



A BIOGEOGRAFIA E O BIOMONITORAMENTO AMBIENTAL

*Biogeography and Environmental Biomonitoring Biogeografía y
Biomonitoreo Ambiental*

ROMANOSKI, D. L.

Daniela Loureiro Romanoski¹, Pedro Germano dos Santos Murara² e Emerson Luiz Gumboski³

¹ Universidade Federal Fronteira Sul, Departamento de Geografia, Chapecó, Brasil. daaanyy@hotmail.com

Autor de correspondência.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1439-6048>

² Universidade Federal Fronteira Sul, Departamento de Geografia, Erechim, Brasil. pedro.murara@uffs.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6063-3374>

³ Univille, Departamento de Biologia, Joinville, Brasil. emersongumboski@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-2050>

Recebido: 10/10/2022; Aceito: 30/06/2023; Publicado: 10/08/2023

DOI: <https://doi.org/10.26512/2236-56562023e44740>

RESUMO

O biomonitoramento se constitui enquanto uma ferramenta utilizada para avaliar a qualidade dos ambientes. São considerados indicadores ambientais ou, bioindicadores, espécies e conjuntos de espécies com capacidade de reagir e registrar distúrbios ou alterações no ambiente ao qual pertencem. A utilização das respostas de um sistema biológico a respeito de algum agente estressor, possibilitam realizar um planejamento para medidas mitigatórias ou compensatórias no ambiente em questão, visando a identificação do processo, reestabelecimento da normalidade, diminuição da deterioração ou até mesmo uma recuperação de área totalmente degradada. A utilização de líquens como alternativa de biomonitoramento se destaca, porque constituem um grupo extremamente diverso e complexo na natureza, ocorrendo nos mais diferentes ambientes e substratos. Com capacidade de registro biológico os líquens podem determinar tipos de poluentes e processos de degradação ambiental. Uma vez que a poluição do ar é uma preocupação crescente para a sociedade e a cada ano, medidas de investigação sobre causas e efeitos vem aumentando no campo das mais diversas ciências, e a Geografia tem a possibilidade de discutir as relações de causa e efeito da poluição, através do estudo conjunto das ações humanas e as implicações destas no ambiente como um todo. Com intuito de contribuir para a temática o objetivo do artigo é desenvolver uma discussão teórico-metodológica acerca da análise da Biogeografia enquanto possibilidade de atuação nas ações de biomonitoramento ambiental, focando na espécie líquen como estudo de caso.

Palavras-Chave: Fitogeografia, Bioindicadores, Líquens.

ABSTRACT

Biomonitoring is a tool used to assess the quality of environments. Are considered environmental indicators or bioindicators, species and groups of species with the ability to react and record disturbances or changes in the environment to which they belong. The use of the responses of a biological system regarding some stressor agent, makes it possible to carry out a planning for mitigating or compensatory measures in the environment in question, aiming at the identification of the process, reestablishment of normality, reduction of deterioration or even a total recovery of the area. degraded. The use of lichens as an alternative for biomonitoring stands out,

ROMANOSKI, D. L.

because they constitute an extremely diverse and complex group in nature, occurring in the most different environments and substrates. With the capacity for biological recording, lichens can determine types of pollutants and processes of environmental degradation. Since air pollution is a growing concern for society and every year, investigation measures on causes and effects have been increasing in the field of the most diverse sciences, and Geography has the possibility to discuss the cause-and-effect relationships of pollution, through the joint study of human actions and their implications for the environment. To contribute to the theme, the objective of the article is to develop a theoretical-methodological discussion about the analysis of Biogeography as a possibility of acting in environmental biomonitoring actions, focusing on the lichen species as a case study.

Keywords: Phytogeography, Bioindicators, Lichens.

RESUMEN

El biomonitoreo es una herramienta utilizada para evaluar la calidad de los ambientes. Los indicadores ambientales, o bioindicadores, son especies y conjuntos de especies capaces de reaccionar y registrar perturbaciones o cambios en el medio al que pertenecen. El uso de las respuestas de un sistema biológico en relación con un agente estresante permite realizar planes de mitigación o medidas compensatorias en el ambiente en cuestión, con el objetivo de identificar el proceso, restablecer la normalidad, reducir el deterioro o incluso recuperar completamente un área degradado. Se destaca el uso de los líquenes como alternativa para el biomonitoreo, ya que constituyen un grupo extremadamente diverso y complejo en la naturaleza, presentándose en los más diversos ambientes y sustratos. Con la capacidad de registrar biológicamente, los líquenes pueden determinar tipos de contaminantes y procesos de degradación ambiental. Dado que la contaminación del aire es una preocupación creciente para la sociedad y cada año, las investigaciones sobre causas y efectos han ido aumentando en el campo de las más diversas ciencias, y la Geografía tiene la posibilidad de discutir las relaciones de causa y efecto de la contaminación, a través del estudio conjunto de las acciones humanas y sus

implicaciones para el medio ambiente en su conjunto. Para contribuir al tema, el objetivo del artículo es desarrollar una discusión teórico-metodológica sobre el análisis de la Biogeografía como posibilidad de actuar en acciones de biomonitoreo ambiental, con foco en las especies de líquenes como estudio de caso.

Palabras clave: Fitogeografía, Bioindicadores, Líquenes.

1. Introdução

A Ciência Geográfica, quando voltada para estudos sobre a análise da poluição atmosférica, busca estabelecer a relação desta como uma consequência das alterações e mudanças oriundas da produção do espaço que, inevitavelmente, estão associadas as atividades econômicas. Por se tratar de um fenômeno que está intimamente ligado ao modelo capitalista, a produção do espaço influencia e altera as características do meio natural de modo a submeter a natureza e seus elementos a uma condição secundária, e não prioritária.

Deste modo, os espaços são produzidos, alterados e transformados via ação antrópica, tendo como base o capital e, por consequência, resultando em organizações geoespaciais complexas e desiguais, seja sob o viés social, natural ou socioambiental, que por sua vez decorrem em problemáticas ambientais.

A poluição ambiental se constitui na contemporaneidade como uma das problemáticas que resulta da produção do espaço (MENDONÇA, 2004). A poluição põe em perigo a saúde do planeta, destrói os ecossistemas e está intimamente ligada à mudança climática global (IPCC, 2021). A queima de combustível fóssil em países de alta e média renda, associado a queima de biomassa em países de baixa renda é responsável por 85% da poluição por partículas no ar e por quase toda a poluição por óxidos de enxofre e nitrogênio (LANDRIGAN et al., 2018).

A compreensão entre a qualidade ambiental local e as atividades econômicas de determinada área, exige uma interpretação minuciosa de dados relacionados a poluição e, sob o viés da Biogeografia, no entendimento da diminuição ou aumento da diversidade de espécies animais, vegetais e microbianas em situação específica da localidade. Entender a realidade local facilita a aplicação de ações de (bio)monitoramento com foco na qualidade do ambiente, não somente evitando desequilíbrios em ecossistemas e/ou perda de espécies, mas demonstrando os processos pelos quais as espécies estão sujeitas durante o seu desenvolvimento.

Estas análises minuciosas e detalhadas são indispensáveis para o entendimento da realidade de uma área, garantindo a avaliação de cada situação, para que possa então compreender o problema local/regional e assim contribuir efetivamente para as ações futuras de um ambiente como um todo. Muito embora seja necessário

lembrar que os ambientes, mesmo que isolados, fazem parte de um contexto ambiental geral.

Cada característica individual detectada levanta possibilidades de análise e quando expostas ao mesmo agente de degradação, auxiliam na interpretação de situações de causa e efeito em conjunto, principalmente durante os processos de investigação da deterioração de um ambiente.

E neste sentido que a Geografia enquanto Ciência analisa nas mais diversas escalas a influência das atividades humanas em um determinado lugar. Tratando a poluição atmosférica como um problema crescente e como um importante degradador

ROMANOSKI, D. L.

da qualidade ambiental, a medida em que verificamos um aumento populacional, associado a expansão territorial de uma localidade, automaticamente produtos, serviços, transporte e espaços de construção e moradia são necessários, causando uma perda de área natural e um ganho de frações do espaço para ser habitado e construído.

Buscando entender a cada processo e analisar causas e efeitos, a biogeografia avalia um contexto de acontecimentos internos e externos ao ambiente. Isso acontece pelo fato de que as respostas ambientais são registradas mesmo sem uma interação direta e imediata do poluidor com o bioindicador. Essa interpretação de dados apresenta-se mais vantajosa, trazendo mais retorno do que se buscava inicialmente.

Neste sentido, a avaliação das alterações mostra os acontecimentos gerais do local após essa exposição, bem como as espécies sensíveis e as mais resistentes as mudanças ou a degradação. O que deve ser levado em consideração é a perda da qualidade ambiental do local e a diminuição da biodiversidade. Após uma grande alteração local, dificilmente um habitat natural consegue se regenerar ao estágio inicial, isso devido as constantes alterações que são impostas pelo atual modelo de desenvolvimento socioeconômico. Desta forma, os bioindicadores auxiliam não somente no diagnóstico local rápido e eficaz, mas também demonstram a necessidade de medidas imediatas para evitar danos ainda maiores.

É neste contexto e com base em pesquisas anteriormente realizadas sobre a temática de bioindicadores e biomonitores que apresentamos uma discussão teórico-metodológica dos líquens enquanto indicadores da qualidade ambiental. A carência e a necessidade de diálogo desta temática na Biogeografia se configuram como principal motivo da realização desta discussão que busca, por meio de estudos bibliográficos, relacionar-se com os temas de qualidade ambiental e qualidade do ar, em constante diálogo com a Biogeografia.

2. Os principais fatores que impactam na qualidade do ar

Partindo de uma perspectiva antrópica, podemos considerar que desde os primórdios da humanidade, o ser humano altera o ambiente natural. Inicialmente, quando deixando vestígios de sua ação no espaço por meio da confecção de artefatos de pedra, até a manipulação de metais para a fabricação de armas e o domínio da agricultura.

Segundo Harari (2018) principalmente a partir da Revolução Agrícola (cerca de 12 mil anos), com as efetivas mudanças do ambiente para o plantio, em escala local, configura-se a gênese do processo de produção do espaço. Ou seja, o início das mudanças e alterações por meio da ação antrópica no espaço, seguido pela fixação de pequenos grupos humanos em localidades que passaram a ser adaptadas as necessidades humanas.

A vida em sociedade, atualmente associada ao conforto e melhor qualidade de vida de seus cidadãos, ao menos para parte de população, resulta em elevadas

ROMANOSKI, D. L.

aglomerações humanas em pequenas porções do espaço. Esse processo multiescalar ocorre em pequenas, médias e grandes cidades, devido a facilidade de acesso aos serviços e infraestrutura que esses espaços podem oferecer. Como resultado, verificamos principalmente em alguns centros urbanos, a verticalização das edificações que se configura como um elemento principal do processo de urbanização/aglomeração.

No entanto, a expansão urbana que, muitas vezes não planejada em associação com a dinâmica da natureza, resulta também em cidades que se espraiam horizontalmente, ocupando espaços muitas vezes de natureza intocada, se configurando como uma ameaça constante a biodiversidade. Esse processo, conhecido também como uma das facetas da urbanização torna os espaços florestais mais vulneráveis, uma vez que reduz a vegetação nativa que passa a encontrar dificuldade no processo de regeneração natural, e como consequência há perda da biodiversidade que se caracteriza como prejudicial à qualidade ambiental.

A urbanização, por outro lado, promove a maior circulação de pessoas que fazem uso de transporte público ou particular que em sua grande maioria são movidos e utilizam de combustíveis fósseis. Desta forma, grandes centros urbanos passam a ser identificados por áreas caracterizadas pela ausência de áreas verdes e má qualidade do ar.

Alterações do espaço envolvendo o crescimento populacional de determinado bairro, podem acontecer devido a retirada de vegetação de uma área, bem como a instalação de indústria que produz material particulado por exemplo. A circulação de veículos devido a inauguração de uma nova rodovia ou ainda, aplicação de agrotóxico em área agrícola, vazamento líquido tóxico ou tratado de forma ineficaz em curso d'água, são fatores que se caracterizam com potenciais poluidores e/ou catalizadores no processo de poluição do ambiente.

Outro fator que constitui como uma constante na redução e diminuição de áreas florestadas se localiza nos chamados espaços rurais, associados ao aumento de áreas destinadas a agricultura e pecuária. Esses espaços prontamente produzem um desequilíbrio no meio e propiciam significativas alterações na dinâmica dos ecossistemas. Muito embora a expansão agrícola e áreas para pecuária tem por objetivo produzir de forma eficiente produtos que são consumidos por toda a população, seus modos de produção e consequentes efeitos são devastadores para a natureza.

A pecuária extensiva, predominante no Brasil, necessita de amplas áreas de pastagem e compete diretamente com a presença florestal. No ano de 2021, somente a Amazônia teve uma área de 10 mil quilômetros quadrados de mata nativa derrubadas, o equivalente a metade do estado de Sergipe (IMAZON, 2022).

A diminuição de espécies de plantas nativas se configura como um dos principais fatores preocupantes de perda de biodiversidade. Dependente de condições específicas de desenvolvimento, espécies nativas são responsáveis pela manutenção

ROMANOSKI, D. L.

do ecossistema, uma vez que garantem o bom funcionamento das florestas, assim como a sobrevivência e conforto da fauna local, a qualidade do solo, da água e de vários outros aspectos.

As espécies nativas perdem espaço em processos de reflorestamento utilizando-se de plantio de espécies exóticas, que se adaptam com mais facilidade aos diferentes ambientes e acabam se sobressaindo (quando não dominando) por se tratar de espécies oportunistas, tem rápido desenvolvimento e adquirem resistência ou elevada tolerância aos efeitos da poluição.

O desmatamento está ainda associado a queimadas, o que produz uma mistura de poluentes tóxicos que podem percorrer milhares de quilômetros e ainda podem permanecer no ar por semanas. Esses poluentes incluem monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, carbono negro, carbono marrom e precursores de ozônio, entre outros. Por outro lado, é sabido que as florestas desempenham um papel único no combate às mudanças climáticas, armazenando, a depender da área, centenas a bilhões de toneladas de carbono.

Já as áreas agrícolas se caracterizam pela substituição de áreas verdes e florestadas em detrimento do plantio de outras espécies, geralmente monoculturas. O modelo de extensas áreas de produção de grãos, característico no Brasil com foco na alta produtividade, conta com o uso intensivo de produtos agrotóxicos, e têm se intensificado nos últimos anos, elevando o Brasil ao patamar de líder mundial no uso de agrotóxicos (PIGNATI, 2018).

Isso se dá devido ao modelo de desenvolvimento agrícola adotado, por sua subordinação econômica ao mercado de commodities agrícolas. Agrotóxicos ou defensivos agrícolas, mesmo com todos os protocolos de aplicabilidade e segurança, permanecem em suspensão no ar e, uma vez na atmosfera, podem desencadear a intoxicação de pessoas e de outros organismos vivos que passam ou estão estabelecidos no local, além da ingestão indireta através das águas que também são frequentemente contaminadas por eles.

Como consequência há de se enfrentar um grave problema de saúde pública pela ampla exposição da população, em especial dos trabalhadores. De acordo levantamentos da Organização Mundial de Saúde, as intoxicações por agrotóxicos atingem cerca de três milhões de pessoas anuais. Destes, 2,1 milhões de casos acontecem nos países em desenvolvimento e mais de 20 mil pessoas morrem no mundo (PIGNATI, 2018). Por ano, são registradas cerca de 70 mil intoxicações agudas e crônicas, oriundas de poluição atmosféricas que evoluem para óbito, principalmente, só em países em desenvolvimento (OIT, 2022).

Outras espécies dos mais variados organismos também sofrem danos pela contaminação do ambiente por vias aéreas, água e pelo solo. Como resultado, tem-se o comprometimento da vida, que ameaça as gerações atuais e futuras (FIOCRUZ, 2018).

3. Bioindicadores

Alguns seres vivos apresentam rápida resposta aos impactos ambientais, principalmente os animais, por serem seres mais sensíveis a mudanças climáticas e degradação do habitat. Essas mudanças repercutem diretamente na alteração de seus ciclos reprodutivos, na presença e abundância de alimento e conseqüentemente na diminuição da biodiversidade.

Já outros organismos, devido a sua menor necessidade de elementos e fatores que determinam sua fixação, desenvolvimento e adaptação ao meio, se caracterizam como extremamente resistentes, conseguindo viver e sobreviver em ambientes completamente degradados e até mesmo em condições de anoxia (sem oxigênio) (PRESTES e VINCENCI, 2019).

Os modelos de estudo da qualidade ambiental buscam caracterizar as estruturas da paisagem em conjunto com os ecossistemas locais, em um grau de isolamento e em um contexto de conjunto ou grupo. Por meio de investigações que procuram respostas rápidas e simples, as investigações são pautadas no intuito de explicar de imediato as alterações ambientais localizadas. Neste contexto, surgem pesquisas como o uso de bioindicador para identificar respostas biológicas que indicam a exposição ou os efeitos de poluentes em organismos, populações, comunidades e ecossistemas (ANDRÉA, 2008).

Essas respostas biológicas referem-se a retornos expressos desde os níveis biomoleculares-bioquímicos até o nível de comunidade. Os bioindicadores são identificados com medidas de efeitos e utilizados ainda como biomarcadores como medidas de exposição ou dos agentes de estresse ambiental.

Qualquer ser vivo pode ser utilizado como um bioindicador, no entanto, espécies menos sensíveis respondem mais lentamente e com menor eficácia que espécies mais susceptíveis aos agentes impactantes. Por outro lado, os biomonitores executam algum tipo de monitoramento, com respostas quantitativas de elementos estranhos ao ambiente. Neste caso, líquens, musgos e folhas das plantas, são exemplos que respondem de forma precisa aos experimentos de detecção, e são frequentemente empregados na avaliação de elementos traço em material particulado do ar atmosférico (MOTA FILHO et al., 2006).

Os bioindicadores mais utilizados são aqueles capazes de diferenciar entre oscilações naturais como ciclos sazonais (chuvas, secas e estiagens, por exemplo) e estresses antrópicos (invasão, inserção de espécies, entre outros). Podendo ser classificado em duas modalidades, o monitoramento ativo se dá através da inserção de um organismo bioindicador no local ao qual se deseja estudar, buscando comprovar se existe a alteração ou não de determinado poluente. Enquanto o biomonitoramento passivo busca avaliar o ambiente ao qual o bioindicador está primariamente inserido.

Embora cada espécie vegetal ou líquênica apresente especificidades quanto aos fatores abióticos que influenciam e determinam a sua distribuição no espaço, as

ROMANOSKI, D. L.

variações atmosféricas (tempo e clima) no ambiente no qual uma determinada espécie está inserida, repercutirá no seu pleno desenvolvimento. Desta forma, as plantas se caracterizam por indicarem por meio de sinais, tais como, alterações em sua coloração, ausência no ambiente ou até mesmo abundância, a quaisquer mudanças que ocorrem no ambiente ao seu redor.

Neste sentido, os bioindicadores são utilizados para analisar um determinado fator antrópico ou natural com um potencial impactante do ambiente. Portanto, representam uma importante ferramenta de análise do ambiente que utiliza de seres vivos para avaliação da qualidade de um ambiente. Algumas espécies de líquens e de plantas, por serem sensíveis as alterações e mudanças ambientais, se caracterizam como excelentes indicadores da qualidade ambiental.

Os organismos bioindicadores se tornaram aliados ao processo de biomonitoramento e passaram a ser utilizados principalmente em estudos e investigações com foco na poluição ambiental devido a sua eficiência e qualidade para desenvolvimento de uma série de análises para um determinado ambiente, oferecendo uma alternativa acessível, técnica eficaz e viáveis economicamente.

Neste contexto, a biogeografia se insere como possibilidade de atuação nas pesquisas ambientais, analisando e indicando quais alterações nos ambientes causadas pelas ações e atividades desenvolvidas no entorno, naturais e antrópicas, resultam na condição da atual saúde ambiental daquele espaço. As respostas obtidas de uma análise detalhada dos fenômenos de poluição, por exemplo, causados em um ecossistema são primordiais para que possamos entender como as ações do entorno de um ecossistema alteram sua característica inicial e prejudicam a continuidade da espécie.

Em diferentes escalas, teoricamente todo ser vivo pode ser utilizado como indicador de mudanças atmosféricas, entretanto, os líquens, os musgos e as folhagens das plantas respondem com maior eficiência (BAGLIANO, 2012). O uso de bioindicadores não consegue substituir medições de concentrações ambientais de poluentes por meio de métodos físico-químicos, mas, permite uma avaliação dos efeitos reais aos organismos vivos. Alguns autores diferem os termos bioindicador e biomonitor, aplicando biomonitoramento quando utilizam líquens para monitoramento da qualidade do ar (FILHO et al., 2007).

A questão da necessidade de se realizar o monitoramento da qualidade do ar no Brasil é potencializada com a Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018. Esta estabelece os padrões de qualidade do ar para as concentrações de poluentes atmosféricos pois, conforme Art. 2º, se ultrapassados podem “tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade”.

No Art. 5º define-se que em até 3 anos, dada a partir da entrada em vigor desta Resolução, os órgãos ambientais estaduais e distrital deverão elaborar um Plano de

ROMANOSKI, D. L.

Controle de Emissões Atmosféricas, evidenciando, assim, a obrigatoriedade e importância de se realizar o monitoramento da qualidade do ar (BRASIL, 2018).

Nesta Resolução são estabelecidas as concentrações limites para os seguintes poluentes: material particulado, dióxido de enxofre, ozônio, fumaça, monóxido de carbono, partículas totais em suspensão e chumbo. O monitoramento do nível destes poluentes na atmosfera pode ser realizado com métodos físico-químicos extremamente eficientes, sendo mensurados em escala local, regional ou global.

No entanto, além de onerosos, esses métodos não determinam os efeitos dos poluentes nos organismos vivos. Desta forma, a utilização de bioindicadores torna-se viável uma vez que permite a obtenção de resultados a curto, médio e longo prazo, além de não necessitar investimento em equipamentos com custos elevados (ELIASARO et al., 2009).

4. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar

Dentre os organismos biológicos, os líquens mostram alta sensibilidade a poluentes, não somente pela diminuição da sua vitalidade, como por sintomas externos característicos. A grande sensibilidade está estreitamente relacionada com sua biologia. A alteração do balanço simbiótico entre o fotobionte (algas) e o micobionte (fungos) pode ser evidenciada com rapidez através da ruptura desta associação.

Líquens têm alta afinidade com o ambiente em que vivem, indicando desde a umidade do ar, acidez do substrato rochoso e pH, além de demonstrarem alta sensibilidade a inúmeros tipos de poluentes. Por isso, são considerados bioindicadores de qualidade ambiental bem como da qualidade do ar e, pela capacidade de absorver e reter contaminantes atmosféricos em suas células funciona também como biomonitor (MOTA FILHO et al., 2006).

Anatomicamente, os líquens não possuem estomas nem cutícula (até porque não são plantas!), o que significa que os gases e aerossóis podem ser absorvidos pelo talo e difundir-se rapidamente pelo tecido onde está o fotobionte (MARTINS et al., 2008).

Por se constituírem enquanto organismos de natureza singular, os líquens são formados por uma simbiose entre fungo e alga (ou cianobactéria), tornando uma só estrutura. Não caracterizando-se como parasitas, ao contrário do que é muito difundido popularmente, visto que podem ocorrer, por exemplo, em lataria de carros velhos abandonados. Portanto, os líquens não degradam a estrutura de substrato que ficam depositados e vivem harmonicamente com o meio em que estão inseridos.

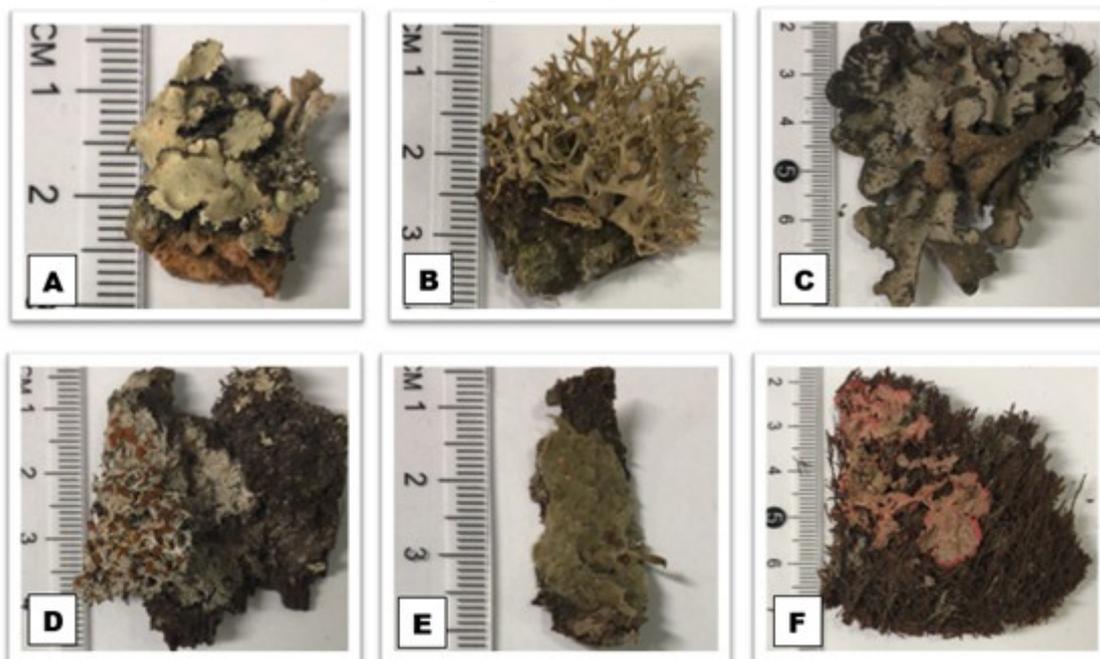
Alterações na composição e na taxa de crescimento da comunidade líquênica ocorrem devido as modificações que ocorrem na atmosfera, no microclima da região. Mudanças e alterações na cobertura vegetal e presença de poluentes atmosféricos se

ROMANOSKI, D. L.

constitui como o principal fator de mudança no padrão de líquens em uma determinada localidade (MARCELLI, 2006).

Especificamente sob a sua estrutura, os líquens são classificados em tipo crostoso, folioso, fruticoso, filamentoso, dimórfico e esquamuloso (Figura 1).

Figura 1. Exemplos de tipos de talos Liquénicos.



A: Líquen Dimórfico: *Cladonia subsquamosa*. B: Líquen Fruticoso: *Ramalina pusiola*. C: Líquen Folioso: *Sticta es. fuliginosa*. D: Líquen Esquamuloso: *Brigantiae leucoxantha*. E: Líquen Filamentoso: *Coenogonium bysothallinum*. F: Líquen Crostoso: *Herpothallon rubrocinctum*

Fonte: autores

Esses organismos são reconhecidos como bioindicadores da qualidade do ar e utilizados em programas de biomonitoramento (MCCARTHY et al., 2009), uma vez que os grupos morfológicos (crostosos, foliosos e fruticosos) possuem um importante papel na avaliação das áreas urbano/industriais, por poderem ser caracterizados de acordo com a sensibilidade aos poluentes (HAWKSWORTH & ROSE, 1976).

São capazes de absorver e reter elementos radioativos, íons metálicos, dentre outros poluentes (GONÇALVES, 2007) e são recomendados como bioindicadores em protocolos governamentais de diversos países (MCCUNE, 2000), seja para avaliar determinadas espécies em relação aos poluentes (DAILLANT et al., 2009) ou para verificar alterações na estrutura da funga liquenizada em função de contaminantes atmosféricos (CALVELO et al., 2009).

No Brasil, os principais e mais recentes estudos de biomonitoramento utilizando líquens estão localizados principalmente na região metropolitana de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul (e.g., KÄFFER et al., 2011; KÄFFER et al., 2012a, b; KOCH et al., 2016; KOCH et al., 2018; LUCHETA et al., 2019).

As áreas urbanizadas possuem uma comunidade líquênica reduzida quando comparadas às áreas de ambientes naturais, sendo, em geral, constituídas por espécies

ROMANOSKI, D. L.

que apresentam tolerância ao excesso de iluminação e vento. A associação entre líquens de talo crostoso e espécies foliosas pertencentes às famílias Parmeliaceae, Physciaceae e Caliciaceae é comumente encontrada nessas áreas (KÄFFER et al., 2011; MARCELLI, 1998). Além disso, gêneros como Parmotrema, Hypotrachyna, Canoparmelia e Heterodermia são típicos de áreas com maior influência urbana (MARCELLI, 1998).

Ainda, estudos realizados por Käffer et al. (2011) na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, relatam maior cobertura e frequência dos gêneros Canoparmelia e Dirinaria nas áreas urbanas estudadas. De acordo com Marcelli (1998), são esperadas cerca de 150 espécies para áreas urbanas, enquanto para a Mata Atlântica típica são esperadas cerca de 360 espécies, e em um senso mais amplo, cerca de 850 espécies.

A comunidade líquênica pode ser avaliada através de informações qualitativas obtidas por meio de listas de espécies e mapas de distribuição da comunidade, ou de métodos quantitativos, utilizando cálculos de diferentes índices para estimar a mesma. Entretanto, o entendimento de como as comunidades são organizadas ou respondem a mudanças ambientais pode ser muito complexo em comunidades com alta riqueza de espécies (LEWIS & ELLIS, 2010).

Estudos em diversos ambientes mostraram que o aumento na pressão antropogênica tem levado a mudanças nos padrões de diversidade de líquens relacionados a modificações ambientais (PINHO et al., 2008; KÄFFER et al., 2011; ARDELEAN et al., 2015; KOCH et al., 2016;). Atualmente, para avaliar fatores ambientais (bióticos e abióticos) que influenciam na biodiversidade, uma abordagem focando na variedade das características funcionais dos organismos tem sido adotada. Essas características definem como as espécies interagem com o ambiente físico, químico e biológico que os rodeia (KOCH et al., 2016).

Características funcionais, chamadas de atributos funcionais, incluem aspectos morfológicos, fisiológicos, fenológicos, estruturais ou comportamentais de cada organismo e são considerados relevantes para entender suas respostas ao ambiente e propriedades ecossistêmicas (DÍAZ et al., 2013).

Além disso, a presença de diferentes grupos morfológicos (crostosos, foliosos e fruticosos) tem papel importante na avaliação de áreas urbano-industriais, uma vez que podem ser caracterizados de acordo com a sensibilidade aos poluentes (KÄFFER et al., 2012). Para verificar perturbações em comunidades líquênicas adjacentes às vias de tráfegos veiculares, uma metodologia utilizada é a de Perlmutter et al. (2017), através da marcação de transectos em pontos amostrais comparativos.

Líquens são, portanto, utilizados cada vez mais em avaliar habitats ameaçados, em avaliações de ambientes impactados, e em monitoramentos de perturbações ambientais, particularmente aqueles resultantes de um número grande e crescente de poluentes químicos (NASH, 2008).

Em nossa experiência com os estudos e investigações com líquens passamos a elaborar um protocolo destas etapas. Apresentamos a seguir os procedimentos que são utilizados para coleta em uma área florestada.

4. Procedimentos metodológicos para coleta e análise de líquens como bioindicadores da qualidade do ar

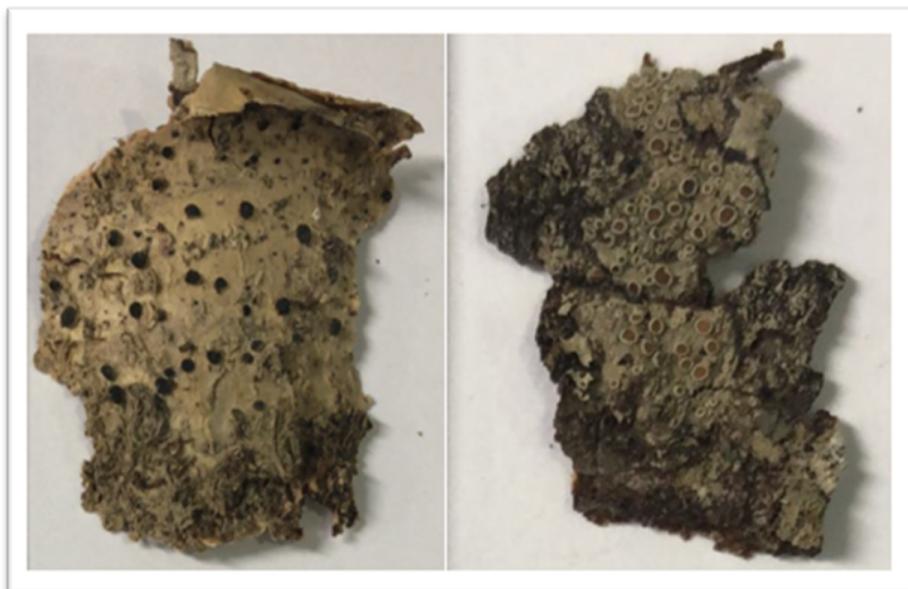
Uma vez estabelecida a área de estudo, o primeiro passo em campo é a identificação dos pontos de coleta. Com objetivo de alcançar a diversidade das amostras, faz-se necessário caracterizar os pontos de coleta no que se refere aos atributos locais. Por exemplo, dado um fragmento florestal é preciso identificar os pontos com maior presença de radiação direta, mais sombreados, se houve cortes ou alterações na vegetal presente e assim por diante. Desta forma, cabe ao pesquisador identificar os melhores pontos de coleta do material, abrangendo a maior diversidade de microambientes nos quais os líquens estão presentes. O requisito básico é a diversidade aparente (visual) e, portanto, a coleta de maior número de espécies diferentes entre si.

A coleta pode ser feita na forma de caminhada, esta técnica consiste basicamente, na realização de pelo menos três caminhadas em linha reta na vegetação, realizando coletas e anotações de dados durante intervalos de tempo regulares e consecutivos (intervalos que podem variar de cinco a 15 minutos) definidos em função do tipo de vegetação e do detalhamento pretendido (WALTER e GUARINO, 2006). Diferente do método de parcelas onde a área de coleta é pré-determinada por um quadrante, esta técnica permite escolher a área de preferência e de maior incidência da espécie a coletar.

A altura para a coleta é efetuada por meio da técnica do PAP (Perímetro à altura do peito). Trata-se de um excelente exemplo de padronização nas coletas. Desta forma é definido um limite de altura no tronco e coletadas todas as espécies diferentes entre si. Cobrindo toda a circunferência e extensão do troco da árvore, sendo, geralmente até 1,50m de altura do tronco.

A retirada de amostras conta com auxílio de alguns equipamentos como canivete, tesoura de poda e facão. A coleta consiste em remover o talo líquênico do substrato (troncos de árvore, galhos, folhas, etc...), que por vezes está preso por um único apressório ou por rizinas. Em casos de coleta de líquens crostosos é necessário remover um pedaço da casca da árvore para que o tamanho da amostra seja satisfatório (Figura 2), sempre buscando o mínimo de dano possível a árvore, em relação a todos os outros talos a retirada é feita com facilidade.

Figura 2. Amostra coletada com sobra de casca da árvore para preservar o líquen.



Amostras de *Lopezaria versicolor* e *Lecanora cf. Argentata*, respectivamente.
Fonte: autores

A identificação das amostras é importante para perceber a fisiologia de cada tipo de talo liquênico e quais suas condições de desenvolvimento. A partir desta identificação, é possível perceber a utilidade do tipo de talo em questão seja para biomonitoramento ambiental, fins medicinais, cosméticos, entre outros.

É importante descrever e anotar as condições do ponto de coleta, do entorno para relacionar a ausência e presença das espécies encontradas com a localização, que deve ser efetuada com GPS, descrever as condições ambientais, analisar os efeitos de borda e características gerais do habitat local. Essas informações são importantes para fins de registro e possibilitam investigações que buscam relacionar a ocorrência de uma espécie com outras localidades, permitindo assim entender as relações entre si e as singularidades de cada localidade, para isso a identificação via coordenadas geográficas é essencial.

Após a coleta, o material é transportado em sacos de papel (geralmente utiliza-se papel Kraft), identificado com um com um número de amostra, local de coleta, coordenada geográfica, e forófito ao qual foi removida (Figura 3).

Em laboratório os materiais são separados em amostras individuais e passam por um processo de secagem natural, em temperatura ambiente (em média 20°C) por um tempo médio de 2 a 3 dias (Figura 3). Não se recomenda o uso de estufa ou algum tipo de aquecedor que pode para além de acelerar o processo de secagem, danificar propriedades das amostras.

Figura 3. Sacos de papel para armazenamento de material coletado e amostras em processo de secagem natural em laboratório.



Fonte: autores

Uma vez seca as amostras, passa-se para as análises morfológicas que foram realizadas sob microscópio. As análises anatômicas foram efetuadas a partir de cortes das estruturas efetuados à mão livre com o auxílio de uma lâmina de barbear Gillete Wilkinson, ou bisturi. Nesta análise feita com microscópio são observadas inúmeras características anatômicas como: coloração, talo oco ou sólido, se possuem margens ciliadas ou não, diferentes tamanhos de lobos, apotécios, superfície lisa ou pilosa, se possui cífelas ou pseudocífelas, córtex inferior presente ou ausente, entre outras características.

Cada observação e constatação foi feita com o auxílio da chave de gênero. Nesta etapa é necessário utilizar um recurso didático explicativo, de caráter investigativo, conhecido como chave dicotômica de identificação ou também conhecidas como chave de gênero (Figura 4). São listas que podem sugerir caminhos de investigação e que indicam características individuais de plantas, utilizadas para diferenciar grupos de espécies vegetais.

Figura 4. Chave dicotômica de identificação.

Chave para os gêneros de fungos liquenizados foliosos, fruticosos e dimórficos do campus da UFSCar	
1. Talo dimórfico ou fruticoso	
2. Talo dimórfico, talo primário esquamuloso (às vezes ausentes em talos maduros) e talo secundário fruticoso, ereto (podécio); medula central oca; apotécios lecideinos	<i>Cladonia</i>
2. Talo fruticoso, de forma arbustiva, ereta ou pendulosa; medula com hifas frouxas (aracnóide) ou mais compactas; apotécios lecanorinos	
3. Talo com cordão axial central condróide; ascósporos simples	<i>Usnea</i>
3. Talo sem cordão axial; ascósporos transversalmente septados	
4. Ramificações achatadas; córtex K- ou K+ amarelo; ascósporos biloculares	<i>Ramalina</i>
4. Ramificações cilíndricas; córtex K+ púrpura; ascósporos polariloculares	<i>Teloschistes</i>
1. Talo folioso	
5. Talo homômero (sem distinção entre medula e camada de fotobionte), de aspecto gelatinoso quando úmido; ascósporos muriformes; fotobionte cianobactéria do gênero <i>Nostoc</i>	<i>Leptogium</i>
5. Talo heterômero (camada de fotobionte e medula distintos), de aspecto não gelatinoso seco ou úmido; ascósporos simples ou transversalmente septados, fotobionte clorófito ou cianobactéria	
6. Talo escuro, cinza, verde ou marrom; lado de baixo tomentoso	
7. Talo cinza chumbo a cinza azulado (lobos com linhas circulares concêntricas e estrias radiais), sem poros no córtex inferior, apotécio lecideino; fotobionte sempre cianobactéria.....	<i>Coccocarpia</i>
7. Talo esverdeado a amarronzado; córtex inferior com cifelas ou pseudocifelas (poros); apotécio lecanorino, ascósporos transversalmente septados; fotobionte cianobactéria ou clorófito	
8. Córtex inferior com cifelas (poros corticados)	<i>Sticta</i>
8. Córtex inferior com pseudocifelas (poros ecorticados).....	<i>Pseudocyphellaria</i>
6. Talo claro, acinzentado, esverdeado, ou amarelado; lado de baixo rizinado ou glabro	
9. Talo amarelo vivo a amarelo; lacínias estreitas (≤ 1 mm larg.); ascos com dezenas de ascósporos	<i>Candelaria</i>

Fonte: BATISTA e BENATTI, 2011.

Cabe destacar que o objetivo no momento da coleta é encontrar o maior número de espécies diferentes entre si, para verificar a ausência e presença dos líquens na área de investigação. Relacionando com um contexto de qualidade ambiental do local, cada espécie encontrada é importante ser considerada pois contribui para o conhecimento sobre a diversidade ambiental do local.

Uma vez identificadas as espécies, é possível efetuar análises de abundância, diversidade e ainda a aplicação de diferentes técnicas estatísticas (descritivas e exploratórias) para melhor apresentação dos resultados.

6. Considerações finais

O biomonitoramento ambiental passivo ou ativo, vem ganhando força no campo da biogeografia, não somente como obtentor de respostas a respeito da poluição ambiental, mas também se coloca como ferramenta de análise interpretativa de determinados acontecimentos de um ecossistema, funcionamento e estabilidade por exemplo. Sua aplicabilidade técnica está intimamente ligada ao que se busca analisar em um ambiente e de forma completa e simples entrega respostas imediatas e de qualidade, tornando-se uma alternativa viável e eficaz no combate a degradação ambiental.

A pesquisa confirmou que a utilização de líquens para o biomonitoramento se constituem em uma possibilidade viável e de baixo custo para pesquisas que buscam

ROMANOSKI, D. L.

por meio da utilização de bioindicadores respostas de um sistema biológico a respeito de um agente estressor. Constituindo de um grupo extremamente diverso e complexo na natureza, os líquens ocorrendo nos mais diferentes ambientes e substratos e desta forma, possibilitam a partir de seus resultados pensar em ações de planejamento para medidas mitigatórias ou compensatórias no ambiente em análise.

Financiamento:

Esta pesquisa foi financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC, Edital de chamada pública FAPESC/CAPES Nº 21/2021.

6. Referências Bibliográficas

1. ANDRÉA, M.M. de Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos. 2008. Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/Bioindicadores/index.htm>. Acesso em: 20/2/2022
2. ARDELEAN IO, KELLER C & SCHEIDEGGER C (2015) Effects of management on lichen species richness, ecological traits and community structure in the Rodnei Mountains National Park (Romania). PLoS ONE 10: 1-16.
3. BATISTA, Gisele Gandra; BENATTI, Michel Navarro. Gêneros de macrolíquens do campus da Universidade Federal de São Carlos, Brasil - UFSCar, município de São Carlos, estado de São Paulo. Hoehnea, v. 38, p. 243-256, 2011.
4. BAGLIANO, R.V. Principais organismos utilizados como bioindicadores relatados com uso de avaliadores de danos ambientais. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, v.02, nº 1, Minas Gerais, 2012
5. CALVELO, S.; BACCALÁ, N & LIBERATORE, S. Lichens as bioindicators of air quality áreas in Patagonia (Argentina). Environmental Bioindication. 2009; v.4, p.123-135
6. COLLS, Jeremy. Poluição do Ar: Medição, Modelagem e Mitigação, Segunda Edição (2ª ed.). Londres, julho, 2002.
7. DAILLANT, O. R.; BERNOLLIN, A.; JOSSET, M. & FIFIELD, K. L. Potential of lichens for monitoring iodine – 129 and chlorine – 36. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2009; v.281, p.241-245.
8. DIAS, Iane Paula Rego Cunha. BENATTI, Michel Navarro. KITAURA, Marcos Junji. MARCELLI, Marcelo Pinto. Cianolíquens dos gêneros Coccocarpia, Collema e Leptogium do Parque Estadual da Cantareira, SP, Brasil, depositados no herbário SP. Hoehnea 40(1): 131-141, 2 fig., 2013
9. ELIASARO, S.; VEIGA, P.W.; DONHA, C. G. & NOGUEIRA, L. 2009. Inventário de macrolíquens epífitos sobre árvores utilizadas em arborização urbana em Curitiba, Paraná, Brasil: subsídio para biomonitoramento urbano. Biotemas 22: 1-8
10. FILHO, F.O.M., PEREIRA, E.C., LIMA, E.S.L., SILVA, N.H., FIGUEIREDO R.C.B.F. Influência de poluentes atmosféricos em Belo Jardim (PE) utilizando Cladonia verticillaris (líquen) como biomonitor. Química Nova, v.30, nº 5, São Paulo, 2007
11. FIOCRUZ: Fundação Osvaldo Cruz. Série FioCruz - Documentos Institucionais/Coleção Saúde, Ambiente e Sustentabilidade. Agrotóxicos e Saúde. Rio de Janeiro, 2018.
12. GONÇALVES, V. F.; BRUNO, C. G. C.; DE SOUZA, C. R.; FAÇANHA, P. E. W., ALVES, M. C., BORGES & M. P., MELO, C. Utilização de Líquens como Bioindicadores da Qualidade Atmosférica na Cidade de Uberlândia, MG. Anais. VIII Congresso de Ecologia do Brasil. 2007
13. HARARI, Yuval Noah. Sapiens: Uma breve história. Porto Alegre: L&PM Editores S. A., 2018.

14. HAWKSWORTH, D.L. & ROSE, F. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature*. 1976; v.227, p.145-148
15. IMAZON. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. Boletim do Desmatamento. Disponível em: <https://imazon.org.br/>. Acesso em: 13 de maio de 2022.
16. KÄFFER, M. I.; ALVES, C.; CÁCERES, M. E. S.; MARTINS, S. M. DE AZEVEDO. & VARGAS, V. M. F. Caracterização da comunidade liquênica corticícola de Porto Alegre e áreas adjacentes, RS, Brasil. *Acta Bot. Bras.*, Feira de Santana. 2011; v. 25, n. 4, p. 832-844
17. KÄFFER, M. I., ALVES, C., CÁCERES, M. E. S., MARTINS, S. M. DE A., VARGAS, V. M. F. Caracterização da comunidade liquênica corticícola de Porto Alegre e áreas adjacentes, RS, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v.25, n.4, p.832-844, 2011
18. KÄFFER, M. I. & MARTINS, S. M. A. Biomonitoramento da qualidade do ar com uso de líquens na cidade de Porto Alegre, RS, Brasil. *FEPAM em Revista*, Porto Alegre. 2012a; v. 6, n. 2. p. 4-1
19. KÄFFER, M. I.; LEMOS, A. T.; APEL, M.A.; ROCHA, J. V.; MARTINS, S. M. A. & VARGAS, V. M. F. Use of bioindicators to evaluate air quality and genotoxic compounds in an urban environment in Southern Brazil. *Environmental pollution*. 2012b; v. 163, p. 24-31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.12.006>
20. KOCH, N. M.; BRANQUINHO, C.; MATOS, P.; PINHO, P.; LUCHETA, F.; MARTINS, S. M. A. & VARGAS, V. M. F. The application of lichens as ecological surrogates of air pollution in the subtropics: a case study in South Brazil *Environmental Science and Pollution Research International*. 2016; v. 23, p. 20819-20834
21. KOCH, N. M.; LUCHETA, F.; KÄFFER, M. I.; MARTINS, S. M. A. & VARGAS, V. M. F. Air quality assessment in diferente urban areas from Rio Grande do Sul state, Brazil, using lichen transplants. *Anais da academia brasileira de ciências (online)*. 2018; v. 90, p. 2233-2248. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201820170987>
22. LANDRIGAN, Philip J, FULLER, Richard, ACOSTA, Nereu. J.R. ADEYI, Olusoji, ARNOLD, Robert. BASU, Nildari. et al. The Lancet Commission on pollution and health *Lancet*, 391 (2018), pp. 462-51
23. LIMA RIBEIRO, Matheus de Souza. Efeitos de borda sobre a vegetação e estruturação populacional em fragmentos de Cerradão no Sudoeste Goiano, Brasil. *Acta bot. bras.* 22(2): 535-545. 2008
24. LUCHETA, F.; KOCH, N. M.; KÄFFER, M. I.; RIEGEL, R. P.; MARTINS, S. M. A. & SCHMITT, J. L. Lichens as indicators of environmental quality in southern Brazil: An integrative approach based on community composition and functional parameters. *ECOLOGICAL INDICATORS*. 2019; v. 107, p. 105587.
25. LEWIS, J.E.J & ELLIS, C.J. 2010 Taxon-compared with trait-based analysis of epiphytes, and the role of tree age in Community composition. *Plant Ecology and Diversity*3: 203-210
26. McCune, B. Lichen communities as indicators of forest health. *The Bryologist*. 2000; v.103, n.2, p.353-356
27. MCCARTHY, D, P.; CRAIG, B.; BRAND, U. Lichen monitoring of urbana ir quality, Hamilton, Ontario. *Developments in Environmental Science*, v. 9, p. 247-267-2009.
28. MARCELLI, Marcelo Pinto. Fungos Liquenizados. In: XAVIER FILHO, L.; LEGAZ, M.E.; CÓRDOBE, C.V.; PEREIRA, E.C.G. *Biologia de Líquens*. 1. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 2006.
29. MARCELLI, M.P., C. A. Joly & C.E.M. Bicudo (eds.). Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX. In: *Diversidade dos fungos liquenizados no Estado de São Paulo: um diagnóstico*. São Paulo: FAPESP; 1998. v.2: 25-35
30. MOTA FILHO, Fernando de Oliveira; PEREIRA, Eugênia Cristina; DE LIMA, Edimilson Santos; DA SILVA, Nicassio Henrique; FIGUEIREDO Regina Celia Bressan; Influência de Poluentes Atmosféricos em Belo Jardim (PE) Utilizando *Cladonia Verticillaris* (Líquen) como Biomonitor. *Quim. Nova*, Vol.30 n° 5 São Paulo, setembro /outubro, 2006
31. MARTINS, Suzana Maria de Azevedo, KÄFFER, Márcia Isabel, LEMOS Alessandra. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoeletrica, Rio Grande do Sul, Brasil. *Hoehnea* 35 (3): 425-433, 2 tab., 2 fig., 2008.

32. MENDONÇA, F. Impactos Socioambientais Urbanos. Curitiba: Editora da UFPR, v. 1. 330p. 2004.
33. Nash III, T. H. Lichen Biology. 2. ed. London: Cambridge University Press; 2008. 502 p
34. OIT. Organização Internacional do Trabalho. Trabalho Decente. Organização das Nações Unidas. Genebra, Suíça. Disponível em: <https://www.ilo.org/brasil/lang-es/index.htm>. Acesso em: 13 mai. 2022.
35. PIGNATI, Wanderley. Entenda por que o Brasil é o maior consumidor de agrotóxicos do mundo. Entrevistado por: Mariana Lucena em 2018. Galileu. Notícias/perigo. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,ERT150920-17770,00.html>. Acesso em: 13 mai. 2022.
36. PMC – Prefeitura Municipal de Caçador. Dados do Município de Caçador: Disponível em: <https://www.cacador.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaItem/10737> Acesso em 08/01/2022 e <https://turismo.cacador.sc.gov.br/sobre-a-cidade#dados-municipio>
37. PRESTES, Rosi Maria. VICENZI, Kelin Luiza. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental. Braz. J. Anim. Environ. Res., Curitiba, volume 2, n° 4, pg. 1473-1493, Jul./set. 2019.
38. PACIÊNCIA, Mateus Luiz Barradas. PRADO, Jefferson. Efeitos de borda sobre a comunidade de pteridófitas na Mata Atlântica da região de Una, sul da Bahia, Brasil. Revista Brasileira de Botânica. V.27, n4, p. 641-653. Out-dez. 2004.
39. PERLMUTTER, G.B., BLANK, G.B., WENTWORTH, T.R., LOWMAN, M.D., NEUFELD, H.S., PLATA, E.R. Effects of highway pollution on forest lichen community structure in western Wake County, North Carolina, U.S.A, 2017
40. PINHO, P., AUGUSTO, S., MARTINS-LOUÇÃO, MA, PEREIRA, M.J, SOARES, A., MÁGUAS, C., & BRANQUINHO, C. (2008). Causas de mudança em espécies de líquens nitrofiticos e oligotróficos em um clima mediterrâneo: impacto da cobertura da terra e poluentes atmosféricos. Poluição Ambiental, 154, 380–389
41. RODRIGUES, Pablo José Francisco Pena. e NASCIMENTO, Marcelo Trindade. Fragmentação Florestal: Breves Considerações Teóricas sobre Efeitos de Borda. Rodriguésia 57 (1): 63-74. 2006.
42. SAUERESSIG, Daniel. Levantamento dendrológico na floresta ombrófila mista e implementação de um sistema de identificação “online”. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2012.
43. SCHAAD, Suélen Scharamm, VIBRANS, Alexander Christian. O uso da terra no entorno de fragmentos florestais influencia a sua composição e estrutura. Floresta e Ambiente, 2015: 22(4): 437-445.
44. WALTER, Bruno Machado Teles. GUARINO, Ernestino de Souza Gomes Comparação do método de parcelas com o “levantamento rápido” para amostragem da vegetação arbórea do Cerrado sentido restrito. Acta bot. bras. 20(2): 285-297. 2006