

## AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DO AR DE AMBIENTES INTERNOS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM BELÉM-PA

MICROBIOLOGICAL EVALUATION OF INDOOR AIR IN A HIGHER EDUCATION INSTITUTION IN BELÉM-PA

DOI: 10.16891/2317-434X.v12.e4.a2024.pp4955-4966

Recebido em: 11.07.2024 | Aceito em: 12.01.2025

**Daniel dos Santos Caldas<sup>a\*</sup>, Maria Clara Coelho Prazeres<sup>a</sup>, Túlio Vulcão Colares<sup>a</sup>,  
Jean Carlos Silva Del Castillo<sup>b</sup>, Ana Glória Soares de Souza Paiva<sup>b</sup>, Nilson Veloso Bezerra<sup>b</sup>**

**Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém – PA, Brasil<sup>P</sup>  
Universidade do Estado do Pará – UEPA, Belém – PA, Brasil<sup>P</sup>  
\*E-mail: dancaldas@yahoo.com**

### RESUMO

A qualidade microbiana do ar é essencial para o bem-estar dos ocupantes dos ambientes, principalmente daqueles fechados. Logo, objetivou-se avaliar a ocorrência de microrganismos no ar de ambientes internos de uma instituição de ensino superior (IES) em Belém-PA. Realizou-se uma pesquisa experimental e descritiva em diversas localidades da IES com coletas ativas e passivas, prosseguidas de caracterizações microscópicas, macroscópicas e fisiológicas. Apresentou-se, como microrganismos prevalentes, *Staphylococcus* sp. e *Micrococcus* sp., sendo o restaurante universitário o local predominante. Apesar disso, concluiu-se que 90,9% das amostras dos locais estudados estão em conformidade com os parâmetros exigidos pela ANVISA.

**Palavras-chave:** Microbiologia do ar; Qualidade do ar, Saúde humana.

### ABSTRACT

The microbial quality of the air is essential for the well-being of the occupants of environments, especially closed environments. The aim of this study was to assess the occurrence of microorganisms in the indoor air of a higher education institution (HEI) in Belém-PA. An experimental and descriptive study was carried out at various locations in the HEI, with active and passive collections followed by microscopic, macroscopic and physiological characterizations. The most prevalent microorganisms were *Staphylococcus* spp. and *Micrococcus* spp., with the university restaurant being the predominant location. Despite this, it was concluded that 90.9% of the samples from the sites studied complied with the parameters required by ANVISA.

**Keywords:** Air microbiology; Air quality, Human health.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, dada a quantidade crescente de tempo que as pessoas passam em ambientes fechados, as preocupações com a qualidade microbiana do ar estão aumentando (DA SILVA JÚNIOR, 2020). A Organização Mundial da Saúde calculou a contribuição de fatores de risco para o desenvolvimento de doenças e determinou que a poluição do ar interior era o 8º fator mais importante, sendo responsável por 3,8 milhões de mortes prematuras por ano no mundo (WHO, 2024).

A composição de microrganismos de ambientes fechados depende de fatores diversos, como tipo de construção, umidade relativa e temperatura do ar, quantidade de pessoas que frequentam, bem como as atividades que lá são realizadas (DA SILVA *et al.*, 2021). Em países tropicais, como o Brasil, as condições ambientais de alta umidade e temperatura favorecem a proliferação de microrganismos, tornando a avaliação da qualidade do ar nesses locais uma prioridade para a saúde pública (MARTINS *et al.*, 2018).

Estudos anteriores observaram que a poluição do ar interior não se restringe apenas aos edifícios de escritórios, mas inclui ambientes não-industriais, como observado pelos estudos realizados em instituições de ensino (FREITAS, 2018), cemitérios (SIEBRA *et al.*, 2021), ambientes hospitalares (RODRIGUES, 2018), academia de ginásticas (SANTOS, 2019) e açougues (GAVIÃO *et al.*, 2020). Todavia, há uma lacuna de dados sobre a região Norte do Brasil, especialmente em instituições de ensino superior, onde o fluxo constante de pessoas pode agravar a contaminação microbiológica do ar.

No cenário atual, os níveis de poluentes em ambientes interiores chegam a ser de 10 a 100 vezes maior que a quantidade existente no exterior, este preocupante resultado está associado a diversos efeitos nocivos à saúde (LIMA *et al.*, 2019). Ambientes climatizados artificialmente possuem múltiplos componentes químicos (tóxicos, cancerígenos, radioativos) e biológicos (microrganismos patogênicos) que são emitidos de diferentes fontes. A limpeza inadequada de filtros e dutos de ar refrigerado favorece o desenvolvimento de partículas microbianas que podem levar a doenças respiratórias, infecciosas ou alérgicas em ocupantes de ambientes climatizados (NUNES, 2020).

Em locais que fazem parte de instituições de ensino como as bibliotecas é importante ressaltar que, por sua natureza de acumular material orgânico através de objetos ricos em nutrientes (papéis e papelão), são um ambiente favorável ao desenvolvimento de microrganismos e pragas. Entre os agentes biológicos contaminantes que atuam em ambientes fechados estão fungos filamentosos e leveduras, esporos de fungos e alérgenos, bactérias e esporos de bactérias, ácaros entre outros (PORTELA; KOZUSNY-ANDREANI, 2019).

Além disso, em locais de preparo de alimentos, como restaurantes universitários, a contaminação cruzada é uma preocupação, pois microrganismos patogênicos de origem alimentar podem ser transmitidos a partir do ambiente (ar, superfícies de equipamentos e utensílios) e por manipuladores. Ademais, em áreas de preparo de alimentos, existem várias fontes reconhecidas de aerossóis e patógenos que ficam em suspensão e, assim, se depositam sobre alimentos durante as etapas de preparo (RODRIGUES *et al.*, 2020).

Diante dos diversos fatores apresentados, percebe-se que a qualidade do ar interior assume, cada vez mais, um papel relevante na saúde e no ambiente. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade microbiológica do ar em diferentes ambientes internos de uma Instituição de Ensino Superior (IES) em Belém-PA, identificar os principais microrganismos presentes e verificar se há conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação no país.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### *Coleta de amostras*

O local de coleta das amostras foi o Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS) da Universidade do Estado do Pará (UEPA). Foram avaliados, após o consentimento da gestão, 11 ambientes internos, selecionados de acordo com a frequência, permanência e movimentação de pessoas, nível de limpeza, que possuíam pouca ventilação e/ou tinham refrigeração artificial. Foram incluídas salas de aula, laboratórios, biblioteca e restaurante universitário (Quadro 1).

**Quadro 1.** Locais autorizados para realização de coleta de amostras.

Local	Frequência de pessoas	Nível de limpeza	Climatização
Laboratório de farmacologia	Baixo	Alto	Ar condicionado
Sala de aula C7	Alto	Alto	Ar condicionado
Laboratório de Bioquímica	Baixo	Alto	Ar condicionado
Sala de Esterilização	Médio	Alto	Ar condicionado
Laboratório Morfofuncional	Alto	Alto	Ar condicionado
Sala do Centro Acadêmico	Alto	Médio	Ar condicionado
Laboratório de Microscopia	Baixo	Alto	Ar condicionado
Restaurante universitário	Muito Alto	Baixo	Ventiladores
Sala de aula A5	Alto	Alto	Ar condicionado
Biblioteca Piso 1	Alto	Alto	Ar condicionado
Biblioteca Piso 2	Alto	Alto	Ar condicionado

A coleta das amostras foi realizada através de duas metodologias: método ativo e método passivo. A amostragem obtida pelo método ativo foi realizada através do emprego de um equipamento desenvolvido pelos membros do laboratório para captação ativa de amostras

de ar ambiental diretamente em placas de cultivo de microrganismos através de aspiração. Em cada local a ser analisado, o equipamento foi disposto a 1 m do piso em um ponto representativo do ambiente para captação do ar (Figura 1).

**Figura 1.** Equipamento de coleta ativa de amostras de ar ambiental desenvolvido pelos pesquisadores.



Placas de Petri de 90 mm de diâmetro contendo os meios Tryptic Soy Agar (TSA) e Sabouraud Dextrose Agar (SDA) foram utilizadas para o isolamento primário de microrganismos. O TSA é um meio de cultura rico e não seletivo que permite o crescimento de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, além de bactérias aeróbicas e anaeróbicas facultativas. Já o SDA é um meio de cultura próprio para o crescimento de fungos, como leveduras e bolores, abrangendo espécies patogênicas e oportunistas.

Ambos os meios são fundamentais para cultivar microrganismos do ar ambiental.

A coleta foi feita em um período de exposição de 20 minutos dentro do equipamento para aspiração de aproximadamente  $100\text{m}^3/\text{h}$  de ar ambiente. A coleta passiva foi realizada através da técnica de deposição espontânea, na qual as placas, contendo os meios TSA e SDA, são expostas ao ambiente por um período de 20 minutos em cada local a ser analisado e posteriormente analisadas (Figura 2).

**Figura 2.** Método de coleta passiva em um dos locais analisados.



Após a coleta, as placas de Petri com as amostras (de coletas ativas e passivas) foram identificadas, embaladas individualmente, acondicionadas em caixas isotérmicas e encaminhadas, sob condições assépticas, para o Laboratório de Microbiologia Aplicada e Genética de Microrganismo do CCBS-UEPA (LabMicro), para análises.

### *Análise das amostras*

As placas de TSA foram incubadas a  $35\text{-}37^\circ\text{C}$  por 24-48h e as placas de SDA foram incubadas a  $30^\circ\text{C}$  por 24-72h. Após esse período, foi realizada a contagem do

número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por  $\text{m}^3$  de ar aspirado do ambiente e a avaliação das características morfológicas das colônias.

Para determinar o número de UFC da metodologia ativa, primeiramente o número de colônias foi dividido pelo tempo de coleta (em horas). Posteriormente, o resultado foi dividido pela vazão do equipamento ( $100\text{m}^3/\text{h}$ ). Para determinar a contagem de UFC pela sedimentação espontânea, foi seguido a formulação proposta por Friberg, Friberg e Burman (1999) que consiste em, primeiramente, dividir o número de UFC pelo tempo de coleta (em horas).

Em seguida, do resultado anterior, realizar uma nova divisão utilizando a área em  $m^2$  da área exposta e a média de ar na superfície. Para isso, foi atribuída a proporção 23:1 (23 litros de ar por  $1 m^2$ ) para a média de ar na superfície por ser um processo de sedimentação espontânea, assim como proposto por Friberg, Friberg e Burman (1999).

As bactérias isoladas foram coradas pelo método de Gram, objetivando-se a observação da micromorfologia e afinidade tintorial. Os meios de Fenilalanina, Ureia, Citrato, ágar TSI (Triple Sugar Iron Agar) e TSA semissólido foram usados para identificar bactérias classificadas como Gram negativas por meio de provas bioquímicas seriadas para avaliar, respectivamente, a produção de fenilalanina desaminase; de urease; a metabolização do citrato; a fermentação de açúcares; e a motilidade.

Para a identificação de Gram positivos, foi empregado o meio de cultura Ágar Sangue e realizado o teste de Catalase, os quais são responsáveis, respectivamente: por diferenciar as características macromorfológicas de cocos cultivados na placa a partir da identificação dos variados graus de hemólise fornecidos por tais bactérias; bem como da detecção da enzima catalase que possibilita diferenciar membros da família *Micrococcaceae* (catalase positivo) de *Streptococcaceae* (catalase negativo).

Para classificação de fungos, características da sua macromorfologia (pigmentação, textura, consistência e

forma do verso e reverso das colônias desenvolvidas e velocidade de crescimento) foram observadas. Para a microscopia, as lâminas foram coradas com azul de metileno e a identificação foi realizada, observando-se, principalmente, as estruturas de reprodução e as características de hifas, conídios e esporos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade do ar interno desempenha um papel crucial na saúde humana, pois a exposição a ambientes com ar contaminado pode causar irritações e desconfortos, prejudicando o bem-estar dos indivíduos e, conseqüentemente, a eficiência da força de trabalho. Estudar a qualidade do ar torna-se essencial, pois fatores como a taxa de fluxo de ar têm uma relação direta com a ocorrência da síndrome do edifício doente e com a presença de UFC no ambiente (CHONG *et al.*, 2017).

De acordo com a Resolução RE 9 da ANVISA (BRASIL, 2003), o valor máximo recomendado (VMR) para a contaminação microbiológica do ar é de até 750 UFC/ $m^3$ , destacando a necessidade de monitorar e controlar a qualidade do ar para garantir a saúde e o desempenho das pessoas que ocupam esses espaços. Diante disso, os dados apresentados na Tabela 1 demonstram o número de microrganismos totais em UFC/ $m^3$  isolados nos ambientes do nosso estudo de acordo com a metodologia de coleta.

**Tabela 1.** Contagem de Unidade Formadora de Colônia (UFC/ $m^3$ ) por local, metodologia adotada e meio de cultura utilizado.

Local	Amostragem ativa de ar		Amostragem passiva de ar	
	TSA	SDA	TSA	SDA
Farmacologia	150 UFC/ $m^3$	90 UFC/ $m^3$	41 UFC/ $m^3$	102 UFC/ $m^3$
C7	150 UFC/ $m^3$	90 UFC/ $m^3$	61 UFC/ $m^3$	123 UFC/ $m^3$
Bioquímica	210 UFC/ $m^3$	120 UFC/ $m^3$	164 UFC/ $m^3$	184 UFC/ $m^3$
Esterilização	210 UFC/ $m^3$	180 UFC/ $m^3$	143 UFC/ $m^3$	102 UFC/ $m^3$
Morfofuncional	180 UFC/ $m^3$	270 UFC/ $m^3$	82 UFC/ $m^3$	184 UFC/ $m^3$
Centro Acadêmico	300 UFC/ $m^3$	420 UFC/ $m^3$	328 UFC/ $m^3$	143 UFC/ $m^3$
Microscopia	90 UFC/ $m^3$	30 UFC/ $m^3$	41 UFC/ $m^3$	82 UFC/ $m^3$

Restaurante universitário	900 UFC/m <sup>3</sup>	2012 UFC/m <sup>3</sup>	143 UFC/m <sup>3</sup>	123 UFC/m <sup>3</sup>
A5	150 UFC/m <sup>3</sup>	30 UFC/m <sup>3</sup>	164 UFC/m <sup>3</sup>	20 UFC/m <sup>3</sup>
Biblioteca Piso 1	240 UFC/m <sup>3</sup>	180 UFC/m <sup>3</sup>	266 UFC/m <sup>3</sup>	20 UFC/m <sup>3</sup>
Biblioteca Piso 2	270 UFC/m <sup>3</sup>	180 UFC/m <sup>3</sup>	307 UFC/m <sup>3</sup>	82 UFC/m <sup>3</sup>

De acordo com os resultados, o Restaurante Universitário apresentou o maior crescimento UFC/m<sup>3</sup> de bactérias e fungos quando em comparação aos outros ambientes, sendo o valor apresentado superior ao limite exigido pela legislação. Tal fato se justifica pela quantidade de interferentes observados no local, dentre eles destacam-se: a ventilação, a presença de animais, como cães e gatos e o fluxo intenso de pessoas, sendo este último fator determinante para a elevação de contaminantes do ar, como observado em outros estudos (COELHO *et al.*, 2010).

Além disso, a temperatura e umidade também são fatores que alteram a qualidade microbiológica do ar, apesar de não terem sido objetos de estudo neste trabalho, vale ressaltar que na região norte a proliferação de microrganismos nos ambientes é favorecida devido a temperatura, umidade e índices pluviométricos elevados. Sendo assim, existem poucas informações sobre a qualidade do ar de ambientes públicos e privados na região, apesar da alta relevância dessa temática nos estudos epidemiológicos (MARTINS *et al.*, 2018).

Dos ambientes avaliados, 90,9% (40 placas) das amostras apresentaram valores de UFC/m<sup>3</sup> abaixo dos

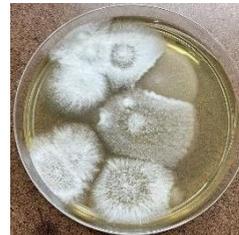
limites estabelecidos pela ANVISA. Assim, com exceção do Restaurante Universitário, pode-se afirmar que os demais locais pesquisados estavam adequados para esse tipo de avaliação. Isso se deve, em grande parte, ao fato de serem espaços controlados, com um número reduzido de pessoas, ventilação interna/externa limitada devido ao ambiente fechado, temperatura e umidade adequadas, além de manutenção regular de limpeza (Quadro 1).

Observou-se que as metodologias empregadas foram eficazes na captura de microrganismos ambientais, como evidenciado pela diversidade de isolados obtidos. No entanto, ressalta-se a importância da adoção de métodos ativos de coleta, uma vez que as diferenças qualitativas e quantitativas nos resultados, conforme mostrado no Quadro 2, foram evidentes dependendo da metodologia utilizada.

Ao quantificar as UFC de cada amostra por método utilizado, verificou-se que o método ativo foi responsável pela soma de 7.082 UFC/m<sup>3</sup>, enquanto a amostragem obtida pelo método passivo totalizou 2.905 UFC/m<sup>3</sup>, evidenciando a maior capacidade de captura do método ativo em comparação ao passivo.

**Quadro 2.** Diversidade microbiológica presente nas amostras de ar ambiental.

SALAS	Amostragem ativa de ar		Amostragem passiva de ar	
	Ágar TSA	Ágar Sabouraud	Ágar TSA	Ágar Sabouraud
Farmacologia				

C7				
Bioquímica				
Esterilização				
Morfofuncional				
Centro Acadêmico				

Microscopia				
Restaurante Universitário				
A5				
Biblioteca Piso 1				
Biblioteca Piso 2				

O método ativo permite medir a concentração de microrganismos cultiváveis no ar e baseia-se na utilização de um dispositivo que coleta um volume conhecido de ar, soprando-o em meio nutriente (PASQUARELLA *et al.*, 2008). A amostragem rápida e a capacidade de determinar microrganismos raramente existentes no ar são as

vantagens do amostrador de ar, enquanto a esterilização e a calibração, a necessidade de aumentar o custo e a quantidade limitada de ar que pode ser usada para a amostragem são as desvantagens do dispositivo (PASQUARELLA *et al.*, 2008).

O método passivo mede a taxa com que os microrganismos se depositam nas superfícies; baseia-se na sedimentação e utiliza placas de sedimentação expostas ao ar por um período definido (PASQUARELLA *et al.*, 2008). O baixo custo e a praticidade de permitir várias amostragens ao mesmo tempo em diferentes locais, com base em resultados comparáveis e geralmente válidos, e a presença de crescimento de microrganismos em condições naturais são as vantagens do método, enquanto o volume desconhecido da amostragem de ar e os tempos mais longos de amostragem podem ser vistos como desvantagens (PASQUARELLA *et al.*, 2008).

Atualmente, embora não haja uma unanimidade sobre as melhores práticas para amostragem de ar, incluindo qual método deve ser utilizado e como interpretar os resultados para implementar medidas preventivas e de controle específicas (VIANI *et al.*, 2020), os resultados obtidos neste estudo sugerem que o método

ativo apresentou maior eficácia na captura de microrganismos em comparação ao método passivo. No entanto, é importante destacar que mais pesquisas são necessárias para corroborar com esses achados e aprimorar ainda mais a compreensão acerca das condições em que cada método pode ser mais eficaz.

Quanto aos microrganismos detectados, *Staphylococcus* sp. foi o gênero bacteriano mais isolado, presente em 56,8% das amostras de ar (Tabela 2). Bactérias do gênero *Staphylococcus* são comumente associadas a infecções do trato respiratório, como pneumonias, infecções cutâneas e endocardite, especialmente em indivíduos imunodeprimidos. Essas espécies podem ser encontradas nas fossas nasais e na pele de seres humanos, compondo a microbiota permanente ou transitória, sendo frequentemente transferidas para o ambiente por meio das mãos e superfícies.

**Tabela 2.** Diversidade microbiana identificada em amostras de ar ambiental do ponto de vista do número de placas e do total de cada isolamento.

Gênero isolado	Frequência em Placas		Número de isolados	
	N	%	N	%
<i>Staphylococcus</i> sp.	25	56,8%	67	20,4%
<i>Peptostreptococcus</i> sp.	6	13,6%	7	2,1%
<i>Klebsiella</i> sp.	4	9%	5	1,5%
<i>Enterobacter</i> sp.	4	9%	5	1,5%
<i>Escherichia coli</i>	1	2,2%	2	0,6%
<i>Bacillus cereus</i>	4	9%	9	2,7%
Bacilos gram positivos não identificados	17	38,6%	51	15,5%
<i>Serratia</i> sp.	1	2,2%	1	0,3%
<i>Hafnia</i> sp.	1	2,2%	1	0,3%
<i>Acinetobacter</i> sp.	2	4,5%	3	0,9%
<i>Micrococcus</i> sp.	15	34%	20	6%
<i>Candida</i> sp.	7	15,9%	12	3,6%
<i>Trichosporon</i> sp.	27	61,3%	127	38,7%
Fungos filamentosos não identificados	11	25%	18	5,4%

Nos locais analisados, a presença de *Staphylococcus* sp. no ar pode estar relacionada às atividades realizadas nos espaços estudados, favorecendo a dispersão dessas bactérias. Esse padrão é consistente com o observado por Rodrigues (2014), que também apontaram a influência das interações humanas na dispersão desses microrganismos. Resultados semelhantes foram encontrados por Abreu *et al.* (2015), que associaram a presença de *Staphylococcus* às atividades realizadas nos ambientes.

Os actinomicetos do gênero *Micrococcus* são bactérias aeróbias, não patogênicas, que fazem parte da microbiota da pele humana e estão amplamente distribuídas no ambiente. A presença dessa classe de bactérias foi observada em aproximadamente 91% das salas estudadas nesta pesquisa, um resultado semelhante ao encontrado no trabalho de Almeida (2018). Essa correlação pode ser explicada pela frequência de indivíduos nos locais analisados, além da ubiquidade desses microrganismos no ambiente, os quais não representam risco à saúde de indivíduos imunocompetentes.

A espécie *Bacillus cereus* também foi isolada na pesquisa em 9% das amostras. Esse grupo bacteriano indica a importância de medidas de controle, uma vez que esse patógeno é mais resistente ao calor, à desidratação e a luz UV, favorecendo sua disseminação no ambiente e sua adesão a superfícies. Esta espécie está entre as bactérias mais comuns que podem levar a ocorrência de doenças de origem alimentar (KOTIRANTA *et al.*, 2000; EHLING-SCHULZ *et al.*, 2010).

Os fungos foram detectados em cerca de 93% das amostras, com o gênero *Trichosporon* sp. sendo o mais isolado (n=127), um resultado semelhante ao encontrado por Silva (2017), que observou *Trichosporon* em 100% das amostras de ambientes internos. Esse gênero é amplamente distribuído no ambiente, incluindo solo, água, ar e superfícies corporais. Embora geralmente não seja patogênico, algumas espécies podem causar infecções em indivíduos imunocomprometidos, como onicomicoses e otomicoses (LACAZ, 1998; KONEMAN, 2012). Esse achado sugere que ambientes internos com alta frequência de pessoas, especialmente imunodeprimidas, podem apresentar risco potencial devido à presença de *Trichosporon*.

O gênero *Candida*, identificado nos ambientes analisados conforme descrito na Tabela 2, é composto por leveduras cosmopolitas, amplamente distribuídas na natureza. As espécies desse gênero são patógenos

oportunistas, frequentemente associadas a infecções invasivas e capazes de causar alergias respiratórias, como a rinite alérgica (OLIVEIRA; BORGES-PALUCH, 2015).

Embora *Candida* seja amplamente distribuída na natureza e frequentemente encontrada em superfícies e no ar, sua capacidade de causar infecções invasivas e alergias respiratórias, como rinite alérgica, torna essa descoberta relevante para ambientes com pessoas imunocomprometidas ou com histórico de alergias. Isso indica a importância de monitorar a qualidade do ar e a higiene desses espaços para prevenir potenciais riscos à saúde, especialmente para grupos vulneráveis.

Outros organismos isolados no estudo foram as bactérias gram-negativas, como *E. coli*, *Klebsiella* sp., *Serratia* sp., *Hafnia* sp., e *Acinetobacter* sp. podem ser encontrados na flora normal de pessoas saudáveis ou normalmente no ambiente, dificultando a determinação de sua fonte. Apesar de terem sido isoladas em baixa frequência no estudo, sua presença sugere uma contaminação relevante, pois essas bactérias produzem infecções que podem ser um risco em potencial para os frequentadores do ambiente.

Apesar do progresso obtido com este estudo, é importante ressaltar as limitações observadas para pesquisas futuras. Não se pôde realizar a validação do método comparando-o com equipamentos de metodologia ativa presentes no mercado e reconhecidos na literatura científica. Trabalhos posteriores devem realizar coletas com outras ferramentas para verificar se os resultados serão semelhantes. Além disso, a identificação dos isolados foi realizada com base na caracterização fenotípica, não sendo possível a identificação a nível molecular para confirmação das espécies. Estudos futuros devem priorizar a identificação molecular dos achados para obter um perfil amplo da comunidade microbiana do ar nos ambientes estudados.

## CONCLUSÃO

Os locais analisados cumpriram com as regulamentações exigidas pela legislação vigente em nosso país para ambientes internos climatizados. Apenas o Restaurante Universitário excedeu o limite máximo para microrganismos, tal dado se justifica pelo intenso fluxo de pessoas que frequentam o espaço, pela circulação de animais e pela falta de limpeza regular do ambiente. As metodologias utilizadas foram eficazes em estimar qualitativamente e quantitativamente a comunidade microbiana do ar, com destaque para a técnica ativa, que é

uma alternativa para estudos futuros. Ademais, os microrganismos mais isolados foram as bactérias de gênero *Staphylococcus*, e os fungos do gênero *Trichosporon*, associados à microbiota humana e ao meio ambiente, respectivamente, porém que são considerados patógenos oportunistas e causam infecções graves em

indivíduos imunocomprometidos. Por fim, concluímos que a análise qualitativa e quantitativa do ar de ambientes internos é uma ferramenta importante para controle microbiológico e prevenção de riscos à saúde, especialmente em locais com alta densidade populacional e circulação constante de pessoas.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Jade Oliveira *et al.* Monitoramento da aeromicrobiota em ambientes internos de um instituto de ensino e pesquisa: análise quantitativa e qualitativa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: IPA. 2015. p. 1-4.

ALMEIDA, Alda Graciele Claudio dos Santos. **Qualidade microbiológica do ar no centro de material e esterilização: avaliação do impacto da pressão negativa na área da limpeza**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução nº09 de 16 de janeiro de 2003**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 jan. 2003.

CHONG, Eric Tzyy Jiann *et al.* Assessment of indoor airborne microorganisms in a densely populated Malaysian Public University. **Malaysian J of Public Health Medicine**, v. 17, n. 2, p. 113-120, 2017.

COELHO, Ana Íris Mendes *et al.* Contaminação microbiológica de ambientes e de superfícies em restaurantes comerciais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, p. 1597-1606, 2010.

DA SILVA JÚNIOR, Ivaldo Francisco *et al.* Avaliação microbiológica de secadores de mãos elétricos em banheiros de uso comum. **Revista Arquivos Científicos (IMMES)**, v. 3, n. 2, p. 72-77, 2020.

EHLING-SCHULZ, Monika; KNUTSSON, Rickard; SCHERER, Siegfried. **Bacillus cereus**. Genomes of foodborne and waterborne pathogens, p. 147-164, 2010.

FRIBERG, B.; FRIBERG, S.; BURMAN, L. G. Inconsistent Correlation between aerobic bacterial surface and air counts in operating rooms with ultra clean laminar air flows: proposal of a new bacteriological standard for

surface contamination, **The Journal of Hospital Infection**, Londres, v. 42, p. 287-293, 1999.

FREITAS, Guilherme Rodrigues de *et al.* **Análise microbiológica do ar em ambientes climatizados em uma instituição de ensino superior**. 2018.

GAVIÃO, E. R. *et al.* **Contaminação microbiológica em açougues de município da Fronteira Oeste-RS**. 7º Simpósio de Segurança Alimentar: Inovação com sustentabilidade. 2020.

KONEMAN, Elmer *et al.* Diagnóstico microbiológico: texto e atlas colorido. In: **Diagnóstico microbiológico: texto e atlas colorido**. Guanabara Koogan, 2012.

KOTIRANTA, Anja; LOUNATMAA, Kari; HAAPASALO, Markus. Epidemiology and pathogenesis of *Bacillus cereus* infections. **Microbes and infection**, v. 2, n. 2, p. 189-198, 2000.

LACAZ, Carlos da Silva *et al.* Guia para identificação: fungos, actinomicetos, algas de interesse médico. In: **Guia para identificação: fungos, actinomicetos, algas de interesse médico**. Sarvier, 1998.

LIMA, Mayara Lopes de Freitas; DE LIMA, Jucielma Silva; DA SILVA, Marcelo Teixeira. Fungos anemófilos: avaliação da microbiota do ar em ambientes interno e externo. **Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, 2019.

MARTINS, Henrique Gomes *et al.* Investigação da microbiota anemófila com potencial patogênico em ambientes críticos de um hospital universitário. **Revista do Hospital Universitário Getúlio Vargas**, v. 17, n. 1, p. 48-54, 2018.

NUNES, Luís Artur Moreira. **Ocorrência de fungos anemófilos nos laboratórios didáticos da Universidade**

**Federal de Mato Grosso campus Rondonópolis.** Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Fundação Universidade Federal de Mato Grosso. Rondonópolis-MT. 2020.

OLIVEIRA, Lis Daiane Conceição; BORGES-PALUCH, Larissa Rolim. Alergias respiratórias: uma revisão dos principais fungos anemófilos e fatores desencadeantes. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 39, n. 2, p. 426-426, 2015.

PASQUARELLA, Cesira *et al.* Air microbial sampling: the state of the art. **Igiene e Sanità Pubblica**, v. 64, n. 1, p. 79-120, 2008.

PORTELA, Patrícia de Oliveira; KOZUSNY-ANDREANI, Dora Inés. Caracterização microbiológica em ambiente específico de uma biblioteca universitária em sua composição e qualidade. **Em Questão**, v. 25, n. 3, p. 373-389, 2019.

REJC, Tanja *et al.* Microbiological and chemical quality of indoor air in kindergartens in Slovenia. **International Journal of Environmental Health Research**, v. 30, n. 1, p. 49-62, 2020.

RODRIGUES, Angela Fialho *et al.* Avaliação da contaminação microbiológica do ar e de superfícies em uma unidade de alimentação e nutrição. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 66794-66804, 2020.

RODRIGUES, Erika Goulart. **Contaminação de superfícies ambientais, equipamentos e artigos por Staphylococcus spp. na atenção básica: olhar da segurança dos trabalhadores e usuários.** Dissertação (Mestrado em Enfermagem) - Faculdade de Enfermagem, Universidade Federal de Goiás. Goiânia-GO. 2014.

RODRIGUES, Luiz. A qualidade do ar em ambientes hospitalares. **Arquivos Brasileiros de Medicina Naval**, v. 79, n. 1, p. 7-7, 2018.

SANTOS, Alessandra Regina dos. **Qualidade do ar interior em academias de ginásticas: parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.** Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental) - Centro de Ciências Exatas,

Naturais e Tecnologias, Universidade de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto-SP. 2019.

SIEBRA, Camila Moraes *et al.* Qualidade do ar em ambientes internos e externos de um cemitério do município de Fortaleza, Ceará. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, 2021.

SILVA, Gislaeny Valério da. **Avaliação da qualidade microbiológica do ar de uma maternidade no interior de Pernambuco.** 2017.

VIANI, Isabella *et al.* Passive air sampling: the use of the index of microbial air contamination. **Acta Bio Medica: Atenei Parmensis**, v. 91, n. Suppl 3, p. 92, 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air pollution.** Geneva (Switzerland): World Health Organization, 2021. Disponível em: [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/who-compendium-on-health-and-environment/who\\_compendium\\_chapter2\\_01092021.pdf?sfvrsn=14f84896\\_5](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/who-compendium-on-health-and-environment/who_compendium_chapter2_01092021.pdf?sfvrsn=14f84896_5). Acesso em: 13 de maio de 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Household Air Pollution and Health.** World Health Organization, 2024. Disponível em: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>. Acesso em: 20 de novembro de 2024.