



AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE LÍQUENS EM ÁREAS IMPACTADAS PELO CARVÃO NO SUL DE SANTA CATARINA

Aline Schardosim Klein¹

Charloti Miguel Lima Inocêncio²

Paulo Sérgio da Silva³

Pedro Rosso⁴

Poluição Atmosférica

Fernando Bueno Ferreira Fonseca de Fraga⁵

Resumo

As ações antrópicas têm afetado severamente a qualidade ambiental, resultando em poluição dos recursos naturais essenciais à vida, tais como a água, o ar e o solo. Uma das atividades que mais gerou impactos ambientais na região sul de Santa Catarina durante os séculos XIX e XX foi a extração de carvão mineral, da qual ainda é possível perceber as marcas através da degradação ambiental e poluição presentes em locais específicos da região. O uso de bioindicadores tem se mostrado um método eficiente na avaliação e monitoramento desses impactos e poluentes. Entre os bioindicadores comumente utilizados para avaliação da poluição estão os líquens. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo investigar a presença de líquens em forófitos de 3 regiões impactadas de formas diferentes pela extração do carvão na cidade de Urussanga (SC). Para cada forófito amostrado foi determinada uma área de 2500 cm², a qual foi fotografada e posteriormente utilizada para análise de cobertura por líquens. A partir deste levantamento foi possível estimar a taxa de recobrimento por líquens (TRL) para cada forófito, bem como uma taxa média de recobrimento para cada uma das 3 regiões analisadas no estudo. Dentre as 3 regiões investigadas, a localidade conhecida como Rio Carvão foi a que apresentou a menor taxa de recobrimento de líquens nos forófitos, evidenciando a perda de biodiversidade nesta área que é historicamente reconhecida como uma das mais impactadas pela mineração na região.

Palavras-chave: Bioindicadores; Líquens; Mineração; Impactos ambientais.

¹ Aluna do Curso Técnico em Meio Ambiente, Instituto Federal de Santa Catarina, campus Criciúma, aline.sk12@aluno.ifsc.edu.br

² Aluna do Curso Técnico em Meio Ambiente, Instituto Federal de Santa Catarina, campus Criciúma, charloti.lima@hotmail.com

³ Prof. Dr. Instituto Federal de Santa Catarina, campus Criciúma, paulo.silva@ifsc.edu.br

⁴ Prof. Dr. Instituto Federal de Santa Catarina, campus Criciúma, pedro.rosso@ifsc.edu.br

⁵ Prof. Me. Instituto Federal de Santa Catarina, campus Criciúma, fernando.bueno@ifsc.edu.br

INTRODUÇÃO

As atividades humanas no mundo contemporâneo, com seus rápidos avanços tecnológicos, globalização, consumismo e o uso indiscriminado dos recursos naturais, resultaram em impactos negativos para os ecossistemas globais. Neste cenário, o setor industrial e a oferta de bens e serviços cresceram consideravelmente, porém as preocupações com o meio ambiente não se fizeram presentes durante anos e os resultados são os inúmeros problemas ambientais existentes (LEAL; FARIAS; ARAUJO, 2008).

Conforme ressaltam Cidreira-Neto e Rodrigues (2017, p. 143) “O homem utiliza os recursos da natureza de forma exploratória, sem a projeção dos problemas que essa atitude pode ocasionar, gerando problemas de caráter social e/ou ambiental, podendo apresentar seus efeitos rapidamente ou em grande escala de tempo”.

Em todo o planeta é raro um ecossistema que não tenha sofrido influência direta ou indireta das atividades antrópicas. Como consequências temos a contaminação dos ambientes aquáticos, desmatamentos, introdução de espécies exóticas resultando na diminuição da diversidade de habitats e perda da biodiversidade natural do local (PRESTES; VINCENCI, 2019). Um dos principais vilões da degradação ambiental é o uso de combustíveis fósseis. Eles fornecem energia e proporcionam o desenvolvimento industrial e urbano, porém são fonte de energia não renovável e os processos de extração das matérias primas como petróleo e carvão se mostraram ao longo dos anos altamente poluidores, podendo causar impactos irreversíveis ao meio ambiente (BIZERRA; QUEIROZ; COUTINHO, 2018).

No Brasil, as principais fontes de carvão mineral estão localizadas no Sul do País, nas regiões de São Paulo, indo em direção ao estado de Paraná e Santa Catarina até o Rio Grande do Sul. A exploração do carvão catarinense localiza-se em importantes cidades de minério como os municípios de Lauro Muller, Urussanga, Siderópolis, Treviso, Criciúma, Forquilha, Içara, Morro da Fumaça e Maracajá (BELOLLI et al., 2002).

As primeiras pessoas a encontrar o carvão de pedra em Santa Catarina foram os

Realização



Apoio



tropeiros, reconhecendo o seu valor econômico e o levando até a corte. A mineração do carvão em Santa Catarina, no seu período inicial, foi de 1895 a 1945. Desde o início da mineração, a exploração das minas de carvão carece de técnicas e planejamento de controle ambiental, pois ocorre retirada de camada do solo da mineração a céu aberto e disposição inadequada dos rejeitos em contato com o solo, água e ar (RAVAZZOLI, 2013).

Esse contexto gera um cenário de desequilíbrio na relação homem/natureza e aumento dos níveis de poluição nos compartimentos ambientais, que demanda a busca por novos conhecimentos voltados ao monitoramento e à redução dos poluentes, a fim de compreender e amenizar os impactos no ambiente. Uma das possibilidades para investigar os impactos da poluição sobre o ambiente é o uso de bioindicadores.

Os bioindicadores de qualidade ambiental são grupos de seres vivos cuja presença, ausência, quantidade e distribuição podem indicar impactos ambientais em um ecossistema. Segundo Prestes e Vicenci (2019) sua utilização permite a avaliação dos efeitos da poluição e eles são utilizados tanto em ambientes aquáticos quanto terrestres e permitem avaliar a qualidade da água, a poluição atmosférica e a qualidade do solo, entre outros impactos. Os estudos com bioindicadores servem, em geral, para mostrar se determinada perturbação tem ou não um impacto biótico, além de fornecerem informações críticas para a conservação da espécie ou grupo indicador, principalmente quando se sabe que a mesma é rara ou ameaçada (BUTTERFIELD et al., 1995 apud BRAZ; LONGO, 2019).

Entre os diversos organismos reconhecidos como indicadores de qualidade ambiental estão os líquens, que são organismos vivos formados por determinadas espécies de fungos (micobionte) que realizam associações simbióticas com algas ou cianobactérias (fotobionte) em um processo denominado liquenização. (XAVIER-FILHO et al., 2006). Os líquens estão amplamente distribuídos na natureza e podem ser encontrados em diversos substratos, tais como tronco de árvores (forófitos), rochas e solos. Segundo Xavier Filho et al (2006) esses organismos possuem capacidade para se desenvolver em vários ambientes, são encontrados em desertos, altas montanhas e zonas polares o que

Realização



Apoio



demonstra grande resistência dessa associação simbiótica a permanecer em situações extremas.

Os líquens demonstram grande sensibilidade aos poluentes, que pode ser percebida através da sua diminuição em determinado ambiente ou por sintomas externos característicos. Segundo Martins, Käffer e Lemos (2008, p. 425) essa sensibilidade está relacionada com sua biologia pois “Anatomicamente, os líquens não possuem estomas nem cutícula, o que significa que os gases e aerossóis podem ser absorvidos pelo talo e difundir-se rapidamente pelo tecido onde está o fotobionte” e as alterações podem ser evidenciadas com rapidez através da ruptura da associação simbiótica.

Nos talos liquênicos, elevadas concentrações de metais podem afetar o crescimento, a morfologia, a estrutura, a fotossíntese, a respiração e ocorrer degradação dos pigmentos (NASH, 1996 apud XAVIER-FILHO et al., 2006). Segundo Xavier-Filho et al., (2006, p. 132) “dados da literatura comprovam a eficácia desta associação na indicação de contaminantes no ambiente sejam com gases ou metais pesados, elementos salinos e até radionuclídeos.”

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a presença de líquens em forófitos de áreas com diferentes graus de impacto ambiental relacionado à mineração de carvão na região de Urussanga, no sul de Santa Catarina.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no município de Urussanga, localizado no Sul de Santa Catarina, onde foram estabelecidas três áreas para amostragem dos líquens (Figura 1).

Essas áreas apresentam características diferentes quanto aos impactos causados pela exploração do carvão: a área **Parque Urbano (PU)** - corresponde à área de vegetação no Parque Municipal Ado Cassetari Vieira, no perímetro urbano do município; a área **Rio Carvão (RC)** - corresponde à área de vegetação com impactos da mineração de carvão e situada na comunidade de Rio Carvão; e a área **Rio Maior (RM)**, corresponde à área de vegetação inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio

Realização



Apoio



Maior, situado na comunidade de mesmo nome.

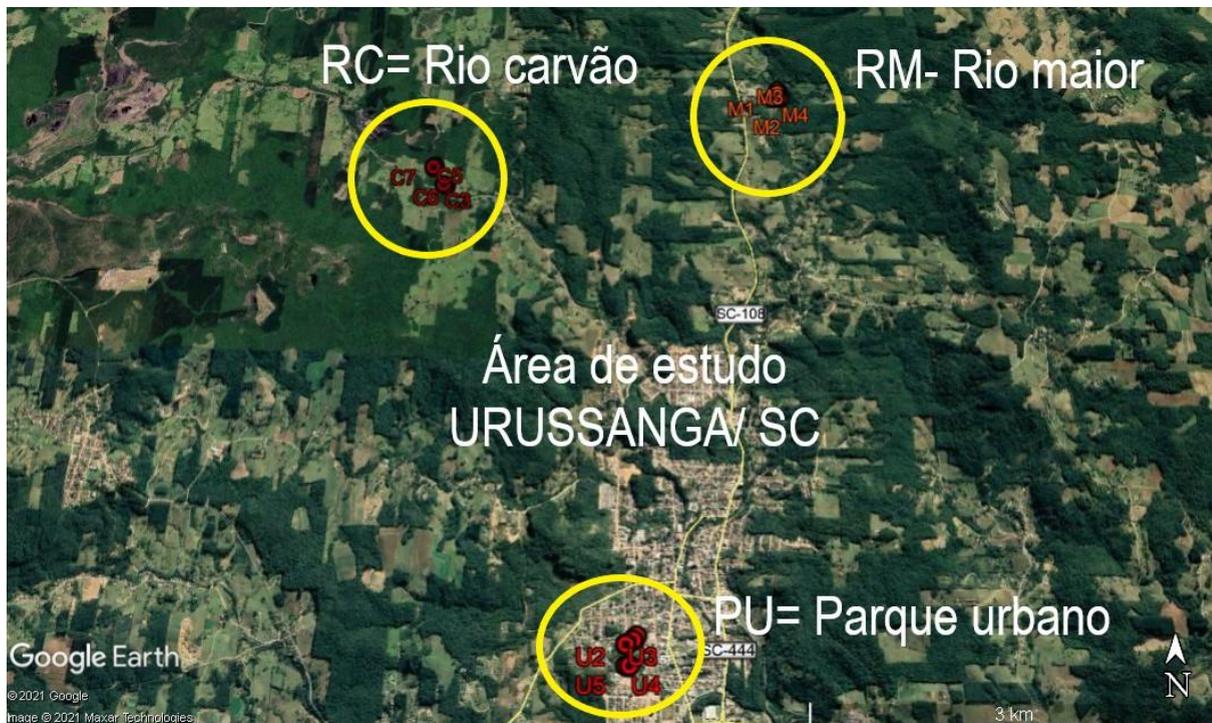


Fig. 1: áreas de amostragem de líquens na região de Urussanga (SC). Fonte: autores, 2022

Para a amostragem dos líquens, em cada uma das áreas de estudo foram selecionados seis forófitos com diâmetro à altura do peito (DAP) de no mínimo 20 cm e distantes não menos que 10 metros um dos outros. Em campo foi obtida para cada forófito a medida da circunferência à altura do peito (CAP) utilizando-se de uma fita métrica e as coordenadas geográficas utilizando-se aplicativo de localização geográfica para smartphone. As características dos forófitos amostrados são apresentadas na Tabela 1. O DAP foi calculado conforme definido pelo Instituto Brasileiro de Florestas (IBF) a partir da equação abaixo (IBF, 2020):

$$DAP = CAP / \pi$$

Realização

Apoio



Tabela 1 - Relação dos forófitos amostrados em cada uma das áreas de estudo com indicação do diâmetro à altura do peito (DAP) e coordenadas de localização geográfica

Área de vegetação em um parque na área urbana, Centro, Urussanga (SC)			Área em região impactada pela mineração de carvão, Rio Carvão, Urussanga (SC)			Área rural, Rio Maior, Urussanga (SC)		
Forófito	DAP (cm)	Coordenada	Forófito	DAP (cm)	Coordenada	Forófito	DAP (cm)	Coordenada
PU1	39,5	28°31'33S, 49°19'27W	RC1	27,4	28°29'28.5S, 49°20'26W	RM1	28,0	28°29'00S, 49°18'40W
PU2	29,6	28°31'34S, 49°19'29W	RC2	24,5	28°29'28.8S, 49°20'26.2W	RM2	55,4	28°29'00S, 49°18'39W
PU3	29,6	28°31'34S, 49°19'28.9W	RC3	45,8	28°29'28S, 49°20'27W	RM3	22,6	28°29'00S, 49°18'38W
PU4	39,2	28°31'39S, 49°19'28W	RC5	27,7	28°29'22S, 49°20'30W	RM4	29,9	28°29'00S, 49°18'37W
PU5	25,8	28°31'39S, 49°19'29W	RC6	22,6	28°29'23S, 49°20'30.5W	RM5	39,8	28°28'58S, 49°18'38W
PU6	33,7	28°31'32S, 49°19'26W	RC7	22,9	28°29'22.5S, 49°20'31W	RM7	25,1	28°28'57S, 49°18'38W
Média	32,9	-	-	28,5	-	-	33,5	-
Desvio Padrão	5,57	-	-	8,77	-	-	12,25	-

Legenda: PU - Parque em área urbana; RC - Área em Rio Carvão; RM - Área em Rio Maior; DAP - Diâmetro à altura do peito.

Para cada um dos forófitos escolhidos foi realizada a amostragem de uma área do caule equivalente a 2500 cm² (50 x 50cm) situada entre 1,0 m e 1,5 m acima do nível do solo. A área amostrada foi dividida com auxílio de um gradil de cordões em subáreas de 100 cm² (10 x 10 cm), as quais foram fotografadas individualmente. Posteriormente, as 25 imagens obtidas em campo foram montadas com auxílio dos softwares PhotoScape® e Adobe Illustrator®, resultando em uma única imagem com 2500 cm² composta de 25 quadrantes que representa a área de amostragem (Figura 2).

Realização



Apoio



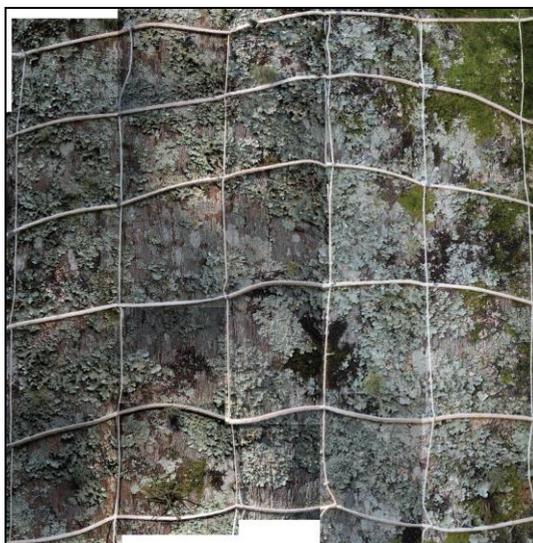


Fig. 2. Exemplo de imagem da área amostrada obtida após o tratamento com a metodologia adotada. Fonte: os autores (2022)

Para análise do percentual de recobrimento por líquens foi desenvolvida a seguinte metodologia: primeiro foi realizada a observação de cada quadrante das imagens obtidas e classificação conforme os seguintes intervalos: A - líquens ausentes; B - líquens cobrindo até 25%; C - líquens cobrindo entre 26 e 50%; D - líquens cobrindo entre 51 e 75%; e E - líquens cobrindo entre 76 e 100% do quadrante.

Para estimar taxa de recobrimento da área amostrada em cada forófito, foi primeiramente estimado o Número de Quadrantes Equivalentes (NQE) recobertos com líquens utilizando a seguinte equação:

$$NQE = (NQA * 0) + (NQB * 25) + (NQC * 0,5) + (NQD * 0,75) + (NQE * 1)$$

Onde, NQ é o número de quadrantes identificados para cada uma das classes.

Posteriormente o (NQE) foi utilizado para calcular a Taxa de Recobrimento por Líquens (TRL) em cada forófito, de acordo com a seguinte equação:

$$TRL = (NQE/25) * 100$$

A partir do cálculo da TRL em cada forófito foi possível estimar a taxa média de recobrimento por líquens nos forófitos nos pontos PU, RC e RM, bem como a taxa média de recobrimento de todas as áreas analisadas.

Realização

Apoio

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os dados obtidos juntamente com a análise e discussão dos resultados.

Com relação à taxa de recobrimento por líquens na amostragem da área PU (Figura 4), foi possível observar que 5 forófitos tiveram recobrimento acima de 50%, sendo que 3 destes tiveram recobrimento superior à 75% e apenas 1 forófito apresentou menos de 50% da área analisada recoberta por líquens.

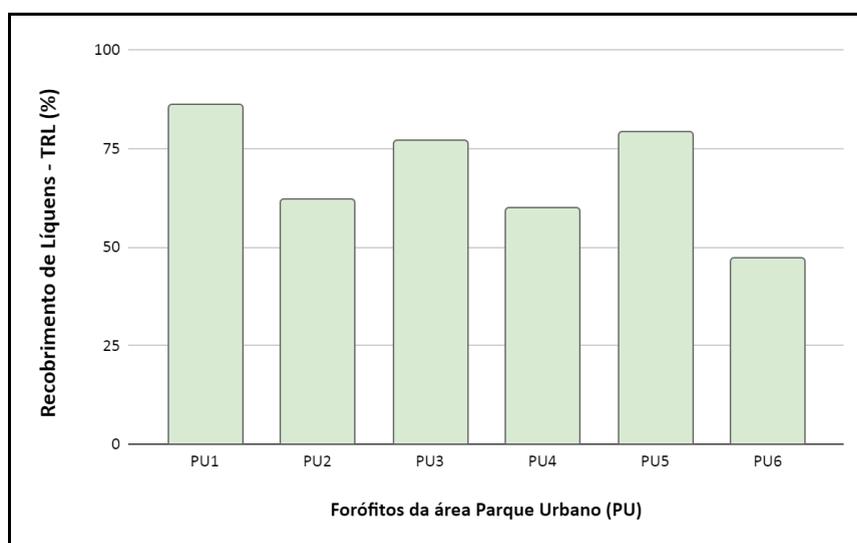


Fig. 4 - Taxas de recobrimento por líquens na área Parque Urbano (PU). Legenda: TRL - Taxa de Recobrimento de Líquens; PU - Área de vegetação em um parque na área urbana, Centro, Urussanga (SC).

Considerando que os forófitos desta amostragem estão localizados em um parque urbano no centro do município de Urussanga (SC), a área trata-se de um local menos antropizado, com abundância de vegetação urbana e relativamente menos impactado pelo minério. Essa condição pode estar relacionada com o fato dos líquens estarem ocorrendo com mais abundância na área, visto que 3 forófitos apresentaram mais de 75% de recobrimento. Além disso, por não se tratar de uma região de mata fechada pode também haver influência positiva da luminosidade, que favorece o desenvolvimento dos membros

Realização

Apoio

fotossintetizantes da associação líquênica.

Já na amostragem da área RC (Figura 5), foi possível observar que apenas 3 forófitos apresentaram cobertura acima de 50%, sendo que apenas 1 desses atingiu recobrimento superior a 75%. Os outros 3 forófitos analisados tiveram recobrimento abaixo de 50%, sendo um deles com menos de 25% da área analisada recoberta por líquens.

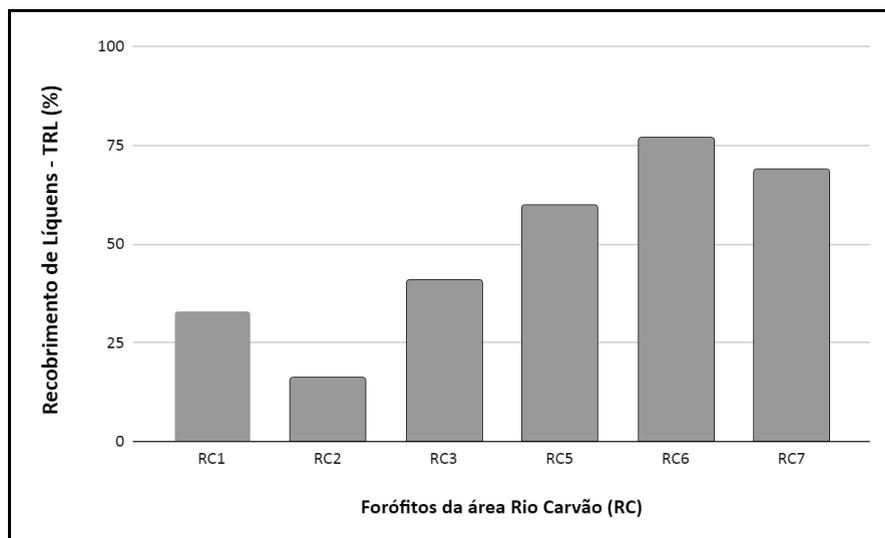


Fig. 5 - Taxas de recobrimento por líquens na área Rio Carvão (RC). Legenda: TRL - Taxa de Recobrimento de Líquens; RC - Área em região impactada pela mineração de carvão, Rio Carvão, Urussanga (SC);

Os dados acima apresentados indicam que os forófitos da área de amostragem do Rio Carvão (RC) foram aqueles que apresentaram as menores taxas de recobrimento por líquens. Além de ter 3 forófitos com taxas inferiores a 50%, essa área foi a única a apresentar um forófito com menos de 25% da área analisada recoberta por líquens. Esses dados provavelmente refletem a história de impactos ambientais na área analisada, pois o entorno do Rio Carvão sofreu grande influência da extração de minério e conforme citado anteriormente, essa prática gera grandes impactos e poluição do meio ambiente. Além disso, conforme referido por Gries (1996 apud XAVIER-FILHO et al., 2006), uma das possibilidades da utilização dos líquens como bioindicadores é o desaparecimento de espécies em determinadas zonas, o que pode ser um indício de níveis de contaminações

elevadas e pode estar relacionada ao histórico de impactos na área de estudos do Rio Carvão (RC).

Por último são apresentados os dados de recobrimento da área RM (Figura 6).

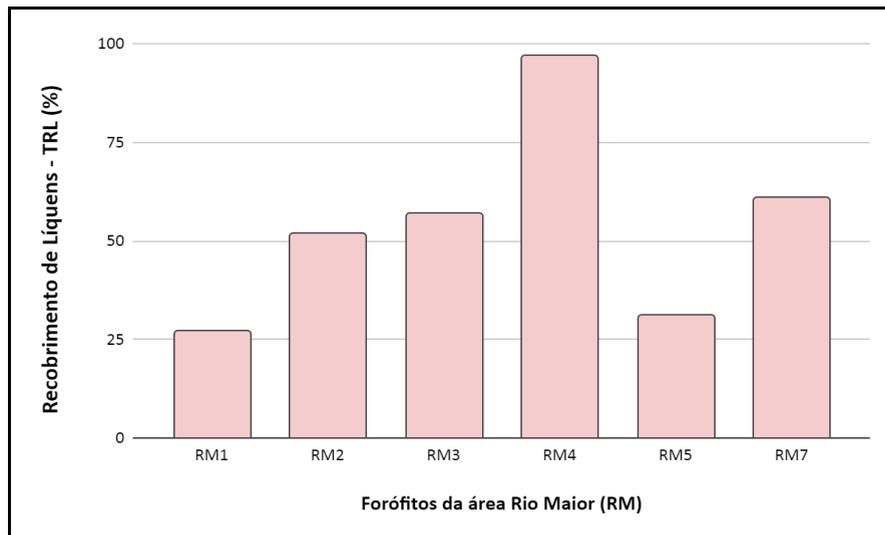


Fig. 6 - Taxas de recobrimento por líquens na área Rio Maior (RM). Legenda: TRL - Taxa de Recobrimento de Líquens; RM - Área em região rural, localidade Rio Maior, Urussanga (SC).

Nesta área foi possível observar que 4 forófitos apresentaram recobrimento acima de 50%, sendo que 1 desses atingiu recobrimento superior a 75%. Os outros 2 forófitos analisados ficaram abaixo de 50% de recobrimento, porém nenhum apresentou cobertura inferior a 25%. Essa área trata-se de uma região rural inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Maior o que pode estar relacionado com o fato de 4 forófitos apresentarem recobrimento por líquens da área analisada acima de 50% e um desses atingir quase a totalidade (100%) de sua área analisada recoberta por líquens, indicando elevada qualidade ambiental da área.

A partir da determinação da Taxa de Recobrimento por Líquens dos forófitos foi possível calcular a uma taxa média de recobrimentos por líquens para cada área (Quadro 1).

Quadro 1 - Médias das taxas de recobrimento para cada uma das áreas amostradas

Área	Parque Urbano (PU)	Rio Maior (RM)	Rio Carvão (RC)
Média das taxas de recobrimento por área.	68,5%,	54,2%,	49,3%.

É possível observar que a área Parque Urbano (PU) apresentou a maior média de recobrimento de líquens, com 68,5%, seguida pela área do Rio Maior (RM), com 54,2%, e pela área com menor média de taxa de recobrimento, a área do Rio Carvão (RC), com 49,3%. Esses dados estão de acordo com a literatura, a qual apresenta a ausência de líquens como um possível indicador de perda da qualidade ambiental em áreas impactadas por poluição decorrente de atividades antrópicas (MARTINS; KÄFFER; LEMOS, 2008; SANTOS; SANTOS; SANTOS, 2017).

CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho avaliou a presença de líquens em 3 áreas que foram influenciadas de formas diferentes pela exploração do carvão mineral no município de Urussanga (SC). A partir da amostragem de líquens presentes em forófitos localizados no Parque Urbano Ado Cassetari Vieira e nas localidades do Rio Carvão e também no Rio Maior, foi possível obter uma estimativa da taxa de recobrimento por líquens dos forófitos destas áreas.

A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que a região do Rio Carvão, a qual historicamente sofreu maior impacto ambiental pela mineração, é aquela que apresenta forófitos com a menor taxa de recobrimento por líquens. Nesse sentido, o presente estudo evidencia uma possível relação entre a ausência de líquens no local com as ações antrópicas que durante anos exploraram o ambiente em questão para extração de carvão mineral. Além disso, o presente estudo reforça o papel dos líquens como organismos bioindicadores de grande potencial para monitoramento e avaliação de áreas impactadas por ações antrópicas.

Realização



Apoio



A AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Santa Catarina pelo apoio concedido ao trabalho por meio do Edital 37/2019/ PROPPI- GP- Criciúma

R REFERÊNCIAS

BELOLLI, Mário; QUADROS, Joice; GUIDI, Ayser. **História do Carvão de Santa Catarina**. Criciúma: Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina, 2002. 300 p.

BRAZ, Sofia Negri; LONGO, Regina Márcia. Bioindicadores de Poluição Ambiental: um estudo bibliométrico. **Revista Científica Anap Brasil**, v. 12, n. 27, p. 42-53, 7 jul. 2021.

BIZERRA, Ayla Márcia Cordeiro; QUEIROZ, Jorge Leandro Aquino de; COUTINHO, Demétrios Araújo Magalhães. O IMPACTO AMBIENTAL DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E DOS BIOCMBUSTÍVEIS: as concepções de estudantes do ensino médio sobre o tema. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 299-315, 2018.

CIDREIRA-NETO, Ivo Raposo Gonçalves; RODRIGUES, Gilberto Gonçalves. Relação homem-natureza e os limites para o desenvolvimento sustentável. **Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais**, Recife, v. 6, n. 2, p. 142-156, 12 dez. 2017.

HEIDEMANN, Eugenia Exterkoetter. **O CARVÃO EM SANTA CATARINA" 1918 - 1954"**. 1981. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de História, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1981.

LEAL, Georla Cristina Souza de Gois; FARIAS, Maria Sallydelandia Sobral de; ARAUJO, Aline de Farias. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. **Qualitas Revista Eletrônica**, Campina Grande, v. 1, n. 7, p. 1-11, 2008.

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**, [S.L.], v. 35, n. 3, p. 425-433, 2008.

O que é DAP de uma árvore? Instituto Brasileiro de Florestas, 2020. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/o-que-e-dap-de-uma-arvore>>. acesso em: 06 de abril. de 2021.

PRESTES, Rosi Maria; VINCENCI, Kelin Luiza. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental. **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**, Curitiba, v. 2, n. 4, p. 1473-1493, 28 jun. 2019.

RAVAZZOLI, C. A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DO CARVÃO EM SANTA CATARINA: SUA EVOLUÇÃO ATÉ OS TERMOS DE AJUSTAMENTO DE CONDUTA VIGENTE ENTRE OS ANOS DE 2005 E 2010. **Geografia em Questão**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2013

SANTOS, Erica Monteiro dos; SANTOS, Ricláudio Silva; SANTOS, Cristiano Aprígio. Utilização de líquens como bioindicadores da qualidade do ar em Itabaiana-SE. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, [S.L.], p. 1275-1279, 2017.

XAVIER-FILHO et al. **Biologia de líquens**. 4. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 2006. 624 p.

Realização



Apoio

