



**Universidade
Católica de Brasília**



Universidade Católica de Brasília
Curso de Engenharia Ambiental

3º Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental



3 a 7 de outubro de 2004
Brasília - DF

AVALIAÇÃO DE SENSIBILIDADE DE PLANTAS AO FLUORETO ATMOSFÉRICO

HERACLITO EUGENIO OLIVEIRA DA CONCEIÇÃO¹

BÁRBARA RODRIGUES DE QUADROS²

RISSANDRÉIA DANTAS DE VASCONCELOS³

MARIANE FURTADO GONÇALVES⁴

ENILSON SOLANO ALBUQUERQUE SILVA⁵

¹Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48 – CEP 66095-100 – Belém – PA.

² Estudante do Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Av. Tancredo Neves S/N – cx. postal 917 CEP 66077.530 Belém, Pará

³ Estudante do Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Av. Tancredo Neves S/N – cx. postal 917 CEP 66077.530 Belém, Pará

⁴ Estudante do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Pará (UEPA), Tv. Enéas Pinheiro, 2626, CEP 66095-100, Belém, Pará.

⁵ Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Assistente de Pesquisa da Embrapa Amazônia Oriental.

Abstract: This work approached some aspects of the man action in relation to fluoreto liberation for the environment and still to evaluate the sensibility of plants of the vegetation of the areas of influence of the factory of aluminum - ALBRAS. Twenty-three points were selected around the factory. In the experimental area 107 vegetable species were selected, and the number of species for portion varied from 5 to 23. The experiment was made through visual and analytical evaluations. The study had as result that the emissions of atmospheric fluoretos provoke damages to the vegetables components, the damages are related with the distance and with the sensibility of the vegetable species.

Keywords: Sensibility, influence area, and fluoretos.

1. INTRODUÇÃO

As plantas são receptoras de fluoretos (F^-) a partir de três fontes de seu ambiente imediato: o solo, a água e o ar. Em geral, a fitotoxicidade dos F^- oriundos do solo ou da água é relativamente pouco importante. A fitotoxicidade dos F^- geralmente é atribuída as suas formas atmosféricas, como o fluoreto de hidrogênio (HF) e o tetrafluoreto de silício (SiF_4) e aos materiais particulados solúveis, como os fluoretos de sódio (NaF) e de alumínio (AlF_3).

Os F^- podem ser originados de fontes naturais e de fontes antropogênicas, sendo esta última a de maior interesse para as atividades do setor agrícola. Dentre as principais fontes de emissões antropogênicas estão as atividades de fabricação de alumínio, aço, cerâmica, vidro e fluoroplásticos, operações de solda, as indústrias químicas de fertilizantes fosfáticos e a combustão de carvão.

Nas últimas décadas, o número de complexos industriais aumentaram nos países em desenvolvimento, todavia, pouco ou quase nada tem sido feito para minimizar os efeitos da poluição do ar. Esta constatação tem com o conseqüência uma correspondente ação danosa sobre o ambiente, levando às vezes, a uma completa destruição dos ecossistemas naturais ou agrícolas localizados nas proximidades dessas emittentes.

As plantas apresentam acentuadas diferenças quanto à tolerância ao flúor (F). Isto é válido não apenas entre espécies, mas também entre variedades ou cultivares e formas hortícolas dentro da mesma espécie (Bustamante *et al.*, 1993; Arndt *et al.*, 1995). As sensibilidades relativas de um número de espécies de plantas da Europa Central, Estados Unidos da América do Norte, Índia e Austrália, já foram estudadas (Weinstein, 1971). Para o Brasil, já existem observações sobre as sensibilidades relativas de diversas plantas, principalmente nas regiões sudeste e sul (Weinstein e Hansen, 1988).

O objetivo deste experimento foi avaliar a sensibilidade de plantas da vegetação das áreas de influência da fábrica de alumínio da ALBRAS – Alumínio Brasileiro S/A, às emissões de F, geradas no processo de produção de alumínio primário e, em especial, da vegetação das comunidades de Curupeté e Vila do Conde, ambas localizadas no município de Barcarena, Estado do Pará.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em áreas dos municípios de Barcarena e Abaetetuba, Pará. Na área experimental, foram alocadas, topograficamente, 23 parcelas de 1000 m² – 10 m de largura por 100 m de comprimento, abrangendo uma área de aproximadamente 14.000 ha. A alocação das parcelas teve por base o centro geométrico da fábrica de alumínio da ALBRAS, onde foi localizada a parcela S.19. A partir desta, foram demarcadas as outras parcelas. Cada parcela, foi subdividida em 5 parcelas menores, com dimensões de 10 m de largura por 20 m de comprimento. As parcelas menores (SP) foram identificadas como SP.01, SP.02, SP.03, SP.04 e SP.05.

A identificação e seleção das espécies nos diferentes ecossistemas da área experimental e as avaliações visual e analítica dos efeitos de fluoretos atmosféricos foram realizadas sempre que possível, nas SP.01, SP.03 e SP.05 de cada parcela. As espécies vegetais avaliadas foram selecionadas de acordo com a posição ocupada na estrutura do ecossistema, de modo que representassem indivíduos dos extratos superior, intermediário e inferior da vegetação.

As espécies vegetais estudadas estavam distribuídas nos seguintes ecossistemas: S.03 – RP, S.04 – CF, S.05 – RP, S.06 – RP, S.07 – RP, S.08 – RP, S.09 – RP, S.10 – CF, S.11 – CG, S.12 – CF, S.13 – CF, S.16 – M, S.19 – CG, S.19* – RP, S.20 – CG, S.24 – CF, S.25 – CG, S.26 – CF, S.27 – CG, S.31 – M, S.32 – CF, S.37 – CG e S.39 – D, onde S, RP, CF, CG, M e D são respectivamente parcela, roçado e / ou plantação, capoeira fina, capoeira grossa, mata e área degradada.

Cada espécie vegetal selecionada foi identificada com um número seqüencial, gravado em uma etiqueta de alumínio medindo 2 cm de largura por 5 cm de comprimento. Na área experimental foram selecionadas 107 espécies vegetais, sendo que o número de espécies por parcela variou de 5 a 23.

Durante o desenvolvimento deste experimento, foram realizadas 3 campanhas de avaliação e coleta de amostras de folhas, para identificação botânica e dosagem

de fluoretos em tecidos foliares. Em cada campanha, eram realizadas dois tipos de avaliações – visual e analítica. A avaliação visual dos sintomas foliares característicos de fluoretos atmosféricos na vegetação, foi feita utilizando-se uma escala de pontuação, segundo BUSTAMENTE *et al.* (1993) com modificações, onde: 1 = planta sem sintoma; 2 = planta apresentando folhas com clorose marginal; 3 = planta apresentando folhas com clorose internerval; 4 = 3 = planta apresentando folhas com necrose apical e / ou marginal e 5 = planta apresentando folhas com clorose e necrose mais acentuadas.

A avaliação analítica constou na determinação do conteúdo de fluoretos totais em tecidos foliares, feita de acordo com a metodologia proposta por GARCIA-CIUDAD *et al.* (1985) modificada e COOKE *et al.* (1976), utilizando-se amostras de folhas oriundas das plantas das avaliações visuais. O flúor foi extraído de amostras de 0,5 g de folhas dessecadas e moídas, maceradas com 25 mL de ácido perclórico 0,1 M, agitadas durante 1h e, posteriormente, completando-se o volume para 50 mL com TISAB pH 8,0 – 8,5. O flúor (F) contido na solução foi determinado por meio de eletrodos combinados, formados por eletrodo de íon específico e eletrodo de referência para F, acoplados a um analisador de íon específico, previamente calibrado marca ORION RESEARCH, modelo EA 920. Os teores de fluoretos totais em tecidos foliares, foram obtidos, plotando-se os dados das leituras do aparelho em uma curva padrão de fluoreto de sódio (NaF).

Em função das características específicas deste tipo de estudo, não foi possível utilizar nenhum delineamento experimental rígido. Assim, apenas estatísticas simples, tais como média e desvio padrão da média, foram usadas para interpretar os dados obtidos na presente pesquisa.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação de sensibilidade de plantas ao F⁻ envolveu 107 espécies vegetais, de diferentes ecossistemas da área de influência da fábrica de alumínio da ALBRAS. Dentre as 107 espécies vegetais que no conjunto são representantes de 43 famílias botânicas, destacaram-se as Leguminosae, Palmae, Lecythydaceae, Moraceae Anacardiaceae e Rutaceae, que contribuíram com 19, 9, 5, 5, 4 e 4, respectivamente.

As espécies vegetais de maior ocorrência nos diferentes ecossistemas da área em torno da fábrica de alumínio da ALBRAS são as seguintes: Sororoquinha (*Heliconia psittacorum* L. F.), Inajá (*Maximiliana regia* Mart.), Banana do mato (*Ravenala guianensis* Peterson), Murici do campo (*Byrsonima* sp.), Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Sprengel) Schumann), Múmera (*Cordia exaltata* Lam.), Babaca de leque (*Oenocarpus distichus* Mart.), Mumbaca (*Astrocaryum* sp.), Lacre (*Vismia guianensis* Choisy), Coratá (*Croton matourensis* Aubl.), Cipó de fogo (*Daviela aspera* Aubl.), Tucumã (*Astrocaryum principes* Barb. Rodr.), Jarana (*Lecythis lurida* (Miers) Mori), Envira preta (*Guatteria chrysopetala* (Stevd) Miq.), Mangueira (*Mangifera indica* L.) e açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), com frequências em 17, 14, 13, 12, 12, 11, 11, 9, 9, 8, 8, 7, 7, 7, 7 e 7 parcelas, respectivamente.

Os graus de fitotoxicidade obtidos através das avaliações de sintomas visuais característicos de F são apresentados na Tabela 1. Pode-se observar que a sensibilidade das espécies vegetais nos diferentes ecossistemas da área de

influência da fábrica de alumínio da ALBRAS, variou entre 1,0 e 4,8 considerando-se uma escala de pontuação variando entre 1 e 5 onde; 1 = planta apresentando folhas sem sintomas externos de F⁻ e 5 = planta apresentando folhas com sintomas externos de clorose e necrose bem acentuadas.

TABELA 1 – Graus de fitotoxicidade de fluoretos atmosféricos, determinados em espécies vegetais de ecossistemas localizados na área de influência da fábrica de alumínio da ALBRAS.

Parcela	Localização geográfica das parcelas		Graus de Fitotoxicidade			
	Latitude	Longitude	Mínimo	Máximo	Médio	Desvio padrão
S.03	1°34'975'' S	48°43'821'' W	1,00	3,50	1,20	0,60
S.04	1°33'963'' S	48°44'481'' W	1,00	5,00	2,80	1,50
S.05	1°34'206'' S	48°45'844'' W	1,00	5,00	2,30	1,50
S.06	1°34'199'' S	48°46'75''W	1,00	4,00	1,70	1,10
S.07	1°33'963'' S	48°45'963'' W	1,00	5,00	2,20	1,30
S.08	1°34'614'' S	48°45'134'' W	1,00	4,70	1,70	1,10
S.09	1°34'779'' S	48°45'574'' W	1,00	4,70	2,30	1,50
S.10	1°33'999'' S	48°45'56''W	1,00	5,00	3,10	1,10
S.11	1°34'177'' S	48°44'690'' W	1,00	5,00	2,40	1,40
S.12	1°34'485'' S	48°44'373'' W	1,00	4,00	1,60	0,90
S.13	1°35'642'' S	48°44'429'' W	1,00	3,00	1,30	0,60
S.16	1°33'111'' S	48°44'44''W	1,00	1,00	1,00	0,00
S.19	1°30'695'' S	48°42'443'' W	1,00	1,00	1,00	0,00
S.19*	1°33'363'' S	48°44'120'' W	2,60	5,00	4,40	0,90
S.20	1°31'890'' S	48°44'41''W	1,00	1,00	1,00	0,00
S.24	1°33'472'' S	48°44'620'' W	4,00	5,00	4,80	0,40
S.25	1°33'853'' S	48°43'991'' W	1,00	5,00	2,80	1,50
S.26	1°33'273'' S	48°44'509'' W	4,00	4,80	4,20	0,40
S.27	1°34'572'' S	48°43'481'' W	1,00	1,00	1,00	0,00

	S	W				
S.31	1°35'424'' S	48°44'796'' W	1,00	3,30	1,30	0,70
S.32	1°34'863'' S	48°46'650'' W	1,00	4,00	1,70	0,90
S.37	1°37'680'' S	48°46'779'' W	1,00	1,00	1,00	0,00
S.39	1°33'699'' S	48°44'369'' W	3,00	5,00	4,30	0,70
Média geral			1,40	3,70	2,20	1,20

No entanto, o grau fitotoxidade médio variou entre as parcelas. As espécies vegetais das parcelas S.24, S.19*, S.39. e S.26 apresentaram graus de sensibilidade, variando entre 4,2 e 4,8, estando na faixa de danos promovidos por clorose e necrose bem acentuadas. As espécies vegetais destas parcelas estão localizadas em áreas do centro geométrico da fábrica de alumínio da ALBRAS, como é o caso da S.19* ou, no máximo, num raio de 1.000 m no sentido dos ventos predominantes da região

As espécies vegetais das parcelas S.10, S.04, S.25, S.11, S.05, S.09 e S.07 apresentam grau de sensibilidade médio, variando entre 2,2 e 3,1. Estes valores são característicos de danos externos caracterizados clorose incipiente, clorose internerval e necrose apical e /ou marginal. As espécies vegetais das parcelas S.06, S.08, S.32, S.12, S.13, S.31 e S.03 apresentaram graus de sensibilidade média variando entre 1,2 e 1,7. Estes valores são representativos de sintomas de danos externos caracterizados por clorose incipiente. As espécies vegetais destas parcelas estão localizadas entre 2.500m até 7.000m da fonte emissora, no sentido dos ventos predominantes da região.

As espécies vegetais das parcelas S.16, S.19, S.20, S.27 e S.37 apresentaram um grau médio de sensibilidade igual a 1,0 que, de acordo com a escala de pontuação usada, significa plantas sem sintoma visual característico de F. As espécies vegetais destas parcelas estão localizadas entre 200 m até 7.000 m da fonte emissora, em oposição aos ventos predominantes da região, com exceção das espécies da parcela S.37, que está acerca de 10.000m da fonte, e no sentido nordeste, no município de Abaetetuba, Estado do Pará.

De acordo com os graus de fitotoxidade de F obtidos em espécies vegetais dos ecossistemas das áreas de influência da fábrica de alumínio da ALBRAS, determinados em termos de avaliação visual, pode-se ordenar as parcelas na seguinte ordem decrescente: S.24, S.19*, S.39, S.26, S.10, S.04, S.25, S.11, S.05, S.09, S.07, S.06, S.08, S.32, S.12, S.13, S.31, S.03, S.16, S.19, S.20, S.27 e S.37 (Tabela 1).

Os teores médios de fluoretos totais, determinados nos tecidos foliares das diferentes espécies vegetais localizadas nas áreas em torno da fábrica da ALBRAS, são apresentados na Tabela 2. Pode-se verificar que os teores de fluoretos totais expressos em valores médios por parcela, no curso de três avaliações, variaram entre 18,5 e 1.984,0 ppm.

TABELA 2 – Teores de fluoretos totais determinados nas folhas das espécies da vegetação da área de influência da fábrica de alumínio da ALBRAS.

Parcela	Localização geográfica das parcelas		Teores de fluoretos totais (ppm)			
	Latitude	Longitude	Mínimo	Máximo	Médio	Desvio padrão
S.03	1°34'975'' S	48°43'821'' W	17,40	45,50	33,30	13,70
S.04	1°33'963'' S	48°44'481'' W	58,90	879,50	346,70	207,70
S.05	1°34'206'' S	48°45'844'' W	77,90	360,00	138,90	75,10
S.06	1°34'199'' S	48°46'75'' W	42,00	225,00	95,40	38,10
S.07	1°33'963'' S	48°45'963'' W	95,90	544,50	246,60	124,80
S.08	1°34'614'' S	48°45'134'' W	32,00	195,00	83,50	57,90
S.09	1°34'779'' S	48°45'574'' W	31,00	215,00	105,20	19,00
S.10	1°33'999'' S	48°45'56'' W	115,00	640,00	306,60	157,20
S.11	1°34'177'' S	48°44'690'' W	24,00	360,00	150,90	117,90
S.12	1°34'485'' S	48°44'373'' W	46,00	206,30	130,40	99,40
S.13	1°35'642'' S	48°44'429'' W	16,90	78,00	39,90	19,00
S.16	1°33'111'' S	48°44'44'' W	8,00	97,50	32,10	23,90
S.19	1°30'695'' S	48°42'443'' W	10,50	43,00	25,20	10,40
S.19*	1°33'363'' S	48°44'120'' W	400,00	4.055,00	1.826,00	965,50
S.20	1°31'890'' S	48°44'41'' W	5,80	46,50	18,50	11,80
S.24	1°33'472'' S	48°44'620'' W	365,00	699,00	564,10	136,00
S.25	1°33'853'' S	48°43'991'' W	79,30	1.598,00	455,10	537,60
S.26	1°33'273'' S	48°44'509'' W	366,70	1.600,00	758,70	404,40
S.27	1°34'572'' S	48°43'481'' W	9,60	32,00	19,90	8,30
S.31	1°35'424'' S	48°44'796'' W	14,00	137,00	45,60	34,80
S.32	1°34'863'' S	48°46'650'' W	37,00	175,00	64,20	44,40

S.37	1°37'680'' S	48°46'779'' W	19,00	58,00	36,70	11,10
S.39	1°33'699'' S	48°44'369'' W	885,00	3.657,00	1.984,00	852,20
Média geral			119,90	693,30	326,40	534,90

De acordo com as concentrações médias de fluoretos totais detectadas nos tecidos foliares das espécies estudadas, pode-se agrupar as parcelas em quatro grupos distintos: o primeiro, envolvendo as parcelas S.39, S.19*, S.26, S.24 e S.25, que apresentaram teores de 1.984,0; 1.826,0; 758,7; 564,1 e 455,1 ppm; o segundo, pelas parcelas S.04, S.10, S.07, S.11, S.05, S.12 e S.09, com 346,7; 306,6; 246,6; 150,9; 138,9; 130,4 e 105,2 ppm; o terceiro grupo, constituído pelas parcelas S.06, S.08, S.32, S.31, S.13, S.37 e S.03; com teores de fluoretos totais de 95,4; 83,5; 64,2; 45,6; 39,9; 36,7 e 33,3 ppm e o quarto grupo, formado pelas parcelas S.16, S.19, S.27 e S.20, com concentrações de fluoretos totais da ordem de 32,1; 25,2; 19,9 e 18,5 ppm (Tabela 2).

Comparando os dados médios das avaliações visual e analítica, apresentados nas Tabelas 1 e 2, pode-se verificar que, de um modo geral, houve bastante aderência dos resultados, tendo em vista que os maiores graus de sensibilidade obtidos nas avaliações visuais estão correlacionados diretamente com os maiores teores de fluoretos totais em tecidos foliares das respectivas espécies. Algumas diferenças entre os dados obtidos nas avaliações visual e analítica são observadas. No entanto, estas se devem à diferença de tolerância a fluoretos entre as espécies estudadas, uma vez que algumas espécies, mesmo com teores elevados de fluoretos em seus tecidos foliares, não exteriorizam os sintomas foliares característicos de F e, do mesmo modo, algumas espécies sensíveis exibiram sintomas clássicos de danos em baixas concentrações de flúor.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que: a) As emissões de fluoretos atmosféricos provocam danos aos componentes vegetais dos ecossistemas localizados na direção dos ventos predominantes da região e b) Os danos estão relacionados com a distância, a sensibilidade relativa da espécie vegetal e a localização da fonte emissora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNDT, U.; FLORES, F.E.V.; WEINSTEIN, L.H. **Efeitos do flúor sobre as plantas: diagnose de danos na vegetação do Brasil**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1995. 155p.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS). *Methods for analysis for fluoride content of plant tissues*. Annual Book of ASTM Standards Methods, 1976. D-3269, D-3270.

BUSTAMANTE, M.; OLIVA, M.A.; SANTÁNNIA, R. e LOPES, N.F. *Sensibilidade da soja ao flúor*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.5, n.2, p.151-157, 1993.

GARCIA-CIUDAD, A.; GARCIA-CAIADO, E.L.; PONTON-SAN EMETERIO, C. *Determination of fluoride in plant samples by a potentiometric method and near-infrared reflectance spectroscopy*. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.16, n.10, p.1107-1122, 1985.

LEDBETTER, M.C.; MAVRODINEANU, R.; WEISS, A.J. *Distribution studies of radioactive fluorine-18 and stable fluorine-19 in tomato plants*. **Contribution of the Boyce Thompson Institute**. n.20, p.331-348, 1960.

WEINSTEIN, L.H. *Fluoride and plant life*. **Journal of Occupational Medicine**, n.19, p.49-78, 1977.