



**UNIVERSIDADE FRANCISCANA
CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

ISADORA BOSCARDIN ESPINDOLA

**O USO DE LEVEDURA BIOINDICADORA PARA A VERIFICAÇÃO DA
POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM SANTA MARIA - RS**

Santa Maria

2023

ISADORA BOSCARDIN ESPINDOLA

**O USO DE LEVEDURA BIOINDICADORA PARA A VERIFICAÇÃO DA
POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM SANTA MARIA - RS**

Projeto de trabalho Final de Graduação II em
Engenharia Ambiental e Sanitária, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária,
Universidade Franciscana

Orientadora: Noeli Julia Schüssler de
Vasconcellos

Santa Maria

2023

O USO DE LEVEDURA BIOINDICADORA PARA A VERIFICAÇÃO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM SANTA MARIA - RS

Trabalho final de graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental – Área de Ciências Tecnológicas, da Universidade Franciscana, como requisito para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental – Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Santa Maria, 07 de julho de 2023.

Banca Examinadora:

.....
Prof Dra Noeli Julia Schüssler de Vasconcellos (Orientadora)

.....
Prof Dr Sérgio Roberto Mortari

.....
Prof Dra Maria Amélia Zazycki

Conceito:.....

Santa Maria, 7 de Julho de 2023.

"Estamos construindo uma torre de soberba humana, com tijolos de poder, tijolos de economia. Para construir isso, muitas pessoas trabalham como escravos. Se um escravo cair, não acontece nada, podemos ir mais longe. Se a natureza cai, não acontece nada. É a arrogância econômica, a arrogância do poder de alguns poucos, que usam tudo, as pessoas, a natureza, usam tudo e destroem." - Papa Francisco

SUMÁRIO

RESUMO	5
<i>ABSTRACT</i>	5
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. OBJETIVOS.....	6
3. MATERIAIS E MÉTODOS	7
3.1 ÁREA DE ESTUDO	7
3.2 COLETA DAS AMOSTRAS	8
3.3 PREPARO DO MEIO DE CULTIVO	9
3.4 PREPARO E INCUBAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	9
RESULTADOS	10
DISCUSSÃO	11
CONCLUSÃO	13
REFERÊNCIAS.....	14

O USO DE LEVEDURA BIOINDICADORA PARA A VERIFICAÇÃO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM SANTA MARIA - RS

THE USE OF BIOINDICATOR YEAST FOR THE VERIFICATION OF THE ATMOSPHERIC POLLUTION IN SANTA MARIA - RS

Isadora Boscardin Espindola

RESUMO

A qualidade do ar atmosférico nas cidades é afetada pela intensidade da queima de combustíveis, arborização das vias públicas e, de forma geral, pelo planejamento urbano. Um ar poluído pode trazer diversas consequências, como problemas respiratórios e neurológicos, diminuindo a qualidade de vida dos cidadãos. Uma boa maneira de prever o comportamento danoso dos poluentes nos seres humanos é observar como esses interagem com os demais seres vivos e, para tal, o uso de bioindicadores mostra-se uma técnica barata e eficiente, como no caso da levedura *Sporobolomyces sp.*, que é sensível ao dióxido de enxofre e dióxido de carbono resultantes da queima de combustíveis. Esse bioindicador é comumente encontrado nas folhas do Ipê, uma árvore comum na região sul do país. O presente trabalho avaliou o grau de contaminação atmosférica em determinados pontos do município de Santa Maria pela coleta de amostras de folhas de ipê, fazendo o cultivo das colônias presentes nas folhas em placas de petri pelo método *spore-fall*, a fim de verificar a presença da *Sporobolomyces sp.* e a relacionar com os fatores de influência ambientais. Das 36 amostras analisadas, apenas 6 foram positivas para a presença do bioindicador, sendo os resultados negativos associados à contaminação do ar pelos gases poluentes.

Palavras-chave: urbanização, CO₂, SO₂, qualidade do ar, *Sporobolomyces sp.*

ABSTRACT

*The quality of the atmospheric air in cities is affected by fuel burning intensity, public roads afforestation and, in general, by urban planning. A polluted air may have several consequences, such as respiratory and neurological problems and the reduction of life quality of citizens. A good way to predict the harmful behavior of pollutants in human beings is to observe how they interact with other living beings and, thus, the use of bioindicators is shown to be a cheap and efficient technique, as in the case of the *Sporobolomyces sp* yeast, which is sensitive to sulfur dioxide and carbon dioxide resulting from burning fuels. This bioindicator is commonly found in Ipê leaves, a common tree in the southern region of the country. The present work evaluated the degree of atmospheric contamination in the municipality of Santa Maria by collecting samples of Ipê leaves at four different points in the urban perimeter, cultivating the colonies present on the leaves in petri dishes using the *spore-fall* method, in order to verify the presence of *Sporobolomyces sp.*, in order to relate it to environmental influence factors. From the 36 analyzed samples, only 6 were positive for the bioindicator presence, therefore the negative results are associated with the air contamination from the evaluated pollutant gases.*

Keywords: urbanization, CO₂, SO₂, air quality, *Sporobolomyces sp.*

¹ Trabalho Final de Graduação II – TFG II.

² Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária Universidade Franciscana. E-mail: isadora.espindola@ufn.edu.br

³ Orientadora - Universidade Franciscana. E-mail: julia@ufn.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do ar que se respira é um reflexo da maneira como as cidades são construídas, os recursos são consumidos, das fontes de energia utilizadas e da relação do ser humano com os demais organismos vivos e meio ambiente no geral. Enquanto o uso de combustíveis fósseis para veículos automotores ainda é priorizado em relação às fontes de energia alternativas, a concentração de gases poluentes na atmosfera tende a ser elevada.

A forma como as cidades cresceram no Brasil evidencia as desigualdades experienciadas pela população. Pereira et al. (2016) pontua que a falta de planejamento urbano foi responsável pelo elevado uso de transporte individual para a locomoção. O transporte público não foi priorizado e, nos moldes atuais, não consegue suprir adequadamente as demandas da população. Segundo Leite (2009), cidades sustentáveis precisam de um bom sistema de transporte público que reduza as emissões de gases poluentes, além de ciclovias e estruturas que permitam a mobilidade de pedestres. Em contramão, as cidades brasileiras parecem ter se desenvolvido priorizando a mobilidade dos carros, buscando um tipo de progresso à base de concreto e pouca arborização que tornou a vida nos meios urbanos, literalmente, sufocante.

A cidade de Santa Maria - RS sofre com problemas de planejamento urbano. Sartori (1984) observou que o aquecimento dos edifícios e pavimentação da cidade criam uma baixa pressão local, atraindo a movimentação do ar, causando a existência de uma “ilha de calor” urbana. Notou também que a cidade sofre com excesso de ventos em alguns lugares enquanto outros enfrentam a falta de ventilação, o que acontece pelos abrigos formados pelos prédios altos. Isso pode ser um problema, uma vez que a dispersão por meio dos ventos é uma boa forma de desconcentrar os poluentes. Além disso, segundo o Departamento de Trânsito do Rio Grande do Sul (2023), a cidade conta com 171.054 veículos em circulação, o que corresponde a aproximadamente 1 veículo a cada 1,66 moradores, contribuindo com a liberação de gases poluentes.

Neste trabalho, foram considerados os gases dióxido de carbono e dióxido de enxofre para a análise de contaminação do ar atmosférico. O CO₂ ou gás carbônico é naturalmente expelido por determinadas espécies - como por exemplo, o ser humano - durante a respiração, sendo absorvido pelas plantas e oceanos (MELLER, 2017). Ele é responsável pelo efeito estufa, que de maneira controlada é essencial para a vida no planeta. Porém, as emissões por fontes antropogênicas como a geração de energia, produção de petróleo, atividades agrícolas e a queima de combustíveis fósseis causam efeitos que prejudicam gravemente o meio ambiente (NATIONAL, 2022). Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da Organização das Nações Unidas (2007), "a concentração de dióxido de carbono na atmosfera excedeu em muito a faixa natural durante os últimos 650.000 anos". Já o dióxido de enxofre (SO₂) que quando não é originário de fontes naturais (como os vulcões), é advindo da queima de combustíveis fósseis (SANTOS et al, 2017), afetando em seres humanos principalmente o sistema respiratório e os olhos, de maneira que uma prolongada exposição a esse gás pode causar deformações na íris e o endurecimento da córnea nos olhos (SANTOS; JR, 2021). Ele também é um componente da formação da chuva ácida, que altera o pH de cursos d'água, causando a morte de peixes, além de destruir as células respiratórias das folhas das árvores (BRENA, 2009).

Os bioindicadores, como coloca Barsano et al. (2013), são os organismos que indiretamente indicam a qualidade ambiental, de forma que sua presença ou ausência nos ecossistemas podem ser relacionadas com as condições ambientais. A vida humana depende dos demais seres vivos para existir e, contraditoriamente, as atividades antrópicas seguem

diminuindo a biodiversidade. O uso de bioindicadores é essencial para medir os efeitos dessas ações que, se não afetam o ser humano diretamente, irão afetar sistematicamente.

O *Sporobolomyces sp.* é uma levedura que normalmente é encontrada em árvores de Ipê, mas na presença elevada de dióxido de enxofre e dióxido de carbono ela tende a se ausentar, o que a caracteriza como bioindicadora para esses poluentes (EMBRAPA, 2004). Há uma concentração significativa das espécies de Ipê no Brasil, essencialmente por conta do clima tropical (SCHULTZ, 1990).

As cidades podem melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos por meio de um planejamento urbano com responsabilidade ambiental, de sorte que tais decisões venham a afetar a concentração de poluentes local. Neste trabalho, o bioindicador *Sporobolomyces sp.* foi usado para indicar os pontos de maior degradação do ar atmosférico da cidade de Santa Maria - RS, com o propósito de apontar a necessidade de mudanças estruturais para mitigar os danos causados pelo elevado tráfego de veículos.

2. OBJETIVOS

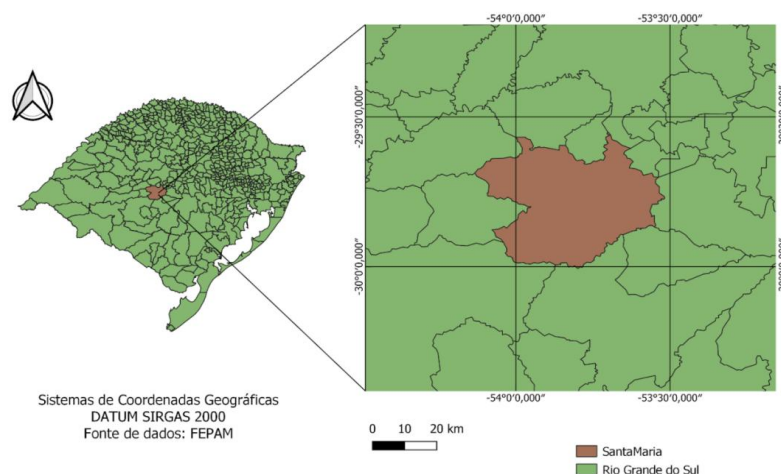
O presente trabalho visa identificar a presença de poluição significativa causada pelos gases CO₂ e SO₂ em 4 pontos da cidade de Santa Maria - RS, qualificando a presença do bioindicador como resultado positivo, significando a baixa concentração dos poluentes e sua ausência como resultado negativo. Em vista disso, analisou-se o plano diretor, responsável pelo planejamento urbano, bem como as demais políticas de gestão da cidade a fim de propor intervenções que melhorariam a qualidade do ar e, conseqüentemente, a qualidade de vida.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Santa Maria - Rio Grande do Sul que, segundo o IBGE (2021), tem cerca de 285 mil habitantes, com uma área territorial de 1.780,194 km² e é considerado o 5º mais populoso do estado. Quanto ao bioma, Santa Maria está na zona de transição entre a Pampa e a Mata Atlântica (LÖBLER et. al, 2015). Segundo dados do INMET (2022), entre os anos de 1991 e 2020 a sua temperatura média anual foi de 19,4°C e a pluviosidade média anual foi de 1777,9 mm.

Figura 1 - Localização geográfica do município de Santa Maria –



RS.

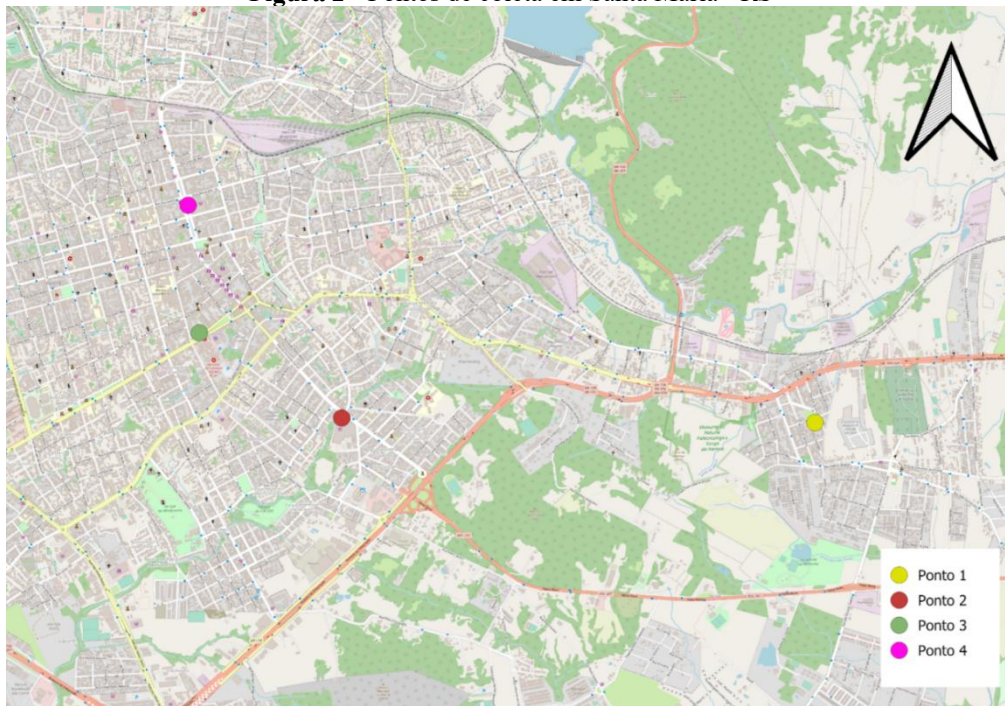
Fonte: Construção do Autor (2022)

3.2 COLETA DAS AMOSTRAS

A coleta de folhas do Ipê (*Handroanthus sp.*) só pode ser feita após o período de floração, afinal, por ser uma espécie caducifólia, passa por um período sem a presença de folhas. Como a floração do Ipê acontece após o inverno e depende da intensidade deste para ocorrer, o momento ideal para coleta na região se dá após o mês de outubro, quando as folhas voltam a surgir, podendo ainda dar um espaço de tempo para que os esporos da levedura bioindicadora (*Sporobolomyces sp.*) possam se instalar. Foram realizadas 3 coletas no período entre verão e outono, com um espaço de cerca de um mês entre cada uma delas.

Foram coletadas folhas em uma altura de até 2 metros. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos hermeticamente fechados e mantidas sob refrigeração até o momento da incubação. Os pontos de coleta foram georreferenciados no mapa da Figura 2 e Quadro 1.

Figura 2 - Pontos de coleta em Santa Maria - RS



Fonte: Construção do Autor (2023)

Quadro 1 - Pontos de coleta

Ponto de coleta	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Coordenada	29°41'52"S 53°45'54"W	29°41'48"S 53°47'51"W	29°41'29"S 53°48'26"W	29°41'01"S 53°48'28"W
Altitude	127m	99m	291m	191m
Referência	Bairro São José	Bairro Nossa S. de Lourdes	Centro - próximo ao Hospital de Caridade	Ponto 4 (Centro - Próximo ao Carrefour)

Fonte: Construção do Autor (2023)

3.3 PREPARO DO MEIO DE CULTIVO

O extrato de malte é comumente usado para a propagação e contagem de leveduras e bolores porque possui uma alta concentração de carboidratos (especificamente a maltose), fornecendo também proteínas e nutrientes (NEOGEN, 2009). O meio de cultivo foi preparado usando água destilada e extrato de malte a uma concentração de 65g/L e esterilizado em autoclave por 20 minutos a 120°C.

3.4 PREPARO E INCUBAÇÃO DAS AMOSTRAS

Conforme a metodologia disponibilizada pela Embrapa (2004), também conhecido como método Spore-fall (DOWDING; PEACOCK, 1991), as folhas foram cortadas em 7 discos de 1 cm de diâmetro, fixadas em orientação adaxial nas tampas das placas de Petri com vaselina. Então, as tampas foram posicionadas nas placas com o meio de cultura esterilizado contendo extrato de malte, como aferido por Davoli e Weber (2002). Para cada ponto, foram feitas 3 repetições (r1, r2 e r3), repetindo o processo para cada coleta realizada, totalizando 36 amostras ao fim das 3 coletas em cada um dos 4 pontos.

Para a incubação das amostras, as placas contendo o meio de cultura e os discos foliares permaneceram invertidas (tampa para baixo), no escuro, a 26°C, em uma estufa bacteriológica por 24 horas e então, foram viradas e reincubadas por mais 24 horas nas mesmas condições de luminosidade e temperatura. O tempo máximo de incubação da *Sporobolomyces sp.* é de 120 horas, pois após esse período as colônias de outras espécies tendem a dominar o meio de cultivo, dificultando a identificação da levedura. Após a incubação, foi realizada a contagem do número de colônias, o registro das imagens e a correlação do número aparições da *Sporobolomyces sp.* por ponto de coleta.

A levedura *Sporobolomyces sp.* é um fungo unicelular (JOINT, 2023), caracterizado pelas suas células esféricas, elipsoidais ou cilíndricas de coloração que varia entre avermelhada, alaranjada, rosada, amarelada ou com nuances de marrom (KOT, et al. , 2021). Para a sua verificação da sua presença no experimento, uma parte das colônias alaranjadas foi analisada em microscópio, confirmando sua unicelularidade.

RESULTADOS

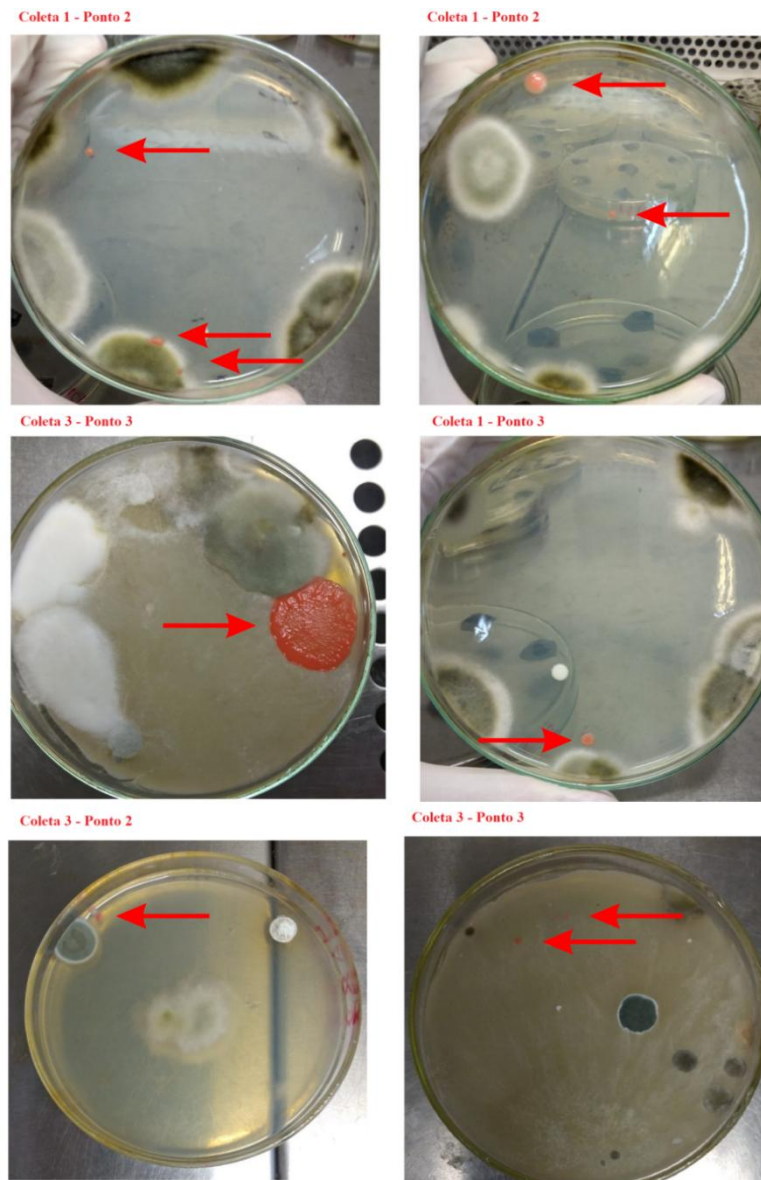
No Quadro 1, estão apresentados os resultados das amostras de quatro pontos do perímetro urbano de Santa Maria – RS coletadas durante as estações de verão e inverno de 2023. Como pode ser observado neste Quadro, sendo o valor positivo “+” equivalente à presença do presença do fungo *Sporobolomyces sp.*, os pontos do Bairro Nossa Senhora de Lourdes, localizado na entrada do supermercado Big, à rua Fernando Ferrari e do Bairro Centro, próximo ao Hospital de Caridade, apresentaram os menores índices de dióxido de carbono (CO₂) e dióxido de enxofre (SO₂). As imagens na Figura 3 são referentes às amostras dos locais com a presença do bioindicador, com setas vermelhas indicando as culturas deste.

Quadro 2 - Pontos do perímetro urbano de Santa Maria - RS

	Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3		
Repetição	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Ponto 1									
Ponto 2		+	+				+		
Ponto 3		+					+	+	
Ponto 4									

Fonte: Construção do Autor (2023)

Figura 3 – Imagens das colônias de *Sporobolomyces sp.* desenvolvidas em meio básico para fungos



Fonte: Construção do Autor (2023)

DISCUSSÃO

Os principais agentes responsáveis pela dispersão de poluição atmosférica são a velocidade do vento, a forma como o relevo e as construções barram ou intensificam os ventos, os movimentos atmosféricos, a temperatura atmosférica e a chuva, que age removendo os poluentes do ar através da adsorção (SANTOS et al, 2017). Além disso, as árvores e organismos fotossintéticos no geral atuam como mitigadores da poluição porque convertem o CO₂ em oxigênio.

No plano diretor da cidade de Santa Maria, a seção V (que dispõe da Política de estruturação, uso e mobilidade urbana), consta a intenção de promover o transporte público, visando diminuir a quantidade de veículos automotores individuais. Visa ainda, aumentar as oportunidades peatonais e cicloviárias, bem como “promover o tratamento urbanístico adequado nas vias e corredores da rede de transporte, de modo a proporcionar a segurança dos cidadãos e a preservação do patrimônio cultural”. Além disso, na seção I que dispõe sobre as áreas verdes e áreas livres, é posto como objetivo a manutenção e aumento destas, “melhorando sua proporção por habitante no Município, procurando atingir ou superar 16 m² per capita, valor preconizado pela Organização Mundial de Saúde - OMS”. Quanto à qualidade do ar, especificamente, consta apenas a implementação das diretrizes contidas no Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar. No referente à poluição causada pela queima de combustíveis, é colocado como solução “distribuir melhor os serviços e as oportunidades de desenvolvimento em todo o território e evitar deslocamentos desnecessários reduzindo custos, tempo e poluição ambiental” (SANTA MARIA, 2018).

Os resultados evidenciam que o plano diretor de Santa Maria falha em diversas questões referentes à qualidade do ar. O transporte individual por meio de carros ainda é intenso e a arborização é insuficiente para mitigar os efeitos da poluição até mesmo em bairros afastados do centro, como foi percebido no bairro São José, que não teve presença da levedura em nenhuma das coletas. Uma boa teoria para justificar a poluição do bairro é atribuí-la à atividade dos ventos, como mostrado por Valarini, et al. (2007) em um estudo que analisou o desenvolvimento de leveduras nas folhas de *Tabebuia sp.* e *Terminalia catappa* em duas cidades de São Paulo ao longo das estações do ano e em diferentes condições de urbanização. As colônias observadas também foram de *Sporobolomyces sp.* e foi pontuado que algumas áreas não tão próximas das áreas industrializadas tiveram pouco desenvolvimento de culturas, refletindo a capacidade do vento de carregar poluentes de um lugar para o outro. Os ventos de Santa Maria, como aferido por STRECK, et al. (1999) são direcionados predominantemente para o leste, com leve tendência o sudoeste, portanto, logo, os poluentes tendem a ser carregados nessas direções.

A arborização urbana, se corretamente implementada, pode atuar como descontaminante atmosférico (MOREIRA, 2010). As áreas verdes, além de trazerem benefícios à qualidade do ar, são importantes para a interceptação e infiltração da água da chuva, formação de barreira contra ruídos e excesso de luminosidade e alívio do calor, ainda podendo funcionar como corredor ecológico, auxiliando ecossistemas prejudicados pela antropização (SÃO PAULO, 2015). Um estudo feito por Rocha e Figueiró (2010) verificou que no bairro Centro, havia uma cobertura vegetal arbórea de apenas 8,23%, que em somatório ao grande tráfego de ônibus da região, resulta em uma grande concentração de poluentes, afetando os pedestres.

Um trabalho publicado pela Revista Transite (2017) verificou que os bairros de Belo Horizonte com maior vegetação apresentavam IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal maior do que os demais. Com as inconveniências de viver em meio à poluição dos

grandes centros, as parcelas mais privilegiadas da sociedade buscaram refúgio em condomínios privados com áreas arborizadas (ENTREMUNDO, 2015), mas essa tendência de urbanização com poucos focos isolados de vegetação é insuficiente para suprimir os efeitos dos gases poluentes liberados na atmosfera pela vida nas cidades. O bairro São José é o que se encontra na área com maior arborização em seus arredores, porém apresenta elevada poluição atmosférica.

É importante considerar que a concentração dos poluentes tem mudanças por sazonalidade, de maneira que a atmosfera é mais estável no inverno por conta da pressão exercida pelas massas polares, o que resulta em menos ventos. Ainda, por conta dessa estabilidade, as camadas de ar reduzem sua movimentação vertical e os poluentes ficam concentrados, com a dissipação dificultada (TORRES; MARTINS, 2005). Como as 3 coletas ocorreram entre o verão e outono, a tendência é de que os indicadores de qualidade atmosférica sejam ainda piores durante o inverno. Sartori (1984) explica que a condição topográfica da região da “boca do monte” (numa espécie de bacia) de Santa Maria, forma células de baixa pressão que trazem ventos extremamente quentes e secos no período entre janeiro e junho.

Quanto ao fluxo de ônibus, Rocha (2008) categorizou as ruas do bairro Centro de Santa Maria entre baixo e alto fluxo. Um dos maiores fluxos foi referente à rua Rio Branco, que é onde se encontra o Ponto 4 de coleta, onde não houve nenhum desenvolvimento da *Sporobolomyces sp.* Porém, a rua de maior fluxo foi a Avenida Presidente Vargas, que é muito próxima ao Ponto 3, cujos resultados aferiram uma das menores quantidades de poluentes entre todas as coletas. À primeira vista, pode parecer contraditório, mas isso pode ser atribuído à diversidade de fatores que compõem a qualidade do ar. As vias públicas próximas ao Ponto 3 apresentam condições de arborização relativamente boas, mas, ainda assim, determinar razões específicas do porquê esse local apresentou tais resultados exige estudos mais aprofundados.

CONCLUSÃO

Comparando os resultados obtidos com estudos anteriores na região, evidenciou-se a complexidade climatológica que ocorre na cidade de Santa Maria, de forma que o comportamento dos poluentes é de difícil previsibilidade. Para atribuir justificativas aos produtos da pesquisa, seria necessário prover de uma maior base de dados quanto ao comportamento dos ventos em cada ponto amostrado. Ainda, a arborização urbana pareceu insuficiente para mitigação geral dos poluentes, sendo pouco provável que os resultados positivos nos pontos 2 e 3 estejam relacionados com a condição arbórea nesses locais específicos. Contudo, os resultados gerais mostram o quanto o ar santamariense é poluído, pois entre 36 amostras apenas 6 apresentaram a presença do bioindicador, e os pontos que apresentaram não o fizeram de maneira consistente, mostrando que em alguns momentos do ano a qualidade do ar tende a piorar até mesmo nos locais menos poluídos. Uma reelaboração do Plano Diretor com maior detalhamento nas questões referentes à qualidade do ar, bem como o aumento na porcentagem de arborização das vias públicas e o investimento em meios de transporte sustentáveis são ações necessárias para que a qualidade de vida dos cidadãos melhore de forma considerável. Por mais que os bioindicadores não apresentem resultados precisos como fazem as estações de monitoramento de poluentes, usá-los ainda é importante porque enfatiza a estreita relação do ser humano com os outros seres vivos, bem como a necessidade de proteger a biodiversidade.

REFERÊNCIAS

BARSANO, Paulo Roberto; BARBOSA, Rildo Pereira; VIANA, Viviane Japiassú. **Poluição ambiental e saúde pública**. São Paulo: Erica, 2013.

BRENA, Nilson Antonio. **A chuva Ácida e os seus Efeitos sobre as Florestas**. São Paulo: N. A. Brena, 2002. 74 p.

DETRAN. **FROTA EM CIRCULAÇÃO NO RS**. SECRETARIA DA SEGURANÇA PÚBLICA DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO, 2023. Disponível em: <https://admin.detran.rs.gov.br/upload/arquivos/202304/26102523-01-frota-do-rs.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2023.

DAVOLI, Poalo; WEBER, Roland W.s.. **Carotenoid pigments from the red mirror yeast, *Sporobolomyces roseus***. Mycologist, [S.L.], v. 16, n. 03, p. 102-108, ago. 2002. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1017/s0269915x02001027>.

DOWDING, P.; PEACOCK, J. **The use of leaf surface inhabiting yeasts as monitors of air pollution by sulphur dioxide**. In: JEFFREY, D.W.; MADDEN, B. (Ed.). Bioindicators and environmental management. London: Academic Press, 1991. p.322-342.

EMBRAPA. **Leveduras como indicadoras de poluição do ar**. 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17953919/leveduras-como-indicadoras-de-poluicao-do-ar> . Acesso em: 10 ago. 2022.

ENTREMUNDO - UM DIA NO BAIRRO MAIS DESIGUAL DO MUNDO. Direção de Thiago B. Mendonça e Renata Jardim. São Paulo: Memória Viva, 2015. Son., color.

INMET. **Normais climatológicas**. 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

JOINT GENOME INSTITUTE. MycoCosm. ***Sporobolomyces roseus* v1.0**. [S.l.]. University of California, 2023. Disponível em: <https://mycocosm.jgi.doe.gov/Sporo1/Sporo1.home.html>. Acesso em: 10 jan. 2023.

KOT, Anna M.; KIELISZEK, Marek; PIWOWAREK, Kamil; BIAŚEJAK, Stanisław; MUSSAGY, Cassamo Ussemane. ***Sporobolomyces* and *Sporidiobolus* – non-conventional yeasts for use in industries**. Fungal Biology Reviews, [S.L.], v. 37, p. 41-58, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbr.2021.06.001>.

LÖBLER, C. A., Scoti, A. A. V., & Werlang, M. K. (2015). **Contribution to the delineation of Pampa and Atlantic Forest biomes in Santa Maria, RS**. Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental, 19(2), 1250–1257. <https://doi.org/10.5902/2236117016038>

MELLER, Guilherme S.; OLIVEIRA, Karina F.; STEIN, Ronei T.; et al. **Controle da Poluição**. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

MOREIRA, T. C. L. **Interação da vegetação arbórea e poluição atmosférica na cidade de São Paulo**. 2010. 81 fls. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2010. Disponível em: . Acesso em: 30 out. 2022.

NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY. CARBON DIOXIDE 101. Disponível em: <https://www.netl.doe.gov/coal/carbon-storage/faqs/carbon-dioxide-101>. Acesso em: 02 dez. 2022.

NEOGEN. EXTRATO MALTE – MALT EXTRACT (7341). Lansing: 2009. Disponível em: https://www.neogen.com/globalassets/pim/assets/original/10000/7341_pt_pi.pdf. Acesso em: 04 dez. 2022.

ONU. **Relatório do IPCC/ONU: novos cenários climáticos**. Paris: Iniciativa da Ecolatina, 2007. Versão em português. Disponível em: http://fmclimaticas.org.br/wp-content/uploads/2014/03/IPCC-contribui_es-do-G.-I-ao-4-relat_rio-A-base-da-Ciencia-F_sica.pdf. Acesso em: 28 nov. 2022.

REVISTA TRANSITE. **BH vista de cima**. 2017. Disponível em: <https://transite.fafich.ufmg.br/idh-bairros-de-belo-horizonte/>. Acesso em: 14 out. 2022.

ROCHA, José Renato; FIGUEIRÓ, Adriano Severo. **POLUIÇÃO DO AR NO BAIRRO CENTRO DE SANTA MARIA/RS: variáveis geourbanas e geoecológicas**. Mercator, [S.L.], v. 09, n. 18, p. 105-120, 30 maio 2010. Mercator - Revista de Geografia da UFC. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2010.0918.0009>.

STRECK, N. A. ; HELDWEIN, Arno Bernardo ; SPOHR, R. B. ; SANDRI, M. A. . **ESTUDO DA DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO EM SANTA MARIA, RS**. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1999, Florianópolis.. Anais do XI congresso Brasileiro de Agrometeorologia.. Florianópolis.: EPAGRI, 1999. p. 1432-1437.

SÃO PAULO. **Manual Técnico de Arborização Urbana**. São Paulo: Prefeitura de SP, 2015, 122 p.

SANTOS, Ana Silvia P.; JUNIOR, Alfredo A. O. **Engenharia e Meio Ambiente - Aspectos Conceituais e Práticos**. Rio de Janeiro: Ltc, 2021.

SANTOS, Marco Aurélio. **Poluição do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Ltc, 2017.

SANTA MARIA. **Lei complementar n. 118, de 26 de julho de 2018**. Dispõe Sobre a Política de Desenvolvimento Sustentável e Sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Territorial do Município de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2018. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-santa-maria-rs>. Acesso em: 04 dez. 2022.

SARTORI, M. da G. **Consideração sobre a ventilação nas cidades e sua importância no planejamento urbano**. Ciência e Natura. Santa Maria, 6, p.59-74, 1984.

SARTORI, M. G. B. **O Clima de Santa Maria: do regional ao Urbano**. Dissertação de Mestrado, Dep. de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979. 169 p.

SCHULTZ, Alarich. **Introdução à botânica sistemática**. 6. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990.

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira; MARTINS, Luiz Alberto. **FATORES QUE INFLUENCIAM NA CONCENTRAÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL NA CIDADE DE JUIZ DE FORA (MG)**. Caminhos de Geografia [online] v. 4, n. 16, p. 23-39, out. 2005. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>. Acesso em: 09 out. 2022.

VALÉRIO, Diego Augusto; TRES, Andressa; TETTO, Alexandre França; SOARES, Ronaldo Viana; WENDLING, William Thomaz. **CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL SEGUNDO O SISTEMA DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE**. Ciência Florestal, [S.L.], v. 28, n. 4, p. 1776-1788, 16 dez. 2018. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509835337>.

VALARINI, G.A.; MELO, I.S.; VALARINI, M.J.; VALARINI, P.J. **Leaf yeasts as bioindicators of air pollution in southeastern Brazil**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 10., 2007, Kos Island. Proceedings. [S.l.]: Global NEST: University of the Aegean, 2007. p.863-867.