

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE SAÚDE COLETIVA

Análise estatística e espacial da distribuição e viabilidade do gênero *Canoparmelia* spp. como bioindicador de poluição atmosférica

Felipe Trevisan de Almeida

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Saúde Coletiva, da Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção do grau de Bacharel em Saúde Coletiva.

Uberlândia - MG

Agosto - 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE SAÚDE COLETIVA

Análise estatística e espacial da distribuição e viabilidade do gênero *Canoparmelia* spp. como bioindicador de poluição atmosférica

Felipe Trevisan de Almeida

Boscolli Pereira Barbosa

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Saúde Coletiva, da Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção do grau de Bacharel em Saúde Coletiva.

Uberlândia - MG

Agosto - 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE SAÚDE COLETIVA

Análise estatística e espacial da distribuição e viabilidade do gênero *Canoparmelia* spp. como bioindicador de poluição atmosférica

Felipe Trevisan de Almeida

Dr. Boscolli Pereira Barbosa
Universidade Federal De Uberlândia

Homologado pela Coordenação do Curso de Saúde coletiva,
em ____/____/____

Vivianne Peixoto da Silva

Uberlândia - MG
Agosto - 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE SAÚDE COLETIVA

Análise estatística e espacial da distribuição e viabilidade do gênero *Canoparmelia* spp. como bioindicador de poluição atmosférica

Felipe Trevisan de Almeida

Aprovado pela Banca Examinadora ___ / ___ / ___.

Nota: _____

Prof. Dr. Boscolli Pereira Barbosa - UFU

Uberlândia, 30 de Agosto de 2023.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Emerson Marcos e Rosângela Maria, que sempre me deram todo o apoio e o suporte, desde o momento da escolha de carreira, e por tanto me incentivarem a seguir meus sonhos.

Também ao meu irmão, Fernando Trevisan; aos colegas de curso como Gabriel Sousa, e pessoas maravilhosas que me ajudaram com tudo que foi necessário durante essa pesquisa, e à Giovanna M. que tanto me somou durante a graduação além de me dar um puxão à realidade.

Ao meu amigo, professor e orientador, Boscolli Barbosa, meu profundo agradecimento, pela paz que foi transmitida, pelo esforço, pela vontade em querer minha formação, pela paciência e pela disponibilidade em tudo que precisei.

Também ao meu mestre e amigo, Eunir Augusto, por me orientar durante meu percurso acadêmico desde o estágio, se tornar um amigo de longa data, me apoiando e mostrando o caminho.

E, por fim, às pessoas com quem convivi ao longo desses anos de curso, mesmo os que já desistiram da graduação, por permitirem que essa caminhada fosse mais leve e alegre e à Universidade Federal de Uberlândia, por permitir tamanha experiência na minha vida. Gratidão a todos vocês.

RESUMO

A frota veicular destaca-se como uma das principais fontes difusas de poluição atmosférica nas cidades, sendo responsável pela emissão de gases e poluentes no ar, a partir da combustão de combustíveis fósseis, que causam prejuízos ao ambiente e à saúde das populações expostas. Nesse contexto, considerando a importância de mensurar a atividade poluidora e monitorar o quanto seus efeitos impactam o ambiente, foi feito um estudo de bioindicação, com a finalidade de avaliar a viabilidade do gênero *Canoparmelia* spp. como bioindicador de poluição atmosférica. Para tanto, foi realizado levantamento da distribuição e cobertura liquênica em árvores da espécie *Mangifera indica* em um parque municipal localizado às margens de uma rodovia federal. Para realização das análises estatísticas e geoespaciais, o levantamento em campo foi realizado de maneira a considerar três diferentes áreas do parque, sendo uma mais próxima às margens da BR - 050; outra no centro do parque e, por fim, a terceira área foi delimitada no interior de um parque infantil, sendo o ponto mais distante da rodovia. Os resultados de comparação das áreas e das respectivas coberturas liquênicas entre si via ANOVA, Tukey mostraram sensibilidade do gênero em bioindicar ambientes impactados pela poluição atmosférica. Os resultados da análise geoespacial também confirmam que a maior distribuição de líquens corresponde às áreas mais preservadas. A partir dos resultados, foi possível confirmar a hipótese que a cobertura liquênica diminuiu nas áreas mais próximas das fontes de emissão de poluentes atmosféricos tanto pelo modelo estatístico quanto pela análise geoespacial.

Palavras-chave: Poluição do ar; Biomonitoramento; Bioindicadores; Líquens.

ABSTRACT

The vehicle fleet stands out as one of the main diffuse sources of atmospheric pollution in cities, being responsible for the emission of gases and pollutants into the air from the combustion of fossil fuels, which cause harm to the environment and the health of exposed populations. In this context, considering the importance of measuring the polluting activity and monitoring how its effects impact the environment, a biointegration study was conducted to assess the viability of the genus *Canoparmelia* spp. as a bioindicator of atmospheric pollution. To this end, a survey of lichen distribution and coverage on trees of the species *Mangifera indica* was carried out in a municipal park located alongside a federal highway. For the execution of statistical and geospatial analyses, the field survey was conducted in a way that considered three different zones of the park: one closer to the edges of BR - 050; another in the center of the park; and finally, the third zone was delimited within a playground, being the point farthest from the highway. The results of the comparison of areas and their respective lichen coverages through ANOVA, Tukey showed the sensitivity of the genus to bioindicate environments impacted by atmospheric pollution. The results of the geospatial analysis also confirm that the greater distribution of lichens corresponds to the more preserved areas. Based on the results, it was possible to confirm the hypothesis that lichen coverage decreased in the zones closer to the sources of atmospheric pollutants, both through the statistical model and the geospatial analysis.

Keywords: Air Pollution; Biomonitoring; Bioindicators; Lichens.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1 LOCAL DE ESTUDO	11
2.2 AVALIAÇÃO DA COBERTURA LIQUÊNICA.....	12
2.3 ANÁLISE GEOESPACIAL E ESTATÍSTICA.....	14
2.4 ÉTICA EM PESQUISA	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4. CONCLUSÕES.....	20
REFERÊNCIAS	20

INTRODUÇÃO

Atualmente uma das preocupações mundiais envolve tanto a saúde das pessoas quanto dos ecossistemas, que vêm se deteriorando com o passar do tempo devido às múltiplas ações antrópicas no mundo. Esses acontecimentos se intensificaram ainda mais nas últimas décadas devido ao uso irracional dos recursos naturais e dos modos de produção e consumo, como, por exemplo, na dinâmica de uso dos combustíveis fósseis associados a modelos de mobilidade urbana pouco sustentáveis (Dapper, *et al.*, 2016).

No Brasil, a crescente utilização do transporte terrestre se deu pelo incentivo na infraestrutura da modalidade rodoviária que, em busca de capacitação estrutural, situou como alvos setoriais relevantes a indústria do petróleo e a montagem de veículos automotores durante o Plano de Metas no governo de Juscelino Kubitschek (Lessa, 2009). Desde então, o aumento da frota veicular foi intensificado com o passar dos anos, também, devido à crescente urbanização, à precarização e ineficiência do transporte coletivo e ao estímulo à aquisição de veículos individuais, resultando em muitos carros nas ruas, mas com poucos passageiros no interior dos veículos.

De acordo com dados da Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN, 2023), em junho de 2023, constatou-se uma frota nacional de 116.999.382 veículos, incluídos na categoria de leves (automóveis, utilitários esportivos, SUVs e caminhonetes), pesados (micro-ônibus, tratores, caminhões, carretas, ônibus) e motocicletas, sendo uma quantidade total elevada de automotivos.

Esses veículos são movidos por diferentes tipos de energia, incluindo a modalidade elétrica, mas como citado anteriormente, combustíveis e biocombustíveis são predominantes. Assim, ainda é muito popular o uso de combustíveis fósseis nos veículos automotivos, os quais são responsáveis pela emissão dos principais gases poluentes, dentre esses podemos citar: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), material particulado (MP), aldeídos (CHO), óxidos de enxofre (SO_x), compostos de chumbo (Pb) e o dióxido de carbono (CO₂), todos contribuintes também para o efeito estufa. (PROCONVE, 2010).

Estes agentes xenobióticos possuem propriedades físico-químicas que interagem com os ecossistemas de maneira complexa e faz com que o monitoramento de suas vias de introdução e contaminação seja essencial para mensurar os efeitos tanto no meio ambiente quanto para a saúde das pessoas (Oliveira *et al.* 2023).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 1990), a poluição atmosférica pode ser definida como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que tornem o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e à qualidade de vida da comunidade.

Nesse sentido, a exposição crônica ao material particulado proveniente das emissões atmosféricas pode intensificar o aumento de doenças cardiovasculares e respiratórias nas populações (Fernandes, 2017). Exemplos de efeitos de exposição são: problemas oculares, asma, diabetes, miocardiopatias, arritmias, doenças cardiovasculares e problemas respiratórios. Em estudos de longa duração foram verificadas associações positivas entre poluição atmosférica e desfechos de natureza crônica, como baixo peso ao nascer, aborto e câncer (Pereira; Limongi, 2015).

Embora o monitoramento de parâmetros físico-químicos seja prioritário, é cabível e útil que parâmetros biológicos complementem este tipo de análise. Nesse sentido, a seleção e emprego de bioindicadores pode ser uma alternativa para verificar alterações ambientais que podem ser possivelmente prevenidas, minimizadas ou mitigadas ao se compreender de que maneira os contaminantes afetam os modelos biológicos (Guarino *et al.*, 2021).

Os líquens são seres resultantes da associação simbiótica mutualística de fungos (micobionte) e uma ou mais algas (fotobionte). Os líquens estão presentes em vários substratos superficiais, como árvores, rochas, folhas e solo; possuem uma estrutura corporal simples que permite uma absorção rápida dos componentes do ambiente, sendo uma das alternativas para estudos voltados à qualidade do ar, solo e outros. Quando o ambiente possui concentrações elevadas de poluentes, o líquen tende a morrer devido à quebra do balanço vital entre os simbiontes que o constituem (Boschilia, 2001).

Calcula-se que existam 13.500 espécies (aproximadamente 600 gêneros) de fungos liquenizados, correspondendo a 20% dos fungos conhecidos. A grande maioria (98%) dos fungos liquênicos é de Ascomycetes e 46% desses são liquenizados (Honda, 1998). Quanto aos tipos morfológicos, os líquens apresentam-se como fruticosos, folhosos e crostosos, sendo o primeiro tipo o mais sensível à poluição. Dado isso, é possível usar líquens como bioindicadores para mensuração dos efeitos negativos da poluição. Um exemplo disso é o monitoramento da cobertura liquênica de líquens folhosos como método de avaliação de contaminação e poluição (Moreira, *et al.* 2017).

O presente estudo testou a hipótese de que a cobertura líquênica em árvores mais próximas a locais com maior concentração de poluentes atmosféricos tende a ser menor quando comparada a locais com menor exposição à poluição do ar. Nessa direção, o objetivo do trabalho foi avaliar: (i) a viabilidade do gênero *Canoparmelia* spp. como bioindicador de poluição e (ii) a sensibilidade da associação de modelos analíticos estatísticos e geoespaciais.

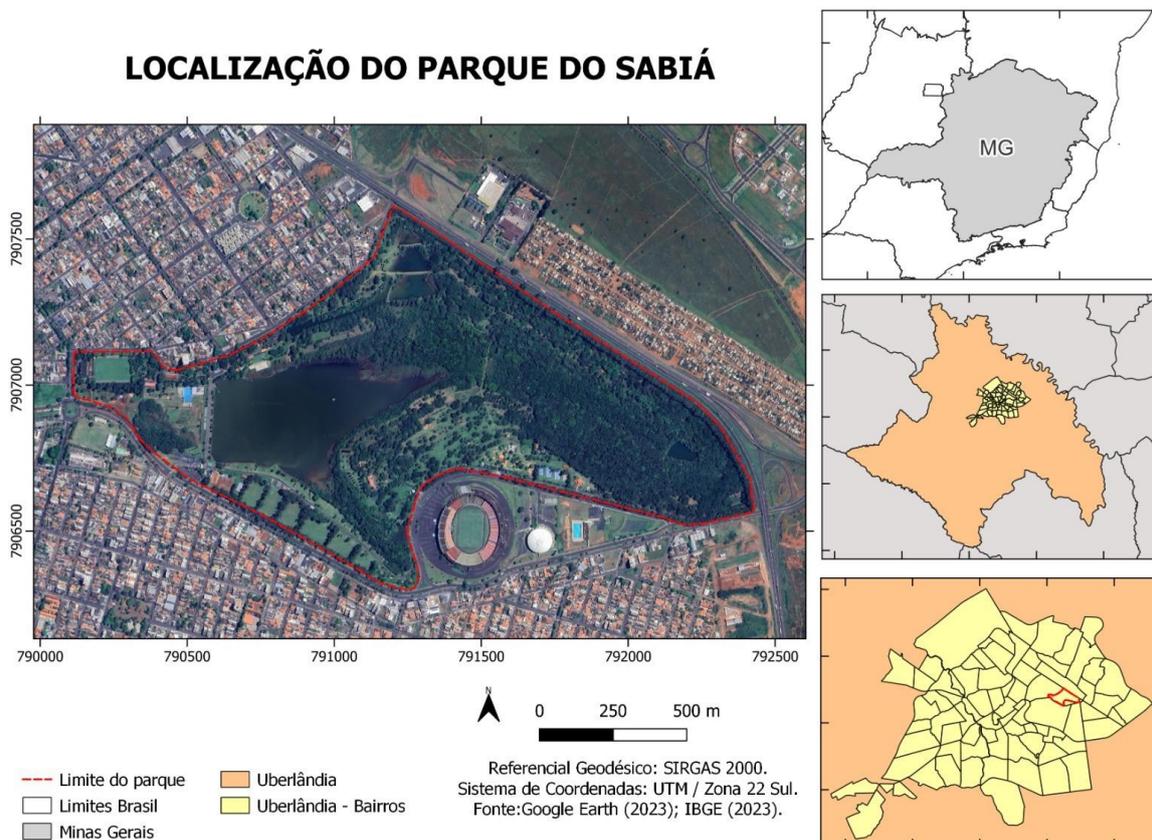
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE ESTUDO

O local de realização da pesquisa foi o Parque do Sabiá, localizado no município de Uberlândia, na região do Triângulo Mineiro, Estado de Minas Gerais (Figura 1).

O parque é caracterizado por ser um ponto turístico de Uberlândia, possui uma área extensa e oferece várias atividades de lazer e esporte, contato com natureza, zoológico, represas, aquário e outros atrativos.

Figura 1. Representação da localização do Parque do Sabiá no município de Uberlândia, Minas Gerais.

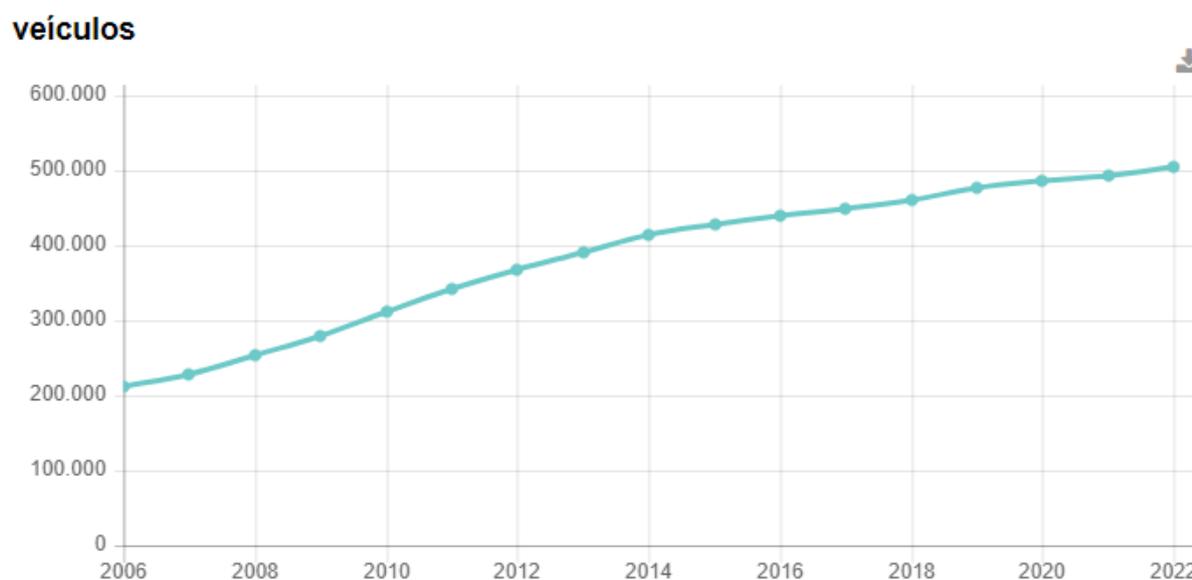


Fonte: o autor (2023).

A pesquisa em campo ocorreu por meio de visitas ao Parque do Sabiá em sete dias durante a estação seca (junho e julho de 2023). Foram definidas três áreas para avaliação da cobertura liquênica no Parque do Sabiá, (P1, P2 e P3), com base nos diferentes níveis de exposição à poluição atmosférica, de forma que a área 2 (P2) denominada “centro do parque” foi considerada local de referência (menor exposição e maior preservação ambiental) e as áreas 1 (P1) e 3 (P3) denominadas “parque infantil” e “zoológico”, respectivamente, foram consideradas locais de avaliação por estarem próximas das vias rodoviárias (BR - 050) e urbanas (Av. Anselmo Alves dos Santos) de tráfego de veículos.

Sobre o tráfego veicular diário na cidade de Uberlândia, estima-se que circule 505.598 mil veículos, sendo uma grande frota composto dos variados tipos de modelo e função (SENATRAN 2022).

Figura 2. Série histórica da frota veicular em Uberlândia



Fonte: Ministério da Infraestrutura, SENATRAN - Secretaria Nacional de Trânsito - 2022

2.2 AVALIAÇÃO DA COBERTURA LIQUÊNICA

Foi avaliada a cobertura liquênica do gênero *Canoparmelia* spp. em árvores (mangueiras) da espécie *Mangifera indica* nas três áreas de investigação.

A utilização do gênero de líquen se deu pelo fato de ser uma espécie do tipo folhosa, com média susceptibilidade à poluição atmosférica, sendo mais resistente que o tipo fruticoso e mais sensível que o tipo crostoso.

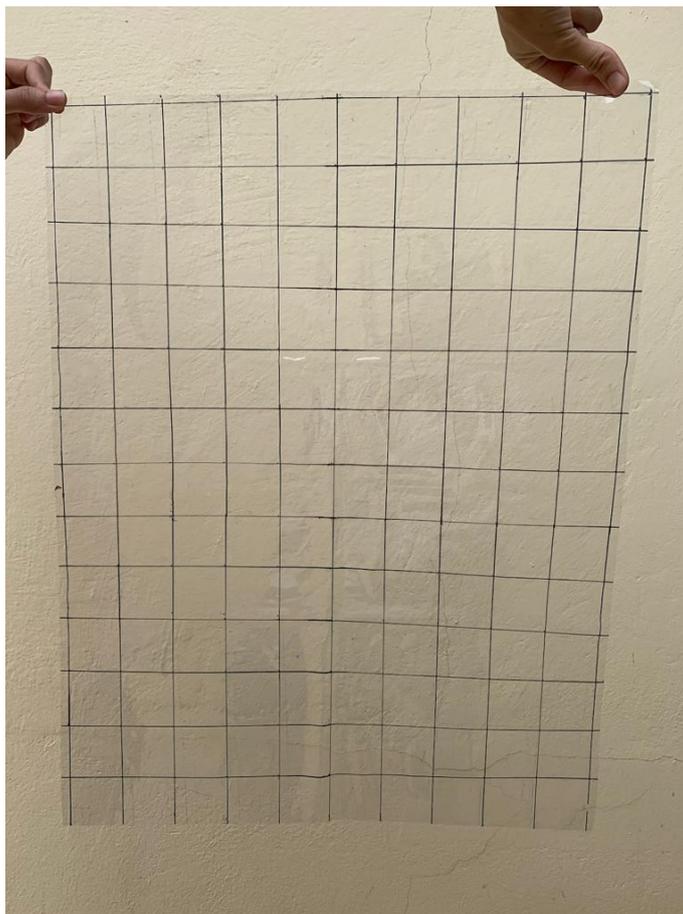
Figura 3. Líquen do gênero *Canoparmelia* spp em tronco de árvore da espécie *Mangifera indica* (mangueira).



Fonte: o autor (2023).

Foram coletados dados a respeito da cobertura de líquens encontrados na superfície do tronco das $n = 233$ árvores analisadas, utilizando uma rede com 133 quadrados (quadrantes), sendo 13 quadrantes de largura e 10 quadrantes de altura, cada um destes com 5cm de altura e largura demonstrado na Figura 3.

Figura 4. Rede quadriculada utilizada para contagem de quadrantes



Fonte: o autor (2023).

As medições da cobertura líquênica foram realizadas em seções do tronco com altura mínima de 1,10m e máxima de até 1,90m em árvores com circunferência maior que 1,50m de diâmetro.

2.3 ANÁLISE GEOESPACIAL E ESTATÍSTICA

Cada árvore amostrada foi georreferenciada a fim de permitir a comparação geoespacial da cobertura líquênica entre os três pontos. A partir das informações geoespaciais coletadas foram produzidos dois mapas, utilizando o software QGIS, sendo que o primeiro enfatiza a distribuição das árvores com a respectiva cobertura líquênica, enquanto o segundo mapa dá ênfase à distribuição da cobertura líquênica total.

Para análise estatística foi utilizado o teste ANOVA (Análise de Variância), seguido do teste TUKEY. Complementarmente, foi realizada análise de regressão logarítmica para analisar

a significância da relação entre distância do tráfego x cobertura líquênica. Para todas as análises, foi adotado o nível de confiança de $P < 0,05$.

2.4 ÉTICA EM PESQUISA

Em conformidade às determinações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, que tratam dos preceitos éticos da pesquisa em saúde, não se fez necessário submeter o presente projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa por tratar-se de estudo realizado utilizando informações de pesquisa de campo realizada pelo próprio autor em local público.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações coletadas estão sumarizadas na tabela 1. Conforme pode ser observado, a cobertura líquênica nas mangueiras localizadas nas áreas mais distantes das vias de tráfego urbano e rodoviário apresentou porcentagem maior quando comparada às áreas mais expostas à poluição atmosférica.

Tabela 1. Dados relacionados à cobertura líquênica das árvores avaliadas.

Áreas	N.º de árvores	Cobertura líquênica (quadrantes)	Cobertura líquênica (%)
Parque infantil (P1)	93	15,62	12,02%
Centro do parque (P2)	35	17,17	13,22%
Zoológico (P3)	105	6,05	4,65%
Total:	233	11,54	8,88%

Os resultados apresentados na tabela 1 foram analisados a partir de dois modelos analíticos. O primeiro modelo considerou comparar os três locais quanto ao parâmetro cobertura líquênica, já o segundo modelo priorizou avaliar a relação total entre distância da fonte poluidora e cobertura líquênica nas amostras investigadas.

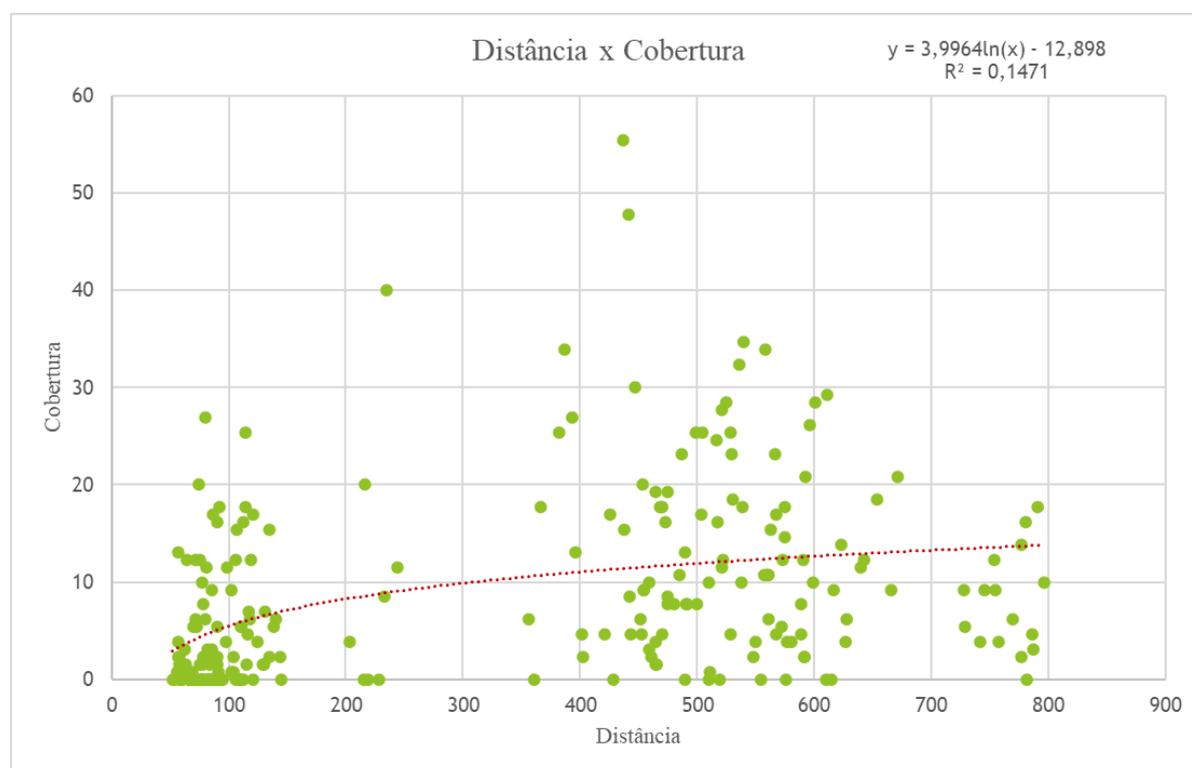
Considerando o primeiro modelo de análise, o teste ANOVA retornou um f com valor de 22,01612 e $p < 0,00001$, confirmando haver diferença entre as áreas quanto à cobertura líquênica. O teste de TUKEY apontou a diferença entre os grupos, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Comparação múltipla entre os locais.

Comparações em pares		HSD.0,05 = 4.8930	Q.0,05 = 3.3361
		HSD.0,01 = 6.1036	Q.0,01 = 4.1615
P1:P2	M1 = 15,62 M2 = 17,17	1,55	Q = 1,06 (p = 0,73625)
P1:P3	M1 = 15,62 M3 = 6,06	9,57	Q = 6,52 (p = 0,00002)
P2:P3	M2 = 17,17 M3 = 6,06	11.11	Q = 7,58 (p = 0,00000)

Parque infantil (P1); Centro do parque (P2) e Zoológico (P3).

Tendo em vista o segundo modelo analítico, a análise de regressão retornou uma força relativa $R^2 = 0,1471$, proveniente da tendência logarítmica, que demonstra relação pouco significativa (Figura 5) entre a distância da fonte poluidora e cobertura líquênica, considerando a totalidade das amostras investigadas, sem segregar as áreas.

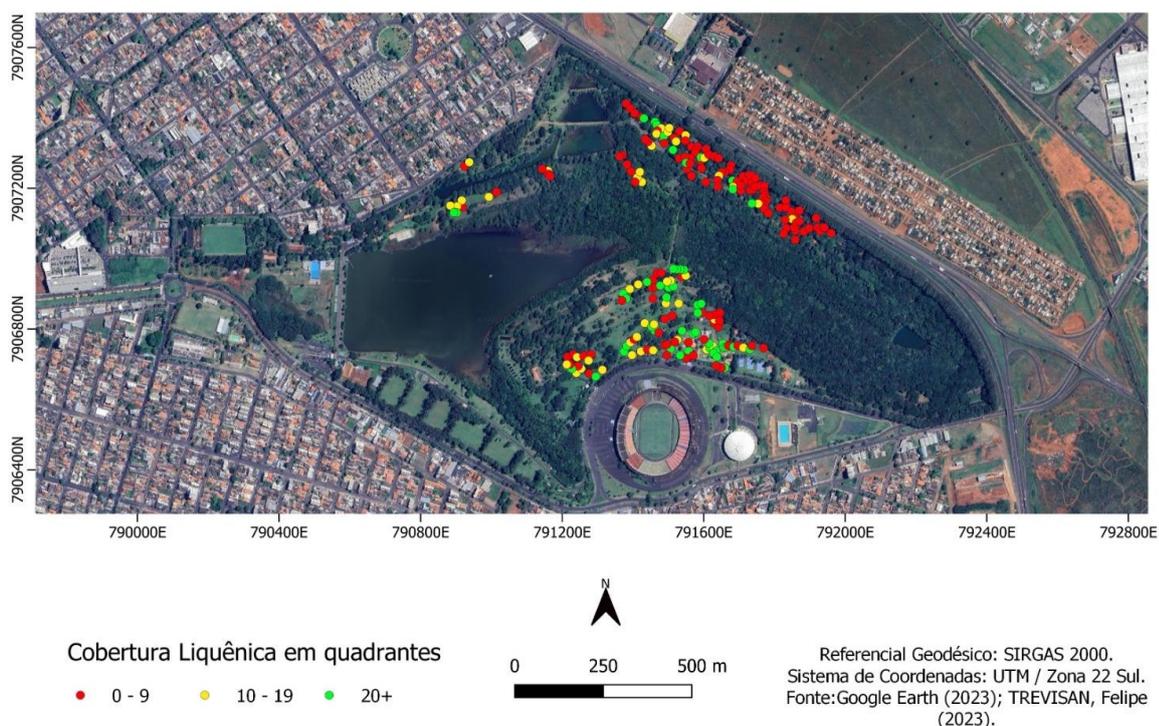
Figura 5. Representação da análise de regressão logarítmica

Fonte: o autor (2023).

Ao compararmos os dois modelos analíticos é perceptível que a análise de regressão não tem sensibilidade suficiente para responder ao objetivo da pesquisa. Dessa maneira, a análise realizada pelo primeiro modelo, considerando a comparação entre as áreas do parque, mostrou ser mais adequada a estudos de bioindicação. Essa percepção é confirmada com a análise geoespacial, em que também foram adotados dois modelos de representação da distribuição da cobertura liquênica.

No primeiro modelo (Figura 5), a análise considerou a distribuição dos pontos conforme as classes de baixa, média e alta cobertura em quadrantes. Esse modelo permitiu a diferenciação visual das áreas com menor cobertura liquênica, confirmando o resultado encontrado no primeiro modelo estatístico.

Figura 6. Distribuição dos pontos analisados em relação à cobertura em quadrantes.

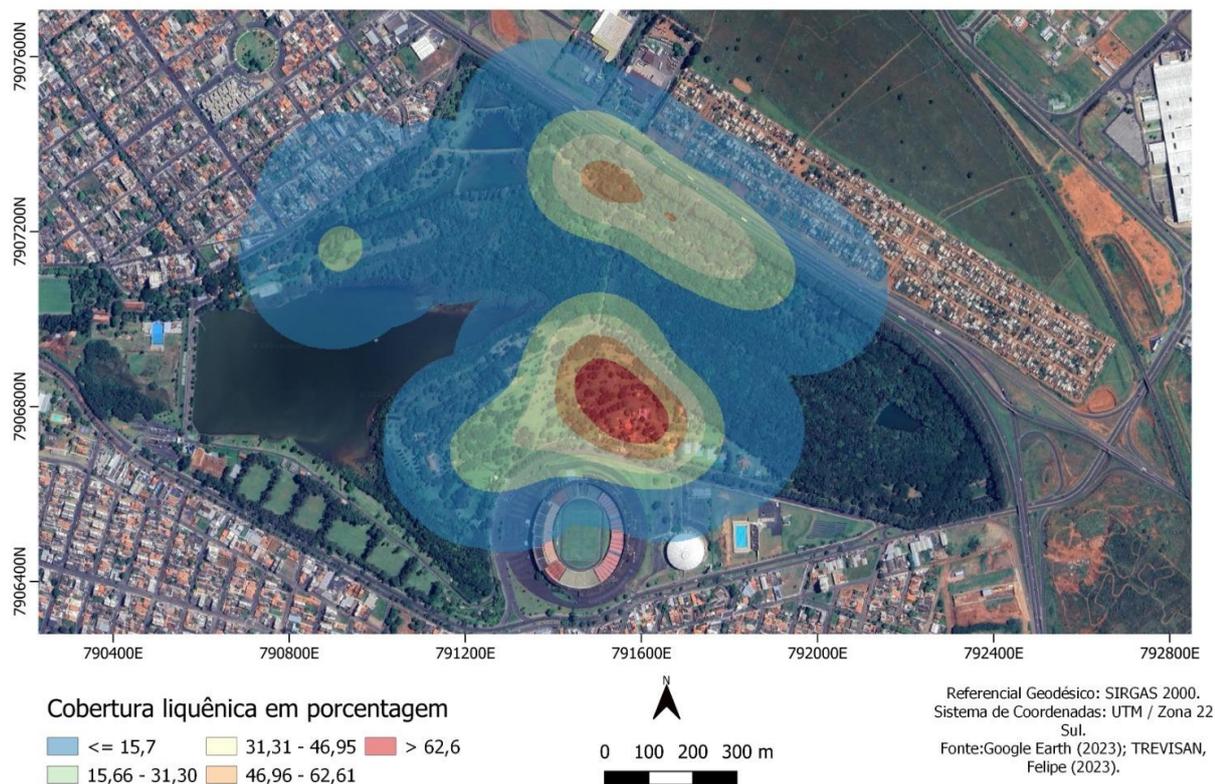


Fonte: o autor (2023).

O segundo modelo de representação geoespacial adotou a técnica de mapa de calor para distribuir a variável densidade da cobertura liquênica no Parque do Sabiá sem segmentação por áreas (Figura 7). Este modelo confirma a hipótese de que há maior densidade de cobertura liquênica em áreas menos expostas à poluição atmosférica.

As áreas com a cor mais intensa (vermelho) representam locais com maior revestimento liquênico nos troncos das árvores. Essa característica é percebida principalmente na área 1 e área 2, que ficam distantes das vias de tráfego urbano e rodoviário.

Figura 7. Distribuição da densidade da cobertura liquênica no local de estudo.



Fonte: o autor (2023).

Embora não haja na literatura científica trabalhos da mesma natureza que o presente estudo, limitando a análise comparativa (Rodrigues *et al.*, 2023), é possível verificar resultados e tendências semelhantes quanto à sensibilidade e viabilidade do uso de líquens como bioindicadores da qualidade ambiental quanto aos efeitos da poluição atmosférica (Corre-Ochoa *et al.*, 2020; Massini *et al.*, 2021).

Em geral, os líquens tendem a ser impactados pela poluição do meio, reduzindo sua cobertura nos substratos arbóreos. Com relação aos modelos metodológicos, outros trabalhos analisaram uma variedade maior de tipos e espécies de líquens e de árvores (Costa *et al.*, 2023), mas as fontes de poluição analisadas foram em sua maioria oriundas de causa antrópica, principalmente em decorrência do alto tráfego de veículos em ambientes urbanos.

No que diz respeito às técnicas e parâmetros de análise de cobertura, Oliveira *et al.* (2020) compararam a variedade de espécies entre locais diferentemente impactados pela poluição atmosférica, enquanto Martins *et al.* (2008) quantificaram e compararam a cobertura em diferentes áreas.

Costa e Mineo (2013) utilizaram modelos estatísticos para comparação múltipla de frequências absolutas e relativas de líquens em diferentes locais de monitoramento ambiental. Mota *et al.* (2020) também avaliaram a cobertura de líquens, mas de forma associada à análise de bioacumulação de poluentes, o que de forma complementar a esta natureza de estudo, traria uma excelente contribuição aos modelos estatísticos. Entretanto, pouquíssimos trabalhos utilizaram de outros modelos de representação geoespacial, representando em imagens apenas o local de estudo.

Além disso em relação a políticas de preservação da natureza, é necessária uma revisão dos parâmetros de poluição que já são estabelecidos e uma acentuação na fiscalização do órgãos competentes no que diz a limites de liberação de poluição atmosférica de frota automotiva.

4. CONCLUSÕES

Com relação ao uso combinado das análises ecotoxicológicas, estatística e geoespacial, é possível concluir que a integração de ferramentas analíticas confere maior significância, robustez e confiabilidade ao resultado obtido.

Ainda que o presente trabalho tenha limitações quanto ao número de árvores levantadas e à ausência de análises de bioacumulação, é possível inferir que o nível de poluição nas proximidades das vias urbanas e rodoviárias de tráfego veicular influencia negativamente a cobertura líquênica nas árvores.

Dessa forma, é possível reafirmar que o emprego de líquens como bioindicadores consiste em um modelo de análise da qualidade ambiental eficiente e de baixo custo, com importância para embasar políticas na área de infraestrutura, saúde pública e ambiental, com vistas ao monitoramento, preservação e mitigação de áreas acometidas por poluição atmosférica.

REFERÊNCIAS

BOSCHILIA, C. **Minimanual compacto de biologia: teoria e prática**. São Paulo: Rideel, 2001.

BRASIL. **Resolução nº 01, de 08 de março de 1990**. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA): Estabelece padrões de qualidade do ar. Brasília: D.O.U., 2 abr. 1990.

CORREA-OCHOA, M.A.; VÉLEZ-MONSALVE, L.C.; SALDARRIAGA-MOLINA, J.C.; JARAMILLO-CIRO, M.M. Evaluation of the Index of Atmospheric Purity in an American tropical valley through the sampling of corticolous lichens in different phorophyte species, **Ecological Indicators**, v. 115, 2020.

COSTA, W. R. **Os líquens como bioindicadores de poluição atmosférica no município de uberaba, minas gerais.** *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v.13, n.13, p.2690–2700. 2013.

COSTA, W. R.; DUARTE, A. T.; RIVANI, H.; DA SILVA, S. R. ; ZANELATTO, A. M. Biomonitoramento da qualidade do ar do município de Uberaba/MG utilizando líquens como bioindicadores. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, 2023.

DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v.30, p. 83-97. 2016.

FERNANDES, A. R. **Análise da qualidade do ar e preocupações com a saúde.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2017.

GUARINO, F.; IMPROTA, G.; TRIASSI, M.; CASTIGLIONE, S.; CICALTELLI, A. Air quality biomonitoring through *Olea europaea* L.: The study case of “Land of pyres”. **Chemosphere**, v.282, 131052. 2021.

HONDA, N. K.; VILEGAS, W. A química dos líquens. **Química Nova**, v.22, n.1, p.110–125. 1999.

LESSA C. Infraestrutura e logística no Brasil. In: CARDOSO JR., J. C. **Desafios ao desenvolvimento brasileiro: contribuições do conselho de orientação do Ipea.** Livro 1. Brasília, 2009.

LIMA, R. A. de.; ARAÚJO, E. L. M. de. Overview of research on air quality monitoring using biomonitors. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 12, n. 6, p. e15812642162. 2023.

MARTINS, S. M. de A.; KÄFFER, M. I.; LEMOS, A. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoeletrônica, Rio Grande do Sul, Brasil. **Hoehnea**, v.35, n.3, pp.425–433. 2008.

MASSIMI, L.; CASTELLANI, F.; PROTANO, C.; CONTI, M.E.; ANTONUCCI, A.; FREZZINI, M.A.; GALLETTI, M.; MELE, G.; PILERI, A.; RISTORINI, M.; VITALI, M.; CANEPARI, S. Lichen transplants for high spatial resolution biomonitoring of Persistent Organic Pollutants (POPs) in a multi-source polluted area of Central Italy, **Ecological Indicators**, v. 120, 106921, 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. [Antigo.mma.gov.br](https://antigo.mma.gov.br). **Poluentes Atmosféricos.** Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos.html>>. Acesso em: 7 ago. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa de controle de poluição do ar por veículos automotores.** 2010. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/proconve_163.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa Nacional Ar Puro.** Brasília - 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/agendaambientalurbana/ar-puro/programa_nacional-ar-puro.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2023.

MOREIRA, F. D. et al. **Uso de líquens como bioindicadores da qualidade do ar em centro urbano, Juiz de Fora, MG.** 6º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade (20 a 23 de junho 2017). Disponível em: <file:///E:/Downloads/MOREIRA_FERNANDA_88%20(3).pdf>. Acesso em: 17 ago. 2023.

MOTA, L. M. **Sensibilidade de líquens do gênero Usnea à poluição atmosférica em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.** [livro eletrônico] Vários autores. Uberlândia, MG: Editora Colab, 2020. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/230312597.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2023.

NATIONAL GEOGRAPHIC. Nationalgeographicbrasil. 2023. **OMS alerta sobre poluição atmosférica: 99% da população mundial respira ar insalubre.** Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2023/05/oms-alerta-sobre-poluicao-atmosferica-99-da-populacao-mundial-respira-ar-insalubre>. Acesso em: 7 ago. 2023.

OLIVEIRA, E. C. M.; PIRES, L. P.; SANTOS, V. S. V.; CAIXETA, E. S.; BRAVO, J. V. M.; PEREIRA, B. B. Phytoremediation, bioaccessibility and ecotoxicological risk assessment of arsenic in a gold mining area. **Chemosphere**, v.319, 138030. 2023.

ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DE SAÚDE. **Novos dados da OMS revelam que bilhões de pessoas ainda respiram ar insalubre.** 2022. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/4-4-2022-novos-dados-da-oms-revelam-que-bilhoes-pessoas-ainda-respiram-ar-insalubre>. Acesso em: 7 ago. 2023.

PEREIRA, B. B.; LIMONGI, J. E. Epidemiologia de desfechos na saúde humana relacionados à poluição atmosférica no Brasil: uma revisão sistemática. **Cadernos Saúde Coletiva**, 23(2), 91–100. 2015.

PEREIRA, B. B. **Biomonitoramento de ambientes impactados por poluentes** [livro eletrônico] Vários autores. Uberlândia, MG: Editora Colab, 2020. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/230312597.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2023.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System.** Open Source Geospatial Foundation Project. 2023. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.

RODRIGUES, B. C. R. **Bioindicadores ambientais: a contribuição brasileira no período de 2018 a 2023.** 2023. Ciências e tecnologia das águas: inovações e avanços em pesquisa - volume 1. 62-74.

SENATRAN. Secretaria Nacional de Trânsito. **Estatística: Frota veicular 2023.** Disponível em: <http://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2023>. Acesso em: 7 ago. 2023.

SILVA, A. F. ; FIGUEIREDO, T. . **Líquens e Glomalina: Uso de bioindicadores da qualidade do ar e do solo, em Belo Horizonte e Conselheiro Pena MG.** 2023. Monografia Ciências Biológicas - Bacharelado.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. who. 2022. **Ambient (outdoor) air pollution.** Disponível em: <www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health>. Acesso em: 7 ago. 2023.

