

Qualidade microbiológica do ar das salas de aula de uma instituição de ensino superior em Patos de Minas-MG

Microbiological quality of air in the classrooms of a college in Patos de Minas-MG



Fernanda Cardoso da Silva

Licenciada em Ciências Biológicas pelo UNIPAM. Bacharel em Biotecnologia pela UFU
e-mail: fernanda.cardoso95@yahoo.com

Deusa Helena Gonçalves Machado

Bióloga, Mestre e professora do Centro Universitário de Patos de Minas. e-mail: deusa@unipam.edu.br

Maria Rejane Borges de Araújo

Bióloga, médica veterinária, especialista e professora do Centro Universitário de Patos de Minas.
e-mail: mariarejane@unipam.edu.br

RESUMO: A boa qualidade microbiológica do ar é importante para evitar o absentismo nos processos de ensinagem e aprendizagem, visto que diversas doenças são desencadeadas pela permanência em ambientes com uma má qualidade do ar. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade microbiológica do ar das salas de aula de uma instituição de ensino superior em Patos de Minas-MG. Foi realizada análise do ar de 120 salas de aula de seis blocos da instituição pela técnica de exposição de placas de Petri, buscando analisar a concentração de fungos filamentosos e bactérias. Observou-se maior concentração de microrganismos no ar nos blocos onde a ventilação era mais precária e onde havia uma alta movimentação. No entanto, os valores de UFC/m³ de fungos e bactérias e as relações interno/externo estavam dentro do limite recomendado pelas legislações brasileira e portuguesa.

PALAVRAS-CHAVE: Aerobiologia. Microbiologia. Poluição do ar. Síndrome do Edifício Doente. Resolução nº 9/2003.

ABSTRACT: Good microbiological quality of air is important to avoid absenteeism in the teaching and learning processes, as several diseases are triggered by staying in poor air quality environments. Therefore, the objective of this study was to evaluate the microbiological quality of air in classrooms of a higher education institution in Patos de Minas-MG. Air analysis of 120 classrooms of six blocks of the institution were performed by the technique of exposing Petri plates, seeking to analyze the concentration of filamentous fungi and bacteria. It was observed a higher concentration of microorganisms in the air in the blocks where the ventilation was more precarious and there was a high movement. However, UFC/m³ values of both fungi and bacteria and internal and external relations were within the limits recommended by Brazilian and Portuguese legislation.

KEYWORDS: Aerobiology. Microbiology. Air pollution. Sick Building Syndrome. Resolution nº 9/2003.

1. INTRODUÇÃO

Os microrganismos são seres vivos microscópicos como os vírus, as bactérias, os fungos e os protozoários. E podem ser encontrados nos mais diversos habitats, devido à capacidade de obterem sua energia por meio de compostos orgânicos e inorgânicos (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

O ar é um dos principais meios de dispersão dos microrganismos, isso porque os microrganismos que se encontram na água, no solo ou parasitando plantas e animais são carregados, na forma vegetativa ou esporulada, pelo vento. Com isso, no ar é possível encontrar, além de poluentes não biológicos, os denominados bioaerossóis, que são materiais biológicos (ABELHO, 2012).

A qualidade do ar é um termo que representa o seu grau de poluição, tanto química quanto biológica. No Brasil, a Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, regulamenta os parâmetros de análise da qualidade do ar, propõe métodos de análises obsoletos e valores além do recomendado por outros países (FERNANDES, 2014). Também preocupa a ausência de valores para diferentes ambientes, além daqueles com ar climatizado.

A má qualidade microbiológica do ar em instituições de ensino pode acarretar doenças como gripe, bronquite asmática, pneumonia, alergias, irritações e desconforto nos estudantes e funcionários. A importância de monitorar a qualidade microbiológica do ar de instituições de ensino decorre do fato de que grande parte das instituições de ensino não possui um programa eficiente de manutenção de ventilação, e isso, associado às altas taxas de ocupação das salas, culmina por contribuir para uma má qualidade do ar interior (CAIXETA et al., 2016).

O conhecimento da qualidade microbiológica do ar se faz necessário para buscar a melhoria da condição biológica ou a sua preservação. Tendo em vista que um ambiente de boa qualidade microbiológica evita o absenteísmo nos processos de ensinagem e aprendizagem, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade microbiológica do ar das salas de aula de uma instituição de ensino superior em Patos de Minas-MG, baseada na legislação brasileira ainda vigente para análise de contaminação do ar por fungos, e na legislação portuguesa, que traz parâmetros para avaliação de contaminação do ar por bactérias, os quais não contam da legislação brasileira.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. MICRORGANISMOS

Até o século XVII a existência dos microrganismos era apenas uma hipótese não possível de ser comprovada. Porém, com a descoberta do microscópio pelo holandês Antony van Leeuwenhoek foi possível constatar a presença desses seres nos diversos ambientes. O termo microrganismo serve para designar seres pertencentes a diversos grupos, como os vírus, as bactérias, os fungos e os protozoários (BRITES, 2008).

Os vírus são diferentes dos demais microrganismos, principalmente pelo fato de

serem acelulares, ou seja, não possuem membrana celular, sendo constituídos apenas de material genético circundado por um envoltório proteico. Em alguns vírus, o envoltório é recoberto por um envelope lipoproteico. Além disso, os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios, ou seja, só conseguem se replicar dentro de células de hospedeiros (BROOKS et al, 2014; TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

Já as bactérias são organismos procariotos e unicelulares, que podem ser encontrados em colônias ou isolados. Pelo fato de possuírem apenas uma célula, as bactérias conseguem se reproduzir rapidamente de forma assexuada ou com troca de material genético entre dois ou mais indivíduos. Ao contrário dos vírus, as bactérias não são parasitas intracelulares obrigatórios, salvo algumas exceções, e por isso, conseguem realizar seu metabolismo independentemente da maquinaria celular do hospedeiro. Alguns fatores limitam o crescimento desses organismos, como disponibilidade de nutrientes, água e oxigênio, temperatura e pH (LEVINSON, 2016; VIEIRA; FERNANDES, 2012).

Os fungos são seres eucariontes, uni ou pluricelulares, sésseis, heterótrofos, ou seja, obtêm seus nutrientes por meio da matéria orgânica, e são encontrados em diversos habitats, até mesmo parasitando homem e demais animais, causando micoses. Por sua vez, os protozoários, são unicelulares, eucariontes, heterótrofos, possuem estrutura de locomoção (pseudópodes, cílios ou flagelos) e podem ser de vida livre ou parasitária (BRITES, 2008; MADIGAN et al, 2016).

Enfim, os microrganismos estão presentes nos diferentes habitats, sendo que em um mesmo ambiente podem coexistir inúmeros microrganismos de diversos grupos, vivendo em competição ou em simbiose. Dentre os diversos ambientes em que se podem encontrar os microrganismos ressaltam-se o ar e os sistemas de ductos de ventilação (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

2.2. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DE MICRORGANISMOS DISPERSOS PELO AR

A aerobiologia é caracterizada pelo estudo de partículas biológicas aéreas, de seus movimentos e dos impactos sobre os demais seres vivos. Essa área de estudo é definida como um campo multidisciplinar que está intimamente relacionado com a medicina e áreas afins, e também se dedica ao estudo dos microrganismos dispersos pelo ar (SPOTLIGHT ON AEROBIOLOGY, 2013). Microrganismos advindos do solo, da água, dos animais e das plantas podem ser dispersos pelo ar na forma vegetativa ou esporulada, conseguindo migrar de um ambiente para outro com facilidade.

Dessa forma, além dos gases componentes do ar e das partículas poluentes não biológicas, o ar também contém os bioaerossóis, materiais biológicos como microrganismos, ácaros, dentre outros. As bactérias e os fungos são os bioaerossóis mais frequentemente associados à má qualidade de ar de interiores (ABELHO, 2012).

Os bioaerossóis, dispersos no ar, nem sempre irão causar danos à saúde humana, pois no ambiente externo sua concentração é bem reduzida, devido à melhor dispersão dessas partículas. Porém, quando presentes no ar interno, podem causar doenças como gripe, bronquite asmática, pneumonia, alergias, irritações e outros efeitos, pois nesses ambientes a troca de ar é reduzida, e ainda os microrganismos encontram condições de temperatura e umidade adequadas para a sua multiplicação, aumentando assim a sua

concentração (CAIXETA et al., 2016).

Por isso, a quantidade e o tipo de microrganismos existentes em um ambiente fechado estão diretamente relacionados à existência de material orgânico e inorgânico disperso e de condições ideais de umidade e temperatura (ABELHO, 2012). Portanto, deve-se atentar para a qualidade microbiológica do ar interno, pois o ar é um excelente veículo de transmissão de microrganismos patogênicos para os seres humanos.

Os microrganismos fazem parte, naturalmente, da microbiota do ser humano, podendo ser encontrados na pele, nas mucosas, no trato gastrointestinal, dentre outros. Porém, a desregulação dessa microbiota ou a presença de alguns microrganismos patogênicos pode ocasionar patologias (MADIGAN et al., 2016).

Os microrganismos patogênicos são aqueles capazes de desencadear doenças por meio da resistência desses ao sistema imunológico (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). Para que a doença se estabeleça é necessário que ocorra exposição aos microrganismos patogênicos, entrada e aderência às células hospedeiras, invasão dos tecidos pelos microrganismos, infecção e falha na resposta imunológica do hospedeiro, o que pode culminar na doença. A doença, portanto, é a lesão tecidual causada pelo patógeno ou pelos mecanismos de resposta imunológica que prejudica o funcionamento do organismo do hospedeiro (MADIGAN et al., 2016).

Os principais microrganismos patogênicos que estão presentes no ar e que podem ser transmitidos são vírus da gripe, vírus da catapora, *Bordetella pertussis*, *Mycoplasma pneumoniae*, *Streptococcus spp*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Aspergillus spp*, *Histoplasma capsulatum*, *Cryptococcus neoformans* (LEVINSON, 2016).

2.3. QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO AR

O termo *qualidade do ar* é usado para representar o grau de poluição do ar. Essa poluição do ar pode ser provocada por substâncias químicas advindas de algumas reações, ou pode ser provocada pela dispersão de microrganismos de impacto negativo para o homem. Porém, na legislação brasileira ainda não estão contemplados os parâmetros necessários para avaliação da qualidade microbiológica do ar de diferentes ambientes, mas apenas para a avaliação da qualidade do ar interior climatizado (ABELHO, 2012).

Há uma preocupação em regulamentar os parâmetros de avaliação da qualidade microbiológica do ar de ambientes climatizados artificialmente, pois nesses ambientes a falta de circulação do ar externo, a falta de manutenção e limpeza de equipamentos como ar condicionado, levam ao acúmulo de microrganismos, inclusive aqueles de caráter patogênico. Sendo assim, no Brasil, essa situação começou a ser regulamentada em 1998, quando foi aprovado um regulamento para manutenção e limpeza desses sistemas de climatização; e em 2003, teve-se uma atualização desses padrões referenciais (CAIXETA et al., 2016).

A Resolução RE^o 9, de 16 de janeiro de 2003, determina que em ambientes climatizados artificialmente o valor máximo recomendável (VMR) para contaminação microbiológica deve ser de aproximadamente 750 UFC/m³ de fungos, em uma relação Interno/Externo de aproximadamente 1,5. Quando a contagem de UFC/m³ ultrapassa o

VMR, é preciso que se faça uma avaliação das possíveis fontes poluentes e a devida intervenção corretiva. E ainda, de acordo com essa resolução, não é aceitável a presença de fungos que podem causar danos à saúde das pessoas naquele ambiente (BRASIL, 2003).

Na legislação brasileira não são abordados os parâmetros para bactérias. Por isso, recorreremos ao decreto-lei nº 79, de 4 de abril de 2006, de Portugal, que determina que o VMR para contaminação de bactérias é de 500 UFC/m³ e a relação I/E de aproximadamente 1,5 (CAIXETA et al., 2016).

Para realizar a avaliação da qualidade microbiológica do ar, é necessária a realização da amostragem dos microrganismos desse ambiente, e para isso, pode utilizar-se o monitoramento passivo ou ativo. A monitorização passiva é realizada mediante sedimentação do ar em placas de Petri abertas e com meio de cultura não seletivo, expostas por determinado intervalo de hora. Apesar de ser um método fácil, é pouco confiável, pois não se tem a garantia de que todos os microrganismos presentes no ar serão sedimentados no meio de cultura. Já a monitorização ativa é realizada mediante a utilização de um amostrador de ar, equipamento capaz de filtrar volumes preestabelecidos do ar e inocular no meio de cultura, sendo esse o método mais adequado para a quantificação das bactérias e dos fungos do ar (ABELHO, 2012).

No Brasil, a Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, referente à qualidade microbiológica do ar, é muito criticada, tanto pela indicação de valores limites, como recomendação dos métodos de análise. Além disso, a legislação não consegue abranger os diferentes ambientes e condições, tendo em vista que determinada quantidade de microrganismos em um ambiente pode ou não ser prejudicial, dependendo das condições de temperatura, umidade, circulação de ar, imunidade do indivíduo (FERNANDES, 2014).

Apesar de no Brasil não haver, ainda, legislação adequada para cada situação, em continentes como Europa e Ásia, estão sendo realizados estudos e pesquisas para a melhoria de suas respectivas legislações. Por isso, alguns autores têm se dedicado à pesquisa em ambientes como hospitais (SILVA et al., 2013; VERDE et al., 2015), indústrias alimentícias (ANDRADE; SILVA; BRABES, 2003) e instituições de ensino (MEDEIROS et al., 2012; OSIMANI et al., 2013; FERNANDES, 2014; HAYLEYESUS; MANAYE, 2014; CAIXETA et al., 2016). A grande preocupação com esses ambientes está no fato de que em indústrias alimentícias, hospitais e instituições de ensino é inaceitável uma má qualidade microbiológica do ar, pois pessoas imunocomprometidas ou imunodeprimidas permanecem por longos períodos nesses ambientes. Desses três ambientes, o que recebe menor atenção por pesquisadores e membros governamentais são as instituições de ensino (FERNANDES, 2014).

2.4. IMPACTO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO AR EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

Quando se trata da qualidade do ar no interior de instituições de ensino, percebe-se que existem poucas pesquisas já publicadas e a maioria dos estudos está sendo realizada na Europa, na América do Norte e em alguns pontos da Ásia. Com isso, é possível notar o porquê de esses continentes contarem com legislações mais adequadas quando se trata da qualidade do ar (CAIXETA et al., 2016).

No Brasil, a pesquisa que visa avaliar a qualidade do ar de diversos ambientes tem engatinhado, colhendo seus louros. Já são vistos trabalhos publicados que avaliam

a qualidade do ar de escolas básicas e universidades. Por exemplo, Medeiros et al. (2012) avaliaram a concentração de bioaerossóis microbiológicos em diferentes ambientes de uma instituição de ensino do sudoeste goiano. Por sua vez, Fernandes (2014) realizou um trabalho visando analisar a qualidade microbiológica do ar da Biblioteca Central da Universidade Federal de Juiz de Fora, quanto à concentração de bactérias e fungos, taxa de ocupação do local, umidade relativa, temperatura e análise qualitativa de bactérias.

Um problema enfrentado por muitos pesquisadores está na falta de parâmetros adequados para a análise, além da falha na descrição dos métodos. Um dos grandes problemas apontados foi o de que o tempo de incubação para fungos e amostragens por ambiente sugerido pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, é um período muito longo, o que faz com que as colônias cresçam exageradamente, o que dificulta a contagem e pode levar a um erro na avaliação dos resultados (FERNANDES, 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A presente pesquisa foi executada em uma instituição de ensino superior de Patos de Minas-MG, cujas coordenadas geográficas são latitude: 18° 34' 44"S, longitude: 46° 31' 05"W, altitude: 832m, e com área total de 3198,9 Km². O município conta com a população de 148.762 (DIAS; BITAR, 2014). A instituição de ensino possui aproximadamente 9 mil estudantes residentes em Patos de Minas e região.

No período de 7 a 18 de agosto de 2017, foram analisadas 120 salas de aula pertencentes a seis blocos diferentes, aqui nomeados de A a F. A Figura 1, a seguir, aponta a temperatura e umidade referente ao ano de 2017 em Patos de Minas/MG; observa-se que o mês de agosto apresentou uma temperatura média de 22,9°C e chuva de 10 mm (uma das umidades mais baixa do ano).

FIGURA 1. Tabela climática do ano de 2017 na cidade de Patos de Minas/MG

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	24.5	24.7	23.7	22.1	20.6	20.2	21.2	22.9	23.5	23.6	23.8	23
Temperatura mínima (°C)	19.2	19.2	18.6	16.6	14.7	14.2	14.9	16.5	18	18.7	19.1	17.7
Temperatura máxima (°C)	29.9	30.3	28.8	27.7	26.6	26.2	27.5	29.3	29	28.6	28.6	28.4
Temperatura média (°F)	76.1	76.5	74.7	71.8	69.1	68.4	70.2	73.2	74.3	74.5	74.8	73.4
Temperatura mínima (°F)	66.6	66.6	65.5	61.9	58.5	57.6	58.8	61.7	64.4	65.7	66.4	63.9
Temperatura máxima (°F)	85.8	86.5	83.8	81.9	79.9	79.2	81.5	84.7	84.2	83.5	83.5	83.1
Chuva (mm)	257	201	169	81	26	7	11	10	44	138	206	295

Fonte: <<https://pt.climate-data.org/location/2893/>>

3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS

As amostras foram colhidas no período da tarde, após a limpeza das salas. E conceitos como ventilação e movimentação de pessoas foram obtidos por análise empírica. As características dos blocos foram resumidas no Quadro 1 a seguir.

QUADRO 1. Características dos blocos avaliados: movimentação de pessoas e grau de ventilação variam de baixo, médio e alto, de acordo com a análise empírica.

Características dos blocos	Blocos avaliados					
	A	B	C	D	E	F
Janelas e portas abertas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Movimentação de pessoas	Baixo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Grau de ventilação	Alto	Baixo	Alto	Alto	Baixo	Baixo
Número de salas analisadas	14	18	22	36	12	18
Número de andares	2	3	3	4	4	4
Acesso para jardim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Obras no entorno	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Salas limpas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: autoria própria

3.3. COLETA DAS AMOSTRAS

Para a quantificação de microrganismos do ar das salas de aula, utilizou-se o método passivo descrito por Abelho (2013). Foram expostas, no centro das salas, uma placa contendo ágar batata dextrose para pesquisa de fungos e outra placa contendo ágar nutriente para pesquisa de bactérias por 30 minutos. Durante o tempo de exposição, janelas e portas das salas de aula permaneceram abertas. Em seguida, foram recolhidas, fechadas, identificadas, embaladas em plástico filme e encaminhadas para o Laboratório de Microbiologia do Centro Universitário de Patos de Minas, onde foram incubadas.

Já para análise do ar externo, utilizaram-se o mesmo método de amostragem e os mesmos meios de cultura já descritos. As placas foram expostas no ambiente externo aos blocos (lateral externa). Essa análise foi realizada a fim de se ter um controle e poder obter a relação entre qualidade microbiológica do ar interno e externo (I/E).

3.3. PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

As placas contendo ágar batata dextrose foram incubadas a 25° C por até sete dias, e as placas contendo ágar nutriente foram incubadas a 35° C por 48h. Após o período de incubação, foi realizada a contagem de unidades formadoras de colônias (UFC) e a determinação do número de UFC/m³ de cada ambiente.

Foram realizadas comparações entre os valores encontrados e o grau de ventilação, qualidade do ar externo e trânsito de pessoas que circulam nas salas. Os valores

encontrados foram comparados com a RE 9, de 16 de janeiro de 2003 (ANVISA) e com o decreto-lei nº 79, de 4 de abril de 2006, de Portugal, para classificar a qualidade do ar das salas de aula e foi feita a relação interno/externo (I/E).

Além disso, os resultados encontrados das análises do ar das salas de aula de cada bloco foram organizados de acordo com o andar para avaliar se a altura também poderia influenciar na qualidade do ar interno.

3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

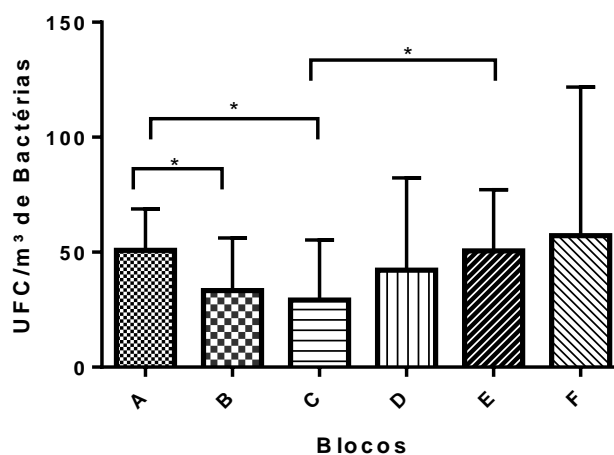
Foram calculados as médias e o desvio padrão para cada uma das medidas encontradas para UFC/m³ de cada andar e de cada bloco. O número amostral (n) representou o número de análises realizadas em cada bloco. O teste *t* não pareado e a análise de variância ANOVA foram utilizados para a comparação entre os grupos. As diferenças entre as amostras foram consideradas significativas quando a análise estatística apresentou $p < 0.05$. Para a análise estatística dos dados, foi utilizado o software GraphPad Prism, versão 6.00 para Windows, como ferramenta computacional.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do período de 7 a 18 de agosto de 2017, foram analisadas 120 salas pertencentes a seis blocos diferentes da instituição de ensino superior em questão.

As unidades formadoras de colônias, tanto de bactérias quanto de fungos, foram determinadas, e os resultados obtidos foram organizados para comparação entre os diferentes blocos e estão representados nos gráficos a seguir (Figura 2 e Figura 3).

FIGURA 2. Gráfico representando a média do número de unidades formadoras de colônias de bactérias por metro cúbico de ar encontrado nas salas de aula dos blocos analisados e o desvio padrão: (*: $p < 0,05$).



Fonte: autoria própria

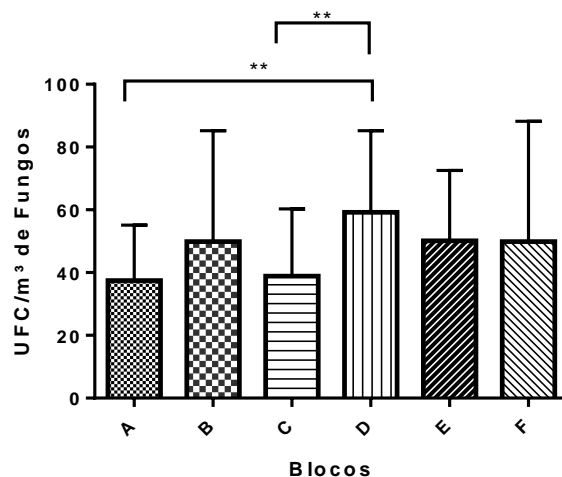
Dessa forma, quanto ao número de UFC/m³ de bactérias no ar dos blocos analisados, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os blocos A e B; A e C; e C e E. Como pode ser observado, o bloco que apresentou o ar com maior número médio de UFC/m³ de bactérias foi o bloco F (57,1275 UFC/m³), mas com uma diferença não estatisticamente significativa. Como observado na Tabela 1, esse é um bloco que possui baixa ventilação, sem acesso para áreas de jardim no entorno, com alta movimentação de pessoas e com obras no entorno. Esses fatores podem acarretar acúmulo de material orgânico e criar um ambiente adequado para maior proliferação de microrganismos nas salas de aulas (CAIXETA et al., 2016).

O bloco que apresentou o ar com menor número médio de UFC/m³ de bactérias foi o bloco C (29,1937 UFC/m³). Esse bloco apresentou condições semelhantes ao F, com exceção da ventilação, porém, essa diferença não foi estatisticamente significativa. Segundo Brickus e Neto (1999), já era observado naquela época (década de 90) que as baixas taxas de trocas gasosas entre o ambiente externo e o ambiente interno favorecem o aumento significativo na taxa de poluentes químicos e biológicos, assim como o crescimento microbiológico. Sendo assim, o fato de o bloco C ser mais bem ventilado contribuiu para desfavorecer o crescimento microbiológico.

Como já dito, a RE 9, de 16 de janeiro de 2003 (ANVISA) não estabelece valor máximo recomendável de UFC/m³ de bactérias, apenas para fungos. Porém, em Portugal, o VMR é de 500 UFC/m³, valor esse estabelecido pelo decreto-lei nº 79, de 4 de abril de 2006 (CAIXETA et al., 2016). Quando se comparam os valores médios encontrados de UFC/m³ de bactérias do ar de cada bloco com o VMR estabelecido pela legislação portuguesa, observa-se que mesmo a maior média encontrada é menor do que o VMR. Portanto, o ar dessas salas de aula apresenta valores de UFC/m³ de bactérias dentro dos valores recomendados pela legislação portuguesa.

Em contrapartida, em um estudo semelhante, avaliou-se a qualidade microbiológica do ar de uma instituição de ensino superior na cidade de Itumbiara-GO. Os autores observaram que 51% das salas de aula apresentaram concentração de bactérias acima do valor recomendado pela legislação portuguesa (MORAIS et al., 2010). Em outro estudo realizado em uma escola de ensino infantil, os autores observaram que os níveis de contaminação bacteriana do ar das salas de aula excederam o limite estabelecido pela legislação portuguesa (KUBERA et al., 2015).

FIGURA 3. Gráfico representando a média do número de unidades formadoras de colônias de fungos por metro cúbico encontrado nas salas de aula dos blocos analisados e o desvio padrão: (**: $p < 0,01$).



Fonte: autoria própria

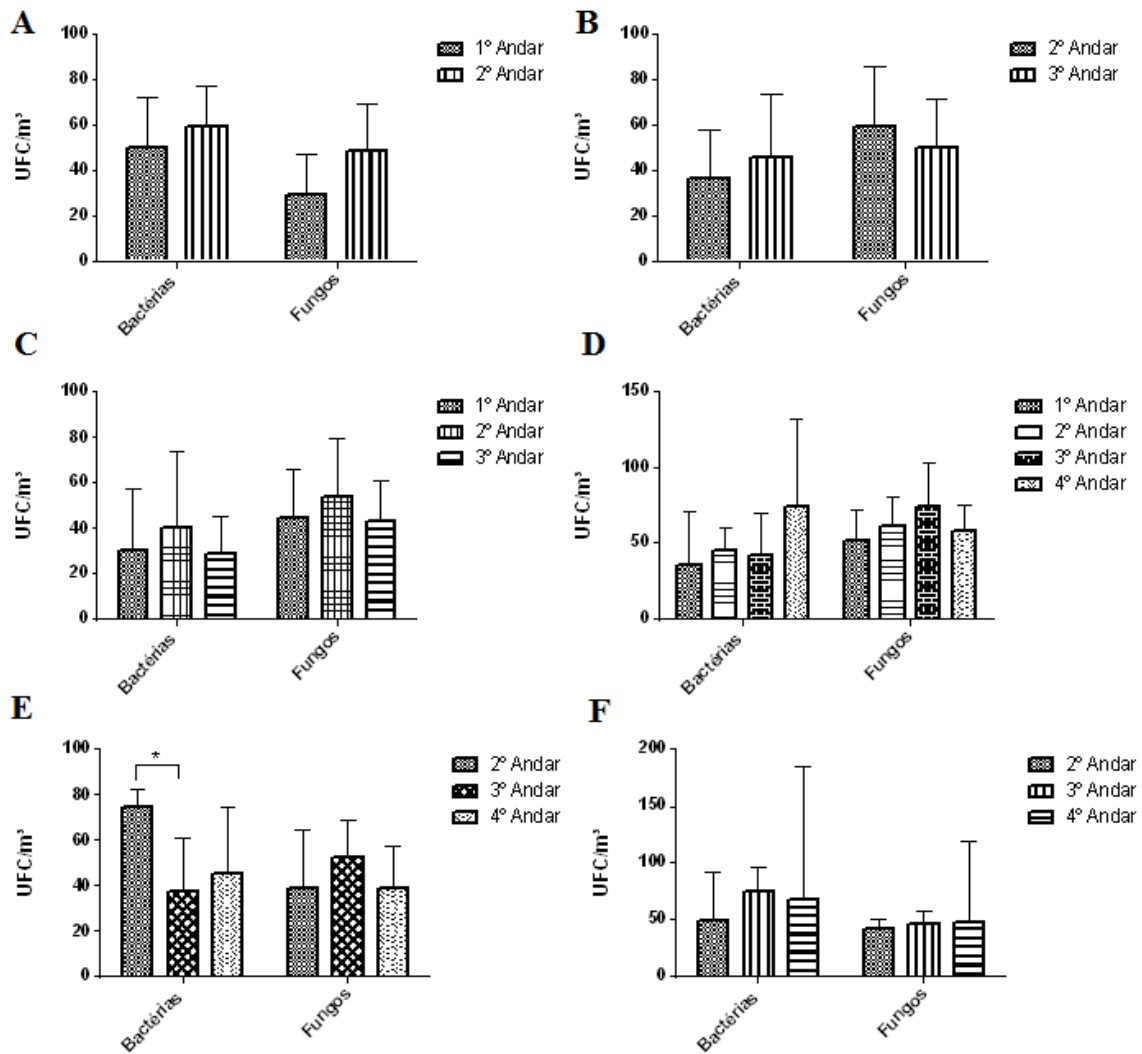
Observa-se que o bloco que apresentou o ar com maior número médio de UFC/m³ de fungos foi o bloco D (59,2963 UFC/m³), com uma diferença estatisticamente significativa com os blocos A e C. Esse bloco, apesar de ter uma boa ventilação, apresenta um grande número de salas, conseqüentemente comporta maior número de pessoas; esse elevado valor pode ser explicado pelo fato de que a maior movimentação de pessoas favorece a contaminação biológica do ar (FERNANDES, 2014). Segundo Morais *et al.* (2010), a contaminação do ar das salas de aula pode ser ocasionada pelo transporte de forma passiva dos microrganismos pelos próprios ocupantes das salas e pelas atividades ali realizadas.

O bloco que apresentou o ar com menor número médio de UFC/m³ de fungos foi o bloco C (37,4643 UFC/m³), o mesmo bloco que apresentou menor número médio de UFC/m³ de bactérias. Isso também pode ser explicado pelo fato de que tem uma boa ventilação.

A RE 9, de 16 de janeiro de 2003 (ANVISA) estabelece um VMR de UFC/m³ de fungos de 750 UFC/m³. Comparando nossos resultados com esse VMR, observamos que o ar dos blocos analisados apresenta um número de UFC/m³ inferior ao VMR, portanto, dentro do recomendável. Em estudos parecidos realizados numa escola de educação infantil, Kuberá *et al.* (2015) também não encontraram concentração de fungos no ar acima do valor recomendado. Já Costa e Machado (2015) identificaram em uma creche pública presença de fungos capazes de causar patologias como alergias e infecções oportunistas nos alunos e profissionais.

Os gráficos obtidos para a análise do andar de cada bloco estão representados na Figura 4 a seguir. Os blocos que não possuem o 1º andar (B, E e F) representado são aqueles que não possuem salas de aula nesse andar.

FIGURA 4. Gráficos representando as unidades formadoras de colônias por m³ (UFC/m³) de bactérias e fungos presentes no ar das salas de aula dos blocos, separadas por andar. (A: Bloco A. B: Bloco B. C: Bloco C. Bloco D: Bloco D. E: Bloco E. F: Bloco F. *: p<0,05).



Fonte: autoria própria

Os gráficos anteriores ilustram que não houve diferença estatisticamente significativa entre as análises de diferentes andares de um mesmo bloco, com exceção do 2º e 3º andares do bloco E (Figura 3: E). Então, com base nesses resultados, não é possível inferir que a altura em que a sala se encontra do chão seja um fator influente na qualidade microbiológica do ar.

Além disso, os resultados obtidos da análise do ar externo são representados na Tabela 1 a seguir.

TABELA 1. Valores relativos à concentração de bactérias e fungos em UFC/m³ no ambiente externo aos blocos. (#: maiores valores; *: menores valores)

Ambiente externo ao bloco:	UFC/m ³ de bactérias	UFC/m ³ de fungos
A	138,026225	158,7301587
B	172,5327812	186,3354037 [#]
C	62,11180124 [*]	96,61835749
D	172,5327812	186,3354037 [#]
E	179,4340925 [#]	75,91442374 [*]
F	179,4340925 [#]	75,91442374 [*]

Fonte: autoria própria

Pode-se observar que os valores mais elevados de UFC/m³ de bactérias no ar do ambiente externo foram obtidos ao lado dos blocos E e F; e o menor valor foi obtido do ambiente externo ao bloco C. Já os valores mais elevados de UFC/m³ de fungos no ar do ambiente externo foram obtidos ao lado dos blocos B e D; e os menores valores foram obtidos do ambiente externo aos blocos E e F.

Sabe-se que o ambiente externo é a principal fonte de bactérias e fungos no interior (COSTA; MACHADO, 2015). Com isso, podemos supor que a alta concentração de bactérias no ambiente externo ao bloco F tenha ocasionado o aumento de bactérias no ar interno das salas desse bloco. O mesmo pode ser observado quanto à concentração de fungos, que foi maior no ambiente externo ao bloco D, o que causou a alta concentração de fungos no ar das salas desse bloco.

Podemos observar também que os valores de UFC/m³ de microrganismos é maior no ambiente externo quando comparado com o interno. Porém, mesmo sendo maiores, os valores encontrados estão dentro dos valores máximos recomendados por ambas as legislações. Isso também foi notado em outro estudo, no qual os pesquisadores obtiveram uma concentração de poluentes microbiológicos no ar externo no mínimo duas vezes maior do que a concentração no ar interno (BIGOGNIN; MARQUARDT, 2017).

Além disso, nota-se que, nos blocos E e F, a concentração de bactérias foi mais elevada, enquanto que a concentração de fungos foi a mais baixa. Isso pode ser explicado pelo fato de que algumas bactérias e fungos competem pelos mesmos nutrientes, habitats e condições, o que faz com que, quando se tem alta concentração de bactérias, tem-se a inibição do crescimento dos fungos, e vice-versa (MADIGAN et al., 2016)

Também, realizou-se a relação entre qualidade microbiológica do ar interno e externo (I/E), na qual foram obtidos os resultados médios para cada bloco, e os valores encontrados estão dentro do limite estabelecido tanto pela legislação brasileira quanto pela portuguesa, visualizados na Tabela 2 a seguir.

TABELA 2. Valores da relação I/E de bactérias e de fungos dos blocos analisados

Blocos	Relação I/E	
	Bactérias	Fungos
Bloco A	0,37	0,24
Bloco B	0,19	0,27
Bloco C	0,47	0,40
Bloco D	0,24	0,32
Bloco E	0,28	0,58
Bloco F	0,32	0,64

Fonte: autoria própria

O fato de encontrarmos valores baixos de UFC/m³ tanto para bactérias quanto para fungos pode ser explicado devido à baixa temperatura e umidade encontradas durante a época de coleta das amostras (mês de agosto). A temperatura e a umidade tornam os ambientes internos locais propícios ao crescimento de microrganismos, que podem se dispersar no ar como bioaerossóis (COSTA; MACHADO, 2015). Segundo Carmo (1999), dentre os diversos fatores que podem favorecer o crescimento de microrganismos, a alta umidade relativa do ar é um dos mais significantes e importantes, pois permite o aumento do crescimento de fungos e bactérias.

Caixeta et al. (2016), que realizaram a análise da qualidade microbiológica do ar de uma escola no Mato Grosso, concretizaram análises em diferentes períodos do ano e notaram que as análises feitas no mês de agosto apresentaram o menor índice de contaminação bacteriana, na maioria dos locais amostrados, inclusive no ambiente externo. Esse resultado corrobora a nossa hipótese e aponta para a necessidade de se realizar a análise em diferentes épocas do ano. Porém, nesse mesmo trabalho, os autores encontraram nesse mesmo período o maior índice de contaminação fúngica. Ainda assim, como no nosso estudo, os valores encontrados estão dentro do recomendado.

Segundo Ferreira e Cardoso (2013), a temperatura é um fator que influencia diretamente o crescimento de fungos, porém fatores como ventilação, umidade, higienização das salas de aula e a ocupação também têm grande influência. Portanto, como não é possível controlar a temperatura em salas não aclimatadas, é possível melhorar a qualidade do ar interno por meio de uma melhoria na ventilação e limpeza do ambiente.

5. CONCLUSÃO

O ar das salas de aula da instituição de ensino superior analisada apresenta valores de UFC/m³ de fungos e bactérias dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira e portuguesa. Além disso, notou-se que esses valores são influenciados pelo grau de movimentação e ventilação e umidade relativa do ar.

Ainda são necessários estudos complementares para melhor elucidar a relação

entre a qualidade microbiológica do ar interno e os diferentes fatores que podem afetá-la, visto que a análise em um único período do ano limita o julgamento dos resultados.

REFERÊNCIAS

ABELHO, M. *Manual de Monitorização Microbiológica Ambiental*. Coimbra: Curso de Especialização Tecnológica em Qualidade Ambiental, 2012. 60 p. Apostila.

ABELHO, M. *Protocolos de Microbiologia Ambiental*. Parte 3: Microbiologia ambiental aplicada. Coimbra: Instituto Politécnico de Coimbra, 2013. 24 p. Apostila.

ANDRADE, N.J., SILVA, R. M. M.; BRABES, K.C.S. Avaliação das condições microbiológicas em unidades de alimentação e nutrição. *Ciência Agrotécnica*, 27(3): 590-596, mai. 2003.

BIGOININ, R. P; MARQUARDT, L. Avaliação da qualidade do ar interno de uma sala em prédio administrativo de Porto Alegre/RS. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, 6(1): 209-232, set. 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003*. Jan. 2003.

BRICKUS, L. S. R.; NETO, F. R. A. A qualidade do ar de interiores e a química. *Química nova*, 22(1): 65-74, 1999.

Brites, A. L. *Microorganismos: Introdução aos organismos microscópicos*. 2008. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/biologia/microorganismosintroducaoaosorganismosmicroscopicos.htm>>. Acesso em: Fev. 2017.

BROOKS, G. F. et al. *Microbiologia médica de Jawetz, Melnick & Adelberg*. 26. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

CAIXETA, D. S. et al. Monitoramento da qualidade do ar interior de uma escola da rede pública localizada no município de Cuiabá-MT. *E&S - Engineering and Science*. 5(1): 20-28, 2016.

CARMO, A. T. Qualidade do ar interno. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/23. São Paulo: EPUSP, 1999.

Clima Patos de Minas. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/2893/>>. Acesso em: out. 2017

COSTA, G. M. S.; MACHADO, A. M. B. Qualidade microbiológica do ar interno de uma creche pública no município de Santa Rita do Sapucaí-MG. *Anais do Congresso de Iniciação Científica da FEPI*, Itajubá, 2015.

DIAS, A. A.V; BITAR, N. A. B. Fitossociologia da área paisagística do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM. *Perquirere*, 11(1): 258–274, jul. 2014.

FERNANDES, H. P. *Avaliação microbiológica da Qualidade do ar no interior da Biblioteca Central do Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora*. 2014. 75 f. Monografia (Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

FERREIRA, A. M. C.; CARDOSO, S. M. Estudo exploratório da qualidade do ar em escolas de educação básica, Coimbra, Portugal. *Revista de Saúde Pública*, 47(6): 1059-1068; 2013.

HAYLEYESUS, S. F.; MANAYE, A. M. Microbiological Quality of Indoor Air in University Libraries. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(1): 5312-5317, 2014.

KUBERA, L. *et al.* Microbiological air quality in some kindergartens and antibiotic resistance of bacteria of the *Staphylococcus* spp. genus. *Medycyna Pracy*, 66(1): 49-56 2015.

LEVINSON, W. *Microbiologia e imunologia médicas*. 13. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MADIGAN, M. T. *et al.* *Microbiologia de Brock*. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

MEDEIROS, M. A. S. *et al.* Qualidade microbiológica do ar em ambientes de uma instituição de ensino do sudoeste goiano. *Gl. Sci Technol.*, 5(3): 36-46, dez. 2012.

MORAIS, G. R. *et al.* Qualidade do ar interno em uma instituição de ensino superior brasileira. *Bioscience Journal*, 26(2): 305-310, mar./abr. 2010.

OSIMANI, A. *et al.* Microbiological monitoring of air quality in a university canteen: an 11-year report. *Environ Monit Assess*, 185(2013): 4765–4774.

SILVA, D. P. *et al.* Infecções hospitalares associadas à qualidade do ar em ambientes climatizados. *Rev. Epidemiol. Control Infect*, 3(4): 153-157, 2013.

SPOTLIGHT on aerobiology. *The Biologist*, 60(3): 32-33, 2013.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VERDE, S. C. *et al.* Microbiological assessment of indoor air quality at different hospital sites. *Research in Microbiology*, 166(7):557-563, 2015.

VIEIRA, D. A. P.; FERNANDES, N. C. A. Q. *Microbiologia Geral*. Inhumas: IFG/ Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.