

# Uso de bioindicadores para monitoramento do ar\*

José Francisco do Prado Filho\*\*

**RESUMO** — No processo de fabricação de alumínio primário resulta a formação de fluoretos gasosos e particulados, que acabam por atingir a atmosfera, contaminando-a. A influência da poluição atmosférica proveniente de uma fábrica de alumínio, instalada em Ouro Preto-MG, foi estudada por meio de plantas sensíveis e acumuladoras para fluoretos atmosféricos. *Gladiolus* sp (sensível ao flúor) e *Lolium multiflorum* Lam (acumuladores de flúor) foram cultivados em módulos experimentais e distribuídos em diferentes pontos no município de Ouro Preto. *Gladiolus* sp cultivados em pontos mais próximos à fonte poluidora apresentaram maiores valores médios de área foliar necrosada, enquanto que *Lolium multiflorum* Lam cultivados no ponto mais próximo à fábrica apresentaram maior concentração de fluoretos (45 ppm). Plantas sensíveis e acumuladoras de poluentes atmosféricos mostraram possuir peculiaridades para ser utilizadas como indicadores de qualidade do ar atmosférico, entretanto, dificilmente se conseguem, com o uso de plantas, índices de concentração de poluentes no ambiente.

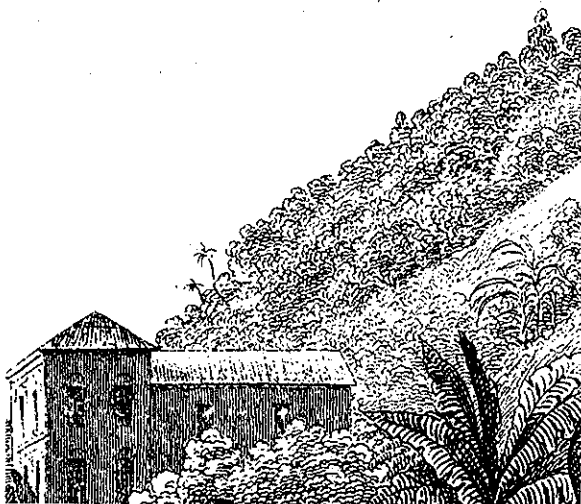
**Palavras-chave** — Fabricação de alumínio primário, fluoretos atmosféricos, bioindicadores da qualidade atmosférica, poluição.

**ABSTRACT** — The formation of gaseous and particulate fluorides are a result of the primary aluminum production process. Such fluorides reach the atmosphere and pollute it. The influence of atmospheric pollution from an aluminum plant, located in Ouro Preto — Minas Gerais, was studied in accumulators and sensitive bioindicators useful in atmospheric fluorides. *Gladiolus* sp (sensitive to fluorine) and *Lolium multiflorum* Lam (fluorine accumulators) were grown in experimental modules and distributed in different areas in Ouro Preto country. *Gladiolus* sp, which were grown in areas near to the polluting source, showed larger average values of necrosed leaves while *Lolium multiflorum* Lam, which were grown in areas closer to the aluminum plant, showed a larger concentration of fluorides (45 ppm).

Sensitive and atmospheric pollutant — gathering plants proved to have specific details useful in the indication of the quality of atmospheric air; however, rates of pollutant concentration in the environment are hardly obtained.

**Key words** — primary aluminum production, atmospheric fluorides, bioindicators of atmospheric quality, pollution.

**Ouro Preto, em Minas Gerais, reconhecido pela UNESCO, no ano de 1982, como patrimônio histórico da humanidade, por reunir um dos mais valiosos conjuntos arquitetônicos do barroco no mundo, também sofre as influências do desenvolvimento urbano e industrial.**



O avanço no “desenvolvimento” afeta praticamente todos os aspectos da vida diária e da qualidade ambiental como a falta de infra-estrutura urbana, tráfego intenso e desordenado de veículos, produção cada vez maior de resíduos domésticos e industriais, emissões atmosféricas, inexistência de saneamento básico adequado etc.

Em Ouro Preto ergue-se também um complexo industrial responsável pela produção de 60 mil toneladas de alumínio por ano e pelo emprego direto de cerca de 1.200 pessoas. No processo industrial, a fabricação de alumínio primário, ou seja, a transformação de bauxita em alumínio, resulta na formação de resíduos que devem ser dispostos no ambiente após tratamento adequado e seguro.

No caso da fábrica de Ouro Preto — a maior e mais antiga unidade da Alcan Brasil —, existe um esforço da empresa em diminuir suas emissões industriais. Porém, mesmo assim, ainda resultam, de suas atividades produtivas, emanações de gases e particulados para a atmosfera.

\* Trabalho financiado pelo CNPq/FAPEMIG.

\*\* Ecólogo. Mestre em Ecologia. Prof. de Ciências do Ambiente/Escola de Minas/Universidade Federal de Ouro Preto.

As emissões da indústria de alumínio primário são provenientes principalmente das cubas de redução. Os gases emanados do processo eletrolítico são CO, CO<sub>2</sub> e fluoretos gasosos e particulados, resultantes da evaporação da criolita ou da fluorita, que são utilizadas no processo como fundentes a uma temperatura de 960°C (Viana & Veronese, 1986).

Normalmente, as reduções de alumina emitem cerca de 20 kg de flúor por tonelada de alumínio produzido, sendo aproximadamente 70% em forma gasosa e o restante como fluoretos particulados (fluoreto de alumínio, criolita, fluorita) e, caso não sejam tomadas precauções de controle, essas poeiras e gases atingem a atmosfera, podendo torná-la ácida, uma vez que o flúor gasoso se transforma facilmente em ácido fluorídrico. Em certos casos, os fluoretos podem também promover a contaminação da vegetação próxima às fontes poluidoras.

O fluoreto também é desprendido de fábricas de aço, fertilizantes fosfatados, cerâmicas, vidros e porcelanas (RIET-CORREA et alii, 1983). Além disso, o flúor presente em quantidades-traço nos carvões reage durante a combustão, produzindo ácido hidrófluórico.

#### O uso de bioindicadores para fluoretos atmosféricos

Algumas práticas realizadas de maneira muito simples podem ser muito valiosas na caracterização qualitativa do ar atmosférico. Tais "medidas" podem ser feitas com a ajuda de plantas "bioindicadoras", uma vez que estas são sensíveis a determinados tipos de poluentes atmosféricos e apresentam baixo custo de manutenção e monitoração (WEINSTEIN & LAURENCE, sem data).

Segundo Mellanby (1980), os efeitos biológicos da poluição atmosférica podem ser estudados de três maneiras: 1) por levantamento da distribuição de plantas sensíveis, que são de fato avaliação dos resultados de experiências já feitas; 2) introduzindo organismos onde há suspeita de poluição, e observando os efeitos; 3) expondo-se os organismos (em estufas, câmaras ou em espaços confinados) a níveis controlados de poluição.

Diferentes espécies e variedades de plantas diferem em sua sensibilidade a poluentes atmosféricos. Plantas sensíveis podem ser cultivadas em solo padrão, em vasos, visto que o solo em uma área exposta à poluição durante muito tempo pode estar contaminado, afetando o seu crescimento (Mellanby, 1980).

Segundo Weinstein (1977), citado por Linzon (1986), os fluoretos são os gases mais fitotóxicos, podendo determinar danos em espécies vegetais susceptíveis em concentrações de dez a 1.000 vezes menores que outros poluentes atmosféricos. O fluoreto se torna tóxico em concentrações menores que 1 ppb (uma parte por bilhão) e, segundo Jacobson & Weinstein (1977), é justamente o fluoreto gasoso a forma mais tóxica para a vegetação quando comparado com os fluoretos particulados atmosféricos.

As plantas sensíveis utilizadas no "biomonitoramento" de regiões que apresentam flúor na atmosfera são do gênero *Gladiolus* (Fam. *Eridaceae*) (Weinstein & Laurence, sem data) e algumas variedades de milho (Mellanby, 1980). Outras gramíneas como, por exemplo, o azevém, também são utilizadas, mas como acumuladoras de fluoretos (Weinstein & Laurence, sem data).

De um modo geral, os fluoretos invadem as plantas através dos estômatos foliculares e movem-se através de fluxo da transpiração, em direção às extremidades das folhas, onde são acumulados. O resultado dessa acumulação é a destruição por necrose e aparecimento de clorose. Lesões intercostais e áreas de clorose aparecem quando o fluoreto é absorvido em concentrações superiores àquelas que podem ser translocadas pelas plantas (Linzon, 1986).

A característica mais comum apresentada por um bioindicador é a produção de lesões foliares em resposta a um dado poluente. Entretanto, outras variáveis podem ser usadas para determinar o impacto da poluição local como: percentagem de folhas injuriadas, área foliar necrosada, crescimento, peso fresco e seco, taxa de fotossíntese e respiração ou conteúdo da clorofila no tecido foliar (Weinstein & Laurence, sem data).

Desta forma, a distribuição dos fluoretos atmosféricos em diversos pontos do município de Ouro Preto, estudada a partir da utilização dos bioindicadores, traria valiosas informações na caracterização do ar atmosférico. Além disso, os dados obtidos através do biomonitoramento seriam imprescindíveis na comparação e confrontação com aqueles obtidos rotineiramente pelas estações amostradoras do ar atmosférico, distribuídas e monitoradas pela Alcan Brasil, em Ouro Preto.

Outro aspecto importante que deve ser salientado é a possibilidade de desenvolvimento de técnicas mais baratas e mais recentes no monitoramento ambiental, em áreas afetadas por esse tipo de poluente, campo de pesquisa ainda muito pouco estudado no Brasil.

#### Metodologia empregada

Os vegetais usados como "bioindicadores" para fluoretos atmosféricos e aqueles utilizados como "bioacumuladores" foram cultivados em "módulos experimentais", segundo o modelo proposto por Weinstein & Laurence (sem data), muito modificado, constituído cada aparato de amostragens por um conjunto de seis vasos. Cada conjunto foi composto por dois subconjuntos de três vasos onde, num deles, foi cultivado *Lolium multiflorum* Lam, popularmente conhecido por azevém, enquanto no outro subconjunto foi cultivado *Gladiolus* sp, também conhecido por palma-de-santa-rita. (Foto nº 1)

**Foto nº 1** — A foto nº 1 mostra como foi constituído cada ponto de amostragem. A planta maior é o *Gladiolus* sp (sensível ao flúor) enquanto a menor, ainda em fase de crescimento, é *Lolium multiflorum* Lam (acumuladora de flúor).



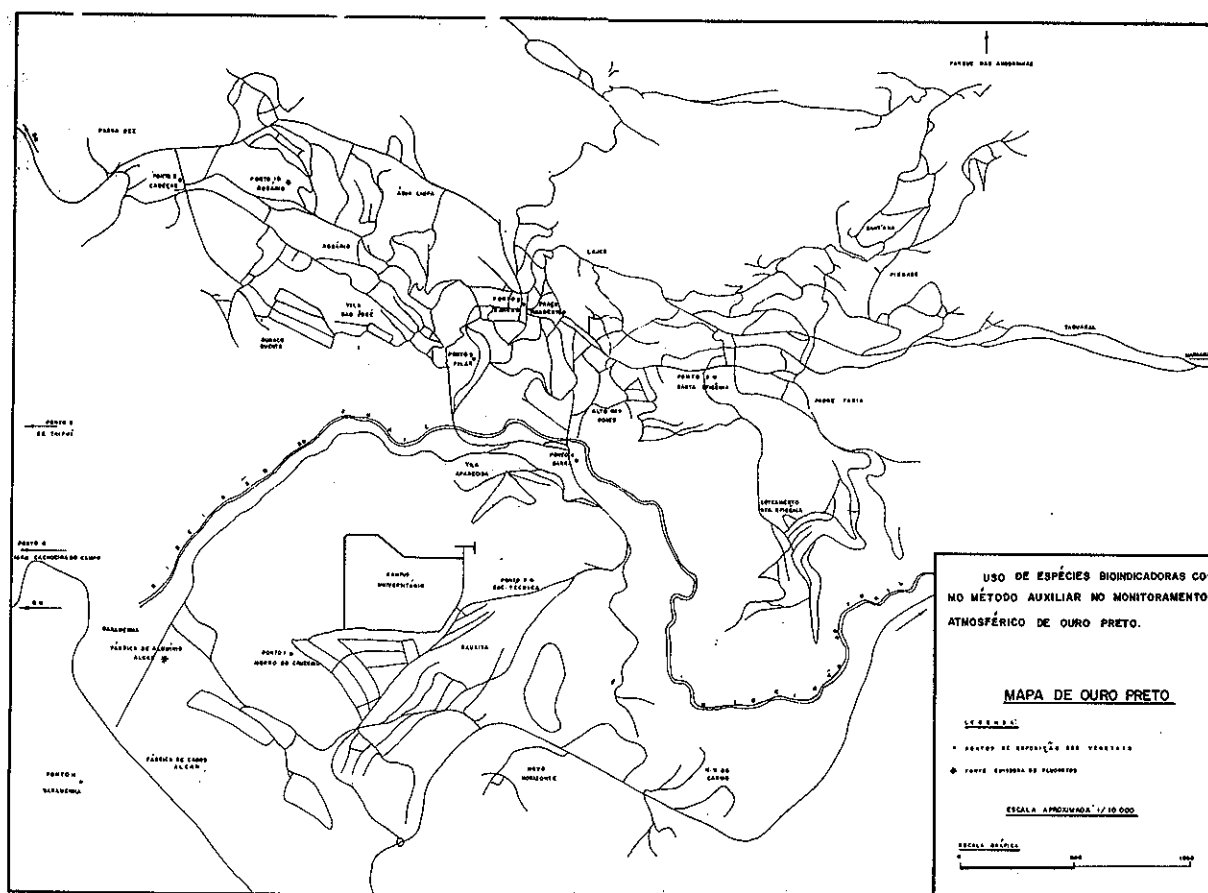
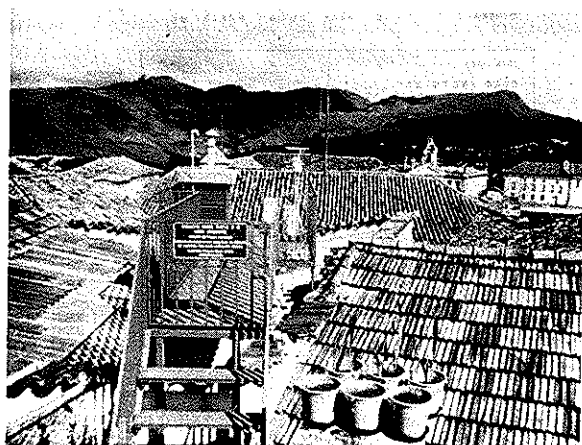


Foto nº 2 — Exposição das plantas bioindicadoras no interior da Escola de Minas de Ouro Preto/UFOP.



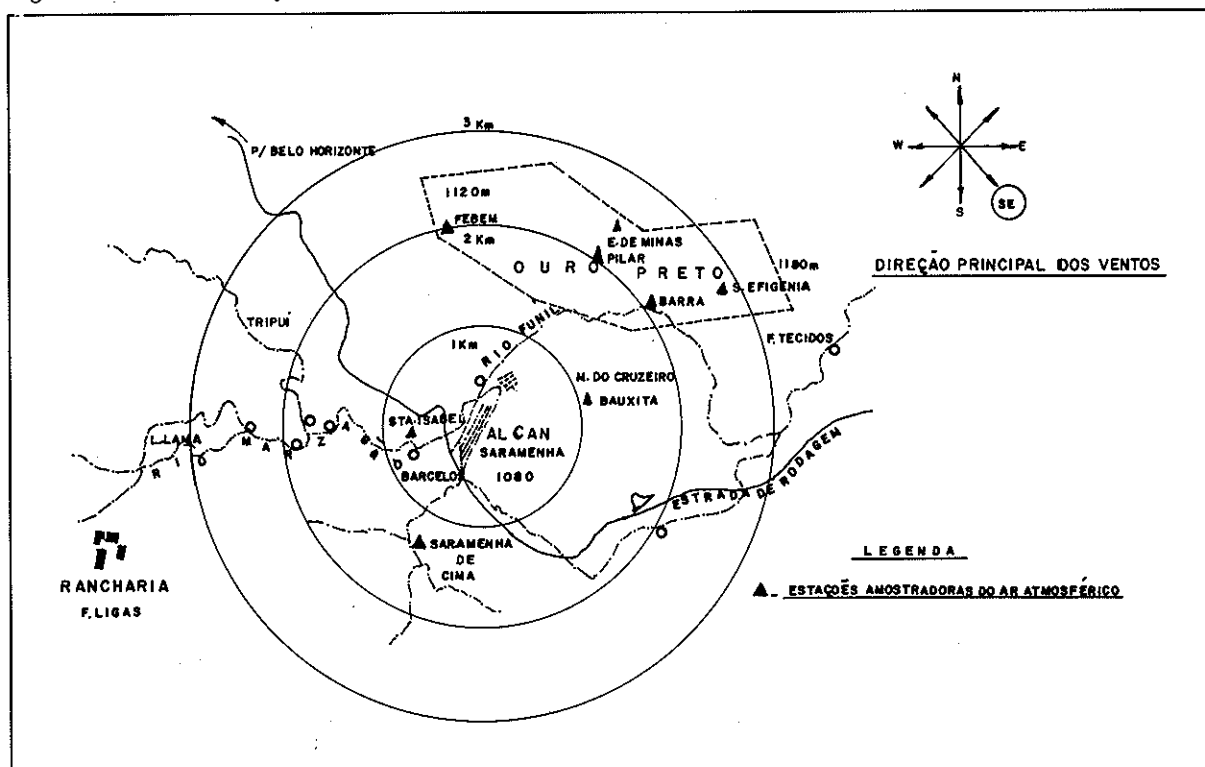
Os conjuntos de vasos foram distribuídos em onze pontos do município de Ouro Preto, sendo nove conjuntos localizados na região urbana e dois localizados em pontos relativamente distantes da fonte emissora. Desses últimos, um conjunto de vasos foi localizado na Estação Ecológica do Tripuí, que dista cerca de 3,5 km, em linha reta, da fábrica de alumínio, e o outro, o mais distante, foi localizado no distrito de Cachoeira do Campo. Considerou-se

esse local de observação o ponto controle, já que ali, provavelmente, havia pouca influência das emissões oriundas da fábrica de alumínio, por estar localizado a aproximadamente 18 km da fonte poluidora. Os pontos onde foram cultivados os bioindicadores atmosféricos e a localização da fonte emissora de fluoretos no município de Ouro Preto podem ser observados no mapa anexo.

Na localização dos pontos de observação pelos bioindicadores, procurou-se, sempre que possível, instalar os módulos experimentais bem próximos aos pontos de monitoramento do ar atmosférico realizado pela empresa, pois, em acordo firmado entre a Alcan e a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) — órgão estadual de fiscalização ambiental de Minas Gerais —, a empresa deve se automonitorar e apresentar relatórios mensais da qualidade do ar atmosférico de Ouro Preto. Essa preocupação teve como finalidade confrontar e comparar os dados obtidos por meio do monitoramento das plantas com aqueles apresentados pelas empresas à Fundação Estadual do Meio Ambiente.

No mapa de Ouro Preto, observam-se os pontos do município onde a fábrica possui equipamentos para a amostragem do ar atmosférico. Na foto nº 2, observa-se o ponto de exposição das plantas no núcleo histórico de Ouro Preto. Nesta foto, à esquerda, está localizada uma estação de amostragem do ar atmosférico monitorada pela fábrica de alumínio.

Figura 1 — Localização da fábrica da Alcan e das estações amostradoras do ar atmosférico em Ouro Preto, monitoradas pela empresa.



O solo onde foram cultivados os vegetais era do tipo latossolo e foi trazido das proximidades de Viçosa (MG), por ser um local onde não existem fontes emissoras de fluorretos. Os parâmetros de análise do solo onde foram cultivadas as plantas podem ser observados no quadro 1 e foram obtidos pelo Departamento de Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa.

As sementes de *Lolium multiflorum* Lam (azevém) foram obtidas junto ao Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Rio Grande do Sul (Ipagro), enquanto os bulbos de *Gladiolus* sp foram obtidos de floricultores artesanais, no distrito de Cachoeira do Campo, município de Ouro Preto. As plantas de *Lolium multiflorum* Lam foram expostas nos pontos de observação quando apresentavam cerca de 5 cm de tamanho enquanto os *Gladiolus* sp foram levados para aqueles locais quando as plantas começavam a emergir. As duas plantas bioindicadoras foram expostas nos pontos de amostragem na mesma época.

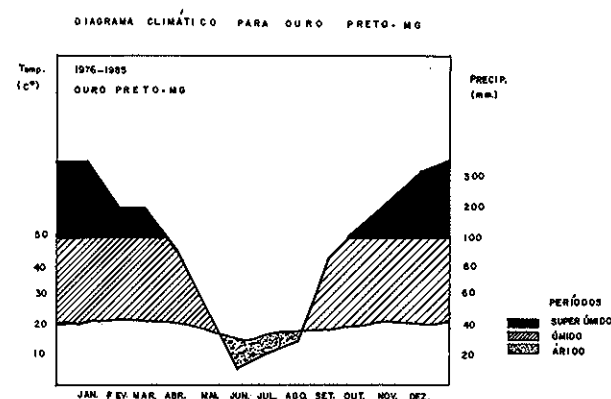
Quadro 1 — Características do solo onde foram cultivados *Lolium multiflorum* LAM e *Gladiolus* SP.

Parâmetros	Resultados analíticos
pH	4.3
1 : 2,5	
H <sub>2</sub> O KCl	
P (ppm)	2.8
K (ppm)	59
Al (meq/100 m <sup>3</sup> )	1.0
Ca (meq/100 m <sup>3</sup> )	0.3
Mg (meq/100 m <sup>3</sup> )	0.2
S.B. (meq/100 m <sup>3</sup> )	0.61
CTC (meq/100 m <sup>3</sup> )	1.61

Figura 2 — Diagrama climático para Ouro Preto no período de 1976-85, segundo Walter (1963).

Fonte: 5º Distrito de Meteorologia Belo Horizonte (MG). Ministério da Agricultura.

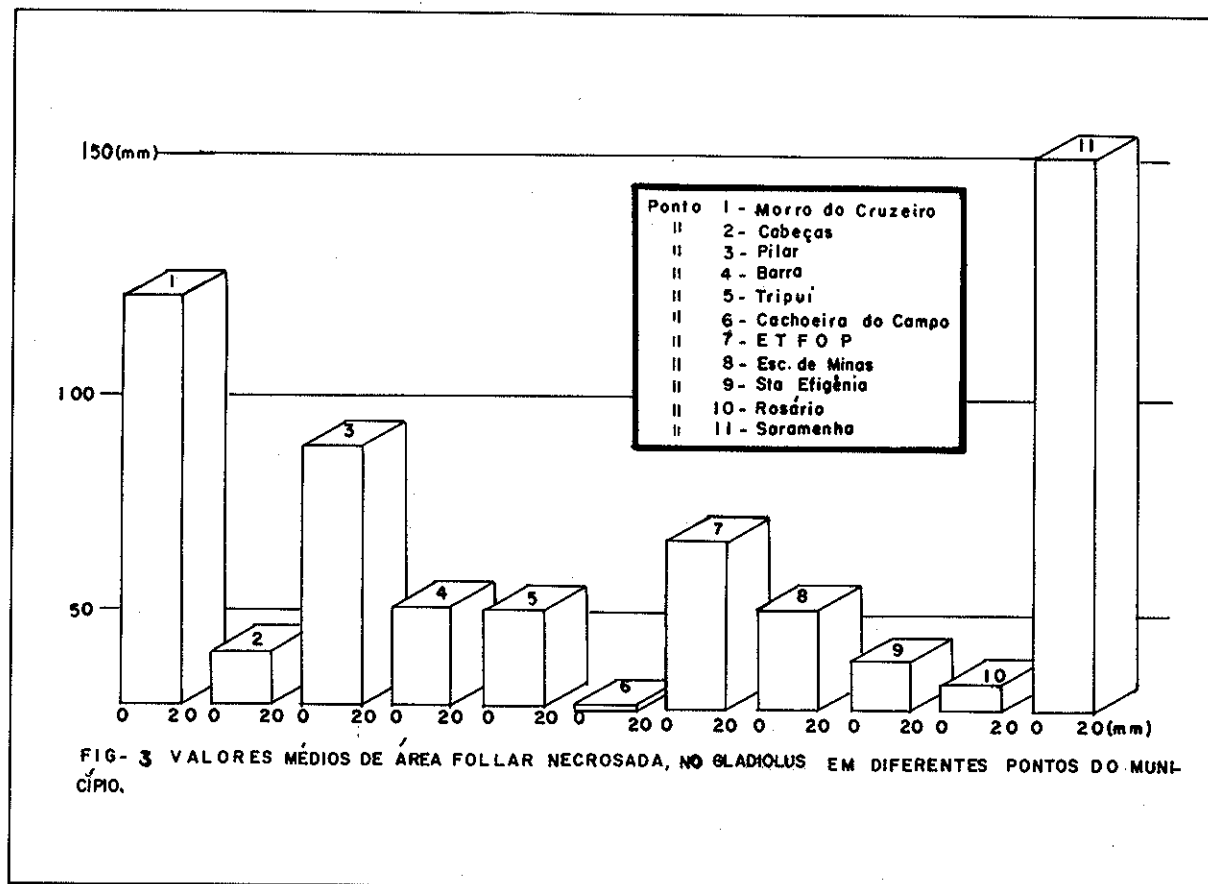
Obs.: Dados mais recentes de temperatura e precipitação atmosférica não são completos.



O período de exposição das plantas e de observação estendeu-se de 24 de julho a 10 de novembro de 1990, período este considerado ideal para o cultivo do *Gladiolus* sp, porém um pouco tardio para o *Lolium multiflorum* Lam. O plantio tardio do azevém deu-se exclusivamente por não se ter conseguido as sementes em tempo hábil.

Durante o período de exposição, o desenvolvimento das plantas foi acompanhado pelo bolsista do CNPq, cujo papel, além de observar o aparecimento e acompanhamento

Figura 3 — Valores médios de área foliar necrosada nos *Gladiolus* sp, em diferentes pontos de Ouro Preto.



da necrose foliar, foi também de administrar água para as plantas, visto que, principalmente na época do início do experimento, a precipitação é baixa na região (ver diagrama climático para Ouro Preto — Figura 2). A administração de água para as plantas foi sempre igual em todos os vasos.

Após exatamente 107 dias, por se estar terminando a fase vegetativa do *Gladiolus* sp, as observações das necroses foliares nas plantas sensíveis foram suspensas e os vegetais acumuladores de fluoretos (azevém) foram cortados e enviados para análise na Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC).

### Resultados e discussão

Dentre os pontos de biomonitoração do ar por plantas, quatro deles se destacaram por apresentar maiores valores médios de área foliar necrosada nos *Gladiolus* sp. Dados de valores médios de área foliar necrosada para todos os pontos de observação podem ser visualizados na Figura 3.

Os pontos de observação de números 1, 3, 4 e 11 foram os que se caracterizaram por apresentar maiores valores médios para a necrose foliar. Observa-se claramente que as plantas localizadas em pontos mais próximos à fonte poluidora de fluoretos (ponto nº 11, em Saramenha, e ponto nº 1, no Morro do Cruzeiro) foram as que, respectivamente, apresentaram maiores valores médios de área foliar necro-

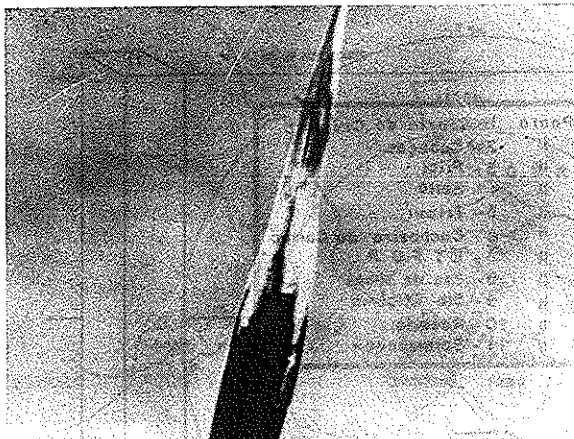
sada, enquanto no ponto 6, em Cachoeira do Campo (ponto controle), nenhum tipo de necrose foi observado nas folhas de *Gladiolus* sp. Cabe ressaltar que em Saramenha, ponto onde a necrose foliar média se mostrou mais evidente, os vasos, por problemas adversos, só puderam ser expostos 29 dias após todos os outros terem sido locados.

O fato de os pontos mais próximos à fábrica de alumínio apresentarem plantas com maior área foliar necrosada era previsível, uma vez que as fábricas de alumínio primário liberam razoáveis quantidades de fluoretos na atmosfera e que os *Gladiolus* sp são plantas muito sensíveis à presença de fluoretos gasosos no ar atmosférico. Segundo Weinstein (1977), as lesões em plantas sensíveis começam a aparecer quando a concentração de flúor gasoso na atmosfera é da ordem de  $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vale lembrar que, segundo USA (1971), a concentração de fluoretos na atmosfera tem sido expressada de diferentes maneiras pelos pesquisadores e que os efeitos na vegetação são discutidos em termos de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Uma concentração de fluoretos de 1 ppb por volume é equivalente  $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

As torres lavadoras usadas na fábrica de Ouro Preto têm uma eficiência teórica de 95% para fluoretos gasosos e 65% para fluoretos particulados. Para cada tonelada de alumínio produzido nos fornos, 20 kg de flúor são produzidos, sendo 70% de fluoretos gasosos (Alcan/separata).

Fazendo-se os cálculos, chega-se à conclusão que são lançados na atmosfera de Ouro Preto cerca de 700 g de

**Foto n° 3** — Folha de *Gladiolus sp* com 40 dias de exposição em ponto localizado na Escola Técnica Federal de Ouro Preto (ponto n° 7). Observa-se claramente que a destruição da folha do vegetal inicia-se pela região apical.

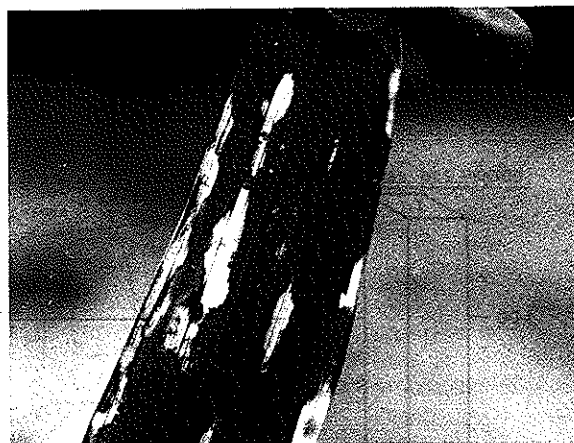


**Foto n° 4** — Folhas de *Gladiolus sp* sem nenhum tipo de necrose foliar após 83 dias de exposição, no distrito de Cachoeira do Campo, distante 18 km de Ouro Preto.



fluoretos gasoso por tonelada de alumínio produzido. Como a capacidade nominal da fábrica de Ouro Preto é da ordem de 60.000 a 66.000 t/ano, chega-se à conclusão de que são lançados, no mínimo, 42.000 kg de fluoretos gasosos por ano, isto é, aproximadamente 115 kg de flúor gasoso por dia. Pelo mesmo raciocínio, chega-se a valores em torno de 120.000 kg de fluoretos particulados por ano, ou seja, aproximadamente 345 kg de fluoretos particula-

**Foto n° 5** — Folhas de *Gladiolus sp* expostas por um período de 69 dias em Saramenha (ponto n° 11). Observam-se as necroses distribuídas irregularmente por toda folha, características de atmosfera com concentração expressiva de fluoretos atmosféricos.



**Foto n° 6** — Vista geral das plantas de *Gladiolus sp*, em Saramenha, após 69 dias de exposição. Note-se que as plantas apresentam grande parte das folhas destruída.



dos por dia. Machado (1983) cita que o limite máximo de emissão total de flúor numa localidade seria de 600 a 900 kg/dia, valores esses bem acima daqueles que são emitidos em Ouro Preto.

No Brasil não existe ainda legislação que defina padrões para fluoretos na atmosfera, tampouco para o acumulado na vegetação em torno das fábricas de alumínio ou de outras fontes emissoras de fluoretos.

As lesões apresentadas pelos *Gladiolus* sp, que foram expostos nos diferentes pontos de Ouro Preto, desenvolveram-se igualmente como é reportado por Weinstein (1977) e USA (1971), ou seja, o sintoma da contaminação por fluoretos gasosos nestas plantas é caracterizado pelo desenvolvimento de clorose que se inicia na região apical da folha, prolongando-se, dependendo da contaminação do ar, em direção às raízes, pela região marginal das folhas. De um modo geral, os fluoretos gasoso invadem a planta através dos estômatos e movem-se através do fluxo da transpiração em direção às extremidades das folhas, onde são acumulados. A consequência da acumulação é a destruição por necrose e aparecimento de clorose. Na foto nº 3, observa-se claramente como ocorre a necrose causada pelos fluoretos em *Gladiolus* sp e como ela avança em direção às raízes pela região marginal.

A foto nº 4 mostra folhas de *Gladiolus* sp com 93 dias de exposição, em Cachoeira do Campo (ponto nº 6). Observa-se que as folhas não apresentam nenhum tipo de injúria ou clorose, o que evidencia que naquela região não existe influência dos fluoretos gasosos atmosféricos emitidos pela fonte poluidora localizada no bairro Saramenha, em Ouro Preto.

Segundo Weinstein (1977), em atmosfera com altas concentrações de fluoretos, o *Gladiolus* sp apresenta áreas cloróticas irregularmente distribuídas sobre as folhas. Observando a parte aérea do *Gladiolus* sp exposto em Saramenha (ponto nº 11), após um período de 69 dias, notou-se que o sintoma apresentado pelas plantas foi idêntico àquele reportado por Weinstein (1977) (foto nº 5 e foto nº 6). Desta forma, confirma-se mais uma vez que os *Gladiolus* sp são vegetais que podem ser muito valiosos na caracterização qualitativa do ar atmosférico para a presença de fluoretos, devido à sua grande sensibilidade a esse tipo de poluente.

Devido à extrema sensibilidade do *Gladiolus* sp ao flúor, a quantificação dos fluoretos atmosféricos pelas plantas é quase impossível. Entretanto, com o uso desses vegetais e de experimentos conduzidos dessa maneira, podem-se definir regiões onde a atmosfera sofre maior ou menor impacto dos fluoretos lançados por uma determinada fonte poluidora.

Um dos objetos principais deste trabalho foi, também, tentar correlacionar os dados obtidos dos biomonitores com aqueles coletados rotineiramente pelas estações amostradoras do ar atmosférico monitoradas pela Alcan — Alumínio do Brasil e, a partir daí, tentar elaborar, com a ajuda dos vegetais, faixas ou padrões da contaminação atmosférica para fluoretos. Entretanto, depois de se tentar conseguir, sem sucesso, junto ao órgão de controle ambiental do Estado de Minas Gerais (Fundação Estadual do Meio Ambiente) e junto à própria empresa, os dados do monitoramento atmosférico para fluoretos, este item do trabalho acabou sendo prejudicado devido às dificuldades que se apresentaram para que se pudesse tirar conclusões com aqueles objetivos inicialmente propostos.

A contaminação de vegetais, principalmente de gramíneas por fluoretos, somente possui importância ecológica quando existirem, próximos às fábricas de alumínio ou outro tipo de fonte emissora de flúor, herbívoros (principalmente a espécie bovina que é a mais sensível às intoxicações por flúor) ou criações desses animais, pois, quando a con-

centração de fluoretos na vegetação estiver entre 30 e 40 ppm (base seca), o risco de aparecimento de fluorose nesses animais é maior (Riet-Correa et alii, 1983). A intoxicação por flúor é uma doença caracterizada por alterações dentárias e ósseas. Aquelas caracterizam-se por hipoplasia do esmalte, manchas esbranquiçadas com aspecto de giz ou manchas de cor marrom, porosidade e desgaste exagerado. As alterações ósseas são suscetíveis de variações, podendo observar-se osteoporose (osteopenia), osteopetrose (osteoesclerose) ou hispeostose. (Vários autores citados por Riet-Correa et alii, 1983).

Valores da concentração de fluoretos totais em *Lolium multiflorum* Lam, avaliados após o cultivo em vasos expostos à atmosfera de Ouro Preto podem ser observados no quadro 2.

**Quadro 2** — Concentração de fluoretos totais em *Lolium multiflorum* Lam, cultivados no período de 24/julho/90 a 10/novembro/90 em diversos pontos de Ouro Preto\* (valores em peso seco).

Local de Exposição	Concentração (ppm)
Morro do Cruzeiro (ponto nº 1)	< 25
Bairro Cabeças (ponto nº 2)	< 25
Bairro Pilar (ponto nº 3)	< 25
Barra (ponto nº 4)	< 25
Est. Ecológica Tripuí (ponto nº 5)	< 25
Cachoeira do Campo (ponto nº 6)	< 25
Escola Técnica Federal (ponto nº 7)	< 25
Escola de Minas/UFOP (ponto nº 8)	< 25
Santa Efigênia (ponto nº 9)	< 25
Rosário (ponto nº 10)	< 25
Saramenha** (ponto nº 11)	45

\* Análises feitas de acordo com ASTM-3269 (American Society for Testing and Materials) pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC).

\*\* Cultivado de 22/agosto/90 a 10/novembro/90.

Observa-se que somente num dos pontos de exposição dos vegetais o valor da acumulação de fluoretos foi superior à faixa dos demais. Os dados do quadro 2, apresentados com o sinal < (menor que), são assim notados devido exclusivamente aos limites de detecção do aparelho usado para a análise de fluoretos. Observa-se que em Saramenha, ponto onde a concentração de fluoretos no azevém foi maior (45 ppm), também foi mais expressiva a necrose foliar no *Gladiolus* sp, mostrando mais uma vez que os fluoretos atuam mais eficazmente em vegetações próximas às fontes poluidoras. Cabe ressaltar que, em Saramenha (ponto nº 11), os vasos foram expostos mais tardiamente e que se tivessem sido expostos na mesma época que os outros pontos os valores de concentração de fluoretos no tecido vegetal e de necrose foliar poderiam ter sido maiores. Os 45 ppm de fluoretos encontrados no azevém (80 dias de exposição) estão acima do limite admitido pelo Estado de Washington (Estados Unidos), que é, segundo Machado (1983), 40 ppm. No Brasil, não existem padrões fixados para teor de flúor na vegetação.

Em Ouro Preto, o perigo da contaminação de herbívoros por fluoretos acumulados na vegetação é muito baixo, pois não existem próximas à fonte poluidora pastagens e criações de gado. Mesmo que esse tipo de



atividade fosse comum na região, os baixos valores de fluoretos encontrados na vegetação parecem indicar que riscos de contaminação são reduzidos. Entretanto, vale ressaltar que o período de exposição das plantas foi muito curto (cerca de 100 dias), situação que fatalmente determinou a baixa contaminação dos vegetais.

### Conclusões

A utilização de vegetais sensíveis e acumuladores para determinados poluentes atmosféricos oferece boas perspectivas para caracterizar qualitativamente o ar atmosférico, principalmente se este recebe emissões provenientes de atividades industriais. O *Gladiolus* sp, como já foi comprovado cientificamente, mostrou-se neste trabalho muito eficiente para apontar regiões em Ouro Preto, onde a atmosfera possui maiores concentrações de fluoretos gasosos. Torna-se necessário, entretanto, realizar, juntamente com o estudo de bioindicadores, o monitoramento do ar com equipamentos e assim correlacionar os dados propondo índices ou faixas de concentração de flúor na atmosfera conforme as injúrias sofridas pelos vegetais sensíveis.

Os valores de acumulação de fluoretos no azevém nos diversos pontos de Ouro Preto, devido à pouca sensibilidade do aparelho usado nas análises, pouco contribuíram para que conclusões mais apuradas pudessem ter sido elaboradas, evidenciando, assim, a necessidade de se desenvolver estudos mais detalhados nesse campo. Entretanto, no ponto mais próximo à fábrica de alumínio, a acumulação de fluoretos na vegetação foi maior, atingindo valores que segundo a literatura podem provocar fluorose, principalmente em bovinos.

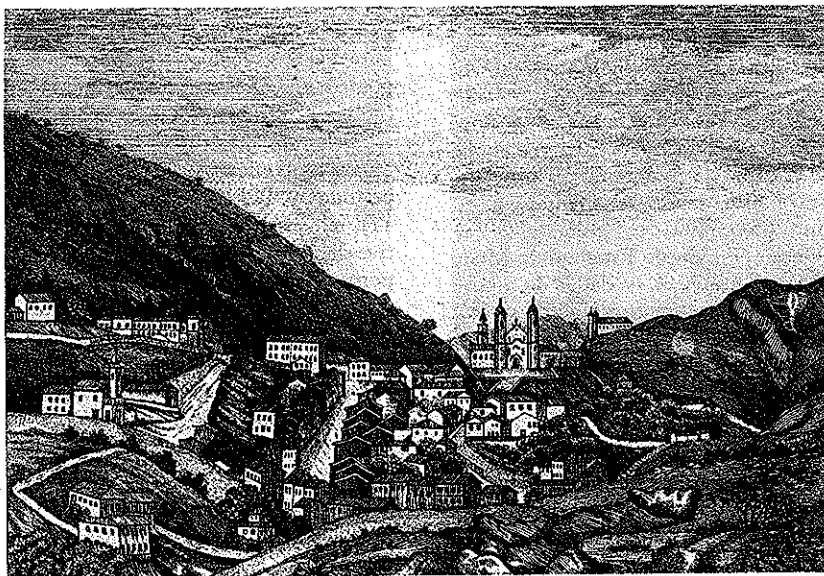
As duas plantas utilizadas neste trabalho são espécies exóticas, introduzidas no Brasil. Assim, seria interessante avaliar a ação dos fluoretos em espécies vegetais de nossa flora, para levantar quais delas se prestam para ser usadas como bioindicadoras da qualidade atmosférica, quando os poluentes forem os fluoretos.

### Referências bibliográficas

- JACOBSON, J.S.C., WEINSTEIN, L.H. Sampling and analysis of fluorides: methods for ambient air, plant and animal tissues, water, soil and foods. *Journal of Occupational Medicine*, v. 19, n. 1, p. 79-87, 1977.
- LINZON, S.N. Effect of gaseous pollutants on forest in eastern North America. In: *Water, air and soil pollutions*. Toronto, 31: p. 537-550, 1986.
- MACHADO, R.C. *Alumínio Primário no Brasil: coletânea de trabalhos*. 1973-81. Ouro Preto: Fundação Gorceix, 1983. p. 207-216.
- MELLANBY, K. *Biologia da Poluição*. 2. ed. São Paulo: EPU/EDUSP, 1980. v. 28, 89p.
- RIET-CORREA, F. et alii. Poluição industrial como causa de intoxicação por flúor em bovinos no Município de Rio Grande, RS. *Pesq. Vet. Bras.* v. 3, n. 4, p. 107-114, 1983.
- USA, National Academy of Sciences Committee on Biologic Effects of Atmospheric Pollutants. Division of Medical Sciences National Research Council. *Biologic Effects of Atmospheric Pollutants: Fluorides*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1971. p. 295, il.
- VIANNA, N.O.B. & VERONESE, G. A operacionalização do controle ambiental nas indústrias do alumínio. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2, 1986, Salvador, 36 p. (xerocópia).
- WEINSTEIN, L.H. & LAURENCE, J.A. Indigenous and cultivated plants as bioindicators. New York: Boyce Thompson Institute for Plant Research, s.d. 17p. (inédito).
- WEINSTEIN, L.H. Fluoride and Plant Life. *Journal of Occupational Medicine*, v. 19, n. 1, p. 49-78, jan. 1977.

### Agradecimento

Ao Prof. Dr. Eldo Antônio Monteiro da Silva/Departamento de Biologia Vegetal/UFV e farmacêutico Sérgio José Leite Dias.





# CARTAS

## À Revista Ambiente

Acusamos recibo de su amable envío de la Revista Cetesb de Tecnología Ambiente, correspondiente al Volúmen 6, número 1 de 1992, cuyo contenido ha sido de gran interés, ayuda y de valioso aporte técnico para el desarrollo de las actividades que estamos realizando en la Zona Industrial de Mamonal, en colaboración con el Comité de Asuntos Ambientales de Mamonal (CAAM), en procura de obtener un entorno laboral y productivo, con salud y bienestar para nuestros trabajadores, la comunidad que nos rodea y la ciudadanía en general.

Reciban nuestras felicitaciones por esta magnífica publicación que día a día presenta un mejor contenido técnico y litográfico y nuestros deseos por el éxito en esta loable empresa, como lo es la conservación del medio ambiente.

Aprovecho para ratificarle nuestro deseo y interés en continuar recibiendo sus futuras publicaciones, como un suscriptor permanente.

**Juan Enrique Pareja Valest**  
Jefe Depto. de Seguridad Industrial — Abocol S.A.  
Cartagena, Colombia

## À Revista Ambiente

Acusamos e agradecemos o envio de Ambiente — Revista Cetesb de Tecnologia, Vol. 6, nº 1, 1992. As informações contidas na revista são de suma importância para o nosso serviço, pois são utilizadas pelos nossos pesquisadores e usuários em geral, razão pela qual temos interesse em recebê-la regularmente.

**Bibliot. Cleuza Batista Pastori**  
Diretora do Serviço de Biblioteca e Documentação — Instituto de Economia Agrícola  
São Paulo, SP

## À Revista Ambiente

É com grande satisfação que acusamos o recebimento da Revista Ambiente, importante veículo de divulgação de trabalhos científicos na

área de meio ambiente. Aproveitamos a oportunidade para cumprimentar o Conselho Editorial pelo rigor da seleção dos trabalhos publicados e desejamos pleno sucesso.

**José Luiz Telles de Almeida**  
Vice-diretor da Escola Politécnica de Saúde — Fiocruz  
Rio de Janeiro, RJ

## Ilmo. Sr.

**Nelson Vieira de Vasconcelos**  
Diretor-presidente da CETESB

Formulamos o presente para informar a V.Sa. que recebemos e apreciamos o Volume 6, nº 1 — 1992 da Ambiente — Revista Cetesb de Tecnologia. Na oportunidade, comunicamos que gostaríamos de continuar recebendo os próximos números da publicação.

**Arq. Mauro de Castro Freitas**  
Diretor-presidente da COHAB - Cia. Habitacional Regional de Ribeirão Preto  
Ribeirão Preto, SP

## À Revista Ambiente

Saludando en primer lugar a su excelente Revista, le manifesto que como Jefe de la Oficina de Extensión Universitaria y Proyección Social de la Universidad Nacional de Ancash "Santiago Antúnez de Mauolo" de Huaraz, Ancash, Región Chavín, Perú, considero muy importante la publicación que hacen, por lo que quisiera saber como es la suscripción y el costo, y si es posible nos envíen sus ejemplares de cortesía a fin de tenerlos en la Biblioteca a disposición de los alumnos. Como ya Uds. sabrán, en nuestra Universidad contamos con la Facultad de Ciencias del Ambiente.

**Rafael Figueroa Tauquino** —  
Universidad Nacional de Ancash  
Huaraz, Perú

**Resposta:** Já providenciamos o envio do último número de Ambiente e a inclusão de seu nome em nosso cadastro de assinantes.

## À Revista Ambiente

No momento em que o meio ambiente recebe, por parte da população, cuidados indispensáveis para sua preservação, é com satisfação que recebemos a Revista Ambiente, muito rica em seu conteúdo. Cumprimos a feliz iniciativa de sua publicação e esperamos receber as futuras edições, que nos trarão novos conhecimentos, indispensáveis para a nossa formação acadêmica.

**Manuel Dornelles**  
Presidente do D.A. de Engenharia  
Rio Grande, RS

## À Revista Ambiente

Solicitamos tengan a bien estudiar la posibilidad de enviar la publicación por Uds. editada, al Dpto. de Ingeniería Química para mantener actualizada la información disponible para las cátedras.

**Ing. Hipólito A. Choren**  
Director Dpto. de Ingeniería Química — Facultad Regional Avellaneda — Universidad Tecnológica Nacional  
Avellaneda, Argentina

**Resposta:** Já incluímos seu nome em nosso "mailing list" para o envio de nossas publicações.

## À Revista Ambiente

Venho pela presente solicitar de V.Sa. algumas informações a respeito da Revista Ambiente. Pessoas de outras instituições, não ligadas à Cetesb, podem publicar artigos na revista? Trabalho com limnologia, ligado à piscicultura e produção de plâncton em laboratório, para alimentação de larvas e alevinos de peixes.

**Profa. Dra. Lúcia Helena Sipáuba Tavares** — Pesquisadora do Centro de Aquicultura da Unesp

**Resposta:** Embora a Revista Ambiente tenha sido criada, precipuamente, para a publicação de trabalhos do corpo de pesquisadores da Cetesb, aceitamos artigos elaborados em outras instituições, desde que haja espaço e aprovação por parte do Conselho Editorial.

## OPINIÃO

# O natural e o tecnológico

ÉDIS MILARÉ\*

Cada "tipo" de natureza exige um "tipo" de tecnologia. Esta constatação nos remete a Francis Bacon (1561-1626), para quem a natureza nos atende e ajuda na medida em que obedecemos a ela. Em outras palavras, nossos procedimentos técnicos e processos tecnológicos não podem ignorar os processos naturais; devem, isso sim, secundá-los e estimulá-los para que consigamos o milagre perene de prolongar e aperfeiçoar a vida sobre o planeta Terra.

A tecnologia, mais a ecologia e a economia, constitui a base encaideada de fatores que garante o desenvolvimento sustentável e, mais do que isso, a independência econômica e política. Sem auto-suficiência tecnológica não será possível acalantar o sonho da independência econômica, e menos ainda da política.

Esta é a realidade visível nos países em desenvolvimento, cujo Meio Ambiente se apresenta de forma complexa e mais vulnerável que nos países do Primeiro Mundo. As nações do Terceiro Mundo são alagadas pela pobreza, castigadas pelas crônicas deficiências sociais — como é o caso do saneamento — e humilhadas pelo subdesenvolvimento e inadequação das várias tecnologias que utilizam. Por outro lado, ostentam uma disponibilidade às vezes portentosa de recursos naturais, como é o caso da biodiversidade.

Vivemos à espera de mais ousadia, de saudáveis ambições e aventuras, de lances criativos no desenvolvimento e adaptação de tecnologias. E merecem prioridade aquelas voltadas para o bem-estar fundamental da população. A busca da tecnologia adequada começa em qualquer tempo; eu diria, porém, que faz parte da educação integral, seja na escola, seja por meio dos conhecimentos empíricos que adquirimos ao longo da vida, mesmo sem escolarização específica. A tecnologia tupiniquim, e a cabo-



FOTO: RIZZUTTI

cla também, traz grande potencial de aplicações. Resta dar-lhe o tratamento técnico-científico para que se transforme em instrumento de múltiplo interesse e aplicação imediata.

Não quero menoscar o procedimento rigorosamente científico na pesquisa e no desenvolvimento de nossas tecnologias "tropicais", depois de termos tropicalizado tantas outras coisas na cultura e na vida cotidiana. Com efeito, a tecnologia consiste em "processos de como saber fazer", com bases sólidas na verificação e na condução das diferentes ciências. Nossos institutos de pesquisa e as universidades precisam traduzir a ciência normal, assim como os pequenos e grandes paradigmas, em práticas técnicas que nos ajudem a prosseguir na construção do mundo. Da mesma forma, em sentido inverso, essas instituições devem buscar os fundamentos para explicar e levar adiante procedimentos experimentais e espontâneos, oriundos das tradições e práticas, que nos ajudem a conver-

gir no mesmo escopo técnico-científico, que orienta o desenvolvimento harmonizado.

Nossa busca tecnológica refere-se a um universo em mutação, mais especificamente, a países ou regiões em desenvolvimento. Temos diante de nós um meio social concreto, perante o qual a ciência não é e não pode ser neutra. Ademais, há fatores não científicos que interferem poderosamente em todos esses processos. Temos de pensar na feitura da nossa própria ciência, no seu porquê, no seu onde, no seu como. Sofremos a necessidade de elaborar nossos métodos heurísticos, de dar corpo e expressão às nossas descobertas. É a somatória destes e de outros elementos que nos garantirá gerar um processo tecnológico capaz de atender as nossas necessidades.

Vejo, assim, em contexto mais amplo, o papel da CETESB — Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, que neste mês de julho completa 25 anos de existência e profícua atividade. Ela é adulta, mas suficientemente jovem para não se demorar na simples e nostálgica contemplação do passado, envolvendo-se com o pensar ciência, o elaborar técnicas, o desenvolver tecnologias para atender nossos dois imperativos históricos: alavancar o desenvolvimento sustentável e subsidiar a sobrevivência do planeta Terra.

Sem isso, a pura especulação teórica e o diletantismo nos levarão anestesiados para um porvir sem futuro, a deplorar um passado mal-gasto.

\* ÉDIS MILARÉ, procurador da Justiça, foi coordenador das Curadorias do Meio Ambiente no Ministério Público e é secretário do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.