



LIQUENS ENQUANTO BIOINDICADORES DA QUALIDADE AMBIENTAL

Daniela Loureiro Romanoski ¹

Emerson Luiz Gumboski ²

Resumo

O biomonitoramento utilizando bioindicadores ambientais vem se destacando nas mais diversas áreas de pesquisa científica. O uso de bioindicadores naturais é uma alternativa de baixo custo e que proporciona uma grande riqueza e diversidade de dados, não somente levando a resposta esperada, como aumentando as possibilidades de análise de um objeto de pesquisa. Diante disso, os líquens estão sendo estudados como uma alternativa eficaz de levantamento de informações sobre a qualidade ambiental de um local, por uma série de fatores benéficos a pesquisa, dentre eles, baixo custo de aplicabilidade na pesquisa, facilidade na coleta de amostras, não são sazonais, podendo ser encontrados em grande quantidade e variedade em qualquer época do ano, mas principalmente pela grande sensibilidade a poluição atmosférica, capacidade de registro biológico de informações e dados, principalmente sobre poluição do ar.

Abstract

O biomonitoramento utilizando bioindicadores ambientais vem se destacando nas mais diversas áreas de pesquisa científica. O uso de bioindicadores naturais é uma alternativa de baixo custo e que oferece uma grande riqueza e diversidade de dados, não levando apenas uma resposta esperada, como aumento como possibilidades de análise de um objeto de pesquisa. Diante disso, os líquens estão sendo estudados como uma alternativa eficaz de levantamento de informações sobre a qualidade ambiental de um local, por uma série de fatores benéficos a pesquisa, dentre eles, baixo custo de aplicabilidade na pesquisa, facilidade na coleta de anteriores, não são sazonais, podendo ser encontrado em grande quantidade e variedade em qualquer época do ano, mas principalmente pela grande sensibilidade a atmosférica, capacidade de registro biológico de informações e dados, principalmente sobre a fonte do ar.

Palavras-chave: Biogeografia, Biomonitoramento, Líquens.

Keywords: Biogeography, Biomonitoring, Lichens.

¹ Mestranda de Geografia pela Universidade Federal da Fronteira Sul- UFFS, daaany@hotmail.com

² Professor da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, emersongumboski@gmail.com



INTRODUÇÃO (JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS)

A biogeografia é um ramo da Ciência Geográfica, com amplo campo de investigação científica que estuda a distribuição dos seres vivos ao longo do globo terrestre, bem como as modificações e adaptações dos organismos vivos através das condições naturais e antrópicas ao longo do tempo em diferentes escalas de análise (TROPPEMAIR, 2002; ROMARIZ, 2012; MURARA, 2016).

Entender o porquê de cada espécie estar limitada a determinado ponto do planeta e quais as condições físicas que a levaram a se desenvolver e permanecer ali é um dos principais objetivos de estudo e investigações que permeiam a biogeografia. De onde vieram; são de um ancestral comum; os trópicos influenciam nesta distribuição; clima, topografia e interação com outras espécies são facilitadores ou limitadores deste desenvolvimento; estes e outros questionamentos também são objetos de estudo da biogeografia.

Tais estudos geraram um grande volume de estudos sobre o papel limitante das comunidades e a capacidade fisiológica dos seres vivos de suportar as condições de determinados ambientes. Este conhecimento é muito útil na agricultura, na biologia da conservação, no planejamento ambiental, entre outros. FURLAN (2009, pg. 99) De encontro a esta visão, a fitogeografia trabalha com as mais diversas espécies vegetais, entendendo características de desenvolvimento e dependência entre todos os seres constituintes de um mesmo ecossistema (TROPPEMAIR, 2002; ROMARIZ, 2012).

Entre os fatores que condicionam a extensão e a forma da área de distribuição de uma espécie, o clima tem importância primordial. Concretamente, a temperatura e umidade relativa do ar são os parâmetros que condicionam a maior parte da distribuição espacial dos organismos. FURLAN (2009, pg. 99)

Os organismos variam muito na maneira com que dependem uns dos outros. Alguns organismos autotróficos como, como certos tipos de algas e líquens, não apenas produzem seu próprio alimento a partir da luz solar, dióxido de carbono, água e minerais, mas habitam ambientes físicos extremamente inóspitos, como fontes quentes e rochas nuas, onde podem encontrar e interagir diretamente com poucas outras espécies. Brow e Lomolino (2006)

De modo geral, as pesquisas em fitogeografia são pautadas nas grandes formações vegetais, bem como, a partir de espécies arbóreas e arbustivas. No entanto, constituindo-se de um grupo simbiótico extremamente diverso e complexo, os líquens (fungos liquenizados) ocorrem em vários substratos e ambientes, muitas vezes em lugares onde outros organismos



não seriam capazes de se desenvolver e, por esse e outros motivos, se tornam como interessantes ‘organismos’ a serem investigados.

Podendo se localizar em troncos e ramificações de árvores (corticícolas), no solo (terrícolas), sobre rochas (saxícolas), sobre folhas (folicolas) e praticamente em qualquer tipo de substrato estável por algum tempo (MARTINS e MARCELLI, 2006), os líquens são seres vivos complexos definidos como uma associação de fungos e algas. São organismos pioneiros, estabelecendo-se em locais inóspitos, se desenvolvem sem muita dificuldade, ou necessidade de condições especiais, além de sobreviver em locais de grande estresse ecológico.

São organismos representados por associações simbióticas entre fungos e algas verdes ou cianobactérias, os quais, em conjunto formam uma estrutura chamada talo. Os líquens absorvem a umidade e componentes do ar por todo o talo (fúngico, em sua maior parte), e obtém carbono e demais nutrientes a partir da fotossíntese realizada pelas algas ou cianobactérias (COLONI JUNIOR, 2019).

Abaixo Amostra de líquen coletada em trabalho de campo na Floresta Nacional de caçador:



Imagem 1 – Líquen Folioso *Emmanuelia erosa*

Fonte: Daniela Loureiro Romanoski



Os líquens são bastante diversos e podem ser classificados em cinco grupos principais, são eles: folioso, fruticoso, filamentosos, crostoso e dimórfico. Cada grupo possui características biológicas e morfologias diferentes, e podem ser identificados através de análise morfológica e anatômica com o auxílio de microscópio, guiada por chave dicotômica de identificação de gênero. Nas imagens abaixo podemos identificar os cinco tipos de líquens coletados em campo:



Imagem 2: Líquen Dimórfico:

Cladonia subsquamosa

Fonte: Daniela Loureiro Romanoski



Imagem 3: Líquen Crostoso:

Pertusaria sp.

Fonte: Daniela Loureiro Romanoski



Imagem 4: Líquen Folioso:

Sticta aff. fuliginosa

Fonte: Daniela Loureiro Romanoski



Imagem 5: Líquen Fruticoso:

Usnea erinace

Fonte: Daniela Loureiro Romanoski



Imagem 6: Líquen Filamentoso:

Coenogonium interplexum

Fonte: Daniela Loureiro Romanoski



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 biomonitores (MOTA FILHO et al., 2006).

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 e o micobionte pode ser evidenciada com rapidez através da ruptura desta associação. (MARTINS et al., 2008)

Além de ter uma forte resistência a acontecimentos exteriores ao seu ambiente, são sensíveis a ponto de desenvolver uma capacidade de registro biológico, capacidade essa que o destaca como um bioindicador de qualidade ambiental, algumas espécies tem a relação de ausência e presença ligada a condições específicas de ambiente, como por exemplo uma boa qualidade do ar, o simples fato de existir em uma determinada área sugere uma condição favorável de qualidade ambiental e do ar, ou uma interação saudável entre o líquen e os agentes de entorno. (COLLONI JUNIOR, 2019).

Os métodos mais comuns de biomonitoramento da qualidade do ar utilizando líquens envolvem análises de comunidades, características e estruturas morfológicas, fisiológicas e celulares. Além disso, os métodos para estudo e diagnóstico da qualidade do ar com líquens já vêm sendo disseminados há décadas, e podem ser aplicados a diferentes condições de ambiente, substrato e espécies de líquens. De acordo com estudos já realizados, a cobertura e frequência de líquens são variáveis importantes para a investigação da pureza atmosférica.

A região oeste catarinense notadamente apresenta sua paisagem dominada por agropecuária, com a economia e infraestrutura de produtos, transporte e serviços voltada para as agroindústrias. A produção de alimentos se destaca como principal fonte de renda para alguns municípios, grande parte dos municípios trabalha com a produção de suínos, e tem suas propriedades agregadas as grandes agroindústrias. Além do incentivo produtivo através da venda de mercadoria, as agroindústrias movimentam grande parte dos empregos dos municípios, na cidade de Chapecó por exemplo, a agroindústria gerou um grande processo de crescimento no bairro ao qual está instalada, tornando-o o mais populoso do município, com cerca de 80 mil habitantes.



Diante dessa realidade, os remanescentes florestais da região, vem perdendo espaço para o plantio e criação de animais. Grande parte dos municípios tem aderido as normas de preservação de nascentes de água, educação ambiental nas escolas, projetos de ensino e formação para crianças e jovens, projetos de destinação de dejetos suíno e replantio de mata ciliar, são ações de iniciativa de empresas como Consorcio Iberê e prefeituras municipais de toda a região. O objetivo deste projeto é promover o Desenvolvimento Sustentável, fortalecendo políticas públicas como a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Programa Nacional de Educação Ambiental e Agricultura Familiar, diminuindo conflitos de uso de áreas de preservação permanente na região de abrangência do Consórcio Iberê por meio de ações que visam à proteção, restauração e preservação das áreas de mata ciliar com intervenções construídas coletivamente, envolvendo vertente comunitária e institucional, atendendo a demanda das áreas prioritárias da CASAN. (IBERÊ, 2021)

O baixo numero de remanescentes florestais dificulta na manutenção da biodiversidade da região, se tratando de fauna e flora, mas também em qualidade ambiental. A diminuição de áreas de florestas e aumento de áreas de agricultura e pecuária, causam desequilíbrio e alterações na dinâmica dos ecossistemas como por exemplo, extinção de espécies de plantas nativas, facilitando o desenvolvimento de espécies mais resistentes a exposição de agrotóxicos e também diminuindo espaços de reprodução e habitat natural de animais.

As unidades de conservação, são áreas protegidas por lei que possibilitam sobrevivência e reestabelecimento da biodiversidade de um local, protege os recursos naturais e contribuem para a manutenção dos ambientes essenciais a humanidade. Proporciona a regulação da água, produção de ervas, alimentos, testes para processo produtivo orgânico, manutenção a qualidades do ar e equilíbrio do clima, além de em muitos casos ser portadora de beleza cênica, cultural e lazer. Muitas vezes se tornam refúgios de vida silvestre em meio as grandes cidades, formando corredores ecológicos para animais e também um ponto de equilíbrio da qualidade ambiental mediante a poluição das áreas urbanas e industriais

A poluição não somente agride o ambiente, como também prejudica o desenvolvimento de espécies que dependem do local para se alimentar e se reproduzir. Diante destas informações, os líquens se tornam instrumentos de análise de grande valor, por estarem inseridos em ecossistemas naturais, conseguem demonstrar não somente o desequilíbrio, mas também mensurar os poluentes através de análises químicas e sensibilidade biológica.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo discutir a possibilidade de utilização dos líquens enquanto bioindicadores da qualidade ambiental, observando as pesquisas anteriormente realizadas e buscando dialogar com a realidade da área de estudo no Oeste de



Santa Catarina, levando em consideração a necessidade de aprimoramento e avanço de pesquisas neste âmbito na região, bem como a carência de estudos e bibliografias relacionando o tema com a região localizada no Oeste de Santa Catarina.

A área de estudo trata de uma unidade de conservação, com a gestão atribuída a ICMBIO, denominada Floresta Nacional de Caçador (FLONA) criada em 1986, classificada como Domínio de Mata atlântica, Floresta Ombrófila Mista ou floresta de Araucária. Área de 710,00ha, categorizada como unidade de uso sustentável e localizada no distrito de Taquara Verde. O distrito de Taquara Verde é uma comunidade semi-rural, localizada a cerca de 26km do centro da cidade de Caçador, na área de entorno da Floresta Nacional de Caçador.

A cidade de Caçador fica localizada no vale do contestado, tem área de aproximadamente 984.285 km (Fonte IBGE/2016), população de 79.313 (Fonte IBGE /2019), latitude 26°46 '31 e longitude 51°00'54, altitude 920 metros e faz divisa com os municípios de Calmon, Leбом Regis, Rio das Antas, Arroio Trinta, Macieira e Água doce. Fonte: Site do Município de Caçador. <https://turismo.cacador.sc.gov.br/sobre-a-cidade#dados-municipio>

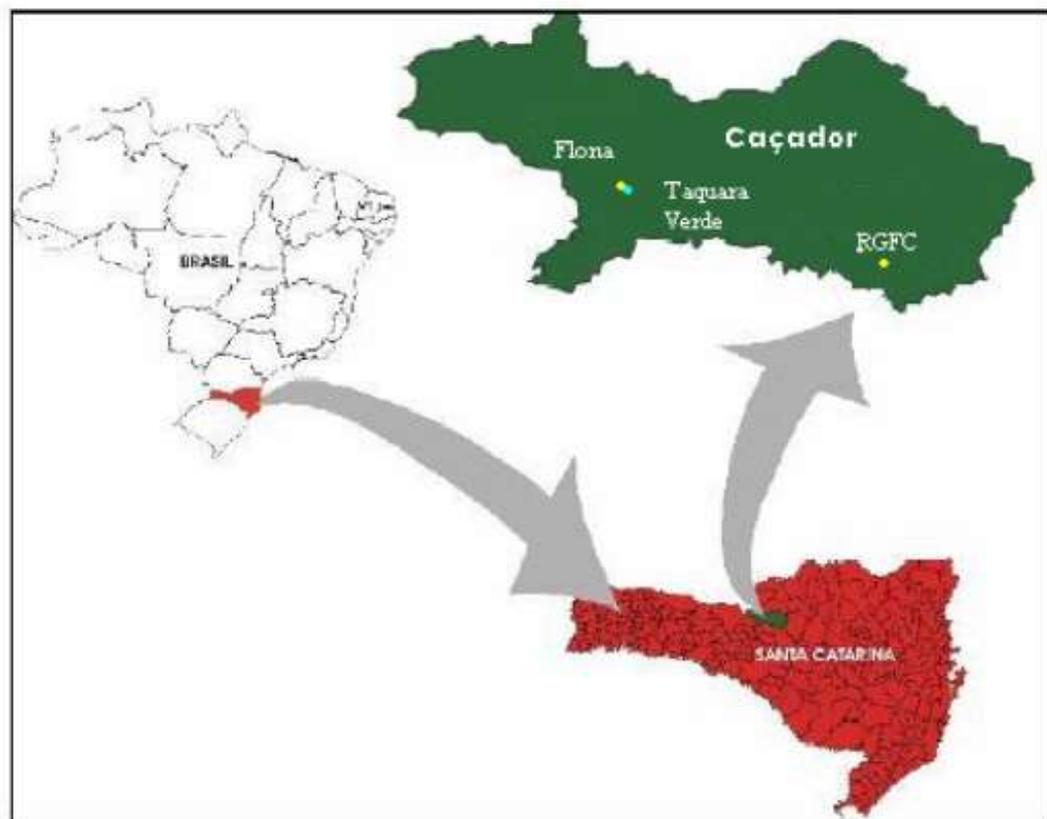


Figura 7: Localização da Área de estudo

Fonte: Camila Vieira da Silva, 2006



É uma comunidade semi-rural, localizada a cerca de 26km do centro da cidade de Caçador, na área de entorno da Floresta Nacional de Caçador (Figura 1). Segundo um informante local o Distrito de Taquara Verde é mais antigo que o município de Caçador, pertencendo anteriormente a outras comarcas. As principais atividades da comunidade são empregos nas indústrias madeireiras, nas empreitadas de corte de pinus e de roçada, e de meiros ou diaristas nas lavouras nas épocas das culturas de primavera e verão (alho, cebola e tomate).

Esta área especificamente tem uma característica de floresta mais aberta, com a vegetação menos densa, com árvores mais afastadas entre si, grande quantidade de serrapilheira e regeneração natural em estágio médio em algumas partes. Existe uma grande parte de retirada de madeira e corte de araucária e pinus. A Unidade de Conservação não apresenta plano de manejo, não podendo assim ser utilizado como complemento e apoio para pesquisas, também possui pouca quantidade de trabalhos e pesquisas científicas produzidos em relação ao local.

As coletas são realizadas em trabalho de campo estão sendo realizadas, em forma de transectos, buscando sempre coletar uma quantidade satisfatória, que possa facilitar a identificação, obtendo o talo inteiro, em alguns casos utilizando materiais simples como faca e colocando em saquinhos de papel para armazenagem temporária e transporte. Após esta etapa, é realizada a secagem das amostras separadas, em local ventilado e livre de calor.

APORTE TEÓRICO

O biomonitoramento, utilizando bioindicadores ambientais dos mais diversos tipos, vem ganhando espaço no âmbito da pesquisa científica relacionada a qualidade ambiental. Podem ser considerados indicadores ambientais ou bioindicadores espécies e conjuntos de espécies com capacidade de reagir e registrar distúrbios ou alterações no ambiente ao qual fazem parte.

Os modelos de estudo da qualidade ambiental de um local, procuram caracterizar as estruturas da paisagem em conjunto com os ecossistemas locais, em grau de isolamento e em um contexto de conjunto ou grupo.

A demonstração dos métodos para biomonitoramento servem como referência para equipes de pesquisa, nos quesitos de coleta de dados, experimentação, identificação e avaliação dos fatores envolvidos na qualidade do ar, tais como o inventário botânico, identificação de espécies e a análise da dinâmica das populações com a qualidade do ar (COLLONI JUNIOR, 2019).



Qualquer ser vivo pode ser utilizado como indicador, 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 qualitativas e/ou quantificáveis de elementos estranhos ao ambiente. Neste caso, líquens, musgos e folhas das plantas, que respondem de forma precisa aos experimentos de detecção, são frequentemente empregados na avaliação de elementos traço em material particulado do ar atmosférico. (MOTA FILHO et al., 2006).

Através do biomonitoramento é possível mensurar fatores abióticos de alteração ambiental, como por exemplo alterações na qualidade do ar ou poluição do solo e da água por exemplo. Esta técnica quando aplicada, não necessita de infraestrutura mecânica, processos de instalação, infra estrutura além de fornecer um alcance de dados em muitos casos imediato e de boa qualidade. Possuem ainda baixo custo na implementação da pesquisa, no processo de coleta de amostras e também no tratamento dos dados, trazendo assim uma nova alternativa de análise da qualidade ambiental. A utilização das respostas de um sistema biológico a respeito de algum agente estressor, possibilitam realizar um planejamento para todo o sistema, preparando medidas mitigatórias ou compensatórias e visando a recuperação da normalidade de um ambiente em processo de degradação.

Dentre os diversos tipos de bioindicadores que podem ser analisadas para estudos de poluição ambiental, os líquens apresentam vantagens relacionadas, inicialmente, à sua ampla ocorrência, facilidade de amostragem e capacidade de acumular diversos elementos de interesse sob o ponto de vista ambiental (COCCARO, 2001).

A utilização do líquen como bioindicador de qualidade do ar, é uma ferramenta utilizada desde o século XIX. O surgimento de algumas espécies em uma determinada área sugere menor índice de poluição, já sua ausência ou seu desaparecimento indica baixa qualidade do ar ou agravamento da poluição local.

Líquens têm sido utilizados como biomonitores da qualidade do ar e indicadores ecológicos devido à sua sensibilidade a diversos poluentes atmosféricos, como a amônia (NH_3), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de enxofre (SO_2) e metais tóxicos. Neste sentido, o impacto da poluição atmosférica na distribuição de líquens epifíticos é um fator chave para o monitoramento da qualidade do ar (COLLONI JUNIOR, 2019).

A utilização de indicadores biológicos como método de detecção de mudanças no ambiente é eficaz e rápida, visto que são recursos mais econômicos, pois não requerem instalações prévias, não usam energia elétrica e podem ser distribuídos em diversos pontos em uma área de estudo (MOTA FILHO et al., 2006)



METODOLOGIA

A metodologia para elaboração do presente trabalho envolveu a pesquisa bibliográfica, envolvendo a revisão teórica, a revisão empírica e a revisão histórica. Cabe destacar que o estado da arte sumariza o que já se sabe sobre o tema e os principais entraves metodológicos.

Logo, a revisão teórica possibilitou suporte para explicar o problema de pesquisa em um quadro de referência teórica. A revisão empírica procurou mostrar como problema vem sendo explicado do ponto de vista metodológico e a revisão histórica buscou recuperar a evolução dos conceitos, temas, abordagens que visam explicar os fatores determinantes do objeto de estudo.

Para a seleção das fontes de informação foram utilizados livros teóricos; Bancos de teses e dissertações de universidades; artigos científicos; revistas científicas; documentos, entre outros. Neste sentido, as fases que envolveram as etapas deste trabalho foram: observação, indagação, interpretação, reflexão e análise do material consultado.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÕES

Durante o período de análise bibliográfica foram registrados 17 trabalhos sobre a temática Líquens como Bioindicadores no portal de Periódicos da Capes, 10 trabalhos especificamente voltados para Líquens como Bioindicadores de qualidade do ar, mas nenhum trabalho específico para a região Oeste de Santa Catarina. As áreas de maior preocupação para a realização destes trabalhos foram Mineração, Biomonitoramento e ciências em geral com 2 trabalhos cada, seguido por estudos para áreas urbanas, saúde humana, índice de pureza do ar, e indicadores biológicos.

Um estudo divulgado em fevereiro de 2021, pela revista *Ecological Indicators*, destacou o biomonitoramento como um dos meios de pesquisa de qualidade ambiental mais confiáveis e utilizados na última década, considerando qualidades individuais e em grupo, de diversas espécies, caracterizando não somente a qualidade do ambiente, mas também níveis de vitalidade de cada espécie. O maior ano de publicação dos artigos sobre biomonitoramento usando líquen como indicador biológico foi em 2019 com 22 artigos (15,3%), e o menor foi em 2020 com 6 artigos (4,4%).

As áreas mais pesquisadas e estudadas são as áreas urbanas, com 75 artigos (52%). Em seguida, este número é seguido por áreas industriais com 19 artigos (14%), áreas que são responsáveis por grande parte do material poluidor. Áreas urbanas tendem a retirada de



vegetação para a construção civil e habitação, já as indústrias são responsáveis principalmente pela emissão de gases, fumaça química, tóxica e material particulado. Na sequência serras, áreas de mineração também responsável por grande impacto ambiental local e alteração de habitat, microclima e ecossistema e áreas múltiplas com 7 artigos (5,2%) respectivamente, áreas de disposição e áreas internas com 6 artigos (4,5%) respectivamente, áreas remotas com 4 artigos (3%), áreas florestais, com 3 artigos (2,1%), número bastante restrito, levando em consideração a importância da verificação da qualidade ambiental nestas áreas, áreas de conservação, ilha e áreas agrícolas, todas com 2 artigos (1,5%), respectivamente, e por último áreas de água doce e bacia hidrográfica com ambas tendo um artigo (0,7%) (ABAS, 2021). Baseada nesta análise, é possível verificar que as pesquisas estão relacionadas as áreas de maior impacto, bem como a preocupação em averiguar a instância de poluição em que se encontra determinada região ou verificar se o agente causador pode ou não ser identificado a partir destes estudos.

Ressalta-se, portanto, a carência de pesquisas relacionadas a temática apresentada no estado de Santa Catarina, mais precisamente para a região Oeste Catarinense, onde especificamente para o tema da verificação da qualidade ambiental utilizando líquens ou líquens enquanto bioindicadores ambientais nada foi encontrado até o momento. A utilização da biodiversidade líquênica na avaliação da qualidade ambiental pode ser uma importante ferramenta para os gestores das Unidades de Conservação, pela facilidade de aplicação e possibilidade de continuidade a médio e longo prazo. A pesquisa em si ainda não apresenta resultados específicos, pois ainda se encontra na etapa de revisão bibliográfica coleta de amostras e identificação de espécies de líquens.



REFERÊNCIAS

ABAS, Aslan. A systematic review on biomonitoring using lichen as the biological indicator: A decade of practices, progress and challenges. **Ecological Indicators**, Volume 121, fevereiro de 2021.

COCCARO, Daniela Maria Bertero. **Estudo da Determinação de Elementos-Traço em Líquens para a Monitoração Ambiental**, São Paulo, 2001

COLONI Junior, Gilberto. **Concepção de manual de campo para diagnóstico e monitoramento da qualidade do ar utilizando fungos liquenizados**, Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária), Unisul, Palhoça, 2019.

Dados consorcio Iberê <http://www.ibere.org.br/projetos>. Acesso em 16/11/2021

MARCELLI, Marcelo Pinto. Ecologia Liquênica nos Manguezais do Sul-Sudeste Brasileiro. *Bibliotheca Lichenologica* 47. **J. CRAMER**. Berlin. 310p. 1992.

MARTINS, Suzana Maria Azevedo. **Estudo da Comunidade Liqueniada Epífita em *Dodonaea viscosa* L. na restinga do Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS**. Tese (Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. São Paulo, 2006.

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 nº 5 São Paulo, setembro /outubro, 2006.

MURARA, Pedro Germano. Caminhos da Biogeografia. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 58, p. 176-188, 2016.

ROMARIZ, D. A. **Biogeografia: temas e conceitos** – São Paulo: Scortecci, 2012.

TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 5ª ed., Rio Claro, Ed. do autor, 2002.

Dados Floresta Nacional de Caçador. Acesso em 16/11/2021 <https://uc.socioambiental.org/pt-br/arp/1293>