

Uso de líquens como bioindicadores no monitoramento ambiental: uma revisão

Use of lichens as bioindicators in environmental monitoring: reviews

Luana Búrigo Vargas^{1*}, Raquel Holtrup Wolff¹, Juliana Ferreira Soares¹

¹Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages-SC, Brasil.

*Autora para correspondência: luanabuva@hotmail.com

RESUMO

O monitoramento ambiental possui como diretriz o acompanhamento de condições de determinado local, exercendo uma avaliação quanto ao estado em que se encontra. Ressalta-se o crescente uso de indicadores biológicos, que traduz, de forma mais íntegra, a situação do meio ambiente em questão. Quanto a isso, realizou-se uma revisão bibliográfica, a partir de trabalhos publicados em banco de dados digitais, datados entre os anos de 2007 e 2022, sobre o monitoramento ambiental com o uso de líquens. Os líquens, simbioses, apresentam sensibilidade a compostos e substâncias, sendo bioacumuladores e bioindicadores nos compartimentos de ar e solo. Sua utilização ocorre, também, para avaliação de ecossistemas e sua qualidade de manutenção, sendo aplicados até mesmo em áreas de acidentes radioativos. Todavia, o uso de líquens para o monitoramento deve difundir-se mais, visto que os trabalhos encontrados denotam sobre muito sobre o tema de monitoramento da qualidade do ar, deixando uma lacuna a ser explorada.

Palavras-chave: Qualidade ambiental. Simbioses. Indicador biológico.

ABSTRACT

Environmental monitoring has as a guideline the monitoring of conditions of a given location, exercising an assessment as to the state in which it is located. The growing use of biological indicators is emphasized, which translates, more fully, the situation of the environment in question. In this case, a literature review was carried out, based on papers published in digital databases, dated between 2007 and 2022, on environmental monitoring with the use of lichens. Lichens, symbioses, present sensitivity to compounds and substances, being bioaccumulators and bioindicators in air and soil compartments. Its use also occurs to evaluate ecosystems and their quality of maintenance, being applied

Realização:



Apoio:



even in areas of radioactive accidents. However, the use of lichens for monitoring should spread further, since the studies found denote much on the subject of air quality monitoring, leaving a gap to be explored.

Keywords: Environmental quality. Symbionts. Biological indicator.

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento ambiental é previsto pela Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação (BRASIL, 1981). O monitoramento ambiental é definido como ferramenta de coleta de dados contínuo e acompanhamento sistemático de condições relacionados ao meio ambiente, que possibilita avaliar quantitativamente e qualitativamente a situação em que se encontram os recursos naturais, sendo este acompanhamento relacionado as circunstâncias no momento do estudo ou as possíveis tendências ao longo do tempo (PEREIRA; BRITO, 2012).

De acordo com a Agência Embrapa de Informação Tecnológica (AGEITEC), o uso do monitoramento possibilita o planejamento, recuperação e aplicação de medidas de controle, pois fica a cargo dele demonstrar o estado de conservação, preservação, degradação ambiental e sua possível recuperação, às condições iniciais, ao longo do tempo. O órgão coordenador, controlador e executivo de monitoramento e atividades relacionadas à gestão de informações ambientais, no Brasil, é o Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais (CENIMA). Contudo, para que esta ferramenta seja utilizada de forma eficaz, torna-se imprescindível a determinação do objetivo do estudo, pois é a partir dele que serão selecionados os parâmetros representativos da condição ambiental.

Os parâmetros utilizados no monitoramento ambiental podem ser de cunho físico, químico e biológico. Atualmente, no Brasil, são encontradas resoluções que dispõe sobre esses parâmetros em forma conjunta, como a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005), em que se dispõe sobre a classificação dos corpos de água e seu enquadramento. Na classificação dos recursos hídricos parâmetros como turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, dentro outros são utilizados. Quanto aos padrões de qualidade do ar tem-se a Resolução CONAMA nº491 de 2018, a qual apresenta também níveis de atenção, alerta e

Realização:



Apoio:



emergência para os poluentes atmosféricos. Para o solo, sendo um meio heterogêneo, onde cada local apresenta características distintas, os padrões são estabelecidos por valores orientadores da CETESB. Entretanto, não são encontradas resoluções que expressem parâmetros e padrões relacionados ao monitoramento ambiental com o uso de bioindicadores.

Os bioindicadores permitem avaliar a qualidade do meio ambiente em que se encontram inseridos, possibilitando a visualização das possíveis intervenções antrópicas exercidas no meio. Sendo assim, os bioindicadores são utilizados para expressar o impacto da poluição sobre qualquer ecossistema, elencar informações referentes as causas e fatores observados, proporcionar uma visão espacial e temporal da distribuição do impacto e demonstrar os dados obtidos sobre potencial risco à população humana, flora e fauna (KAPUSTA, 2008).

Qualquer tipo de organismo vivo que possua como característica a sensibilidade ou intolerância à compostos podem ser utilizado e considerado como bioindicador. Como exemplo tem-se os macros invertebrados bentônicos (LINARES *et al.*, 2021), grupos de bactérias (BOCCOLINI *et al.*, 2019) e plantas, como algas, flores e oleaginosas (LEYTE-VIDAL *et al.*, 2019; NOVAIS *et al.*, 2019). Além desses organismos já supracitados, o uso de líquens como bioindicadores também é recomendando, tendo em vista que são extremamente sensíveis as alterações ambientais devido a sua biologia, sendo facilmente observada a diminuição de sua vitalidade e sintomas externos característicos (MARTINS *et al.*, 2008).

O processo de simbiose sucedido na formação de líquens decorre da associação de fungos às algas verdes ou cianobactérias. Sua importância ecológica é dada pelo pioneirismo que estes organismos retratam aos ecossistemas, habitando diferentes e amplas regiões em todo o planeta. Desta forma, o uso de líquens como bioindicadores é aplicado para o monitoramento da qualidade do solo e do ar devido a sua sensibilidade, sendo um método viável para avaliações de riscos ambientais que favorecem à cautela e proteção de vários segmentos, como o meio ambiente e a saúde da população em seu entorno (DOS SANTOS *et al.*, 2018).

Quando se trata de questões ambientais, deve-se constantemente considerar diversos aspectos. Avaliações físicas e químicas são de extrema importância, porém para se ter um panorama completo sobre um ecossistema e analisar seu risco, deve-se levar em

Realização:



Apoio:



consideração os seres vivos presentes, dado isto a importância do biomonitoramento (PRESTES; VINCENCI, 2019). Debates sobre a relevância do uso de marcadores ambientais vem crescendo, visto que, compostos como pesticidas e defensivos agrícolas não possuem larga viabilidade nos seus métodos de avaliação, apresentando elevado custo de operação com uso de cromatógrafos e espectrofotometria (ARIAS *et al.*, 2007). Portanto, elenca-se a utilização de líquens para o monitoramento ambiental como tema de interesse de revisão. Indaga-se a relevância do monitoramento ambiental em diferentes compartimentos ambientais, buscando a avaliação da aplicação e do domínio dos líquens neste tema a partir de estudos publicados em artigos científicos.

2 METODOLOGIA

Este estudo de revisão enfatiza sobre o tema de bioindicadores no segmento do monitoramento ambiental, buscando o delineamento para o uso de líquens neste quesito. Assim sendo, focou-se nos compartimentos ambientais que os líquens possuem relação para possível avaliação ambiental. Foi verificado que estes simbiontes possuem relação com a qualidade do ar e do solo e, também, na avaliação do ecossistema como um todo, constatando a condição ambiental de um local, inclusive para a presença de materiais radioativos.

Para a confecção desta revisão, utilizou-se como banco de dados de pesquisa o *ScienceDirect*, Portal CAPES e Scielo, considerando-se estudos, revisões e artigos datados dos anos de 2007 a 2022. Além disso, materiais de referência mais antigos foram utilizados para a discussão de conceitos sobre o tema de monitoramento já difundido. Utilizou-se como palavras-chaves os termos *bioindicator*, *lichen*, *monitoring*, *water*, *soil*, *air*, *ecosystems*. Busca-se elencar a melhor condição de uso deste bioindicador para monitoramento ambiental, segmentando sua área mais abrangente, considerando a qualidade ambiental do meio.

3 LÍQUENS NO MONITORAMENTO AMBIENTAL

O aumento da degradação ambiental está exigindo a busca por metodologias de avaliação com a capacidade de distinguir diferentes oscilações ambientais em um tempo estabelecido, a partir de técnicas e estudos com seres vivos. Os seres bioindicadores estão dentre essas metodologias e possuem os mais distintos níveis de organização biológica,

Realização:



Apoio:



fornecendo dados extras que culminam para a investigação de possíveis riscos ecológicos do ecossistema (PRESTES; VIVENCI, 2019).

De acordo com Braz e Longo (2021, p. 15),

O termo bioindicador aponta para um grupo de espécies ou comunidades biológicas cuja quantidade, distribuição e presença indicam a magnitude de impactos ambientais em um ecossistema modificando suas funções vitais, ou sua composição química em função das características do meio. Sua utilização permite a avaliação integrada dos efeitos ecológicos causados por múltiplas fontes de poluição, incluindo a poluição atmosférica.

Destaca-se a importância em compreender a qualidade ambiental de uma área, avaliar prováveis impactos para a sociedade e ecossistemas, além do fornecimento de informações em momentos mais críticos para se iniciar ações de emergência. As interações e o comportamento dos poluentes no meio ambiente, são formas de monitoramento e controle ligados à qualidade de vida de toda uma população (BRAZ; LONGO, 2021).

O uso do bioindicador pode ser utilizada juntamente com instrumentos que objetivam quantificar os poluentes, possibilitando a verificação quanto a situações de risco pontuando os locais em que eles se encontram (MAKI *et al.*, 2013). Os líquens são bioindicadores utilizados como alternativa variável no âmbito de qualidade ambiental, porém é preciso que sejam feitos estudos e levantamentos em campo, pois, o comportamento destes podem variar devido às condições do meio em que se inserem. Portanto, são ferramentas sustentáveis que fornecem informações importantes para melhorar a qualidade do ar e da vida humana (BRAZ; LONGO, 2021; MAKI *et al.*, 2013).

3.1 Líquens como bioindicadores da qualidade do ar

A morfologia do talo subdivide os líquens em três grandes grupos básicos, nomeados como líquens crostosos, foliosos e fruticosos (BRAZ; LONGO, 2021). Os líquens foliosos e crostosos tem maior incidência nos troncos das árvores, pelo fato de serem mais resistentes aos poluentes atmosféricos (DOS SANTOS *et al.*, 2018). Estes líquens são altamente tolerantes, suportando até mesmo concentrações tóxicas.

Importante salientar que se a qualidade do ar não está adequada, a influência pode estar diretamente ligada aos poluentes atmosféricos (DOS SANTOS *et al.*, 2018). Além disso, as primeiras características de ar poluído estão relacionadas aos efeitos

Realização:



Apoio:



morfológicos, devido à perda gradativa da componente foto bionte (RAIMUNDO-COSTA *et al.*, 2021), sendo assim, a diversidade dos líquens é subjetiva, modifica de ambiente para ambiente e é influenciada pela poluição do ar, afetando principalmente as espécies mais sensíveis.

O acúmulo de metais interfere no crescimento das espécies dos líquens, sua forma também difere quando relacionada à localização dos diferentes âmbitos dentro da cidade (PEREIRA *et al.*, 2018). Realizar o monitoramento da qualidade do ar atmosférico se faz necessário principalmente em grandes centros urbanos, sendo de extrema importância atualmente, devido os poluentes dispersos pela mineração e intenso tráfego veicular terem influência no desenvolvimento dos líquens (BRAZ; LONGO, 2021; DOS SANTOS *et al.*, 2018; LUCHETA *et al.*, 2019; KÄFFER *et al.*, 2011; RAIMUNDO-COSTA *et al.*, 2021). Porém, é importante salientar que a qualidade do ar não está relacionada à elevada presença destes organismos em um certo local.

Apesar das estações automáticas serem eficientes, não possibilita a avaliação dos impactos da poluição sobre organismos e comunidades (RAIMUNDO-COSTA *et al.*, 2021). Sendo assim, mesmo com a utilização dos métodos tradicionais para realizar o monitoramento, outra forma metodológica é o uso de bioindicadores para detectar a presença de poluentes atmosféricos sobre organismos (BRAZ; LONGO, 2021; DOS SANTOS *et al.*, 2018). Além disso, estes organismos também detectam poluentes em locais fechados, como dentro de automóveis por exemplo.

O tabaco não polui o ambiente somente durante o seu uso, mas é mantido por um certo tempo, causando um risco potencial à saúde do próprio tabagista e dos que frequentaram o espaço, além disso, mesmo o carro sendo de uma pessoa não fumante o ambiente interno do automóvel é poluído por diversos elementos relacionados ao tráfego (PAOLI *et al.*, 2019). As espécies mais resistentes de líquens têm maior capacidade de detectar altos níveis de poluição do ar.

Por isso, os líquens têm sido amplamente utilizados como bioindicadores (MCMULLIN *et al.*, 2017), conseguindo agregar informações relevantes que permitem uma avaliação das condições atmosféricas. Além disso, é considerada uma metodologia simples e facilitada para o monitoramento da poluição, sendo utilizado para avaliação prévia da qualidade do ar por ter baixo custo de investimento (DOS SANTOS *et al.*, 2018; MAKI *et al.*, 2013; KÄFFER *et al.*, 2011).

Realização:



Apoio:



3.2 Líquens como bioindicadores da qualidade do solo

As rochas são locais com acúmulo de metais pesados (OSY CZKA; ROLA; JANKOWSKA, 2016), por isso, a utilização de líquens como bioindicadores da qualidade do solo pode ser uma alternativa eficaz e econômica para monitorar a poluição contida na paisagem e a exposição quanto à deposição de nitrogênio antropogênico (N) e enxofre (S), estes que podem afetar de forma negativa as funções ecossistêmicas (RAIZ, *et al.*, 2021). Além disso, os metais pesados podem causar mudanças e danos à nível de membrana celular, então, devido a isso, utiliza-se os líquens como indicadores para alerta prévio de detecção de índices elevados de metais concentrados no solo (OSY CZKA; ROLA, 2019).

Os líquens mais tolerantes à metais pesados são os do gênero *Cladonia*, capazes de se manterem em locais extremamente contaminados e perturbados. Dentro desse gênero pode-se destacar os *Cladonia cariosa*, *Cladonia pyxidata* e *Cladonia rei*, muito utilizados como bioindicadores para avaliar a qualidade do solo (OSY CZKA; ROLA; JANKOWSKA, 2016). Com o passar dos anos os líquens acumulam vestígios de elementos que comprovam uma deposição aumentada de metais pesados como cromo, ferro e níquel, além de uma diminuição na sua diversidade (PAOLI *et al.*, 2012).

No entanto, o tráfego veicular, atividades industriais e de mineração emitem poluição com concentrações metálicas (PUY-ALQUIZA *et al.*, 2017), por isso, o acúmulo desses metais dependerá muito da região e do tipo de metal analisado (OSY CZKA; ROLA; JANKOWSKA, 2016; PAOLI *et al.*, 2012), visto que a diversidade é subjetiva e depende da sua sensibilidade para que se possa detectar metais.

Os líquens são sensíveis aos níveis de exposição ao nitrogênio, quando há baixa ou alta poluição (XU *et al.*, 2021). Diante da concentração de carga desse elemento, os efeitos poluentes são prejudiciais e influenciam no desenvolvimento e crescimento dos líquens, de todas as espécies sensíveis (BRITTON; FISHER, 2010).

O líquen epifítico *Xanthoria parietina* é um dos utilizados para monitorar o acúmulo de nitrogênio, principalmente em áreas fortemente poluídas com amônia. Quando as concentrações de amônia no ar são altas, os líquens atingem uma concentração máxima de nitrogênio dentro de um mês de exposição. Porém, quando as concentrações de amônia são baixas, levam vários meses para alcançar uma absorção significativa. Então, é importante destacar que, caso sejam utilizados futuramente esse tipo de

Realização:



Apoio:



bioindicador para monitoramento de nitrogênio, seria obrigatório um procedimento de transplante mais padronizado, além da necessidade de examinar as medidas de variações de sua absorção devido à variação genética que cada espécime possui (OLSEN *et al.*, 2010).

3.3 Líquens como bioindicadores para avaliação estrutural de ecossistemas

Os líquens podem identificar ou quantificar os efeitos biológicos causados pela poluição do ar nos locais de aterros sanitários, retratando assim, a real situação da qualidade ambiental dessas instalações, visto que, contém altos índices de metais pesados (PAOLI *et al.*, 2015). Porém, na área que circunda esses ambientes não se encontra grande acúmulo de metais pesados quando se tem uma boa gestão dos resíduos e da qualidade ambiental. Monitorar o ambiente através dos líquens é uma forma de absorver informações essenciais quanto a avaliação de impacto ambiental (PAOLI *et al.*, 2012).

As comunidades dos líquens são afetadas por diversos fatores. No aumento da urbanização, por exemplo, o aumento do número de habitantes, a quantidade de veículos circulantes nas ruas, e as mudanças quanto ao uso e proteção da terra, refletem em alterações na diversidade, funções e riqueza das espécies em geral. Quando os municípios estão inseridos no âmbito rural, a população de líquens apresenta melhores condições no seu desenvolvimento, sem alta predominância de espécie, representando juntas um alto valor de importância (LUCHETA *et al.*, 2018). É necessária uma gestão estratégica para que se atinja o máximo de variações dentro das próprias variáveis ambientais, alcançando assim um avanço na diversidade dos líquens que depende da manutenção e preservação das florestas (MCMULLIN *et al.*, 2010), pois, a ausência de líquens está relacionada aos variados fatores ambientais.

A variedade de líquens e suas espécies podem demonstrar “a importância da manutenção e da implementação de áreas verdes urbanas, com vegetação nativa, que proporciona diferentes *habitats* para a manutenção de toda a biota” (LUCHETA *et al.*, 2018, p. 332). Esta variedade também pode estar associada a fatores fitosciológicos relativos, além de ser influenciada quando exposta à pesticidas, os quais modificam a composição e diversidade dos líquens (PALHARINI *et al.*, 2020).

Para que ocorra a recuperação das comunidades de líquens faz-se necessário a diminuição de poluentes atmosféricos emitidos, a presença de árvores com tamanhos

Realização:



Apoio:



adequados e a restauração de comunidades mais estáveis de líquens e seus micros *habitats*. O que pode estar relacionado com a diminuição da variação, diversidade e do número de líquens é a aglomeração de árvores em um único local (LLEWELLYN; GAYA; MURRELL, 2020), transmitindo um ecossistema limitado.

Os líquens apresentam vasta importância quanto ao monitoramento de ecossistemas. Quando se fala de matriz agrícola, existem grandes impactos à diversas espécies, por isso a necessidade de estudos relacionados a este tema (PALHARINI *et al.*, 2020). No entanto, a variação dos líquens pode ser explicada diante das variáveis ambientais, visto que a complexidade estrutural é moldada pelo ambiente, significativo para a abundância dos líquens (LUCHETA *et al.*, 2019; MCMULLIN *et al.*, 2010). Os líquens podem se adaptar quanto as mudanças ambientais que ocorrem ao longo do tempo, como quando se refere ao aumento do CO₂ atmosférico, sendo usados como bioindicadores para detectar essas mudanças e concentrações em ambientes naturais (BERNARDO *et al.*, 2020).

3.4 Líquens como bioindicadores para monitoramento da radiação

Os líquens são metodologias adequadas e baratas, e apresentam ser monitores biológicos eficazes também da radioatividade ambiental (SAWIDIS; TSIGARIDAS; TSIKRITZIS, 2010). Possuem sua importância no monitoramento de diversos ecossistemas e ambientes, até mesmo em locais contaminados pela radiação, como no caso de *Fukushima* (OHMURA *et al.*, 2015). Nos locais com radiação, a maioria das espécies de líquens estão se desenvolvendo principalmente em árvores, sem contato com a superfície da terra, apresentando mesmo assim uma diminuição considerável (SAWIDIS; TSIGARIDAS; TSIKRITZIS, 2010).

No caso de *Chernobyl*, a bioacumulação em líquens, vinte anos após o acidente, são notavelmente menores do que no verão de 1986, porém em algumas espécies de líquens, ainda maior do que antes desse acidente (SAWIDIS; TSIGARIDAS; TSIKRITZIS, 2010). O monitoramento da área do acidente é realizado com líquens, abrangendo-o como bioindicador para as condições deste desastre.

Quando se fala em urânio empobrecido, as medições de espectrometria alfa, apesar de serem extensas, demonstram ser necessárias diante de obtenção de medições mais confiáveis de urânio empobrecido em amostras ambientais. A técnica utilizada apresenta uma detecção menor, porém quando se compara com as demais investigações

Realização:



Apoio:



conclui-se que amostras biológicas utilizando líquens, constataam serem bons bioindicadores para detectar urânio empobrecido no ar (ZUNIC *et al.*, 2008).

Além disso, existem líquens, do tipo *fruticose*, que podem permitir o registro de contaminação de fontes vulcânicas por apresentarem, diante de gráficos, a concentração de Mercúrio (Hg), porém é necessários mais estudos que comprovem tal achado (CATÁN *et al.*, 2022).

4 CONCLUSÃO

Ao analisar a questão do uso de bioindicadores para o monitoramento ambiental vê-se a diversificada capacidade que estes seres vivos possuem no auxílio de verificação e análise de condições favoráveis e desfavoráveis no ambiente. Quanto aos líquens, organismos, de certa forma simples, consta sua relevância e importância na manutenção ambiental de um determinado local ou área. É seu mérito como bioindicador no monitoramento do ar, do solo e de ecossistemas, diante de todos os ambientes que eles possuem capacidade de desenvolvimento.

Como visto, os líquens indicam a presença de diferentes compostos em um determinado ambiente, contando com o acúmulo destas substâncias em seus tecidos e com a sua diversidade de espécies ocorrentes. Cabe destaque ao monitoramento de áreas contaminadas com compostos radioativos, item singular e diferencial, que explica a larga aplicação destes nos compartimentos ambientais. Contudo, a maioria dos trabalhos são direcionados ao monitoramento da qualidade do ar, sendo assim, evidencia-se a necessidade de mais estudos relacionados ao monitoramento ambiental com a utilização de líquens, visto as áreas que podem ser aplicados, aumentando sua capacidade como bioindicador.

REFERÊNCIAS

ARIAS, A. R. L. *et al.* Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 61-72, mar. 2007.

BELIVERMIS, M. COTUK, Y. Radioactivity measurements in moss (*Hypnum cupressiforme*) and lichen (*Cladonia rangiformis*) samples collected from Marmara region of Turkey. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 101, p. 945-951 2010.

Realização:



Apoio:



BERNARDO, F. *et al.* *Thallus structural* alterations in green-algal lichens as indicators of elevated CO₂ in a degassing volcanic area. **Ecological Indicators**, v. 114, 2020.

BOCCOLINI, M. F. *et al.* Grupos bacterianos en un argiudol típico con aplicación de glifosato: influencia en bacterias del nitrógeno. **Ciencia del Suelo**, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, v. 32, n. 2, dez. 2019.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 23 maio 2022.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, Disponível em:
http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf. Acesso em: 23 maio 2022.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasília, Disponível em:
https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603. Acesso em: 16 jul. 2022.

BRAZ, S. N.; LONGO, R. M. Qualidade ambiental das cidades: uso de bioindicadores para avaliação da poluição atmosférica. **Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares**, v. 2, p. 1-21, 2021.

BRITTON, A. J.; FISHER, J. M. *Terricolous alpine* lichens are sensitive to both load and concentration of applied nitrogen and have potential as bioindicators of nitrogen deposition. **Environmental Pollution**, v. 158, n. 5, p. 1296-1302, 2010.

CATÁN, P. *et al.* Mercury and REE contents in fruticose lichens from volcanic areas of the south volcanic zone Soledad. **Atmospheric Pollution Research**, v. 13, n. 4, p. 101384, 2022.

CETESB. **Qualidade do Solo**: alores orientadores para solo e água subterrânea. alores orientadores para solo e água subterrânea. 2022. Disponível em:
<https://cetesb.sp.gov.br/solo/valores-orientadores-para-solo-e-agua-subterranea/>. Acesso em: 16 jul. 2022.

DOS SANTOS, R. K. *et al.* Lichens used as bioindicator of air quality in mining town of Itabira. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 12, 2018.

IBAMA. **Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais (Cenima)**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/composicao/quem-e-quem/centros/cenima>. Acesso em: 23 maio 2022.

Realização:



Apoio:



KÄFFER, M. I. *et al.* Corticolous lichens as environmental indicators in urban areas in southern Brazil. **Ecological Indicators**, v. 11, p. 1319–1332, 2011.

KAPUSTA, S. C. **Curso técnico em meio ambiente: bioindicação ambiental**. Porto Alegre: Escola Técnica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 88 p. Disponível em: http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_amb_saude_seguranca/meio_amb/031212_bioindicacao.pdf?msclkid=77c52aa9c05211eca2276ad100be8e1b. Acesso em: 19 abr. 2022.

LEYTE-VIDAL, J. J. P. *et al.* Caracterización de tres bioindicadores de contaminación por metales pesados. **Revista Cubana de Química**, v. 31, n. 2, p. 293-308, 2019.

LINARES, M. S. *et al.* Do wider riparian zones alter benthic macroinvertebrate assemblages' diversity and taxonomic composition in neotropical headwater streams? **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 33, p. 1-12, 2021.

LLEWELLYN, T.; GAYA, E.; MURRELL, D. J. Are urban communities in successional stasis? a case study on epiphytic lichen communities. **Diversity**, v. 12, n. 9, p. 330, 2020.

LUCHETA, F. *et al.* Comunidade de líquens corticícolas em um gradiente de urbanização na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, no sul do Brasil. **Rodriguésia**, v. 69, p. 323-334, 2018.

LUCHETA, F. *et al.* Lichens as indicators of environmental quality in southern Brazil: An integrative approach based on community composition and functional parameters. **Ecological Indicators**, v. 107, p. 105587, 2019.

MAKI, E. S. *et al.* Utilização de Bioindicadores em Monitoramento de Poluição. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 2, p. 169-178, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v3n2p169-178>

MARTINS, S. M. A. *et al.* Líquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoelétrica, Rio Grande do Sul, Brasil. **Hoehnea**, v. 35, n. 3, p. 425-433, 2008.

MCMULLIN, R. T. *et al.* Relationships between the structural complexity and lichen community in coniferous forests of southwestern Nova Scotia. **Forest Ecology and Management**, v. 260, p. 744–749, 2010.

MCMULLIN, R. T. *et al.* Ten years of monitoring air quality and ecological integrity using field-identifiable lichens at Kejimikujik National Park and National Historic Site in Nova Scotia, Canada. **Ecological Indicators**, v. 81, p. 214–221, 2017.

NOVAIS, J. *et al.* Use of sunflower and soybean as bioindicadores to detect atrazine residues in soils. **Planta Daninha**, v. 37, p. 1-8, 2019.

Realização:



Apoio:



OHMURA, Y. *et al.* Cs concentrations in foliose lichens within Tsukuba-city as a reflection of radioactive fallout from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 141, p. 38-43, 2015.

OLSEN, H. B. *et al.* *Xanthoria parietina* as a monitor of ground-level ambient ammonia concentrations. **Environmental Pollution**, v. 158, p. 455-461, 2010.

OSYCZKA, P.; ROLA, K. Integrity of lichen cell membranes as an indicator of heavy-metal pollution levels in soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 174, p. 26-34, 2019.

OSYCZKA, P.; ROLA, K.; JANKOWSKA, K. Gradientes de concentração vertical de metais pesados em líquens *Cladonia* em diferentes partes de thalli. **Indicadores Ecológicos**, v. 61, n. 2, p. 766-776, 2016.

PALHARINI, K. M. Z. *et al.* Efeitos de borda refletem o impacto da matriz agrícola sobre os líquens corticolous encontrados em fragmentos do Cerrado savana no Brasil Central. **Sustentabilidade**, v. 12, n. 17, 2020.

PAOLI, L. *et al.* Epiphytic lichens as indicators of environmental quality around a municipal solid waste landfill (C Italy). **Waste Management**, v. 42, p. 67-73, 2015.

PAOLI, L. *et al.* Lichens “travelling” in smokers' cars are suitable biomonitors of indoor air quality. **Ecological Indicators**, v. 103, p. 576-580, 2019.

PAOLI, L. *et al.* Long-term biological monitoring of environmental quality around a solid waste landfill assessed with lichens. **Environmental Pollution**, v. 161, p. 70-75, 2012.

PEREIRA, Í. *et al.* Comparative study of the presence of heavy metals utilizing epiphytic corticolous lichens in Talca city, Maule Region, Chile. **Gayana Botânica**, v. 75, n. 1, p. 494-500, 2018.

PEREIRA, P. S.; BRITO, A. M. **Controle Ambiental**. Juazeiro do Norte, CE: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2012. 110 p. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/01_controle_ambiental.pdf. Acesso em: 23 maio 2022.

PUY-ALQUIZA, M. J. *et al.* Study of the distribution of heavy metals in the atmosphere of the Guanajuato city: use of saxicolous lichen species as bioindicators. **Ingeniería, Investigación y Tecnología**, v. 18, n. 1, p. 111-126, 2017.

PRESTES, R. M.; VINCENCI, K. L. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 4, p. 1473-1493, 2019.

SAWIDIS, T.; TSIGARIDAS, K.; TSIKRITZIS, L. Cesium-137 monitoring using lichens from W. Macedonia, N. Greece. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 73, p. 1789-1796, 2010.

Realização:



Apoio:



RAIMUNDO-COSTA, W. *et al.* The use of *Parmotrema tinctorum* (Parmeliaceae) as a bioindicator of air pollution. **Rodriguésia**, v. 72, 2021.

RAIZ, H. T. *et al.* Bioindicadores de líquens de deposição de nitrogênio e enxofre em florestas secas de Utah e Novo México, EUA. **Indicadores Ecológicos**, v. 127. 2021.

RAMOS, N. P.; LUCHIARI JUNIOR, A. Monitoramento ambiental. **AGEITEC**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_73_711200516719.html. Acesso em: 23 maio 2022.

ZUNIC, Z. S. *et al.* Traces of DU in samples of environmental bio-monitors (non-flowering plants, fungi) and soil from target sites of the Western Balkan region. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 99, p. 1324–1328, 2008.

XU, S. Y. *et al.* Lichen nitrogen concentrations and isotopes for indicating nitrogen deposition levels and source changes. **Science of the Total Environment**, v. 787, p. 147616, 2021.

Realização:



Apoio:

