

**ARMANDO MOLINA DIVAN JUNIOR**

**IMPACTO DAS EMISSÕES DE FLUORETO EM OURO PRETO,  
MG, AVALIADOS MEDIANTE BIOINDICADORES VEGETAIS  
ATIVOS E PASSIVOS**

Tese apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-graduação em  
Fisiologia Vegetal, para obtenção do  
título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2002**

## RESUMO

DIVAN JUNIOR, Armando Molina, D.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2002. **Impacto das emissões de fluoreto em Ouro Preto, MG, avaliados mediante bioindicadores vegetais ativos e passivos.** Orientador: Marco Antonio Oliva Cano. Conselheiros: Carlos Alberto Martínez y Huaman e José Cambraia.

Com o objetivo de avaliar a distribuição geográfica das emissões de fluoreto de uma fonte isolada em Ouro Preto, MG e identificar respostas precoces não-visíveis da injúria por fluoreto foram determinados os efeitos temporais e espaciais do poluente atmosférico mediante metodologia de bioindicação passiva e ativa. Na bioindicação passiva determinou-se os teores de fluoreto em folhas de algumas espécies vegetais herbáceas coletadas a diferentes distâncias da fonte emissora. As espécies avaliadas foram: *Baccharis dracunculifolia*, *Bidens pilosa*, *Borreria verticillata*, *Calopogonium mucunoides*, *Erigeron bonariensis*, *Hedychium coronarium*, *Ipomea purpurea*. e *Ipomea cairica*. Como bioindicadores ativos empregaram-se as gramíneas tropicais *Chloris gayana* e *Panicum maximum* cv. Colonião. As plantas foram expostas, em estandes de exposição padronizados a 1,5 m acima do solo, a 1,1; 1,3; 1,6; 2,2; 2,8; 2,9; 4,7; 5,4; 8,5; 10,5 e 78 km de distância da fonte emissora. Após períodos de 14 dias de exposição foram avaliadas a área foliar danificada, a taxa fotossintética líquida, a fluorescência da clorofila e alterações na cor das folhas. As plantas de cada vaso foram divididas em folhas, soca e raízes e a concentração de fluoreto determinada nas folhas pelo método do eletrodo íon-seletivo. Adicionalmente, os bioindicadores ativos foram expostos a 1,1 e 78 km de distância da fonte emissora de fluoreto, e acompanhou-se, durante oito dias, o desenvolvimento de injúrias foliares, a permeabilidade iônica total, a fotossíntese, a fluorescência e os teores de clorofila, carboidratos e fluoreto. Nos bioindicadores passivos e ativos foi observado um padrão de dispersão semelhante de contaminação das plantas, tendo o acúmulo de fluoreto aumentado exponencialmente com a redução da distância à fonte emissora. As plantas situadas nas imediações da fábrica de alumínio, em distâncias de até 2,8 km a leste da fonte emissora, apresentaram claros sinais de contaminação por fluoreto, como comprovam os teores médios de fluoreto superiores a  $30 \mu\text{g g}^{-1}$  e valores máximos acima de  $1000 \mu\text{g g}^{-1}$ . Nas plantas situadas nas estações de amostragem mais afastadas da fonte emissora (distâncias superiores a 2,9 km a noroeste e 6 km a leste), o teor médio de fluoreto na matéria seca situou-se em torno de  $10 \mu\text{g g}^{-1}$ . Na região próxima a fonte emissora, os níveis de fluoreto foram mais elevados no inverno, sendo a variação mais evidente em *P. maximum*. Nos bioindicadores passivos foi possível identificar diferenças na tolerância ao fluoreto. Enquanto *B. dracunculifolia* acumulou até  $1500 \mu\text{g g}^{-1}$  sem injúrias aparentes, *B. verticillata* apresentou necrose severa em decorrência do acúmulo de  $120 \mu\text{g g}^{-1}$  de fluoreto. Nas duas espécies de gramíneas estudadas foi encontrado uma relação inversa entre a massa seca das

plantas, a injúria foliar, o teor de fluoreto versus distância da fonte emissora. Nas gramíneas situadas na região adjacente à fábrica de alumínio, o efeito inibitório do fluoreto foi mais severo sobre o crescimento das raízes do que sobre a parte aérea. A redução no crescimento apresentou uma forte correlação com a área foliar danificada. Durante o inverno, o efeito do fluoreto foi mais severo sendo que os indivíduos de *P. maximum* situados a distâncias de até 1,1 km a leste da fonte emissora morreram após a exposição. Em folhas sem injúrias, a fotossíntese, a fluorescência e o teor de clorofila não foram afetados pela exposição ao fluoreto. *C. gayana*, acumulou quantidades significativas de fluoreto sem efeitos notáveis de injúria foliar, apresentando características clássicas de bioindicador de acumulação, enquanto *P. maximum*, devido à severidade das injúrias apresentadas, de bioindicador de resposta. As plantas situadas a 1,1 km apresentaram teor de fluoreto crescente, ao longo de oito dias de exposição, injúrias foliares e aumento na permeabilidade iônica total. O conteúdo de açúcares redutores das plantas expostas a 1,1 km diminuiu significativamente durante a exposição, recuperando-se ao final da exposição. O efeito mais notável foi a redução, altamente significativa, no teor de amido nas folhas das plantas expostas a 1,1 km, quando comparadas com as plantas de referência situadas a 78 km.

## ABSTRACT

DIVAN JUNIOR, Armando Molina, D.S., Universidade Federal de Viçosa, October, 2002. **Impact of fluoride emissions at Ouro Preto, MG, Brazil, evaluated by passive and active plant indicators.** Advisor: Marco Antonio Oliva Cano. Committee Members: Carlos Alberto Martínez y Huaman and José Cambraia.

In order to evaluate the geographic distribution of fluoride contamination and to detect early responses to injury by fluoride, the temporal and spatial effects of fluoride emissions from a single source in Ouro Preto, MG, Brazil, were determined by passive and active plant indicators. The leaves from eight species collected at different distances from an aluminium factory, had their fluoride content analyzed. The plant species were: *Baccharis dracunculifolia*, *Bidens pilosa*, *Borreria verticillata*, *Calopogonium mucunoides*, *Erigeron bonariensis*, *Hedychium coronarium*, *Ipomea purpurea* and *Ipomoea cairica*. The tropical grasses *Chloris gayana* and *Panicum maximum* cv. Colônião were utilized as active indicators. Plants were placed on metal supports at 1.5 m from the ground at 1.1, 1.3, 1.6, 2.2, 2.8, 2.9, 4.7, 5.4, 8.5, 10.5 and 78 km from the emission source. After 14 days of exposure, plants were collected and analyzed to verify the effects on leaf area, net photosynthesis, fluorescence and chlorophyll content of both species. Plants were divided into leaves, stubble, root sections, and fluoride absorption which was determined in the leaves by a ion-selective method. In addition, the active bioindicators were exposed from a distance of 1.1 and 78 km from the emission source. It was observed, therefore, the development of leaf injury, ionic permeability, photosynthesis, fluorescence, chlorophyll, soluble carbohydrates, starch and fluoride content after a period of eight consecutive days. Both passive and active bioindicators showed a similar pattern on fluoride content, with the accumulation of fluoride decreasing exponentially with the increasing of the distance from the emission source. The plants nearest to the emission source, distances until 2.8 km east from the source, showed fluoride contamination traits, corroborated by mean fluoride contents higher than  $30 \mu\text{g g}^{-1}$  and highest values around  $1000 \mu\text{g g}^{-1}$ . At the farthest stations, situated at 2.9 km northwest and 6 km east from the source, the fluoride content was not superior than  $10 \mu\text{g g}^{-1}$ , showing that the plants at those distances were submitted to a minimum level of contamination. At nearest to the emission source higher levels of fluoride were found during winter season. In *P. maximum* the variation was more evident than in *C. gayana*. There were different tolerance among the passive indicators. While *B. dracunculifolia* accumulated up to  $1500 \mu\text{g g}^{-1}$  without visible leaf injuries, *B. verticillata* showed severe necrosis on the leaves when the fluoride content was not higher than  $120 \mu\text{g g}^{-1}$ . Both species of grasses showed an inverse relationship between the leaf injury, fluoride content, dry matter and distance from the emission source. Near the emission source the fluoride effect was more severe on the root growth than on the top parts of the plants. The growth decrease showed a great correlation with the area of

damage in the leaves. During the winter plants of *P. maximum* placed at 1.1 km on the east side from the emission source died after exposure. The photosynthesis, fluorescence and chlorophyll content were not affected on non-damage leaves even after fluoride exposure on the plants. *C. gayana*, exhibited characteristics of an accumulator species, since it accumulated fluoride without visible leaf injuries; nevertheless, *P. maximum*, showed characteristics of a response indicator since the leaves injuries were quite severe. At 1.1 km station, the plants showed an increment on fluoride content during the exposure period, together with leaf injury and ionic permeability enhancement. Plants at the nearest station showed a significant decreasing of reduced sugar contents during the exposure period, but that was retaken at the end. The plants also showed a significant decrease ( $P < 1\%$ ) on the starch content when compared to those plants at the 78 km.