1 Verificação dos parâmetros físicos de conforto - Temperatura e Umidade Relativa

A Norma ABNT NBR-7256:2005, estabelece requisitos para projeto e execução das instalações de tratamento de ar hospitalares, dividindo-os em críticos, semicríticos e não críticos, considerando os riscos de infecção para cada ambiente.

Para as salas de centro cirúrgico, a norma recomenda que a temperatura do ambiente interno varie entre 18°C a 22°C, e para a umidade relativa a faixa de variação recomendada é de 45% a 55%.

As condições externas de temperatura, umidade relativa e concentração de CO<sub>2</sub> dos dias 16, 17 e 18 estão indicadas na Tab. 2 abaixo:

Tabela 2. Condições Externas.

Data	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Concentração de CO <sub>2</sub> (ppm)
16/05	25,7	92,9	591
17/05	25,5	83,3	615
18/05	26	80	500

**Sala G.** Analisando a Fig. 1, nota-se que na primeira amostragem os parâmetros apresentaram valores dentro da faixa estabelecida pela norma, no entanto, após o desligamento dos equipamentos de ar condicionado, evidencia-se um pico nos valores medidos. Em virtude desta brusca elevação de temperatura e umidade relativa, mesmo após uma hora de funcionamento dos equipamentos, os parâmetros continuaram apresentando valores acima do padrão.

Segundo a norma NBR 7256, o controle das condições termohigrométricas é necessário para propiciar condições de conforto e inibir a proliferação de microorganismos favorecida por uma umidade relativa alta. Isto representa um fator preocupante visto que as condições termohigrométricas apresentaram valores elevados, favorecendo condições propícias para o desenvolvimento de microorganismos e possíveis focos de infecção.

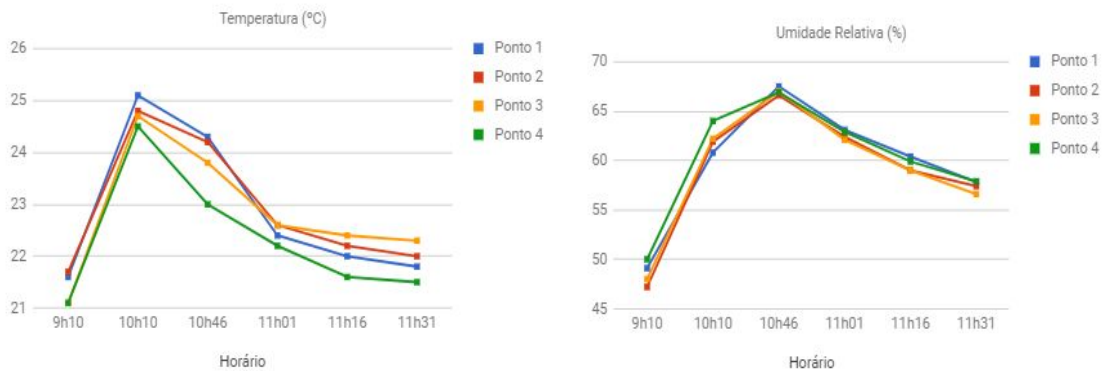


Figura 1. Condições termohigrométricas no decorrer da avaliação na sala G.

**Sala E - Primeiro dia.** A temperatura do ambiente aferida ao longo da cirurgia “Fig.1”, apresentou valores acima do máximo recomendado; Os pontos 2 e 3 por terem condições similares (pouco fluxo e concentração de pessoas) apresentaram valores semelhantes. Já os pontos 1 e 4 apesar de estarem sobre o mesmo insuflamento de ar frio, fornecido pelo equipamento 1, apresentam valores distintos devido o ponto 1 ter uma concentração de pessoas consideravelmente inferior à do ponto 4. A umidade relativa, mostrou um percentual dentro da faixa normativa recomendada, na maior parte da avaliação. Durante o pré-operatório o números de pessoas variou entre 9 e 10, enquanto que durante a cirurgia, houve uma variação de 11 a 14.

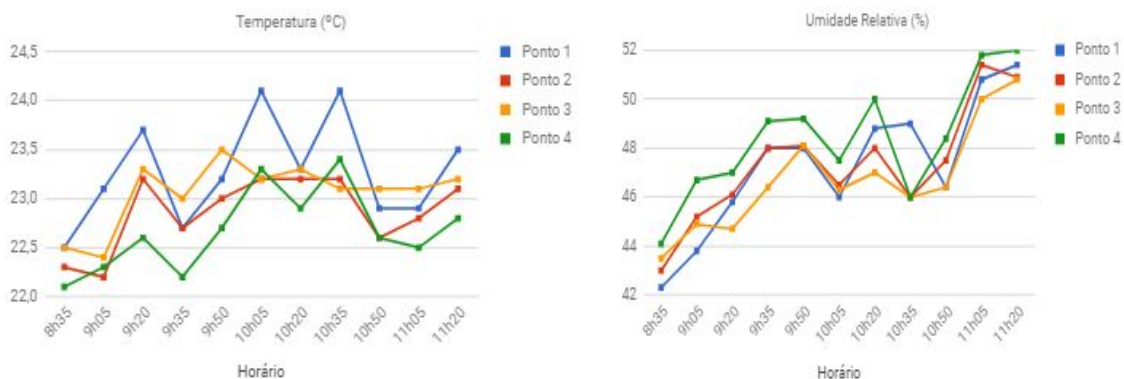


Figura 2. Condições termohigrométricas no decorrer da avaliação na sala E no primeiro dia.

**Sala E - Segundo dia.** A temperatura interna do ambiente apresentou valores ainda maiores com relação ao dia anterior, possivelmente devido a cirurgia envolver um número maior de profissionais e de equipamentos. Novamente os pontos 2 e 3 mostraram condições de temperatura semelhantes, evidenciando picos na maior parte da avaliação. Diferentemente do dia anterior os pontos 1 e 4 apresentaram valores similares devido o ponto 4 haver uma concentração de pessoas equivalente ao ponto 1. Através da fig. 3, nota-se que houve grande variação da umidade relativa, apesar que durante a maior parte do tempo, o mesmo manteve-se dentro dos limites normativos.

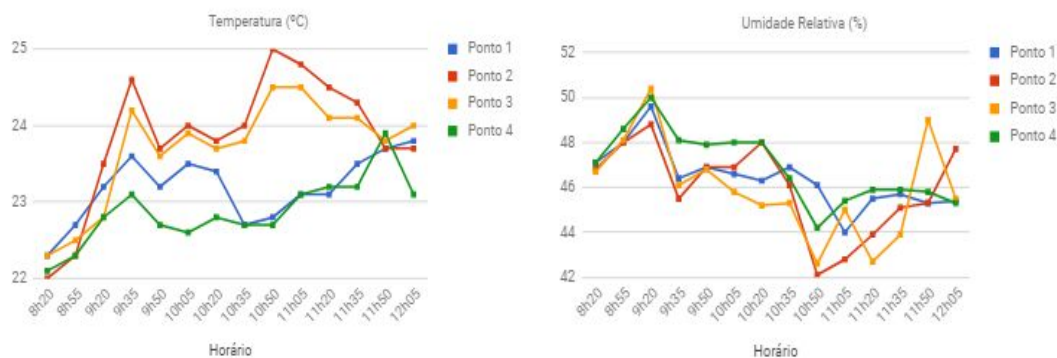


Figura 3. Condições termohigrométricas no decorrer da avaliação na sala E no segundo dia.

### 3.2 Verificação da concentração de gás carbônico (CO<sub>2</sub>)

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é um gás incolor, inodoro e não inflamável, resultante de processos metabólicos e de combustão (Quadros et al, 2008). Um elevado percentual de concentração interna de CO<sub>2</sub> contribui para o aumento da acidez no sangue, provocando a ampliação da taxa e profundidade da respiração, tornando-se um indicador de qualidade do ar interno e indicador da ventilação adequada. No entanto, os níveis de CO<sub>2</sub> devem ser analisados de forma cuidadosa visto que pode ocorrer variações temporais ou erro nas medidas, podendo também haver outro contaminante em concentrações mais expressivas (Carmo e Prado, 1999).

A resolução RE nº 9, da ANVISA (Brasil, 2003) determina um valor máximo de concentração de dióxido de carbono em 1000 ppm, a concentração desse gás no ambiente é definido como indicador das taxas de renovação, recomendado para conforto e bem-estar.

As concentração de CO<sub>2</sub>, mostradas nas figuras 4, 5 e 6, foram obtidas nos mesmo pontos indicados no item 2 deste trabalho.

Analisando a Fig. 4, evidencia-se um aumento considerável da concentração de gás carbônico no intervalo das 9h10 às 10h46, período em que os aparelhos de ar condicionado estavam desligados e que não havia movimentação considerável de pessoas entrando e saindo da sala, estes fatores possivelmente contribuíram para este aumento na concentração visto que não havia entrada de ar novo no ambiente (infiltração pela abertura de portas). Após o início da cirurgia, momento em que os equipamentos entraram em funcionamento e houve uma maior fluxo dos profissionais (que em alguns momentos deixavam a porta aberta), houve uma pequena diminuição no acúmulo do CO<sub>2</sub>.

Através das análises dos resultados, verificou-se que após os aparelhos serem desligados a concentração sofreu um aumento de aproximadamente 1000 ppm que causou uma diferença de quase 1700 ppm do ambiente interno pro externo, e portanto, fora do que é estabelecido pela resolução. Esta diferença foi diminuindo após os equipamentos serem acionados, porém, ainda acima do valor máximo de 1000 ppm.

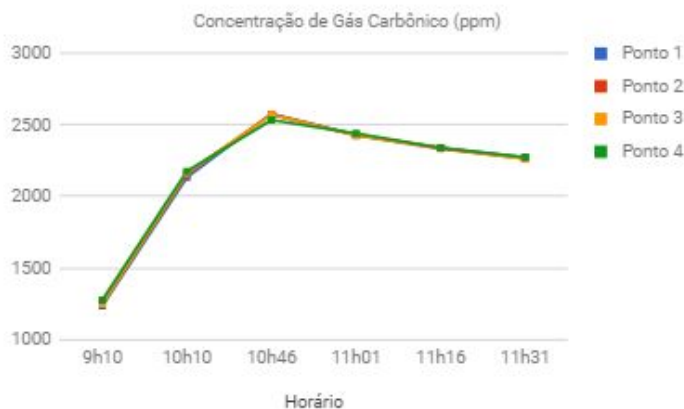


Figura 4. Concentração de Gás Carbônico durante a avaliação na sala G.

Na sala E, no primeiro dia, Fig. 5, a concentração em ppm apresentou crescimento contínuo (atingindo uma máxima de 2500 ppm), com exceção no horário das 10h35 devido a uma diminuição do número de pessoas presente na sala neste intervalo.

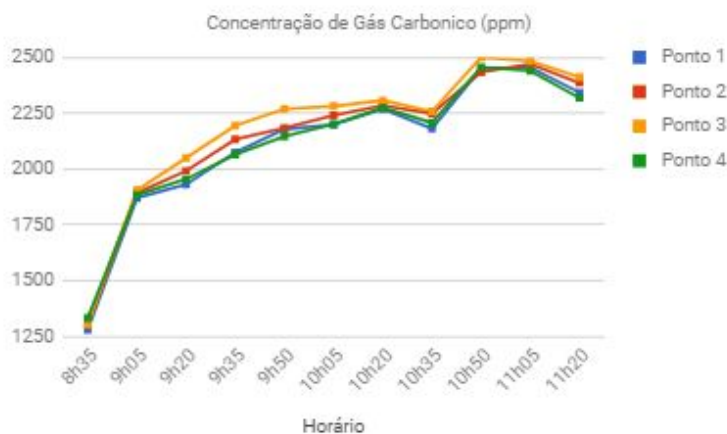


Figura 5. Concentração de Gás Carbônico durante a avaliação na sala E no primeiro dia.

Como esperado, no segundo dia, a concentração de CO<sub>2</sub> na sala E, Fig. 6, apresentou um comportamento de crescimento contínuo, semelhante ao observado na Fig. 5 de crescimento contínuo, no entanto, com valores expressivamente mais altos, atingindo uma máxima de 6000 ppm ao final da cirurgia. Tais valores justificam-se em virtude da ausência de sistemas de renovação de ar, do maior número de pessoas no ambiente e da movimentação mais intensa da equipe, quando comparado ao dia anterior. Durante toda a avaliação, a diferença da concentração de gás carbônico do ambiente interno para o externo excedeu o valor máximo permitido pela resolução.

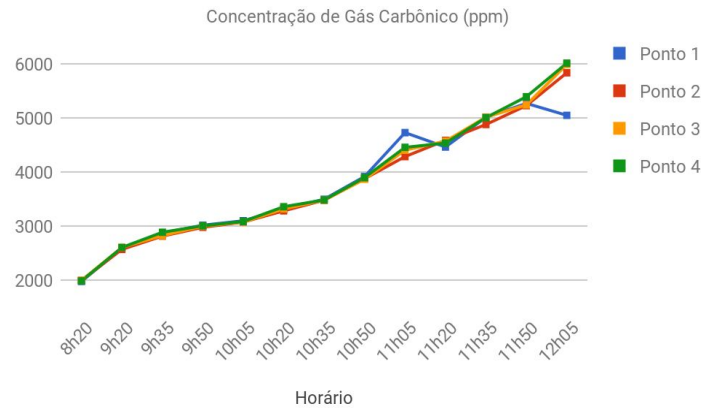


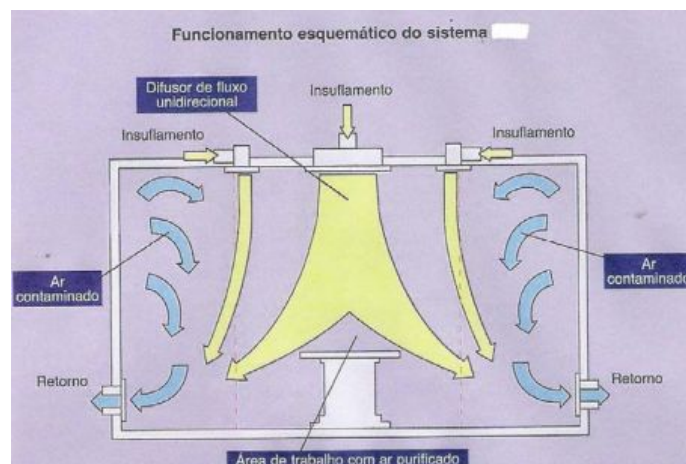
Figura 6. Concentração de Gás Carbônico durante a avaliação na sala E no segundo dia.

### 3.2 Proposição de novo sistema de climatização

A norma ABNT NBR 7256 (2005) prescreve que o insuflamento do ar deve ser projetado de forma a minimizar a turbulência do ambiente. Além disso, o ar de retorno deve ser captado por grelhas situadas na periferia do recinto, onde a maior parte do ar retirado (aproximadamente 70%) deve ser tomada por grelhas próximas ao piso e o restante por grelhas no teto ou próximas ao teto. As grelhas de retorno e exaustão devem ser providas de tela de retenção de fiapos, facilmente removíveis para limpeza, sem auxílio de ferramentas. Não se deve utilizar aparelhos de janelas, pois além de não possibilitar a captação de ar externo, não mantém uma pressão positiva no ambiente, portanto é recomendado a utilização de um sistema de ar condicionado tipo Fan-Coil, devido ao baixo custo com de manutenção e o gasto energético, além do que, se algum dos equipamentos falhar, a climatização não será comprometida em todos os locais. Recomenda-se também, que sejam instalados difusores de fluxo laminar unidirecional, pois o funcionamento dele impede que os contaminantes se espalhem por todo o ambiente, não se misturando e sendo desviado quando entra em contato com a mesa de cirurgia.

Devido o risco de contaminação numa sala de centro cirúrgico ser alto, o ar deve ser insuflado o mais próximo possível do teto e retirado pelas proximidades inferiores, pois assim, o ar contaminado tende a descer, e escapar pelas bocas inferiores. (Basto, 2005).

Na figura abaixo, mostra-se um esquema de ar condicionado em uma sala cirúrgica.



Fonte [www.cabano.com.br](http://www.cabano.com.br)

Figura 7. Esquema de Ar Condicionado de uma Sala Cirúrgica.



Sugere-se que haja uma mudança no sistema de climatização, de acordo com o levantamento da carga térmica, que contemple a renovação do ar, filtragem correta e manutenções preventivas para garantir o bom funcionamento, manter as condições internas de acordo com as legislações, e consequentemente, assegurar a saúde das pessoas.

#### **4. CONCLUSÃO**

Através da análise dos resultados dos parâmetros físicos (temperatura e umidade relativa) e da concentração de gás carbônico verificou-se uma divergência, na maior parte da análise, destes com os valores especificados pela norma NBR 7256 e pela resolução nº 09 da ANVISA.

Constatou-se uma concentração de gás carbônico alarmante chegando a 6.000 ppm, que variava com o número de pessoas no ambiente, isto indica a necessidade de um projeto com renovação de ar que atenda a necessidade do fluxo de pessoas no ambiente.

Por se tratar de um Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS), estes resultados tornam-se ainda mais preocupantes visto que as condições da qualidade de ar interno (QAI) afetam diretamente a saúde dos pacientes que estão com seu imunológico baixo e dos profissionais envolvidos que estão em contato com o ar diariamente. Diante disso, evidencia-se que o sistema de climatização das salas do centro cirúrgico é ineficiente e inapropriado por não atender às condições da QAI.

#### **AUTORIZAÇÕES / RECONHECIMENTO**

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

#### ***Agradecimentos***

Este trabalho foi apoiado pela equipe do Centro Cirúrgico e pelo Departamento de Engenharia Mecânica (DEM-UFRN)

#### **REFERÊNCIAS**

- ABNT. 2005. NBR 7256: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS). Requisitos para projeto e execução das instalações. 22 p.
- Afonso, M.S.M., A.F.V. Tipple, A.C.S Souza, M.A. Prado, P.S. Anders. 2004. A qualidade do ar em ambientes hospitalares climatizados e sua influência na ocorrência de infecção. Revista Eletrônica de Enfermagem. Goiânia. 6(2):181-188. [http://www.fen.ufg.br/revista/revista6\\_2/ar.html](http://www.fen.ufg.br/revista/revista6_2/ar.html).
- Brasil. Ministério da Saúde. 2003. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº 9.
- Carmo, A.T., R.T.A. Prado. 1999. Qualidade do ar interno. Série Texto Técnico, TT/PCC/23. São Paulo: EPUSP. 35 p.
- Gioda, A., F.R Aquino Neto. 2003. Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não-industriais no Brasil: uma abordagem comparativa. Cadernos de Saúde Pública. 9(5):1389-1397.
- Jones, A.P. 1999. Indoor air quality and health. Atmospheric Environment. 33(1): 4535-4564.
- Quadros, M. E. 2008. Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. 135 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental - Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Sterling, T. D., C. Collett e D. Rumel. 1991. A epidemiologia dos "edifícios doentes". Rev. Saúde Pública. São Paulo. 25(1):56-63. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89101991000100012>.

## **FORMAT INSTRUCTIONS FOR PAPERS SUBMITTED TO MERCOFRIO 2018**

**Abstract.** *The quality of the air that people breathe is directly related to the comfort and the quality of life, in the specific case of health units, it directly influences the recovery time of patients and the occurrence of hospital infections. Some chemical, physical and biological factors contribute to the development of microorganisms and the dispersion of contaminants in the air. Places such as hospitals require a well-designed air-conditioning system and a schedule of procedures for each type of environment, since patients' health can not be compromised. The purpose of this work was to analyze the indoor air quality (IAQ) of the surgical center of a medium-sized Hospital, located in the city of Natal in the state of Rio Grande do Norte, Brazil, by collecting physical parameters such as temperature, relative humidity, air blowing speed and carbon dioxide concentrations. The methodology used for this work was the one recommended by the Brazilian Health Regulatory Agency (ANVISA). The comparison of the results obtained in this work, with the project requirements contained in the current regulations and legislation, will serve as a theoretical basis for suggestions during the revision of the NBR 7256 standard, which will occur in 2018.*

**Key words:** *Indoor air quality, surgical center, hospital infection, air conditioning.*