

Líquens utilizados como bioindicadores da qualidade do ar do município minerador de Itabira

Lichens used as bioindicator of air quality in mining town of Itabira

Rosiane Kátia dos Santos

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: rosianekass@gmail.com

Neliam Cristina Gomes

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: neliamtur@gmail.com

Gisely de Assis Oliveira

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: giselyassis25@gmail.com

Josiano Josiel Rodrigues Silva

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: josianojosiel@gmail.com

Cibele Andrade de Alvarenga

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: cibele.alvarenga@funcesi.br

Rose-Marie Belardi

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: rosebelardi@unifei.edu.br

Recebido: 18/06/2018 – Aceito: 24/07/2018

Resumo

A poluição atmosférica é um problema recorrente de centros urbanos e industriais e causa impactos ao meio ambiente e sobretudo à saúde pública. Na tentativa do monitoramento desses impactos, o emprego de bioindicadores do ar tem se mostrado muito eficaz sobretudo porque os organismos bioindicadores possuem grande sensibilidade frente aos poluentes atmosféricos. O estudo teve como objetivo utilizar os líquens como bioindicadores para avaliar a qualidade do ar em três pontos distintos no município de Itabira, MG. A metodologia utilizada na pesquisa foi o biomonitoramento passivo, na qual se utilizou um estudo da comunidade líquênica, associado ao Índice de Pureza do Ar - IPA. Os três pontos amostrados foram definidos em função da proximidade da mineração e do fluxo de veículos nos locais. A

utilização dos líquens como bioindicadores mostrou-se uma metodologia fácil e simples para o monitoramento da poluição, podendo servir como avaliação preliminar da qualidade do ar do município. Os resultados obtidos no IPA revelaram que a cidade possui uma qualidade do ar mediana, sendo que o ponto que apresentou o menor IPA foi o mais próximo a área de mineração da cidade.

Palavras-chave: Biomonitoramento; Índice de pureza do ar; Indicadores biológicos.

Abstract

Air pollution is a recurring problem in urban and industrial centers and causes impacts on the environment and mainly on public health. In an attempt to monitor these impacts, the use of air bioindicators was very effective, especially since bioindicators have a great sensitivity to air pollutants. The objective of this paper was to evaluate the air quality in three distinct points in Itabira town/MG, using lichens as bioindicators. The methodology used in this research was passive biomonitoring, where the study of the lichen community was associated to the Air Purity Index – (IPA). The three sampled points were defined according to the proximity of the iron ore mines and near the local vehicles flow. The results of the IPA showed that Itabira has an acceptable air quality and the lowest IPA value was obtained for the location closest to the mine.

Keywords: Biomonitoring, Index of atmospheric purity, Biological indicators.

1. Introdução

A poluição atmosférica é, atualmente, um dos maiores problemas ambientais enfrentados pela humanidade, sendo um tipo de poluição oriunda principalmente de centros urbanos e industriais (MELLER *et al.*, 2017). Após a Revolução Industrial, no início do século XVIII, a poluição atmosférica se intensificou devido ao uso demasiado de combustíveis fósseis, e somente por volta de 1970 começaram estudos relacionados à temática, segundo Meller *et al.* (2017). No Brasil, Davis e Masten (2016) apontam que a preocupação com a poluição atmosférica se intensificou no mesmo período, em função do forte crescimento econômico e industrial.

Os poluentes atmosféricos que causam maiores efeitos adversos, tanto na fauna e flora quanto no meio físico, destacam-se o monóxido de carbono (CO), poluentes atmosféricos perigosos (PAPs), chumbo (Pb), dióxido de nitrogênio (NO₂), oxidantes

fotoquímicos e óxidos de enxofre (SO_x), material particulado, hidrocarbonetos (BRASIL, 2018; MARTINS *et al.*, 2008).

Segundo Ferreira e Olivati (2014) a escolha de um bioindicador como instrumento de monitoramento ambiental deve levar em consideração a sensibilidade do bioindicador, pois ele correlaciona um determinado fator antrópico ou natural a fatores potencialmente impactantes e estressantes ao ambiente. Os organismos que possuem íntimas relações ecofisiológicas com a atmosfera são promissores para a bioindicação da mesma forma para o monitoramento da qualidade do ar (PIQUÉ *et al.*, 2005).

O emprego de bioindicadores é uma ferramenta adequada para detecção de alterações ambientais sobre os seres vivos no meio urbano. Porém, o biomonitoramento pode ser considerado um método complementar para detectar a poluição, pois o bioindicador serve para indicar a presença do poluente, mas não caracteriza a poluição, por não fazer a quantificação do mesmo (KLUMPP, 2001; MAKI *et al.* 2013).

Neste sentido, muitas plantas são utilizadas como bioindicadores atmosféricos, como o tabaco (*Nicotiana tabacum*), purpurina (*Tradescantia* sp), couve (*Lolium* sp) (KLUMPP, 2001; citar outro de referencia), entre outros, como, feijão (*Phaseolus vulgaris*), mangueira (*Mangifera indica*) e organismo simples como musgos e os líquens (MAKI, *et al.* 2013 CARNEIRO; TAKAYANAGUI, 2009). No Brasil, vários estudos foram realizados utilizando os líquens como bioindicadores atmosféricos (FERREIRA, 1984; CARNEIRO; TAKAYANAGUI, 2004; GONÇALVES *et al.*, 2007; MARTINS *et al.*, 2008; KÄFFER, 2011; MENEGHINI *et al.*, 2012; PEREIRA; QUINTÃO, 2013; STURMER *et al.*, 2014; MOREIRA *et al.*, 2017).

Os líquens são considerados uma associação simbiótica, que ocorre entre um componente fúngico e uma população de algas unicelulares ou filamentosas ou de cianobactérias, sendo que o componente fúngico é chamado micobionte (do grego: mykes, fungo, e bios, vida) e o componente fotossintetizante é denominado fotobionte (do grego: photo, luz, e bios, vida) (RAVEN *et al.*, 2007). Podem viver em alguns dos mais inóspitos ambientes da Terra, desde as regiões desérticas e áridas até o Ártico, em solos nus, troncos de árvores, em rochas aquecidas pelo sol, em mourões de cerca e nos picos alpinos castigados pelo vento (RAVEN *et al.*, 2007).

Eles são indicadores muito sensíveis a qualquer tipo de contaminação atmosférica, principalmente o dióxido de enxofre (SO₂) (RAVEN *et al.*, 2007, SPIELMANN; MARCELLI, 2006), pois não possuem estômatos e cutícula, permitindo que os gases absorvidos se difundam pelo tecido chegando ao fotobionte (MARTINS, 2013). Em casos de

níveis de poluição muito elevados, os líquens desaparecem totalmente, fenômeno conhecido como “deserto líquênico” (SPIELMANN; MARCELLI, 2006).

Diante do exposto, a avaliação da qualidade do ar utilizando os líquens surge como método viável para a mensuração e estimativa dos riscos ambientais a que estão submetidas as populações das áreas poluídas, pois fornecem dados que subsidiarão o desenvolvimento de medidas de prevenção e proteção da saúde. Desta forma, a existência, a quantidade e a distribuição de líquens em uma área são fatores que podem ser considerados na avaliação dos impactos ambientais de uma localidade (MOREIRA *et al.*, 2017)

Os métodos de estudo dos efeitos da poluição atmosférica em líquens têm sido, principalmente, fitossociológicos e ecofisiológico. Por estes métodos é possível relacionar a presença ou ausência de espécie de líquens, seu número, sua frequência, cobertura, sintomas de danos externos e internos, com o grau de poluição da área em estudo (PIQUE *et al.*, 2005).

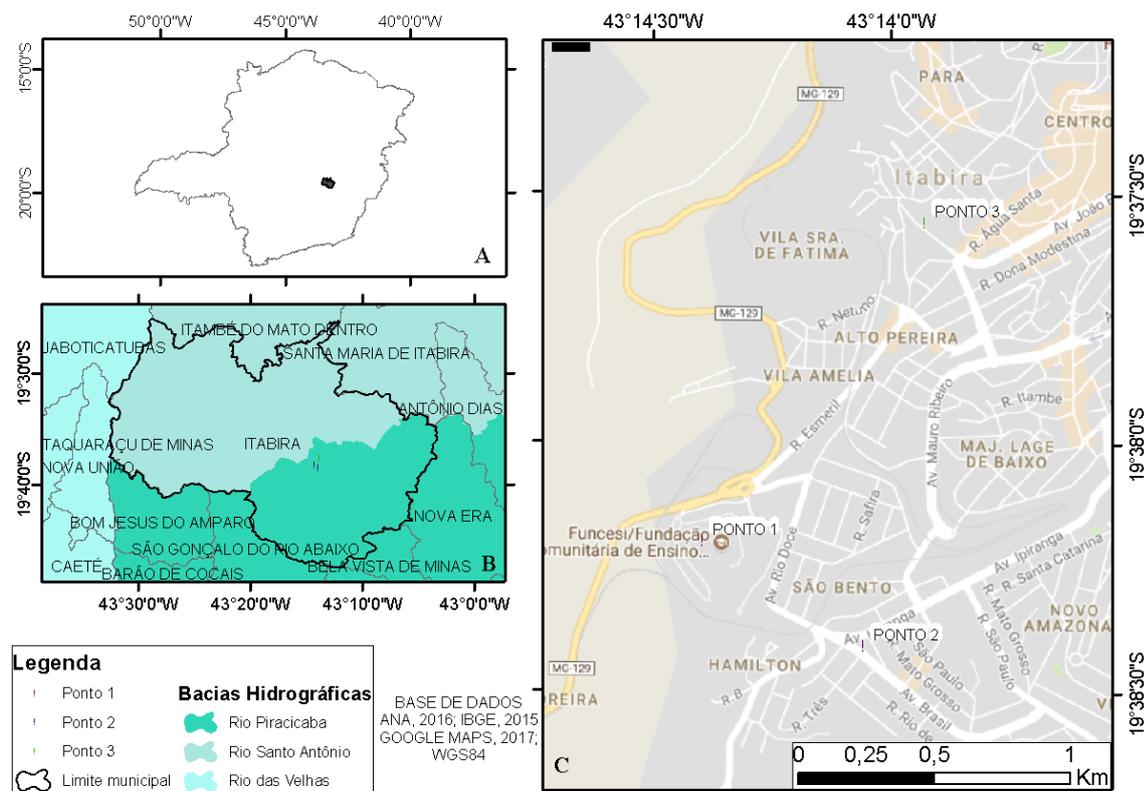
A poluição do ar no município de Itabira, MG é devido principalmente à atividade mineradora a céu aberto de minério de ferro, que emite uma grande quantidade de material particulado (BRAGA *et al.*, 2007). Como resultado os autores demonstraram que a poluição atmosférica da cidade está associada ao aumento de atendimentos médicos em virtude de doenças respiratórias. Ainda segundo os autores, há uma grande emissão de poluentes provenientes também da queima de combustível nos veículos que são utilizados para transportar o minério dentro das frentes de lavras até as unidades de beneficiamento.

Dessa forma, a presente pesquisa teve como objetivo utilizar os líquens como bioindicadores para avaliar a qualidade do ar em três pontos distintos do município de Itabira, Minas Gerais.

2. Metodologia

O município de Itabira possui território de 1.253,704 km², está localizado na região Centro Leste do estado de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas 19° 39' 57" S, 43° 12' 44" W, no contexto geotectônico do Quadrilátero Ferrífero e Bacia Hidrográfica do Rio Doce (sub-bacias do Rio Piracicaba e Santo Antônio), distante cerca de 100 km da capital Belo Horizonte (Fig. 1). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada do município no ano de 2017 era de 119.285 pessoas apresentando 8,66% de crescimento desde o último censo, realizado em 2010 (IBGE, 2018).

Figura 1 - (A) Localização do município de Itabira no âmbito do estado de Minas Gerais; (B) Bacias hidrográficas presentes no município de Itabira; (C) Pontos amostrados.



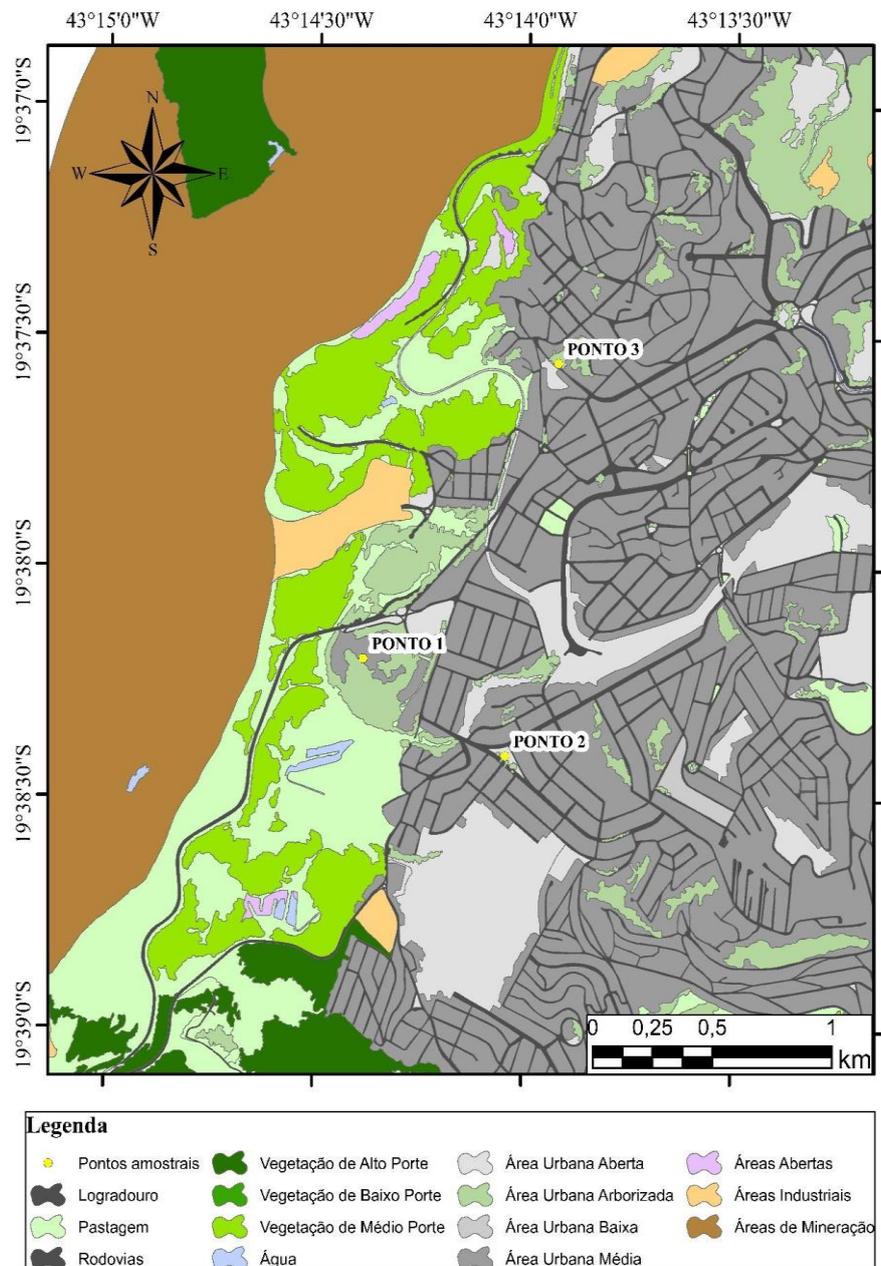
Fonte: Modificado de ANA (2016), IBGE (2015) e GOOGLE MAPS (2017).

Ainda segundo o IBGE (2018), cerca de 25,2% das vias públicas do município são arborizadas e a principal atividade econômica é o extrativismo mineral (principalmente minério de ferro) sendo que a cidade abriga uma mineradora de grande porte.

A altitude média da cidade é 824 m e conforme a classificação climática de Köppen o clima da cidade é do tipo Cwa, subtropical úmido com inverno seco e verão quente, com temperatura média de 19,6° e precipitação média de 199 mm (ALVARES *et al.*, 2013).

A sede do município tem como limites jazidas de minerais, barragens de contenção de rejeito e depósitos de material estéril. Além disso, alguns de seus bairros encontram-se adjacentes às áreas de mineração e são cortados por trechos de ferrovia. Itabira possui também um distrito industrial, além de empresas e indústrias dos setores metal-mecânico, estrutura metálica, construção civil, química, alimentação, prestação de serviços, entre outros (ENGEORPS, 2015). Na figura 2 observa-se a ocupação do território itabirano, próximo aos 3 pontos de análise dos líquens.

Figura 2 – Uso e ocupação do solo do município de Itabira, próximos aos pontos de coleta (P1, P2 e P3). 2018.



BASE DE DADOS: ANA, 2017; WGS84

Fonte: Modificado de ANA (2016).

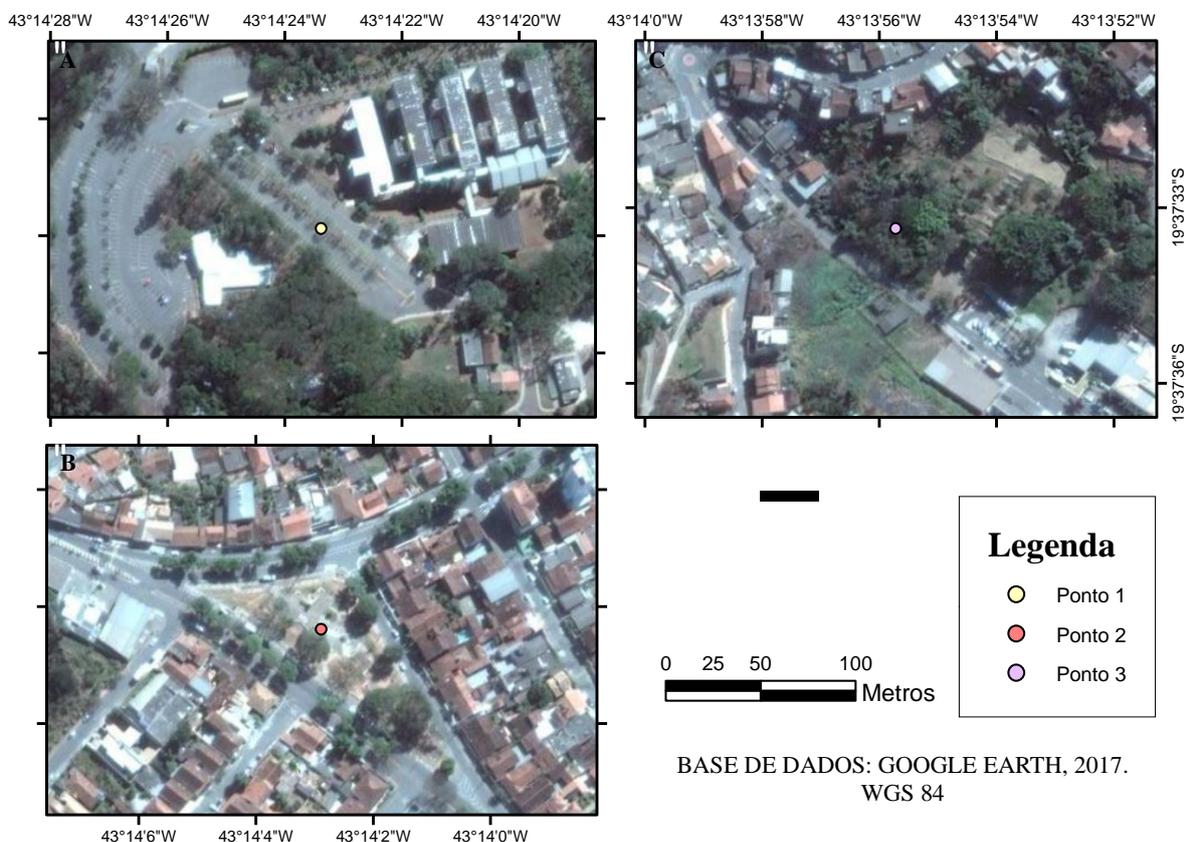
A abordagem dessa pesquisa foi quali-quantitativa. Qualitativa por identificar os diferentes tipos de líquens encontrados nas árvores. Já a abordagem quantitativa foi utilizada para quantificar os líquens e analisar o índice de qualidade do ar em cada local. O método de pesquisa utilizado para o biomonitoramento do ar se caracterizou pela pesquisa de campo.

Os pontos amostrais foram previamente definidos em função da proximidade da mineração, principal fonte poluidora do município e locais de intenso fluxo de veículos. Em

cada ponto, procurou-se amostrar indivíduos arbóreos similares em relação à morfologia e rugosidade do tronco e que deveria possuir diâmetro superior a 30 cm, assim, as seguintes espécies de árvores foram selecionadas: *Tabebuia impetiginosa* (Ipê roxo), *Sapindus saponaria* (Saboeiro), *Erythrina falcata* (Eritrina). Dessa forma, analisaram-se seis indivíduos arbóreos em três pontos de coleta, a saber:

- ponto 1: estacionamento do *campus* da Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira (FUNCESI), situado no Bairro Major Lage de Cima, ponto mais próximo da mineração e que recebe carros principalmente no período noturno;
- ponto 2: Praça do Rotary, localizada entre duas avenidas de intenso tráfego, a Avenida Brasil e a Avenida Ipiranga, afastada da região central, porém dá acesso a diversos bairros do município e;
- o ponto 3: Parque Municipal da Água Santa, situado ao fundo da Estação Rodoviária Genaro Mafra, região central da cidade, também com intenso tráfego de veículos em todos os momentos do dia por ser próximo ao centro comercial do município (Fig. 3).

Figura 3 - Imagem de satélite dos pontos amostrais - Ponto 1 (A), Ponto 2 (B) e Ponto 3 (C). Itabira, MG. 2018.



Fonte: Modificado de Google Earth (2017).

Os líquens podem ser classificados quanto a sua forma: crustoso ou incrustante (Fig. 4), com formato achatado e aderido fortemente ao substrato; folhoso ou folioso (Fig. 5) possuem o formato de pequenas folhas, parcialmente aderidos ao substrato e podem ser removidos facilmente; fruticoso (Fig. 6 e 7) que são mais complexos e caracterizam-se pelo desenvolvimento de talos largos com formato “arbustivo”. O tipo fruticoso é o mais sensível às alterações provocadas por poluentes atmosféricos (RAVEN *et al.* 2007).

Utilizou-se a metodologia proposta no estudo de Ferreira (2008) e Pereira; Quintão (2013), ou seja, o método de abundância de espécies, que consiste na quantificação de tipos diferentes de líquens presentes no córtex das árvores, através da sua frequência encontrada na área sob a rede (*reticulum*), cujas dimensões são 30 cm de largura por 50 cm comprimento, dividida em um total de 10 quadrantes de medida 10 x 15 cm.

Figura 4 - Líquens crustosos.

Local: Jardim FUNCESI, 2018.



Fonte: Autores (2018)

Figura 5 - Líquens folhosos (seta).

Local: FUNCESI, Ponto 1, 2017.



Fonte: Autores (2017)

Figura 6 - Líquens fruticosos.

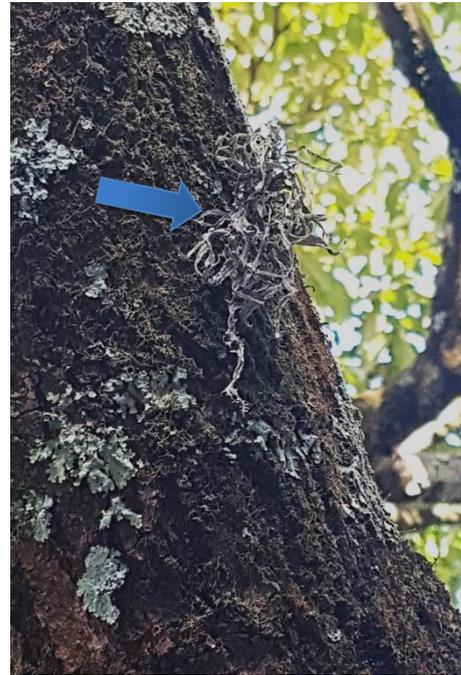
Local: Jardim FUNCESI, 2018.



Fonte: Autores (2018)

Figura 7 - Líquen fruticoso.

Local: Jardim FUNCESI, 2018.



Fonte: Autores (2018)

A figura 8 mostra o posicionamento do *reticulum* em uma árvore de Ipê Rosa amostrada no Ponto 2.

Figura 8 – Posicionamento dos *reticulum*, em uma das árvores amostradas no Ponto 2. Itabira, MG. 2017.

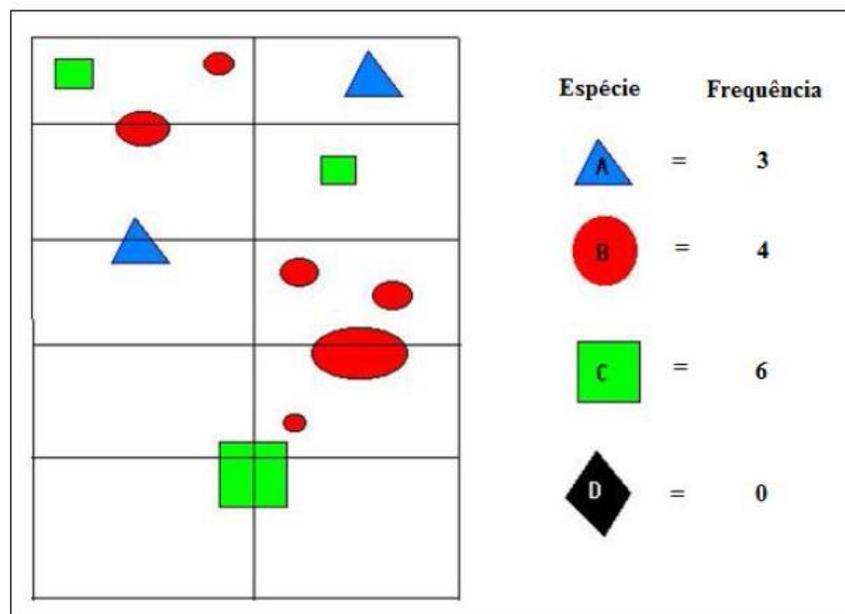


Fonte: Autores (2017)

A amostragem nos 3 pontos selecionados foi realizada no dia 30 de setembro de 2017. Os resultados obtidos foram anotados em planilha de campo individual para cada ponto amostrado. O *reticulum* foi posicionado nos troncos das árvores a uma altura de 1,5 m do solo. O método baseou-se na identificação dos tipos de líquen existentes na área abrangida pelo instrumento. Em seguida houve a contagem dos diferentes tipos de líquens presentes dentro da área compreendida pelos quadrantes. Após a contagem foram atribuídos valores de frequência que podem variar de 1 a 10, conforme ilustrado na figura 9.

O Índice de Pureza do Ar (IPA), desenvolvido inicialmente por De Sloover e Leblanc, em 1968, é um método baseado na sensibilidade do líquen frente aos poluentes, e desde então tem sido modificado por diversos autores, como Ammann *et al.*, 1977 e Kaffer, 2011.

Figura 9– Método de contagem da frequência dos líquens dentro da área do *reticulum*.



Fonte: Ferreira (2008, p. 51).

Nesta pesquisa, para o cálculo do IPA empregou-se a equação descrita por Santoni e Lijteroff (2006), na qual o IPA é dado pela razão entre o somatório da frequência de líquens e o número de indivíduos arbóreos amostrados no ponto de coleta:

$$IPA = \sum \frac{F}{n}$$

Assim, os dados obtidos nesta pesquisa foram tratados utilizando planilha Excel, e classificados conforme proposto por Ferreira (2008), disposto na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Modelo de classificação da qualidade do ar em função do IPA.

IPA	Contaminação do ar	Qualidade do ar
$IPA < 1$	Extremamente alta	Péssima
$1 \leq IPA < 4$	Muito alta	Muito alta
$4 \leq IPA < 8$	Alta	Má
$8 \leq IPA < 13$	Média – alta	Medíocre
$13 \leq IPA < 19$	Média	Baixa
$19 \leq IPA < 26$	Média – moderada	Média
$26 \leq IPA < 34$	Moderada	Discreta
$34 \leq IPA < 43$	Baixa	Boa
$IPA \geq 43$	Muito baixa	Muito boa

Fonte: Adaptado de Ferreira (2008).

3. Resultados e discussão

Os resultados encontrados das frequências dos diferentes tipos de líquens sobre córtex de árvores utilizadas na arborização urbana de Itabira, bem como os seus Índices de Pureza do Ar (IPA), estão dispostos na tabela 2.

Os líquens de talo folhoso foram os que apresentaram a maior frequência nos pontos 1 e 2. Observou-se também que entre os líquens de talo folhoso, a espécie arbórea que apresentou maior frequência independentemente do ponto amostrado foi a *Tabebuia impetiginosa* (Ipê Rosa).

As colorações encontradas nas amostras variaram de cinza, verde, vermelho, amarelo, marrom ou preto. Segundo Honda e Vilegas (1998) os líquens portadores de algas verdes possuem coloração que varia entre o branco, cinza e verde devido à clorofila das algas; amarelo, laranja, rosa e vermelho são colorações produzidas pelos fungos; variações do preto, marrom e cinza chumbo são líquens portadores de cianobactérias.

Tabela 2 - Frequência de líquens (tipo de talos) sobre as espécies de árvores utilizadas na arborização urbana em 3 pontos do município de Itabira, MG.

Ponto	Espécie Arbórea	Árvores	Frequência			IPA	Contaminação do ar	Qualidade do ar
			Folhoso	Crustoso	Fruticoso			
1	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl.	A 1	12	0	0	15	média	baixa
		A 2	8	0	0			
		A 3	10	9	0			
		A 4	10	10	0			
		A 4	10	10	0			
		A 6	10	3	0			
		Frequência Total	60	32	0			
2	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl.	A 1	17	0	0	20	média moderada	média
		A 2	10	4	0			
		A 3	10	17	0			
	<i>Sapindus saponaria</i> L.	A 4	10	10	0			
		A 4	10	10	0			
		A 6	10	12	0			
		Frequência Total	67	53	0			
3	<i>Erythrina falcata</i> Benth	A 1	10	20	0	21	média moderada	média
		A 2	10	20	0			
		A 3	2	19	0			
		A 4	10	10	0			
		A 4	6	10	0			
		A 6	10	4	0			
		Frequência Total	48	83	0			

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

O Ponto 1, situado no estacionamento da FUNCESI, circundado por área de mata, apresentou IPA igual a 15, classificada como uma área de baixa qualidade do ar e média contaminação do ar. Apresentou predominância de líquens foliosos (n=60), seguido dos crustosos (n=32).

No entanto, foi observada no Ponto 1, fora do *reticulum*, a presença de líquens fruticosos na parte superior do tronco de 3 das 6 árvores amostradas. Conforme Käffer (2011) e Wetmore (1981 *apud* KÄFFER, 2011) líquens crustosos são mais resistentes aos poluentes ao passo que líquens fruticosos são mais sensíveis, dessa forma, a presença de líquens fruticosos em uma área qualquer sugere um alto grau de pureza do ar.

Cabe ressaltar que esse ponto 1 é o mais próximo da área de mineração, podendo sugerir que a presença dos líquens nesse ponto amostral pode estar influenciada diretamente ao material particulado advindo da área de mineração. Observou-se nitidamente uma maior presença de líquens em apenas um lado dos troncos das árvores, sendo justamente o lado oposto à mineração.

O Ponto 2, localizado num local de muito tráfego, apresentou IPA igual a 20, portanto classificada como uma área de média qualidade do ar e de média a moderada contaminação do ar. Apresentou maior frequência de líquens foliosos (n=67), seguida de líquens crustosos

(n=53). Tal ponto recebe a influência direta de poluentes emitidos pelo tráfego intenso das duas avenidas próximas e é o ponto mais distante de alguma área significativa de vegetação.

Por sua vez, o Ponto 3, situado em área urbana arborizada, apresentou IPA igual a 21, sendo classificada também com média qualidade do ar e média a moderada contaminação do ar. Nesse local houve maior frequência de líquens crustosos (n=83), seguido dos foliosos (n=48), resultado diferente comparado aos outros 2 pontos. Esse ponto situa-se dentro do Parque Municipal da Água Santa, localizado ao lado da rodoviária e próximo ao centro comercial do município. Recebe influência direta das emissões dos veículos automotores por ser de intenso tráfego durante todo o dia.

Estudos recentes de Moreira *et al.* (2017) concluíram que nas ruas com maior nível de poluição do município mineiro de Juiz de Fora, ou seja, de maior fluxo de carros, a concentração de líquens é menor que comparado com as ruas com menor níveis de poluição.

Pereira e Quintão (2012) utilizaram os líquens para analisar a qualidade do ar dos municípios de Itabira e de Barão de Cocais (MG), uma cidade cuja principal atividade é a siderurgia. Como resultados constataram que o primeiro município obteve melhor resultado de qualidade do ar, apesar do mesmo ter sido classificado com qualidade do ar entre baixa e média. Concluíram que, Barão de Cocais apresentou contaminação alta, classificado como índice ruim, possivelmente devido à presença de óxidos de enxofre que são características de poluentes atmosféricos em cidades siderúrgicas.

Segundo Santi *et al.* (2000), as principais reservas de ferro do município de Itabira estão situadas nos morros que circundam a cidade na posição norte e oeste, desta forma os ventos dispersam os poluentes emitidos pela mineração e pelas indústrias em direção ao centro urbano do município. Ainda os autores destacam que a ocorrência de episódios indesejáveis de degradação da qualidade do ar é provocada pela proximidade entre as minas e a área urbana itabirana, sobretudo nos períodos do ano com estiagem prolongada, baixa umidade relativa do ar e ventos de maior intensidade, principalmente entre os meses de abril a setembro.

Para Käffer (2011) são vários os fatores intervenientes na correlação da poluição atmosférica com mudanças na microbiota líquênica, dentre os quais podemos citar o nível de poluição, a extensão da área urbana, número de habitantes, direção dos ventos, mudanças climáticas e redução da umidade. Segundo Braga *et al.* (2007) a geomorfologia da cidade de Itabira, formada por sucessão de vales e colinas e a proximidade das áreas de lavra de minério de ferro conspiram diariamente para a piora da qualidade do ar.

4. Considerações finais

A utilização dos líquens como bioindicadores para avaliar a qualidade do ar mostrou-se uma metodologia fácil e simples para o monitoramento da poluição, podendo servir como avaliação preliminar da qualidade do ar do município itabirano. Com base na pesquisa, observou-se que nos pontos amostrados o desenvolvimento dos líquens pode sofrer influência da dispersão dos poluentes pela mineração em conjunto com o intenso tráfego de veículos, comprovado pelos valores de qualidade e contaminação do ar, obtidos através do cálculo do IPA.

A poluição atmosférica influencia na qualidade de vida da população itabirana, o que inclusive já foi objeto de estudos anteriores, e cabe, portanto, a realização de ações conjuntas que visem esforços em sanar situações prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. Tais ações auxiliarão no despertar do senso crítico da população, que por sua vez, será capaz de contribuir para a cobrança efetiva de condutas que contribuam para melhoria da qualidade ambiental do município.

A maior incidência de líquens foliosos e crustosos nos troncos das árvores é devido ao fato deles serem mais resistentes aos poluentes atmosféricos. O ponto 1 apresentou o pior grau de qualidade do ar na pesquisa e os pontos 2 e 3 a qualidade do ar foi média. Conclui-se, de modo geral, que a qualidade do ar do município não está boa e pode estar influenciada diretamente por poluentes atmosféricos.

Porém, recomendam-se pesquisas futuras que envolvam também a quantificação dos metais pesados nos líquens, o que poderia ser relevante na análise do grau de resistência de tais indivíduos aos poluentes.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Uso e Ocupação do Solo em alta resolução espacial (1m) da Zona Urbana dos municípios com mais de 50.000 habitantes na Bacia do Rio Doce.** 2016. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?uuid=7e4929ae-a1a3-4800-8e0f-b111835d8295>>. Acesso em 02.dez.2017

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G., 2013. **Köppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

BRAGA, A. L. F.; PEREIRA, L. A. A.; PROCÓPIO, M.; ANDRÉ, P. A.; SALDIVA, P. H. N. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 23 Sup4:S570-S578, 2007.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Cidades Sustentáveis. Poluentes atmosféricos**. 2018. Disponível em <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos>

CARNEIRO, R. M. A. TAKAYANAGUI, A. M. M. Estudos sobre bioindicadores vegetais e poluição atmosférica por meio de revisão sistemática da literatura. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. n. 13. agosto. 2009.

CONSÓRCIO ECOPLAN LUME. **Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no âmbito da Bacia do Rio Doce**. Volume 1. Disponível em: <http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2016/12/PIRH_Doce_Volume_I.pdf>. Acesso em 09.nov.2017.

DAVIS, M. L.; MASTEN, S. J. **Princípios de Engenharia Ambiental**. Tradução: Félix Nommembacher. 3 ed. Porto Alegre: AMGH, 2016

ENGECORPS. **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Itabira**: Produto 3 – Diagnóstico Técnico Participativo dos Serviços de Saneamento Básico. Itabira. 2015. Disponível em: <<http://www.itabira.mg.gov.br/portal/wp-content/uploads/2015/09/Produto-3.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

FERREIRA, E. J. P. D. **Biomonitorização da qualidade do ar: Caso-estudo na envolvente da fábrica de celulose do Caima**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. 2008.

FERREIRA, R. L.; OLIVATI, F. N. A utilização de bioindicadores como instrumento de perícia ambiental. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 5, n. 3, 2014. Disponível em: <<https://www.uninter.com/cadernosuninter/index.php/meioAmbiente/article/view/460/386> >. Acesso em 03.11.2017.

GONÇALVES, Vanessa F. et al., Utilização de Líquens como Bioindicadores da Qualidade Atmosférica na Cidade de Uberlândia, MG. In: **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, resumo 1185, 23 a 28 de Setembro, Caxambu – MG, 2007.

GOOGLE. **Google Maps**. Nota (Itabira, Minas Gerais). Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 02.12.2017.

GOOGLE. **Google Earth**. Itabira, Minas Gerais. Disponível em: <<https://www.earth.google.com>. Acesso em: 12.10.2017.

HONDA, N. K. VILEGAS, W. A química dos líquens. **Química Nova**, São Paulo, v.21, n.6. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v22n1/1145.pdf> . Acesso em: 08.jun.2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Informações estatísticas – Cidades: Itabira**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/2VVIW>>. Acesso em: 09.11.2017

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malhas digitais**. 2015. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>>. Acesso em: 09.11.2017

KÄFFER, M. I. **Biomonitoramento da qualidade do ar com uso de líquens na cidade de Porto Alegre**, RS. Tese (Doutorado em Ciências com Ênfase em Ecologia), UFRGS, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/30187>>. Acesso em: 10.10.2017

KLUMPP, A. ANSEL, W. KLUMPP, G. FOMIN. A. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas

bioindicadoras (EuroBionet). **Revista brasileira de Botânica**, São Paulo, v.24, n.4 (suplemento), p. 511-518, dez. 2001.

MAKI, E. S. SHITSUKA, R. BARROQUEIRO, C. H. SHITSUKA, D. M. Utilização de bioindicadores em monitoramento de poluição. **Biota Amazônica**. v.3, n.2. 2013. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/view/705/v3n2p169-178.pdf>. Acesso em 25.04.2017.

MARTINS, S. M. de A.; KÄFFER, M. I.; LEMOS, A. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoelétrica, Rio Grande do Sul, Brasil. **Hoehnea**, Porto Alegre, p. 425-433, 2008.

MARTINS, S. M. Ecologia de líquens e aplicações no monitoramento ambiental. **Ecol. Appl**, v. 6, p. 68. Disponível em: <http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/176925/1/Anais64CNB_2013.pdf#page=68>. Acesso em: 03.11.2017.

MELLER, G. S.; OLIVEIRA, K. F.; STEIN, R. T.; MACHADO, V. S. **Controle da poluição**. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

METEOBLUE. **Clima Itabira**. Disponível em: <https://www.meteoblue.com/pt/tempo/previsao/modelclimate/itabira_brasil_3460960>. Acesso em 03.12.2017.

MOREIRA, F. D. FONSECA, M. M. FERREIRA, L. AGUIAR, R. A. SANTOS, S. C. CARPENEZ, T. G. SANTIAGO, I. F. Uso de líquens como bioindicadores da qualidade do ar em centro urbano, Juiz de Fora, MG. **6º Sipiósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade**. 20 a 23 de junho. 2017.

PEREIRA, H. R.; QUINTÃO, P. L. **Poluição atmosférica: Uma análise comparativa entre a atividade mineradora no município de Itabira/MG e a atividade siderúrgica no município de Barão de Cocais/MG utilizando líquens como bioindicadores**, 2013. Trabalho de conclusão de curso Engenharia Ambiental. FUNCESI. Itabira, MG.

PIQUÉ, M. P. R., PALHARES, J. B., PINTO, R. A., FEITOSA, H. C. A. A., SILVA, R. A. **Biomonitoramento, instrumento pedagógico a serviço da sustentabilidade urbana.** IN: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2005, Campina Grande/PB (anais eletrônico). Disponível em: <<http://198.136.59.239/~abengeorg/CobengeAnteriores/2005/artigos/SP-5-92636934804-1118243323383.pdf>>. Acesso em: 27.10.2017.

RAVEN, P.H., EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. 2007. **Biologia Vegetal**, 7a. ed. Coord. Trad. J. E. Kraus. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

SANTI, A. M. M.; SUZUKI, R. Y.; OLIVEIRA, R. G. de. Monitoramento da qualidade do ar no município de Itabira, MG: avaliação dos resultados em anos recentes (1997/99) e das perspectivas de modernização da rede de monitoramento no contexto do licenciamento ambiental corretivo da CVRD. In: **XXVII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental**, 2000, Porto Alegre. p.1-12. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/vi-029.pdf>>. Acesso em: 09.08. 2012

SANTONI, C. S; LIJTEROFF, R. Evaluación de lacialidad del aire mediante el uso de bioindicadores en la provincia de San Luis, Argentina. **Revista internacional de contaminación ambiental**, v. 22, n. 1, 2006. Disponível em: <<http://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/viewFile/22522/21666>>. Acesso em 03.12.2017.

SPIELMANN, A. A.; MARCELLI, M. P. **Fungos liquenizados (liquens)**. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente: Instituto de Botânica, São Paulo, out.2006.

ZEE. **Zoneamento Ecológico Econômico de Estado de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>>. Acesso em 09.nov.2017..