



INTER
FACES
CIENTÍFICAS

SAÚDE E AMBIENTE

ISSN IMPRESSO 2316-3313

E-ISSN 2316-3798

DOI - 10.17564/2316-3798.2016v4n3p39-50

PADRÕES DE VARIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR E FATORES TERMOFÍSICOS NA UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA

VARIATION PATTERNS OF AIR QUALITY AND THERMAL-PHYSICAL FACTORS IN THE INTENSIVE CARE UNIT
PATRONES DE VARIACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y FACTORES TERMOFÍSICOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS

Elamara Marama Araujo Vieira¹
Cláudio Anselmo Falcão³
Luíz Bueno da Silva⁵

Jonhatan Magno Norte da Silva²
Erivaldo Lopes da Silva⁴

RESUMO

Objetiva-se verificar os padrões de concentração e dispersão de material particulado suspenso de tamanhos $0,5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{0,5}$), $1\mu\text{m}$ (PM_1) e $5\mu\text{m}$ (PM_5) em uma Unidade de Terapia Intensiva, identificando qual a interferência da temperatura e umidade do ar em tais padrões. Os dados foram coletados no mês de setembro de 2014 com o equipamento *Fluke 983*. A análise dos dados foi realizada por testes de medidas de tendência central e testes paramétrico e não-paramétrico correlacionando as variáveis de interesse para $\alpha \leq 0,05$. Observou-se que as condições da qualidade do ar, em termos de concentração da PM foram uniformes em toda a UTI. Quando avaliada separadamente por turnos, a correlação entre

$\text{PM}_{0,5}$ e PM_1 variou entre 0,80 e 0,99. Porém, considerando apenas o tamanho das partículas, o turno da manhã apresentou concentrações significativamente distintas em relação ao turno da tarde e noite. Em relação às variáveis termoambientais, o turno da tarde registrou a maior temperatura do ar ($29,14^\circ\text{C} \pm 0,7$) e a menor umidade ($53,06 \pm 1,3$); e no turno da noite, ao contrário, registrou a menor temperatura do ar ($23,06 \pm 1,22$) e a maior umidade ($64,46 \pm 2,05$). As correlações representativas entre as partículas por turno na UTI enfatizam que partículas PM_1 podem estar acompanhadas de outras com tamanho menor, com possível efeito mediador da temperatura. A união entre estas

partículas gera um conjunto de partículas representativo, e este poderá afetar às vias respiratórias e outros órgãos, comprometendo assim a saúde de profissionais e de pessoas em atendimento na UTI.

ABSTRACT

To identify concentration standards and dispersion of particulate matter (PM) with $0,5\mu\text{m}$ (MP0,5), $1\mu\text{m}$ (MP1) and $5\mu\text{m}$ (MP5), and its standards of variation. Data collection occurred in Intensive Care Unit (ICU), identifying the interference of air temperature and humidity in such standards. Data collecting was performed in September 2014 in three interspersed days, in three shifts, through the Fluke 983. Data analysis was performed for measurement test of central tendency, hypothesis and statistical parametric and nonparametric tests with $\alpha=0,05$. It was possible to observe that the conditions of air quality, in terms of concentration of MP, were uniform in the ICU. When it is separately assessed in each shifts, correlation among PM0,5 and PM1 varied between 0,8 and 0,99. However, considering only the particle size, the morning shift showed significantly different concentrations if compared to the afternoon and night shifts. Regarding thermal variables, the after-

RESUMEN

El objetivo es verificar los patrones de concentración y dispersión de las partículas en suspensión tamaños $0,5\mu\text{m}$ (PM0,5), $1\mu\text{m}$ (PM1) y $5\mu\text{m}$ (PM5) en una Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), identificando donde la interferencia de temperatura y humedad tales patrones de aire. Los datos fueron recogidos en septiembre de 2014, con el equipo Fluke 983. El análisis de datos se realizó examinando medidas de tendencia central y paramétrico y test no paramétricos que correlacionan las variables de interés para $\alpha\leq 0,05$. Se observó que las condiciones de la calidad del aire en términos de concentración de PM fueron uniformes en toda la UCI Cuando se evalúa

PALAVRAS-CHAVE

UTI. Qualidade do Ar. Material Particulado.

noon shift had the highest air temperature ($29,14\text{ }^\circ\text{C} \pm 0,7$) and the lowest humidity ($53,06 \pm 1,3$); and the night shift, on the other hand, had the lowest air temperature ($23,06 \pm 1,22$) and higher humidity ($64,46 \pm 2,05$). Representative correlations between the particles measured and analyzed per shift in the ICU emphasize that PM1 particles may be accompanied by others with smaller size, with possible mediating effect of air temperature. The union between these particles generates a set of representative particles, and this can affect the respiratory system and other organs, thus compromising the health professionals and people in the ICU care.

KEYWORDS

ICU. Air Quality. Particulate Matter.

por separado por turnos, la correlación entre PM0,5 y PM1 osciló entre 0,80 y 0,99. Sin embargo, teniendo en cuenta sólo el tamaño de partícula del turno de la mañana fue significativamente diferentes concentraciones en relación con el turno de la tarde y la noche. Con respecto a las variables térmicas, el turno de la tarde registra la temperatura del aire más alta ($29,14^\circ\text{C} \pm 0,7$) y la humedad más baja ($53,06 \pm 1,3$); y el turno de noche, por el contrario, tenía la temperatura más baja del aire ($23,06 \pm 1,22$) y mayor humedad ($64,46 \pm 2,05$). Correlaciones representativas entre las partículas por turno en la UCI enfatizan que las partículas PM1 pueden ir acompaña-

dos de otros con un tamaño menor, con un posible efecto mediador de la temperatura. La unión entre estas partículas genera un conjunto de partículas representativas, y esto puede afectar el sistema respiratorio y otros órganos, comprometiendo así los profesionales de la salud y las personas en el cuidado de la UCI.

1 INTRODUÇÃO

A concentração de partículas de matéria (PM) tem se mostrado um bom indicador da qualidade do ar em ambientes fechados (GAIDAJIS; ANGELAKOGLU, 2014), e um possível indicador para contaminação microbiológica em unidades hospitalares (WAN ET AL., 2011), o que se deve a sua capacidade de agir como meio de transporte para substâncias químicas e micro-organismos, podendo chegar até o sistema respiratório humano e causar sérias consequências à saúde (GAIDAJIS; ANGELAKOGLU, 2014).

Estudos epidemiológicos mostram que o grupo populacional mais susceptível aos efeitos deletérios da exposição a altas concentrações de PM são indivíduos com problemas respiratórios e cardiovasculares pré-existentes (PELED, 2011), e por esse motivo uma boa qualidade do ar é especialmente importante em ambientes hospitalares em comparação a outros edifícios (HELLGREN ET AL., 2011), visto que os ocupantes são vulneráveis e têm maior susceptibilidade para complicações advindas dos efeitos deletérios da inalação de PM (GAIDAJIS; ANGELAKOGLU, 2014). Neste caso a qualidade do ar representa um risco adicional à saúde e pode resultar no acréscimo da incidência de infecções respiratórias (SLEZAKOVA ET AL., 2012).

A avaliação da qualidade do ar em ambientes hospitalares toma vários direcionamentos, e em muitos casos a avaliação se volta para o estudo de bioaerossóis (VERDE ET AL., 2015), ou ainda dos compostos químicos agregados às PM (LONBOY ET AL., 2015).

PALABRAS - CLAVE

UCI. Calidad del aire. Material particulado.

Porém, poucos estudos avaliam a qualidade do ar em ambientes hospitalares em termos de concentração e padrões de dispersão de partículas de matéria suspensas (GAIDAJIS; ANGELAKOGLU, 2014), embora este requisito seja o mais observado pelos ocupantes na avaliação perceptiva da qualidade do ar no setor hospitalar (HELLGREN ET AL., 2011); e dentre os aspectos ambientais, é o que deriva os níveis mais baixos de percepção da qualidade (GIULI ET AL., 2013).

Desse modo, este artigo apresenta os padrões de concentração e dispersão das partículas de matéria suspensas no ar de tamanhos $0,5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{0,5}$), $1\mu\text{m}$ (PM_1) e $5\mu\text{m}$ (PM_5) em uma Unidade de Terapia Intensiva, identificando qual a interferência da temperatura e umidade do ar em tais padrões. A problemática pode ser formalizada a partir das seguintes questões: (1) A UTI mantém níveis de qualidade do ar sob controle? (2) Há homogeneidade na dispersão espacial e temporal de PM em que possíveis variações possam ser compensadas prontamente? (3) Os fatores termo ambientais, tais como temperatura e umidade do ar, podem ter uma relação com os padrões de concentração e dispersão das PMs?

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma Unidade de Terapia Intensiva (UTI) de um Hospital Universitário vinculado à Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado na cidade de João Pessoa-PB. A instituição em questão é um dos serviços essenciais e de importância vital para

a rede de assistência pública, atendendo a população de todo o estado, e por esse motivo ela foi escolhida. A unidade em questão é direcionada para o atendimento clínico de adultos e conta com uma área 85,8m², equipada com um sistema de ar condicionado central, além de um aparelho de ar condicionado tipo Split.

Essa UTI possui capacidade de acomodação de cinco leitos, separados entre si por divisórias, com taxa de ocupação máxima nos dias das coletas, e com equipe assistencial de 13 profissionais. Contudo, por tratar-se de um hospital universitário há intercâmbios de profissionais e estudantes, logo na UTI existe certa rotatividade periódica entre profissionais e estudantes.

Para a análise de qualidade do ar foram considerados dados relativos à concentração de material particulado suspenso (PM), temperatura (°C) e umidade (%). Os dados foram coletados por técnicos do Laboratório de Análise do Trabalho (LAT) da Universidade Federal da Paraíba durante o mês de setembro de 2014, em três dias intercalados, nos turnos manhã (07h às 12h), tarde (12h às 18h) e noite (18h às 22h), contabilizando um total de 45 horas de medição e 900 amostras.

Para tanto foi usado o instrumento de medida *Fluke 983* (FLUKE Inc). O aparelho de coleta foi previamente calibrado e posicionado em pontos fixos e seguiu as recomendações de coleta expressos na Norma de Higiene Ocupacional 08 (NHO 08). Por se tratar de um ambiente de formato irregular a sala foi dividida em zonas de coleta onde foram distribuídos 10 pontos. Na zona I estão localizados os pontos A, B e C, e na zona II, localizados os pontos D ao J. Tais pontos foram selecionados observando a localização dos leitos dos pacientes e circulação dos profissionais.

O dispositivo de mensuração foi então posicionado nos pontos pré-selecionados e as mensurações pontuais foram realizadas, coletando amostras do ar a uma vazão de 2.83 l/min.

A análise estatística foi realizada com o *software R* versão 3.2.2, considerando um nível de significância de $\alpha \leq 0,05$, com aproximação bilateral.

O fluxo metodológico da análise estatística foi dividido em duas etapas, a saber: I - Composta pela análise exploratória dos dados com uso de procedimentos estatísticos descritivos, seguido de testes para avaliar as discrepâncias da concentração e variação na concentração de PM entre pontos de coleta e turnos; II - Composta de teste de correlação para inferir sobre a relação entre a concentração das PM_{0,5}, PM₁ e PM₅, e entre tais concentrações de PM com a temperatura e umidade relativa do ar.

Como parte da etapa 1, a análise exploratória dos dados foi apresentada em termos de média e desvio-padrão (DP). Após caracterização da amostra, verificou-se por meio do teste de Kruskal-Wallis se existiam diferenças na (1) concentração de partículas entre pontos de coleta e na (2) concentração de partículas entre os turnos. Em seguida, o teste de Fligner-Killeen comparou as variâncias das concentrações das PM para ambos os casos. Os testes foram aplicados para as concentrações de cada um dos diâmetros de partícula.

No primeiro caso foram consideradas as medições realizadas para o mesmo ponto de coleta, enquanto que no segundo caso foram consideradas todas as medições realizadas por turno, sem fazer distinção entre pontos. Havendo discrepância na concentração de PM em função do turno, verificou-se entre quais turnos existe diferença significativa. Para tanto, compararam-se os pares de amostras relativas aos turnos usando o teste de Mann-Whitney; e para comparar a variância relativa a estes dados usou-se o teste de Fligner-Killeen.

Como parte da etapa 2, a correlação entre a concentração dos diferentes diâmetros de PM foi verificada pelo coeficiente de correlação de Spearman (r). Primeiramente, o coeficiente foi calculado, considerando todas as observações, sem fazer distinção entre os pontos e turnos. Em seguida, o procedimento foi re-

petido para cada um dos turnos separadamente, e por fim foi calculado para cada um dos pontos de coleta. A mesma sequência foi usada para testar a correlação entre a concentração de PM e a Umidade relativa e temperatura, com exceção do teste por pontos de coleta.

3 RESULTADOS

Os resultados referentes à análise exploratória das concentrações de $PM_{0,5}$, PM_1 e PM_5 ; e da temperatura e umidade relativa do ar são apresentados na Tabela 1. Observou-se uma situação onde o comportamento da variação difere para os três diâmetros de partículas. Para $PM_{0,5}$, nota-se que a variação das concentrações é significativamente menor no turno da manhã. Para PM_1 essa variação foi maior no turno da manhã (FIGURA 1). Contudo, a diferença da variação de concentração só foi significativa quando comparado ao turno da noite. Para PM_5 essa variação é significativamente maior pela manhã em detrimento aos dois outros turnos.

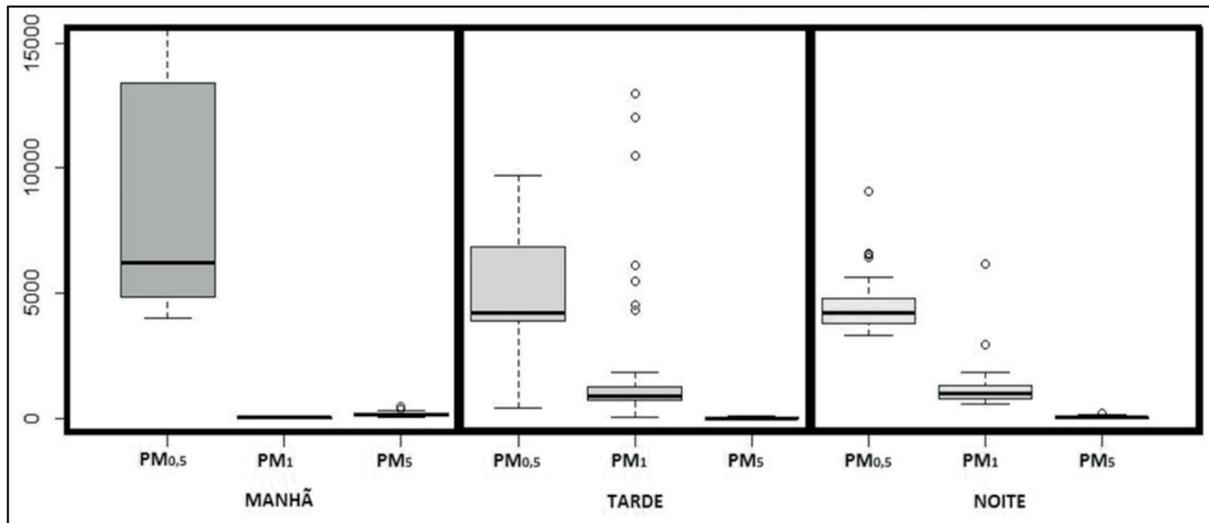
Tabela 1 – Média e desvio-padrão da concentração de PM ($PM.m^{-3}$), umidade (%) e temperatura ($^{\circ}C$)

PM	MANHÃ	TARDE	NOITE
$PM_{0,5}$	10.172 ± 7.680	9.364 ± 3.133	7.377 ± 6.967
PM_1	4.021 ± 1.330	1.916 ± 811	1.675 ± 401
PM_5	160 ± 79	43 ± 28	62 ± 43
Umidade	57,4 ± 2,3	53,06 ± 1,3	64,46 ± 2,05
Temperatura	27,5 ± 0,96	29,14 ± 0,7	23,06 ± 1,22

Fonte: Dados da pesquisa.

Uma observação a ser feita está relacionada à diferença de até 6 $^{\circ}C$ entre as temperaturas do ar nos turnos tarde e noite e o (2) sincronismo existente entre a média de temperatura e de umidade. No turno da tarde, em que a temperatura teve seus valores mais altos, a umidade revelou-se mais baixa; o oposto ocorreu no turno da noite, quando a umidade do ar teve seus valores mais altos e a temperatura do ar registrou valores mais baixos.

Figura 1 – Variação na concentração de $PM_{0,5}$, PM_1 e PM_5 nos turnos



Fonte: Dados da pesquisa.

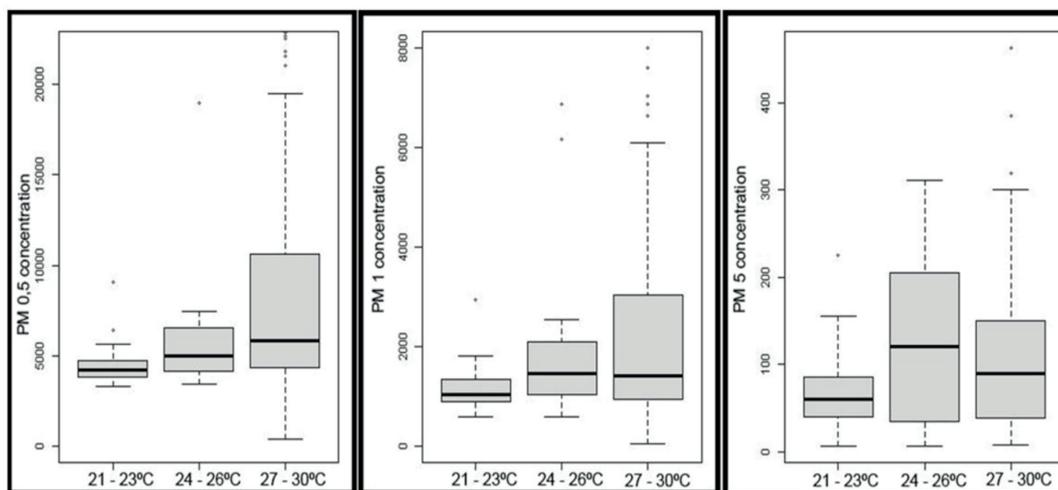
Ademais, há indícios de que a temperatura pode influenciar nas variações de concentração de PM. Como pode ser visto na Figura 2, as maiores variações nas concentrações de PM ocorreram nas faixas de temperatura de 27 a 30°C, porém quanto menor a PM mais enfática é a variação em função da temperatura.

A possível diferença na concentração de PM entre pontos e turnos de coleta foi testada com o objetivo de verificar a homogeneidade na dispersão das partículas no espaço da sala e em função do tempo. Como pode ser observado na Tabela 2, não houve diferenças significativas na concentração de PM para diferentes pontos de coleta. Com relação à variância da concentração de PM entre os pontos de coleta, também

não se identificou nenhuma diferença significativa. Assim, pode-se supor que não existe diferença nas concentrações de PM entre os pontos de coleta, de modo que as condições de qualidade do ar, em termos de concentrações e variância de concentração de PM, considerando apenas o tamanho das partículas, são uniformes em toda a UTI.

No entanto, verificaram-se diferenças significativas no que diz respeito à concentração e variância da concentração de PM entre os turnos, para os três diâmetros de PM considerados. Portanto, rejeita-se a hipótese de que a concentração de PM mantenha o mesmo padrão ao decorrer do dia.

Figura 2 – Variação na concentração de PM em função da temperatura



Fonte: Dados da pesquisa.

Considerando que a concentração de PM e a variância da concentração de PM foram estatisticamente diferentes entre os turnos, novos testes foram aplicados para verificar entre quais turnos estas diferenças existiam. A partir desta constatação, conforme apresentado na Tabela 3, observou-se que não existem diferenças relevantes entre as concentrações de PM dos turnos da tarde e noite. No entanto, os testes revela-

ram que o turno da manhã apresentou concentrações de PM significativamente distintas em relação ao turno da tarde e noite. Da mesma forma, constataram-se diferenças significativas entre as variâncias na concentração de PM do turno da manhã em relação aos turnos tarde e noite. A exceção para esta constatação foi a variância da concentração de $PM_{0.5}$ do turno da manhã em relação ao turno da tarde (TABELA 2).

Tabela 2 – P-valor para diferença entre concentração e variância da concentração de PM entre pontos de coleta e turnos de coleta

TESTE	PM _{0,5}	PM ₁	PM ₅
Concentração de PM ^A	0,528	0,542	0,703
Variância da concentração de PM ^A	0,153	0,347	0,984
Concentração de PM ^B	1.244422e-10	8.561837e-15	2.165026e-22
Variância da concentração de PM ^B	0,000166	6.088693e-06	5.579942e-09
p-valor entre turnos para cada PM			
Manhã x Tarde ¹	1,331888e ⁻⁰⁵	2,394372e ⁻¹⁰	1,538439e ⁻¹⁸
Manhã x Noite ¹	4,06849e ⁻¹¹	1,962314e ⁻¹²	5,642092e ⁻¹⁴
Tarde x Noite ¹	0,3	0,385	0,01
Manhã x Tarde ²	0,08	0,0006	4,78238e ⁻⁰⁸
Manhã x Noite ²	7,443607e ⁻⁰⁶	8,688194e ⁻⁰⁶	6,267636e ⁻⁰⁵
Tarde x Noite ²	0,1	0,7	0,04869

¹ Teste de Mann-Whitney; ² Teste de Fligner-Killeen; ^A Entre pontos de pontos de coleta; ^B Entre turnos

Fonte: Dados da pesquisa.

A forte correlação entre PM_{0,5} e PM₁ avaliada por turnos é comprovada quando a investigação foi realizada por pontos de coleta, nas quais o coeficiente de correlação de Spearman varia entre 0,80 a 0,99 (TABELA 3). Entre as concentrações de PM₁ e PM₅ foram encontradas correlações superiores a 0,75 em apenas cinco pontos.

A relação entre a concentração de PM e temperatura mostrou-se moderada no período da tarde, considerando as PM_{0,5} e PM₁ (r = 0,5747894 e 0,5817981, respectivamente) (TABELA 3).

Tabela 3 – Correlações (r) entre os diâmetros de PM, umidade e temperatura

	PM _{0,5}	PM ₁	PM ₅	Umidade	Temperatura
PM _{0,5}		0,51 ¹	0,23 ¹		
		0,945 ²	0,359 ²		
		0,869 ³	0,362 ³		
		0,888 ⁴	0,713 ⁴		
		0,927 ^A	0,305 ^A		
		0,952 ^B	0,434 ^B	-0,1058373 ¹	0,2772047 ¹
		0,933 ^C	0,291 ^C	-0,1867528 ²	0,3034854 ²
		0,880 ^D	0,529 ^D	0,2292997 ³	0,5747894 ³
		0,789 ^E	0,663 ^E	0,1126441 ⁴	0,1317119 ⁴
		0,869 ^F	0,539 ^F		
		0,923 ^G	0,525 ^G		
		0,987 ^H	0,699 ^H		
	0,992 ^I	0,571 ^I			
	0,987 ^J	0,526 ^J			

	PM _{0,5}	PM ₁	PM ₅	Umidade	Temperatura
PM ₁	0,51 ¹		0,24 ¹		
	0,945 ²		0,371 ²		
	0,869 ³		0,503 ³		
	0,888 ⁴		0,905 ⁴		
	0,927 ^A		0,498 ^A		
	0,952 ^B		0,560 ^B	0,02081111 ¹	0,1457416 ¹
	0,933 ^C		0,471 ^C	-0,123593 ²	0,2775898 ²
	0,880 ^D		0,767 ^D	0,2991379 ³	0,5817981 ³
	0,789 ^E		0,750 ^E	0,2176531 ⁴	-0,0190605 ⁴
	0,869 ^F		0,626 ^F		
	0,923 ^G		0,715 ^G		
	0,987 ^H		0,798 ^H		
0,992 ^I		0,663 ^I			
0,987 ^J		0,642 ^J			
PM ₅	0,23 ¹	0,24 ¹			
	0,359 ²	0,371 ²			
	0,362 ³	0,503 ³			
	0,713 ⁴	0,905 ⁴			
	0,305 ^A	0,498 ^A			
	0,434 ^B	0,560 ^B		0,1749559 ¹	-0,05687741 ¹
	0,291 ^C	0,471 ^C		0,2389133 ²	-0,1035729 ²
	0,529 ^D	0,767 ^D		0,1244209 ³	0,3444377 ³
	0,663 ^E	0,750 ^E		0,2877955 ⁴	-0,1568185 ⁴
	0,539 ^F	0,626 ^F			
	0,525 ^G	0,715 ^G			
	0,699 ^H	0,798 ^H			
0,571 ^I	0,663 ^I				
0,526 ^J	0,642 ^J				

¹ Todas as amostras; ² Manhã; ³ Tarde; ⁴ Noite; A - J Pontos A ao J.

Fonte: Dados da pesquisa.

4 DISCUSSÃO

A UTI é um setor que demanda alto controle das variáveis ambientais, seja por questões clínicas, ocupacionais e/ou sanitárias. As variações de até 6°C deixam o setor à margem dos princípios de assepsia, tendo em vista que a taxa de proliferação microbiana eleva-se impulsionada pelas condições térmicas e de umidade (VERDE ET AL., 2015). O que se verificou em

termos de variação de temperatura foi decorrente em primeiro lugar da entrada de luz solar no ambiente durante o período da tarde, o que causou a elevação da temperatura, e secundariamente, da ineficiência do setor em compensar tais variações, o que revela inadequações nos dispositivos de controle térmico e de umidade. Lembrando que, segundo a Resolução

nº9/2003 da ANVISA, medições realizadas no verão não devem ter temperaturas superiores à 26°C.

Ademais, as análises das concentrações de PM mostraram que diminuindo o diâmetro da PM sua concentração e variância deve aumentar na UTI, o que poderá afetar sua taxa de posição. Quanto maior o diâmetro da PM (>10µm) menor será seu potencial de suspensão e, conseqüentemente, mais facilmente absorvidas pelas vias aéreas superiores. No entanto, PM_{0,5} categorizadas como partículas finas, conseguem permanecer suspensas por mais tempo seguindo as correntes de ar, o que possibilita penetrar nas vias aéreas, podendo até ultrapassar a barreira de filtração nas narinas e, por conseguinte, atingir às vias pulmonares, o que poderá interferir nas trocas gasosas e acarretar sérios problemas respiratórios para pacientes e profissionais (ANDERSON ET AL., 2012; WAN ET AL., 2011).

Ao testar a dispersão das partículas por pontos de coleta e por turno, observa-se que há uma homogeneidade espacial na dispersão das PM, indicando que variações locais, advindas das diversas funções executadas no setor são dissipadas para todo ambiente. Contudo, essa homogeneidade não é observada em função do tempo, o que denota ausência de controle e baixa capacidade em manter níveis confiáveis de qualidade ambiental.

O turno da manhã em relação à concentração e variância da PM possui características distintas dos outros turnos, pois o turno da manhã apresentou maior fluxo de pessoas e maior nível de atividade; ressaltando que os procedimentos técnicos são mais densamente realizados nesse turno.

Sabe-se que as PM podem provir de fontes naturais, como decomposição de materiais ou ainda de atividades antrópicas. Em ambientes fechados, e especialmente com sistemas de ventilação artificial, a contaminação aérea por fontes antropogênicas são as mais preponderantes (LOMBOY ET AL., 2015). O intercâmbio de pessoas pode determinar fortemente a concentração de PM no ambiente (HUISMAN ET AL.,

2012). Assim, as atividades humanas, agentes de limpeza, dispositivos tecnológicos e sistemas de ar-condicionado afetam significativamente a composição do ar interno (LOMBOY ET AL., 2015).

Quanto aos testes de correlação entre as variáveis estudadas, tem-se que com exceção das PM1 e PM0,5, não houve forte relação entre as variáveis. A correlação forte entre a concentração de PM1 e PM0,5 era prevista para valores superiores a 0,9, similarmente aos estudos de Franck e outros autores (2015), onde a correlação entre as concentrações de PM2,5 e PM10 foi de r=0,94, tendo em vista que partículas de tamanhos menores são subprodutos da decomposição da PM de dimensões maiores.

As correlações entre as concentrações de partículas PM0,5 e PM1 são altas em todos os pontos (TABELA 3), sinalizando que a presença de partículas PM1 pode ser acompanhada da PM0,5, mas em proporções distintas. Se esse comportamento conjunto for contínuo na UTI, há indicativo que PM1 pode ser acompanhada geralmente de muitas outras partículas de tamanho menor, as quais apresentam uma capacidade maior de penetração nas vias respiratórias.

O controle da exposição à PM é uma questão de saúde pública, principalmente quando o ambiente é uma UTI. A qualidade do ar deve ser monitorada nas UTIs com certa frequência de maneira eficaz, pois, mesmo em níveis adequados de concentração de PM, segundo as normatizações, melhorias na qualidade do ar podem trazer benefícios à saúde da coletividade, especialmente pelo fato de existir co-poluentes agregados às partículas e que trazem malefícios adicionais (POPE; DOCKERY, 2011).

Pela capacidade transportadora das PM, existem fortes evidências da correlação entre a exposição crônica às PM e a ocorrência de distúrbios cardiovasculares, pulmonares e, em menor escala, cerebrovasculares. Detectaram-se bactérias de caráter multirresistente (WAN ET AL., 2011), assim

como elementos químicos agregados à PM – alguns são considerados metais que podem trazer danos à saúde (manganês, ferro, cobre, vanádio), e outros, cancerígenos (níquel, cromo, arsênio, chumbo) (SLEZAKOVA ET AL., 2012). Assim, a alta concentração de PM pode acrescer a susceptibilidade à infecção por afetar a habilidade das vias respiratórias em lidar com bactérias por meio da reatividade imunológica (LEMOUAL ET AL., 2013).

Os resultados apresentados neste estudo enfatizam que para cada acréscimo de $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ de $\text{PM}_{2,5}$ no ambiente, ocorre uma ampliação de até 67% na mortalidade cardiovascular e um acréscimo de 24% na ocorrência de eventos cardiovasculares (MILLER ET AL., 2007). Para cada $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ de exposição à $\text{PM}_{2,5}$ aumenta-se em 9% as hospitalizações por bronquites em crianças (STRICKLAND ET AL., 2010). E, há um aumento de 0,8% nas admissões hospitalares por edema agudo de pulmão decorrente da exposição à PM_{10} por curto prazo (HARRIS ET AL., 2014).

Quanto à influência das variáveis térmicas, os resultados indicam uma possível relação entre a temperatura e a concentração de PM. Verificou-se índices de correlações moderados entre a temperatura do ar e as PMs de diâmetros menores. A literatura atual corrobora com esses resultados ao afirmar que a concentração de PM tende a ser maior nos períodos de maior concentração de calor (28°C) (RAMALHO ET AL., 2015), contribuindo para a redução da salubridade no ambiente. Todavia, a umidade do ar não se mostrou igualmente correlacionada, semelhantemente aos resultados de Ferreira e Cardoso (2013), onde os índices de correlação variaram de -0,022 a 0,231.

Tais resultados evidenciam a necessidade de maiores investigações em períodos de tempo mais longo levando-se em consideração as estações do ano. Ademais, as PM são consideradas carreadoras de micro-organismos e, portanto, são medidas indiretas da qualidade do ar no seu sentido biológico. Assim, a distinção entre os tipos de micro-organis-

mos encontrados em suspensão, como suas possíveis fontes e potencial lesivo deverão ser consideradas em futuras investigações.

5 CONCLUSÃO

Baseado nos resultados e discussões discorridas nesse artigo, e levando-se em consideração a importância do controle da qualidade do ar na UTI, o que poderá prover um ambiente saudável para a realização das atividades dos profissionais, bem como auxiliar na promoção do restabelecimento de pessoas em atendimento, conclui-se que: (1) A variabilidade das discrepâncias e da concentração de $\text{PM}_{0,5}$, PM_1 e PM_5 entre turnos na UTI avaliada demonstra um controle de qualidade atmosférica não eficaz; (2) Há uma homogeneidade na dispersão espacial de PM, contudo, variações na concentração em função do tempo não conseguem ser compensada pelos mecanismos de controle.

E que: (3) Correlação significativa de 0,8 a 0,99 entre a concentração de $\text{PM}_{0,5}$ e PM_1 nas UTIs em cada turno poderá indicar a existência de maior concentração de partículas, o que poderá afetar as vias respiratórias e outros órgãos de profissionais e de pessoas em atendimento na UTI; (4) A temperatura do ar no turno da tarde foi superior ao máximo permitido pelas normas brasileiras, podendo ser um indicador da concentração e padrões de variação de PM, com inferência na qualidade do ar; e (5) Deve-se considerar que o controle da qualidade ambiental na UTI não pode, apenas, visar os princípios de higiene e assepsia; outros fatores, como a boa qualidade do ar implica na salubridade e no percurso das evoluções clínicas.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J.O.; THUNDIYIL, J.G.; STOLBACH, A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. **Journal of Medical Toxicology**, v.8, n.2, 2012. p.166-175.

- FERREIRA, A.M.C; CARDOSO, S.M. Estudo exploratório da qualidade do ar em escolas de educação básica, Coimbra, Portugal. **Revista de Saúde Pública da USP**, v.47, n.6, 2013. p.1059-1068.
- FRANCK, U.; LEITTE, A.M.; SUPPAN, P. Multifactorial airborne exposures and respiratory hospital admissions - The example of Santiago de Chile. **Science of the Total Environment**, v.502, n.1, 2015 p.114-121.
- GAIDAJIS, G.; ANGELAKOGLU, K. Indoor mass concentrations of particulate matter. **Global NEST Journal**, v.16, n.5, 2014. p.832-839.
- GIULI, V. *et al.* Measured and perceived indoor environmental quality: Pádua Hospital case study. **Building and Environment**, v.59, n.1, 2013. p.211-226.
- HARRIS, G. *et al.* The association of PM2.5 with full term low birth weight at different spatial scales. **Environmental Research**, v.134, n.1, 2014 p.427-434.
- HELLGREN, U-M. *et al.* Perceived indoor air quality, air related symptoms and ventilation in Finnish hospitals. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, v.24, n.1, 2011. p.8-56.
- HUISMAN, E.R.C.M. *et al.* Healing environment: A review of the impact of physical environmental factors on users. **Building and Environment**, v.58, n.1, 2012. p.70-80.
- LE MOUAL, N. *et al.* Environment and asthma in adults. **Presse Médicale**, v.42, n.9, 2013. p.317-333.
- LOMBOY, M.F.T.C. *et al.* Characterization of particulate matter 2.5 in an urban tertiary care hospital in the Philippines. **Building and Environment**, v.92, n.1, 2015. p.432-439.
- MILLER, K. *et al.* Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. **The New England Journal of Medicine**, v.356, n.5, 2007. p.447-458.
- PELED, R. Air pollution exposure: who is at high risk? **Atmospheric Environment**, v.45, n.10, 2011. p.1781-1785.
- POPE, C.A.; DOCKERY, D.W. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v.56, n.6, 2011. p.709-742.
- RAMALHO, O. *et al.* Association of carbon dioxide with indoor air pollutants and exceedance of health guideline values. **Building and Environment**. 2015. In press.
- SLEZAKOVA, K.; ALVIM-FERRAZ, M.; PEREIRA, M. Elemental characterization of indoor breathable particles at a Portuguese urban hospital. **Journal of Toxicology Environment Health**, v.75, n.13-15, 2012. p.909-919.
- STRICKLAND, M. *et al.* Short-term associations between ambient air pollutants and pediatric asthma emergency department visits. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v.182, n.1, 2010. p.307-316.
- VAN GAEVER R. *et al.* Thermal comfort of the surgical staff in the operating room. **Building and Environment**, v.81, n.1, 2014. p.37-41.
- VERDE, S.C. *et al.* Microbiological assessment of indoor air quality at different hospital sites. **Research in microbiology**, v.166, n.7, 2015. p.557-563.
- WAN, G.-H.; CHUNG, F.-F.; TANG, C.-S. Long-term surveillance of air quality in medical center operating rooms. **American Journal of Infection Control**, v.39, n.4, 2011. p.302-308.

Recebido em: 10 de dezembro de 2015
Avaliado em: 15 de dezembro de 2015
Aceito em: 16 de dezembro de 2015

1. Universidade Federal da Paraíba. E-mail: elamaravieira@gmail.com
2. Universidade Federal da Paraíba
3. Universidade Federal da Paraíba
4. Universidade Federal da Paraíba
5. Universidade Federal da Paraíba