



**GRUPO XI  
GRUPO DE ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS – (GIA)**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR ATRAVÉS DE BIOINDICADORES**

Lígia Bittencourt da Silva \*      Ilmar Goltara Gomes      João Brascher Neto      José Lourival Magri  
Alex Dias de Azevedo      Alexandre Thiele      Marcelo Del Pizzo Caneschi

**GERASUL**

**RESUMO**

Em busca de uma melhoria contínua no processo de avaliação da qualidade do ar das regiões de influência de suas usinas, a GERASUL vem estudando a implementação de um programa de monitoramento da qualidade do ar por bioindicadores, líquen e briófitas, na região de Tubarão/Capivari de Baixo.

Nesse trabalho será apresentada metodologia utilizada no Japão para a implementação desse programa, o qual permitirá avaliar o impacto das emissões das usinas e de outras fontes de poluição da região nessas plantas e na qualidade do ar .

**PALAVRAS-CHAVE**

Qualidade do ar, usinas termelétricas, poluição, monitoramento por bioindicadores

**1. 0 - INTRODUÇÃO**

A GERASUL, como concessionária de energia elétrica na Região Sul do Brasil, vem integrando sua experiência no equacionamento dos efeitos ambientais na geração termelétrica a carvão mineral, energético nacional não renovável, com expressivas reservas localizadas nesta região.

As perspectivas de utilização futura do carvão mineral, como insumo na geração termelétrica, estão cada vez mais condicionadas à minimização dos impactos ambientais decorrentes, que dependem , essencialmente, da qualidade do carvão, das tecnologias empregadas nos processos de produção, do

uso de equipamentos de controle ambiental e da disposição final de seus resíduos.

Dentro desse quadro de influência, a GERASUL vem implementando um programa de gerenciamento dos impactos ambientais decorrentes da geração termelétrica a carvão mineral.

Os últimos dez anos caracterizam-se pela realização de um grande esforço de capacitação por parte da empresa no conhecimento das implicações ambientais ligadas à geração termelétrica à carvão e das alternativas e procedimentos para o seu controle.

A fim de avaliar a qualidade ambiental das regiões de influência de suas usinas térmicas e subsidiar medidas de controle ambiental, a GERASUL realiza o monitoramento da qualidade das águas (rio, efluentes das usinas, lençol freático e chuva), monitoramento das emissões das chaminés, monitoramento condições meteorológicas e monitoramento da qualidade do ar (através das medições de dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e material particulado).

Adicionalmente, está sendo estudado para a região de Tubarão/ Capivari de Baixo (SC), onde está localizado o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, a implementação do monitoramento da qualidade do ar através de bioindicadores, que utiliza plantas, líquens e briófitas, como indicadores biológicos do nível de poluição do ar, tal como é utilizado e em alguns países europeus, Canadá e Japão.

A metodologia selecionada foi repassada a GERASUL através de curso realizado no Japão promovido pela Agência de Cooperação Internacional do Japão.

## 2.0 - BIOINDICADORES: LIQUENS E BRIÓFITAS

Os líquens são plantas resultantes da associação mutualística entre fungos e algas, cuja coloração predominante é verde amarelado ou verde acizentado. As briófitas são plantas que não produzem flores, frutos ou sementes. São classificadas em “Musci” (musgos) “Hepaticae” e “Anthocerotae” e apresentam a coloração verde. Normalmente, crescem em rochas, árvores (ver Figura 1, a e b) e solo.



FIGURA 1- (a) - TRONCO COM LIQUENS E BRIÓFITAS

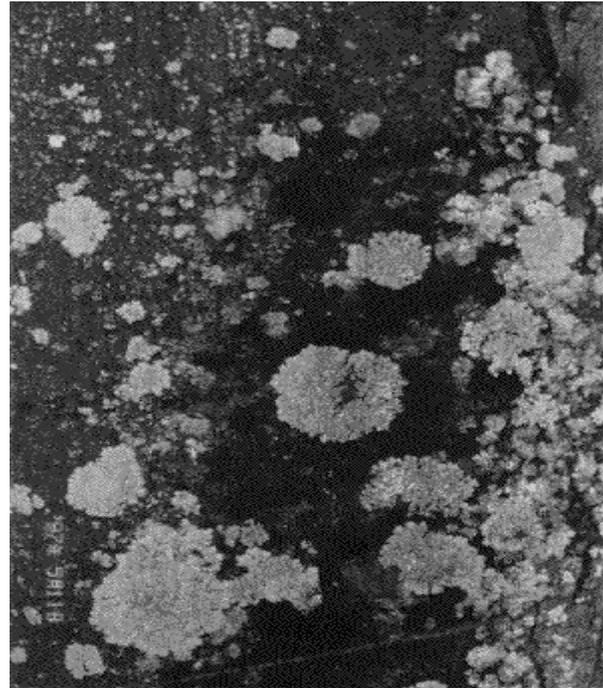


FIGURA 1 - (a) - DETALHE COM LIQUENS (PARTE CIRCULAR E MAIS CLARA) E BRIÓFITAS (MUSGOS – PARTE CENTRAL MAIS ESCURA)

Ao contrário das concentrações de poluentes na atmosfera, que podem ser medidas, diretamente, através de equipamentos específicos, a magnitude dos impactos, sobre os organismos vivos, tais como as plantas e ser humano, não pode ser precisamente medida. Os bioindicadores, líquens e briófitas, os quais são sensíveis à poluição do ar, especialmente à dióxido de enxofre, fluoretos, ozônio e outros componentes do *smog* fotoquímico, localizados sobre os troncos de árvores, são utilizados para esse tipo de estudo.

Esses impactos são resultados dos níveis de poluição presentes no ar atmosférico das diversas fontes de poluição existentes na região, os quais são observados através do acompanhamento das populações desses indicadores de poluição do ar (líquens e briófitas), traduzidos, posteriormente, em índices de pureza do ar atmosférico.

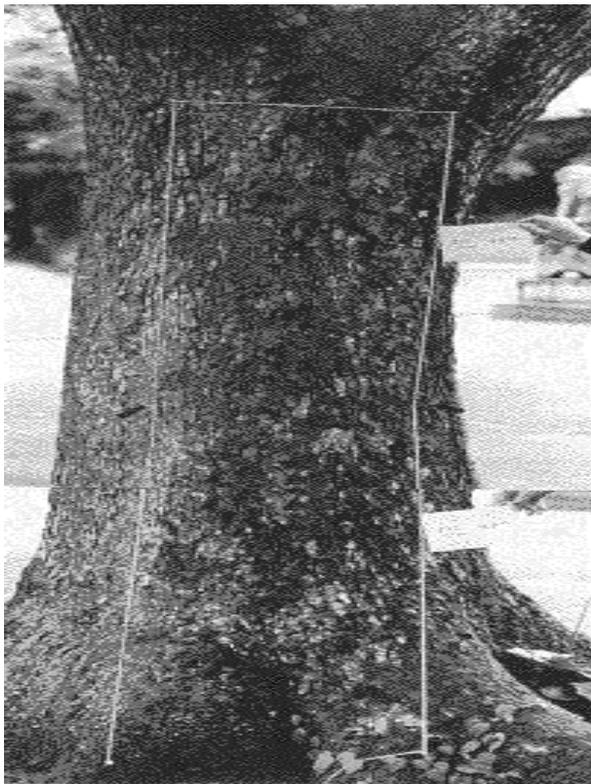
Uma grande concentração dessas plantas num tronco de árvore exposto à poluição aérea, é um indicativo de que nesse local o nível de poluição do ar está baixo e a qualidade do ar está adequada para as plantas e ser humano.

### 3.0 – MONITORAMENTO DOS BIOINDICADORES

A GERASUL, desde 1997, vem realizando atividades e estudando para implementação de um programa de monitoramento da qualidade do ar por bioindicadores. Em 1999, Líquens e briófitas, localizados em troncos de árvores, deverão ser monitorados num raio de, aproximadamente, 10 km em torno do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda. Cerca de 80 árvores serão observadas.

Para a realização deste tipo de monitoramento, são necessárias, basicamente, as seguintes atividades:

- Planejamento da rede de monitoramento;
- Localização de árvores similares, de grande porte, com líquens e/ou briófitas em seus troncos, expostas à poluição;
- Avaliação do percentual de cada espécie (frequência de ocorrência) na área de 50 cm de largura e 2 m de altura, delimitada por cordão (ver Figura 2) do tronco de cada árvore selecionada.



**FIGURA 2 - ÁREA DE MONITORAMENTO DE 50 CM X 2 M, DELIMITADA POR CORDÃO**

A fim de facilitar a determinação desse percentual, esta área é dividida em 4 partes iguais. Em cada parte,

é determinado o percentual de cada espécie presente. Esses resultados são anotados em planilhas de campo, em conjunto com dados locais, tais como espécie, diâmetro e vitalidade da árvore, bem como umidade relativa, direção dos bioindicadores etc.

Após verificado as quatro áreas, é determinada a média desses percentuais para cada espécie. Cada média calculada é considerada o percentual da respectiva espécie na área total de 2 m x 50 cm. Esses resultados correspondem a um valor “f”, grau de cobertura (ver Tabela 1).

### 4.0 - DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE PUREZA DO AR ATMOSFÉRICO

Após ser calculado o percentual de cada espécie, encontradas nos troncos das árvores analisadas, deve ser calculado, para cada árvore, o índice de pureza do ar atmosférico (índice de qualidade do ar) denominado IAP, através da seguinte equação:

$$IAP = \frac{\sum_{i=1}^n (Q \times f)}{10}$$

Onde:

n = Número de espécies que ocorreram.

Q= Índice de sensibilidade (tolerância) de cada espécie à poluição do ar (média do nº de espécies que ocorreram em cada áreas de 50cm x2m dos troncos da região, nos quais ocorreu a espécie analisada).

f = Valor do grau de cobertura de cada espécie.

Para evitar influência de fatores que não sejam poluição aérea nos resultados dos IAPs, bem como obter um índice mais representativo para cada área em estudo, é realizado, uma média dos IAPs encontrados, de árvores (5) próximas para cada área, sendo que o IAP mais baixo é excluído. Essa média é chamada de IAP\*.

### 5. 0 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados dos IAP\*s devem ser analisados, tratados e comparados com a tabela de distribuição do IAP\* (ver Tabela 2), o que permite verificar em que área da região a população de líquens e briófitas está

mais afetada pela poluição aérea, bem como identificar as classes de IAP\* para cada área analisada.

Isopletas dos valores de IAP\* são traçadas, a fim de localizar, em mapa da região, as classes de IAP\* identificadas. Desta forma, é possível visualizar melhor as áreas de maior ou menor impacto para as plantas, em termos de poluição aérea, na região em estudo.

A influência nesses resultados das fontes de poluição da região, localizadas, previamente, nesse mapa, bem como das concentrações de poluentes, tais como as concentrações de dióxido de enxofre presentes no ar, detectadas em equipamentos de monitoramento da qualidade do ar dessa região, também são avaliadas.

## 6.0 - CONCLUSÃO

A metodologia apresentada não implica em altos custos para sua aplicação e pode ser utilizada em regiões que tenham árvores de médio a grande porte, com líquens e/ou briófitas em seus troncos, até a altura aproximada de 2 m.

O monitoramento de bioindicadores representa mais um instrumento para a avaliação da qualidade do ar de uma região. Apresenta como resultado uma “resposta” das plantas aos níveis de poluição do ar, através de seus representantes mais sensíveis (líquens e briófitas) a essa poluição, identificando o estado de sobrevivência desses bioindicadores, bem como áreas de maior e menor impacto das fontes de poluição aéreas na qualidade do ar da região em estudo.

Adicionalmente, pode ser instrumento de educação ambiental à população e/ou escolas locais para identificação do nível de qualidade do ar local, quando de posse dos conhecimentos e resultados desse trabalho.

Além disso, os resultados obtidos nesse monitoramento poderão subsidiar medidas de controle de poluição do ar, bem como estudos de planejamento da expansão industrial e residencial da região.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) INSTITUTE OF HEALTH AND ENVIRONMENT SCIENCES. Epiphytic lichen and bryophyte vegetation as a bioindicator of air pollution Fukuoka. Japão.
- (2) CANADIAN JOURNAL OF BOTANY. Vol 48: 1485- 1 1496. Leblanc, F., and J. De Sloover. 1970. Relation between industrial and distribution an growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. Canadá.
- (3) ELETROSUL.Complexo Temelétrico Jorge Lacerda e o Meio Ambiente (*folder*). Brasil
- (4) FATMA.1982. Monitoramento ambiental- Sistema de monitoramento com bioindicadores. Brasil.
- (5) TROPMAIR, H. 1977. Estudo biogeográfico de líquens como vegetais indicadores de poluição aérea da cidade de Campinas-SP. In: Geografia, 2 .Brasil
- (6) MASON E. HALE JNR. 1983. The Biology of Lichens. Ed. Edward Arnold. USA.

TABELA 1 - PERCENTUAL DE CADA ESPÉCIE E VALOR DO GRAU DE COBERTURA (F) CORRESPONDENTE

Média (%)	Valor de f
< 1	0,5
1 - 5	1
5 - 10	2
10 - 20	3
20 - 40	4
> 40	5

TABELA 2 - DISTRIBUIÇÃO DO ÍNDICE DE PUREZA DO AR ATMOSFÉRICO (IAP\*)

Classe do IAP*	IAP*	População Epífita	Condição da Qualidade do Ar
I	$0 \leq \text{IAP}^* < 2$	Pobre	 <p>poluído</p>
II	$2 \leq \text{IAP}^* < 4$		
III	$4 \leq \text{IAP}^* < 6$	Não boa	
IV	$6 \leq \text{IAP}^* < 8$	Regular	
V	$8 \leq \text{IAP}^* < 10$		
VI	$10 \leq \text{IAP}^* < 12$	Boa	
VII	$12 \leq \text{IAP}^* < 14$		
VIII	$14 \leq \text{IAP}^* < 16$	Excelente	
IX	$16 \leq \text{IAP}^* \leq 18$		
X	$> 18$		