

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

ENGENHARIA AMBIENTAL

**POTENCIAL BIOINDICADOR DE *Inga cylindrica* (VELL.)
MART. (LEGUMINOSAE, MIMOSOIDEAE) A CHUVA
SIMULADA DE FLUORETO DE POTÁSSIO**

ANA CLARA LOPES

**Rio Verde, GO
2021**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
ENGENHARIA AMBIENTAL**

**POTENCIAL BIOINDICADOR DE *Inga cylindrica* (VELL.)
MART. (LEGUMINOSAE, MIMOSOIDEAE) A CHUVA
SIMULADA DE FLUORETO DE POTÁSSIO**

ANA CLARA LOPES

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr: Sebastião Carvalho V. Filho
Coorientador: Dr. Douglas Almeida Rodrigues

Rio Verde – GO
2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

LL864p Lopes, Ana Clara
 POTENCIAL BIOINDICADOR DE *Inga cylindrica* (VELL.)
 MART. (LEGUMINOSAE, MIMOSOIDEAE) A CHUVA SIMULADA DE
 FLUORETO DE POTÁSSIO / Ana Clara Lopes; orientador
 Sebastião Carvalho Vasconcelos Filho; co-orientador
 Douglas Almeida Rodrigues. -- Rio Verde, 2021.
 28 p.

 TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) --
 Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

 1. Anatomia foliar. 2. Indicadores visuais. 3.
 Ingã. 4. Flúor. 5. Poluição atmosférica. I. Carvalho
 Vasconcelos Filho, Sebastião, orient. II. Almeida
 Rodrigues, Douglas, co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 71/2021 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

No dia 17 do mês de maio de 2021, às 09 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Sebastião Carvalho Vasconcelos Filho (orientador); Douglas Almeida Rodrigues (coorientador); Arthur Almeida Rodrigues (membro), Bruno de Oliveira Costa Couto (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "Potencial bioindicador de *Inga cylindrica* (VELL.) MART. (Leguminosae, Mimosoideae) a chuva simulada de fluoreto de potássio" da estudante Ana Clara Lopes, Matrícula nº 2016102200740224 do Curso de Engenharia Ambiental do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Sebastião Carvalho Vasconcelos Filho

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Douglas Almeida Rodrigues

Coorientador

(Assinado Eletronicamente)

Arthur Almeida Rodrigues

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Bruno de Oliveira Costa Couto

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Arthur Almeida Rodrigues, 2019202320140170 - Discente, em 18/05/2021 14:01:09.
- Douglas Almeida Rodrigues, 2018102320140020 - Discente, em 18/05/2021 12:03:57.
- Bruno de Oliveira Costa Couto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/05/2021 10:02:06.
- Sebastiao Carvalho Vasconcelos Filho, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/05/2021 09:53:50.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 29/04/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 263495
Código de Autenticação: 363c73750d



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Ana Clara Lopes

Matrícula: 2016102200740224

Título do Trabalho: POTENCIAL BIOINDICADOR DE *Inga cylindrica* (VELL.) MART. (LEGUMINOSAE, MIMOSOIDEAE) A CHUVA SIMULADA DE FLUORETO DE POTÁSSIO

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 08/06/2021

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde – GO, 04/06/2021.

Ana Clara Lopes

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Silvânia C. V. Lillo

DEDICATÓRIA

Dedico a minha vó, Iraci Cândida de Lima, uma mulher que criou três filhos sozinha e que sonha em ver todos os seus netos formados, eu como rapa do tacho, sou a última. Para você vó!

AGRADECIMENTOS

Primeiro agradeço a minha mãe, Ligia Aparecida Lopes, a qual se dedica e luta por mim todos os dias da minha vida. Mãe eu te amo.

Agradeço a minha família, por estar ao meu lado a todo momento, em especial ao meu pai, João, meu irmão, Eduardo, minha madrinha Líbia, meus primos Anderson e Mayara. E ao meu falecido padrinho Irani, se estivesse em nosso mundo, estaria orgulhoso de mim.

O período da faculdade, para mim foi o melhor da vida, agradeço aos meus trios da faculdade, o primeiro Leodina e Wilse, que o destino não permitiu que terminássemos a faculdade coladinhas como éramos antes, mas a amizade será levada para o resto da vida, obrigada por tudo! O segundo Bethânia e Carol Aleixo, lembrar de vocês me traz sentimentos maravilhosos, torço para aproveitarmos muito a vida juntas, amo vocês! E meus dois amores Eduardo Augusto e Cássia Carolina, esses do ens. médio, da faculdade, da vida, vocês são e foram imensamente importantes para minha formação. E não posso esquecer dos meus hominhos, Gabriel Victor, Pedro Henrique Correia, Pablio Ribeiro e Guilherme Alves.

Para a elaboração do TC em primeiro lugar agradeço ao Arthur Almeida, meu orientador da iniciação científica, ao qual me apoiou desde o início. Também ao Douglas Almeida e Pablio por sempre me ajudarem. Deixo o meu muito obrigada! Sem vocês esse trabalho não seria concluído.

Em meu último ano de faculdade mudei para Alto Taquari – MT, para realizar meu estágio, portanto não posso deixar de agradecer as pessoas que me acolheram e me deram apoio neste período tão importante. Ao meu líder Cleverton, por sempre buscar o meu melhor e me dar dicas diárias, contribuindo para minha evolução pessoal e profissional. Ao Adriano de Souza, que em uma passagem tão curta, me deu uma força gigantesca para seguir em frente. E as minhas amigas da vida pessoal, Mirelli Mrozinski, Kaiully Briancini e Gisela Fernandes, obrigada por tudo e por tanto!

RESUMO

Atualmente, o flúor (F) é considerado um dos principais contribuintes para a poluição do ar e da água, que afeta 200 milhões de pessoas no mundo. Sendo uma substância tóxica quando ingerido em altas doses, pode apresentar toxicidade aguda ou crônica. O flúor é comumente liberado no meio ambiente, por atividades de fabricação de tijolos, indústrias de alumínio, vidros e aço. As plantas absorvem o F principalmente por meio das folhas, e quando sensíveis apresentam sintomas que podem ser classificados como indicadores ambientais. Nesse cenário, objetivou-se com este trabalho, investigar os efeitos do flúor, via chuva simulada com fluoreto de potássio, em folhas de *Inga cylindrica*, a fim de avaliar o potencial bioindicador da espécie. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, as plantas foram expostas à aplicação de solução líquida de fluoreto de potássio (KF, pH 6,0) nas concentrações de 0, 10, 20 e 30 mg L⁻¹ durante 60 dias consecutivos, simulando a concentração de fluoreto encontrado nas precipitações em áreas poluídas. Após a desmontagem do experimento, foram realizadas avaliações visuais, morfoanatômicas e micromorfométricas nas folhas. A partir dessas análises, observou-se formação de clorose e necrose nas doses de 20 e 30 mg L⁻¹ em *I. cylindrica*, apresentou alteração no parênquima paliçádico na maior dose testada, acúmulo de compostos fenólicos, crescimento de 13% do parênquima paliçádico na concentração de 10 mg L⁻¹ em comparação ao controle. Com este estudo, podemos concluir que *Inga cylindrica*, apresenta potencial de biosensor nas doses de 20 e 30 mg L⁻¹, possuindo potencial para o monitoramento ambiental.

Palavras-Chave: Anatomia foliar; Indicadores visuais; Ingá; Flúor; Poluição atmosférica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1. Poluição Ambiental	10
2.2. Toxicidade do Flúor nas plantas.....	11
2.3. Bioindicação.....	12
2.4. Ingá.....	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
3.1. Material Vegetal, Condições de Cultivo e Aplicação dos Tratamentos	14
3.2. Sintomas foliares visíveis (macroscópicos).....	14
3.3. Caracterização morfoanatômica foliar	15
3.4. Identificação de compostos fenólicos.....	15
3.5. Análise estatística	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1. Características visuais	16
4.2. Caracterização Anatômica	17
4.3. Identificação de compostos fenólicos.....	18
4.4. Avaliações de micromorfométrica	19
5. CONCLUSÃO	20
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1. INTRODUÇÃO

O flúor é comumente liberado no meio ambiente como resultados das atividades de fabricação de tijolos, indústrias de alumínio, vidros e aço (Divan Junior et al., 2008). Na atmosfera, ele pode ser liberado nas formas gasosas e líquidas em concentrações que variam de 0,01 a 10 mg L⁻¹ (Smith e Hodge, 1979). O monitoramento dessas emissões utiliza métodos físico-químicos que demandam um alto investimento financeiro (Oliva, 2005) e uma alternativa mais viável e econômica, é o emprego de meios biológicos, como técnicas de bioindicação, biomonitoramento, fitorremediação e entre outras (Klump et al., 2001)

A quantidade elevada disponível de flúor causa diminuição da qualidade ambiental e prejudicam a saúde humana (Gao, 2016). Segundo Bonvicini et al. (2006), a disponibilidade do flúor acontece principalmente nas indústrias queima de argila, vidro, produção primária de alumínio, produção de ferro e aço, onde a emissão global é estimada em 73 t/ano. A Portaria MS nº2.914/2011, que dispõe sobre as normas e padrão de potabilidade da água para consumo humano, diz que a adição de flúor não pode ultrapassar o Valor Máximo Permitido - VMP, que é de 1,5 mg⁻¹.

De acordo com a FUNASA (2012), o uso do flúor está relacionado a redução de cárie dentária, porém é uma substância tóxica quando ingerido em altas doses e pode apresentar toxicidade aguda (consumo de alta dosagem em uma única vez) ou crônica. A toxicidade crônica é a ingestão acima do limite adequado por período prolongado, ocasionando a fluorose, que em graus mais leves provocam manchas esbranquiçadas no esmalte dental podendo agravar-se a um grau deformatar dentes e ossos.

As plantas absorvem o F principalmente por meio das folhas, em estado gasoso na atmosfera, é absorvido principalmente via estômatos (Sant'Anna-Santos et al., 2014) e, em solução aquosa, o flúor pode ser incorporado por toda a superfície foliar (Chaves et al., 2002). Ao penetrar na folha, o F move-se por vias apoplásticas, atingindo as margens e o ápice das folhas, e pode, ainda, ser acumulado no mesofilo provocando alterações nos tecidos, seguido do colapso das células parenquimáticas e posterior o surgimento de efeito visual, como clorose e necrose (Pita-Barbosa et al., 2009; Rodrigues et al., 2017).

O *Inga cylindrica* é uma espécie popularmente conhecida por Anga ou Ingá, pertencente à família Mimosaceae, com distribuição nas regiões do Amazonas, Goiás e na costa leste do país (Caramori et al., 2009). Comumente encontrada próximo a regiões antrópicas que são

fontes de lançamento destes poluentes. Em relação a *I. cylindrica*, no entanto, ainda não existem estudos morfológicos e anatômicos da planta em resposta ao flúor, o que impossibilita a sua utilização como espécie bioindicadora. Tendo como base esses fatos, o objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos do flúor, via chuva simulada com fluoreto de potássio, em respostas morfoanatômicas em folhas de *I. cylindrica*, a fim de avaliar o potencial bioindicador da espécie ao KF, além de contribuir para a compreensão das respostas das plantas a esse poluente atmosférico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Poluição Ambiental

A poluição ambiental cresceu rapidamente devido ao desenvolvimento industrial, que por sua vez resulta em resíduos de diferentes origens, efluentes e substâncias atmosféricas perigosas (El-Said, 2020). O aumento da poluição no meio ambiente se tornou uma preocupação em nível global devido ao volume de emissões de gases e partículas que estão se tornando disponíveis na atmosfera (Mesquita, 2011).

O flúor está disponível no meio ambiente apenas em combinação com outros elementos, como os compostos de flúor que constituem as rochas e o solo (Barbier, 2010). Segundo Crutzen (2006), é encontrado em mais de 300 minerais, além de estar distribuído pela flora e fauna. É o 13º elemento disponível na terra e localizado em diferentes matrizes ambientais que impactam em propriedades fisiológicas e bioquímicas (Singh et al., 2018; Vithanage et al., 2012b; Vithanage et al., 2014). Ele é liberado em outras formas, como gases ou fluoretos particulados resultantes de vulcões e aerossóis marinhos (Stepec, 2019). Além disso, as atividades humanas contribuem com a elevação dos níveis de flúor por meio de indústrias de mineração, fertilizantes, produtos químicos e beneficiamento de metal (Camarena-Rangel, 2015).

Em países com alto desenvolvimento no setor industrial, já foram detectados níveis elevados de flúor quando comparados à concentração aceitável, em meios aquáticos, como rios, lagos e águas subterrâneas (Chen et al., 2017). No solo, também ocorrem condições elevadas de flúor em locais próximos de produção de fertilizantes (Dartan, 2017). Enquanto na atmosfera, o flúor foi detectado principalmente em sua forma HF, o ácido fluorídrico, a qual resulta em grande toxicidade para a vegetação (Silva et al., 2000).

Dente os poluentes atmosféricos, sabe-se que ele não possui maior relevância quando comparados aos danos causados por outros poluentes, entretanto, é o que possui maior fitotoxicidade, pois chega a causar injúrias em plantas suscetíveis em concentrações atmosféricas 10 a 1.000 vezes menor (inferior a 1 mg^{-1}) que outros elementos, como ozônio, dióxido de enxofre e óxido de nitrogênio (Weisten, 1977).

Apesar da poluição por flúor ser mais negativa em ambiente aquático ao terrestre (Camargo, 2003), altos níveis desse elemento afetam seres humanos e mamíferos (Kalisińska, 2011). No Brasil, grandes polos industriais dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, vem sofrendo com a poluição atmosférica. Na cidade de Cubatão, São Paulo, estudos registraram danos nocivos provenientes desta poluição à vegetação da Serra do Mar (Klumpp et al. 1994).

Próximo as fontes de emissão deste poluente, em forma de precipitação atmosféricas, as concentrações do flúor podem variar entre 01 a 1.000 mg L^{-1} , chegando até 10 mg L^{-1} (Smith e Rodge, 1979). Nesse sentido, é interessante avaliar os seus efeitos na vegetação adjacente às origens de lançamento do poluente.

2.2. Toxidade do Flúor nas plantas

A poluição ambiental impacta negativamente nas plantas e, como resposta ao estresse, reagem por ajustes morfológicos, anatômicos, fisiológicos e bioquímicos (Elloumi, 2017). A folha é o órgão mais sensível a ação do poluente e resulta em diversos parâmetros para indicar a absorção dos elementos, como lesão foliar, quantidade de folhas injuriadas, necrose, crescimento, taxa de fotossíntese, clorofila e até mesmo o acúmulo de poluente no tecido foliar (Padro Filho, 1993).

Plantas mais sensíveis quando expostas ao flúor, seja em meio aquático ou no solo, respondem com o acúmulo do poluente em seus tecidos (Gristan, 1994). Esse acúmulo sucede-se no mesofilo que resulta em deformação e colapso das partes dos parênquimas foliares (Sant'Anna-Santos et al., 2006), alterações no metabolismo fotossintético (Divan Júnior et al., 2007), e deformação celular (Singh -Rawal et al. 2010).

Nesse sentido, o estudo de Rodrigues et al. (2018) com a espécie *Sapindus saponaria* em resposta ao flúor, resultou em alterações na anatomia, fisiologia e morfologia da planta. O mesmo se sucedeu com a espécie *Spondias mombin* L. (Rodrigues et al., 2020). Para Fortes et al (2003), a clorose é o primeiro sintoma visual do efeito do flúor, que resulta da desintegração

dos cloroplastos seguido de colapso das células, resultado da intensa exposição ao poluente. Outros sintomas do efeito do flúor é o murchamento, enrugamento das folhas, que pode ocorrer devido a reação entre o F e o Mg, levando a redução da biossíntese de clorofila (Pita-Barbosa et al., 2009).

O impacto causado nas plantas devido ao efeito do flúor vai depender da concentração desse poluente no meio ambiente em que a espécie vive, o tempo de duração dessa exposição e condições ambientais. E também da sensibilidade da espécie ao efeito do poluente (Sant'Anna-Santos e Azevedo, 2007). Sabendo disso, Dartan (2017) afirmou em seu trabalho que as espécies que possuem tolerância ao flúor são capazes de absorver uma quantidade maior do elemento e podem ser empregadas em zonas industriais a fim de se tornarem indicadoras da poluição atmosférica por fluoreto.

2.3. Bioindicação

O monitoramento das emissões de flúor é uma abordagem alternativa para os programas de monitoramento ambiental e nesse cenário há uma crescente necessidade de monitorar a poluição atmosférica, seja por meio de metodologias tradicionais, como o uso de amostras de ar passiva e ativa (exposições de curto e longo prazo, respectivamente), ou pelo emprego de bioindicadores (Areington et al., 2017).

Os biosensores são mais tolerantes a presença do poluente e não apresentam sintomas perceptíveis sem o auxílio de técnicas microscópicas, enquanto as espécies mais sensíveis, respondem visualmente aos efeitos dos poluentes (De Temmerman et al., 2004). Assim, a utilização de indicadores biológicos como método de detecção de mudanças no ambiente é eficaz e rápida, visto que são recursos mais econômicos, pois podem ser distribuídos em diversos pontos em uma área de estudo (Semadi et al., 1993; Silva 2002).

As plantas diferem em sua sensibilidade aos poluentes atmosféricos, podendo ser usadas como bioindicadoras da qualidade do ar. Algumas espécies são particularmente susceptíveis à poluição (bioindicadores de reação), enquanto outras podem acumular os poluentes em altas concentrações sem que sintomas visíveis sejam observados (bioindicadores de acumulação) (Arndt et al. 1995).

Murray (1982) afirma onde há cenários de poluição ambiental, a vegetação é a primeira superfície disponível a entrar em contato com estes poluentes e, a concentração dos elementos

tóxicos nas plantas, variam com a concentração disponível na atmosfera (Riederer, 1990) de modo que é necessário o biomonitoramento utilizando espécies vegetais para a detecção de ameaças ambientais.

O uso de espécies fitoindicadoras vêm se tornando um meio adequado para indicar os efeitos de poluentes atmosféricos sobre organismos. Com a junção de dados relativos a esses efeitos, possibilita a criação de respostas à poluição, indicando o controle de qualidade do ar. Exemplos de espécies que demonstraram potencial para bioindicação, como as espécies *Sapindus saponaria* (Rodrigues et al., 2018), *Spondias dulcis* e *Joannesia princeps* (Sant'Anna-Santos e Azevedo, 2007) e entre outras.

A detecção de níveis alterados do flúor na atmosfera é o biomonitoramento usando espécies de plantas (Sant'Anna-Santos e Azevedo, 2010) devido ao aparecimento dos primeiros sintomas visíveis com o aumento do flúor, como clorose, necrose e abscisão foliar (Zambrosi et al., 2016). A sensibilidade das plantas ao flúor está relacionada a fatores genéticos, edáficos e climáticos (Weinstein e Davison, 2004).

Empresas vêm utilizando plantas como bioindicadores em um sistema de monitoramento da qualidade do ar, um exemplo é a Eurobinet, empresa europeia que emprega esse sistema em determinadas cidades da Europa, enquanto no Brasil, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) criou um sistema de biomonitoramento a partir de plantas para detectar o flúor e outros poluentes (Dos Anjos et al., 2018).

2.4. Ingá

A família Fabaceae possui em torno de 200 gêneros, 1500 espécies pelo Brasil (Lorenzi e Souza, 2005) e contém quatro subfamílias: Caesalpinoideae, Cercideae, Faboideae e Mimosoideae, e desta última, origina-se o Ingá que está distribuído como a espécie *Inga alba* (Sw.) Willd. pela região norte, nordeste, centro-oeste e sudeste brasileiro (Caramori, 2009). Enquanto a espécie *Inga cylindrica* Mart., se restringe pela região amazônica, costa leste e Goiás (Lorenzi, 2002; Pennington, 1997).

I. cylindrica é utilizado na fabricação de doces, sucos, geleias e algumas espécies do gênero, possuem importância farmacológica, e são usadas para tratamento de doenças por tribos indígenas e também na medicina popular (Verdam, 2010). Sua madeira é empregada em obras civis, carvoarias e carpintarias (Caramori, 2009).

O Brasil é um dos países com maior biodiversidade do mundo, entretanto o conhecimento sobre esse patrimônio vegetal é pouco difundido. Assim, se torna interessante o estudo de espécies nativas para serem utilizadas como bioindicadoras de poluentes atmosféricos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Material Vegetal, Condições de Cultivo e Aplicação dos Tratamentos

Sementes de *Inga cylindrica* foram coletadas dos frutos de 10 plantas, localizadas em Rio Verde, Goiás, Brasil (latitude 17° 47.013' e longitude 50° 55.011'). Inicialmente as sementes foram tratadas com fungicida Vitavax®-Thiram (30%) e semeadas em canteiros contendo areia lavada como substrato. Aproximadamente 40 dias após a emergência, as plantas foram selecionadas a partir da altura (~15 cm) e transplantadas individualmente para vasos de 5 L contendo substrato composto por vermiculita, areia lavada e Bioplant® (1:1:1). O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizado no IF Goiano, Campus Rio Verde, GO (latitude 17° 48' 16" S, longitude 50° 54' 19" W e altitude de 753 m).

Após 10 dias de aclimação, as plantas foram expostas à chuva simulada de fluoreto de potássio (KF, pH 6,0), realizada com borrifadores manuais (60 mL diários por planta), nas doses de 0, 10, 20 e 30 mg L⁻¹ de fluoreto de potássio, as quais são encontradas nas precipitações de áreas poluídas (Smith e Hodge 1979; Chaves et al., 2002), durante 60 dias consecutivos. Os valores de pH das soluções foram ajustados com solução de HCl (2,0 M) e NaOH (2,0 M).

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos (concentrações de KF) e 3 repetições, cada repetição composta de um vaso contendo 1 planta (4 plantas por tratamento).

3.2. Sintomas foliares visíveis (macroscópicos)

Os sintomas visíveis foram registrados por fotografias de toda a superfície foliar de folhas completamente expandidas de *Inga cylindrica*, tiradas com câmera digital (Cyber-Shot HX100V, SONY, Japão), monitorados ao longo de todo período experimental. Para a confecção da prancha, foi utilizado a folha que melhor representasse o efeito do tratamento com KF.

3.3. Caracterização morfoanatômica foliar

Para as análises morfoanatômicas, foram coletadas amostras foliares de 3 cm² da região central da última folha totalmente expandida de todas as repetições (n=3) de cada tratamento (n=4) das plantas de *Inga cylindrica*. Inicialmente, as amostras foram armazenadas no fixador Karnovsky (1965), por um período de 24 horas. Posteriormente, o material vegetal foi pré lavado em tampão fosfato e desidratado em série etílica crescente, pré-infiltrado e infiltrado em historresina (Leica, Alemanha), conforme as recomendações do fabricante. Em seguida, as amostras foram seccionadas transversalmente a 5 µm de espessura em micrótomo rotativo (Modelo 1508R, Logen scientific, China) e os cortes corados com azul de toluidina – coloração policromática (0,05% tampão fosfato 0,1 M, pH 6,8) (O'Brien et al., 1964) montadas entre lâminas e lamínulas com bálsamo do Canadá e após, fotografadas em microscópio Olympus (BX61, Tokyo, Japão), acoplado com câmera DP-72. Assim, com os registros fotográficos, foram realizadas observações morfoanatômicas da epiderme adaxial e abaxial, dos parênquimas paliçádico e esponjoso e do mesofilo, e as análises de micromorfometria foram realizadas a partir de dez observações por repetição pelo software ImageJ (Processamento e Análise de Imagem em Java, v. 1.47, EUA). Foram realizadas medições em dez observações por repetição para cada estrutura avaliada.

3.4. Identificação de compostos fenólicos

Para análise, fragmentos foliares da região mediana da última folha expandida de *Inga cylindrica* foram fixados em solução de cloreto férrico em formalina (Johansen, 1940) e as imagens capturadas em microscópio Olympus (BX61, Tokyo, Japão). Através das imagens obtidas foi realizado o cálculo da porcentagem da área da secção transversal da folha com compostos fenólicos marcados pelo cloreto férrico através da diferença de contraste, utilizando o software ImageJ (Processamento e Análise de Imagem em Java, v. 1.47, EUA).

3.5. Análise estatística

Os dados quantitativos foram submetidos à análise de homogeneidade (Teste Levene) e normalidade dos erros (Teste Shapiro-Wilk), seguido da ANOVA e teste Dunnett (p < 0,05). As análises estatísticas foram realizadas pelo software ASSISTAT v. 7.7. (Silva et al., 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características visuais

O acompanhamento regular da exposição da espécie ao poluente, foi possível observar ao final do período experimental nos tratamentos com 20 e 30 mg L⁻¹, a formação de clorose (cor amarelada) e necroses (cor marrom) na borda foliar sentido região mediana, o que não foi observado no controle e tratamento com 10 mg L⁻¹ de KF em *Inga cylindrica* (Fig. 2).

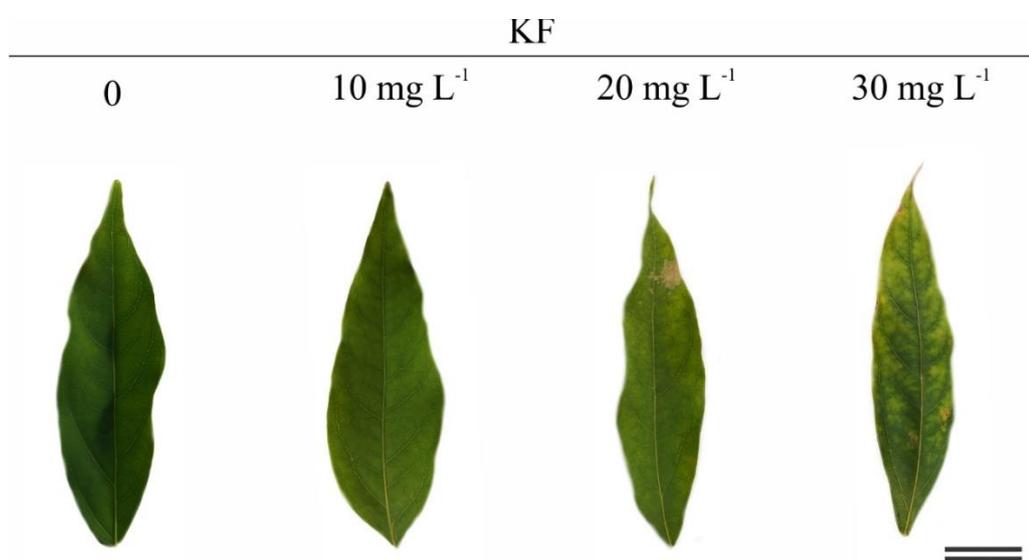


Fig. 2. Sintomas visuais das folhas de *Inga cylindrica* após 60 dias de exposição a chuva simulada com fluoreto de potássio em diferentes concentrações (0, 10, 20 e 30 mg L⁻¹). Barra de escala 3 cm.

Em estudo, Rodrigues et al. (2020) verificaram efeitos de clorose e necrose nas plantas de *Spondias mombin* após 9 dias de aplicação de KF. Sant'Anna-Santos et al. (2006) afirma que em resposta à exposição dos tecidos vegetais aos contaminantes atmosféricos, as injúrias das folhas podem servir como indicadores de sensibilidade ou tolerância ao poluente.

Os sintomas visuais detectados são comuns em plantas que são submetidas a ação tóxica do flúor. De acordo com Davison et al. (2006) esses sintomas aparecem quando os íons de flúor são carregados para as paredes das células das bordas e ponta da folha, de modo que ocorre o acúmulo de poluente nesses locais e em caso de altas concentrações, as membranas celulares são danificadas, ocasionando morte celular. Silva et al. (2000) sujeitou algumas espécies

arbóreas ao KF, obtendo diferentes níveis de necrose, concluindo que cada espécie tem seu grau de resistência ao poluente, e esta pode ser avaliada pelo grau de injúria foliar. A *Inga cylindrica* demonstrou uma leve resistência ao poluente em relação aos sintomas visuais.

4.2. Caracterização Anatômica

A epiderme de *I. cylindrica* é uniestratificada, com células de formato circular a retangular (Fig. 3). O mesofilo é dorsiventral, formado por uma camada de células de parênquima paliçádico e três a quatro camadas de parênquima esponjoso (Fig. 3A). As folhas de *I. cylindrica* expostas a 30 mg L^{-1} de fluoreto de potássio demonstraram sintomas na estrutura foliar, discreta alteração no parênquima paliçádico com formação de espaços intracelulares colapso das células do parênquima paliçádico intracelulares (Fig. 3D).

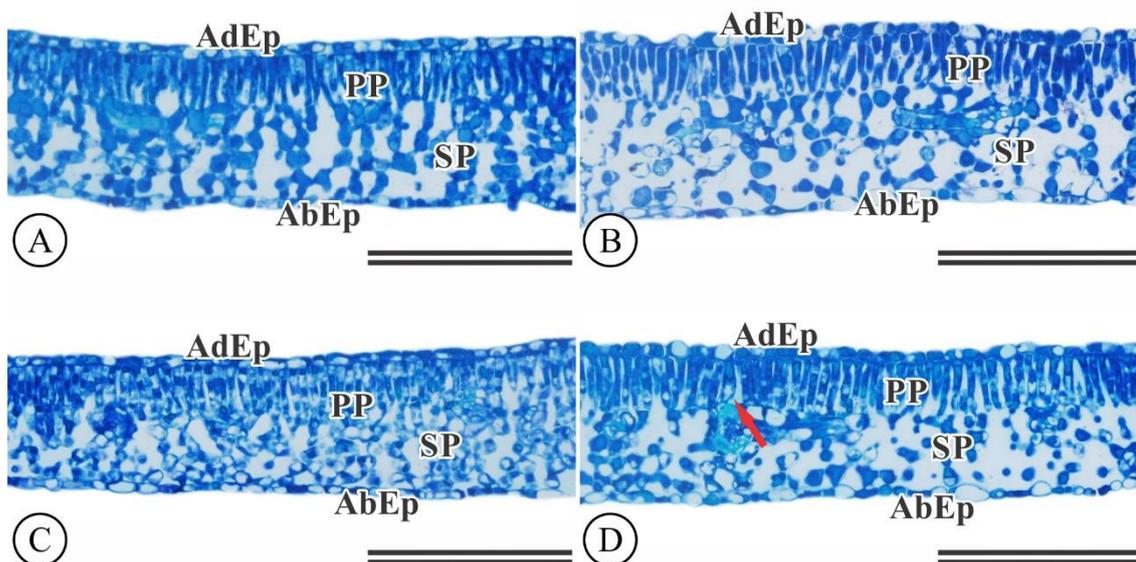


Fig. 3. Alterações anatômicas nas folhas *Inga cylindrica* após 60 dias de exposição a chuva simulada com fluoreto de potássio em diferentes concentrações ($0, 10, 20$ e 30 mg L^{-1}). (A) controle, (B) 10 mg L^{-1} KF, (C) 20 mg L^{-1} KF, (D) 30 mg L^{-1} KF. (AdEp) epiderme adaxial. (AbEp) epiderme abaxial. (PP) parênquima paliçádico. (SP) parênquima esponjoso. Setas vermelhas indicam alterações celulares. Barra de escala $200 \mu\text{m}$.

Quando absorvido pelas folhas de *Inga cylindrica*, acredita-se que o fluoreto seja translocado para as regiões apicais e marginais das folhas, assim, acumulando-se e ocasionando alterações nos tecidos anatômicos. Essa descrição é frequentemente utilizada como subsídio para comparação da susceptibilidade e tolerância da espécie (Sant'Anna-Santos et al., 2006)

em resposta a agentes estressantes. O acúmulo desse poluente por longos períodos de tempo desencadeou expansão das células parênquimas e consequentemente o aparecimento de sintomas visuais.

4.3. Identificação de compostos fenólicos

O acúmulo dos compostos fenólicos foi evidenciado nas células epidérmicas, face adaxial e abaxial, parênquimas paliádico e esponjoso após teste histoquímico com cloreto férrico (Fig. 4). Estes compostos foram mais abundantes nas concentrações de 20 e 30 mg L⁻¹ de KF evidenciados com pequenos grânulos na cor marrom acastanhado (Fig. 4C-D).

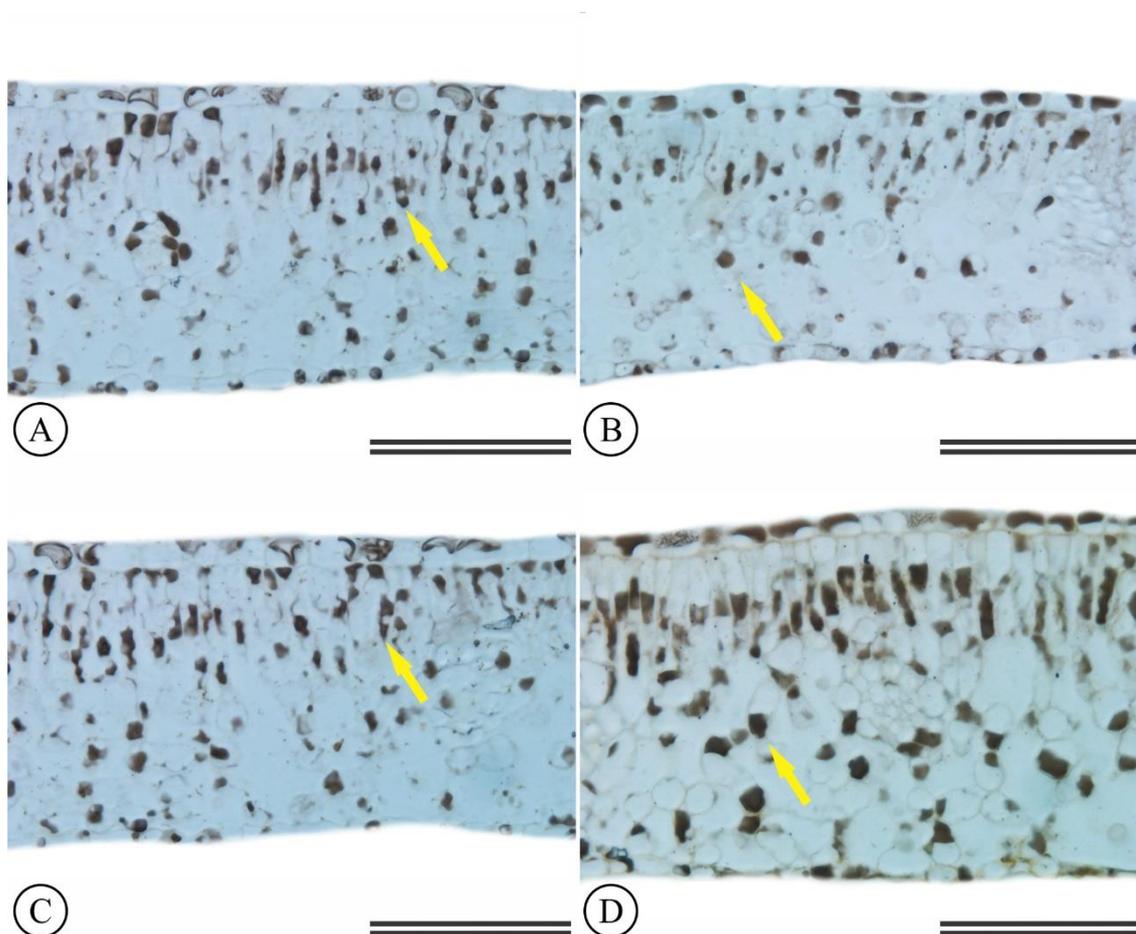


Fig. 4. Acúmulo de compostos fenólicos marcado na marrom acastanhado nas folhas de *Inga cylindrica* após 60 dias de exposição a chuva simulada com fluoreto de potássio em diferentes concentrações (0, 10, 20 e 30 mg L⁻¹). (A) controle, (B) 10 mg L⁻¹ KF, (C) 20 mg L⁻¹ KF, (D) 30 mg L⁻¹ KF. Setas amarelas indicam acúmulo de compostos fenólicos. Barra de escala 100 μm.

O acúmulo de fenólicos podem ser relacionados a mecanismos de proteção das plantas contra agentes estressores, através de um sistema de defesa não-enzimático, com função antioxidante (Barbosa et al., 2010). Nos estudos de Anjos et al. (2018) foi encontrado acúmulo de compostos fenólicos nas análises realizadas após 10 dias de aplicações diárias de fluoreto de potássio a 15 mg L⁻¹, o que pode ser interpretado como um investimento da espécie para amenizar os efeitos oxidativos. Nas plantas de *Inga cylindrica* foi possível observar o acúmulo de compostos fenólicos em todos os tratamentos, indicando uma certa resistência da planta a esse poluente, através da produção natural de fenóis nos seus tecidos.

4.4. Avaliações de micromorfométrica

Com o auxílio das análises estatísticas, analisamos a micromorfometria de *I. cylindrica*, a qual não apresentou alterações na espessura da epiderme adaxial e abaxial quando comparadas ao controle (Tabela 1). O parênquima paliçádico apresentou incremento de 13% após exposição a 10 mg L⁻¹ de KF. As plantas expostas à 20 e 30 mg L⁻¹ de KF, demonstraram redução na espessura do parênquima esponjoso e mesofilo em relação ao controle (Tabela 1). A espessura do mesofilo reduziu com o incremento das doses de KF aplicada (Tabela 1).

Tabela 1. Micromorfometria da folha de *I. cylindrica* após chuva simulada com fluoreto de potássio em diferentes concentrações: (0, 10, 20 e 30 mg L⁻¹). Epiderme Adaxial (EpAd), Epiderme Abaxial (EpAb), Parênquima Paliçádico (PP), Parênquima Esponjoso (SP), Mesofilo (Me).

KF (mg L ⁻¹)	EpAd	EpAb	PP	SP	Me
Controle	13.78±0.37	12.40±0.52	46.60±1.13	91.69±2.21	142.95±1.53
10	13.16±1.11	13.12±1.29	52.85 ^{**} ±1.44	93.92±2.23	144.48±5.34
20	12.28±0.69	9.79±0.61	44.47±1.56	73.51 ^{**} ±1.60	116.33 ^{**} ±1.86
30	13.66±0.87	12.97±1.43	43.87±0.33	78.86 ^{**} ±3.39	129.43 ^{**} ±2.84
One-Way ANOVA					
F (t-test)	0.7207^{NS}	2.2164^{NS}	11.7962^{**}	16.3481^{**}	16.4013^{**}
<i>p</i>	0.5586	0.1389	0.0006	<.0001	<.0001

Média ± EP (n = 4). Asteriscos indicam diferenças significativas entre tratamentos e controle pelo teste de Dunnett (**, p <0,01).

As alterações visuais, anatômicas e micromorfométricas são importantes parâmetros de indicação a ação do flúor em *I. cylindrica*. Essas alterações têm sido frequentemente utilizadas

como subsídio para comparação da susceptibilidade entre espécies (Sant'Anna-Santos et al., 2006).

As alterações visuais, anatômicas e micromorfológicas são importantes parâmetros de indicação a ação do flúor em *I. cylindrica*. Essas alterações têm sido frequentemente utilizadas como subsídio para comparação da susceptibilidade entre espécies (Sant'Anna-Santos et al., 2006). Nos estudos de Sant'Anna-Santos et al. (2010) feito com hortaliças em áreas poluídas por flúor, não houve diferenças significativas nas espessuras das epidermes; em relação ao mesofilo, observou redução significativa na espessura. Já nos estudos de Rodrigues et al. (2020) em plantas de *Spondias mombin*, com doses de 0, 10, 20 e 30 mg L⁻¹, houve reduções de espessuras significativas em todas as estruturas avaliadas (EpAd, EpAb, PP, SP e Me). Nesta pesquisa, *Inga cylindrica* não apresentou reduções expressivas em sua micromorfometria, e as reduções encontradas não estão relacionadas ao aumento da dose, o que pode ser entendido como uma resistência ao poluente.

5. CONCLUSÃO

A espécie *Inga cylindrica* apresentou pequenas alterações morfoanatômicas e sintomas foliares moderados, demonstrando potencial de biosensor nas doses de 20 e 30 mg L⁻¹, assim podemos concluir que a espécie possui potencial para o monitoramento ambiental de ambientes contaminados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, Talles Bruno Oliveira Dos; LOUBACK, Eliza; AZEVEDO, Aristéa Alves; SILVA, Luzimar Campos Da. Sensibility of *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae) exposed to fluoride-simulated fog. **Ecological Indicators**, [S. l.], 2018. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.03.005.

AREINGTON, Candyce Ann; VARGHESE, Bobby; SERSHEN. The utility of biochemical, physiological and morphological biomarkers of leaf sulfate levels in establishing *Brachylaena discolor* leaves as a bioindicator of SO₂ pollution. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 118, p. 295–305, 2017. DOI: 10.1016/j.plaphy.2017.06.025.

ARNDT, Uwe; FLORES, Feliciano; WEINSTEIN, Leonard. **Efeitos do flúor sobre as plantas: diagnose de danos na vegetação do Brasil**. Editora Da Universidade Universidade Federal Do Rio GO Sul, 1995.

BARBIER, Olivier; ARREOLA-MENDOZA, Laura; DEL RAZO, Luz María. **Molecular mechanisms of fluoride toxicity***Chemico-Biological Interactions*, 2010. DOI: 10.1016/j.cbi.2010.07.011.

BONVICINI, Giuliana; FREGNI, Alberto; PALMONARI, Carlo. **Chapter 7: Fluorine Compounds in Gaseous Emissions from Industrial Sources: The Case of Ceramic Industries***Advances in Fluorine Science*, 2006. DOI: 10.1016/S1872-0358(06)01007-4.

CAMARENA-RANGEL, Nancy; ROJAS VELÁZQUEZ, Angel Natanael; SANTOS-DÍAZ, María del Socorro. Fluoride bioaccumulation by hydroponic cultures of camellia (*Camellia japonica* spp.) and sugar cane (*Saccharum officinarum* spp.). *Chemosphere*, [S. l.], 2015. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.03.071.

CAMARGO, Julio A. **Fluoride toxicity to aquatic organisms: A review***Chemosphere*, 2003. DOI: 10.1016/S0045-6535(02)00498-8.

CARAMORI, Samantha Salomão. Caracterização Bioquímica de Frutos de *Inga alba* (Sw.) Willd. e *Inga cylindrica* Mart.(Fabaceae). *Revista Saúde e Ambiente/ Health and Environment Journal*, [S. l.], 2008.

CHAVES, Alba Lucilvânia Fonseca; DA SILVA, Eldo Antônio Monteiro; AZEVEDO, Aristéa Alves; CANO, Marco Antonio Oliva; MATSUOKA, Kiyoshi. Ação do flúor dissolvido em chuva simulada sobre a estrutura foliar de *Panicum maximum* jacq. (colonião) e *chloris gayana* kunth. (capim-rhodes) – Poaceae. *Acta Botanica Brasilica*, [S. l.], 2002. DOI: 10.1590/S0102-33062002000400003.

CHEN, Hong; HAN, Jianbo; ZHANG, Can; CHENG, Jiayi; SUN, Ruijun; WANG, Xiaomeng; HAN, Gengchen; YANG, Wenchao; HE, Xin. Occurrence and seasonal variations of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) including fluorinated alternatives in rivers, drain outlets and the receiving Bohai Sea of China. *Environmental Pollution*, [S. l.], 2017. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.08.068.

CRUTZEN, Paul J. **Introduction to “Fluorine and the Environment”***Advances in Fluorine Science*, 2006. DOI: 10.1016/S1872-0358(06)01011-6.

DARTAN, Guler; TASPINAR, Fatih; TOROZ, İSmail. Analysis of fluoride pollution from fertilizer industry and phosphogypsum piles in agricultural area. **Journal of Industrial Pollution Control**, [S. l.], 2017.

DAVISON, Alan W.; WEINSTEIN, Leonard H. **Chapter 8: Some Problems Relating to Fluorides in the Environment: Effects on Plants and Animals** *Advances in Fluorine Science*, 2006. DOI: 10.1016/S1872-0358(06)01008-6.

DE, Ludwig; SCIENSANO, Temmerman; GARREC, Jean-Pierre; KLUMPP, Andreas. **Biomonitoring of air pollutants with plants-Considerations for the future Deposition of trace elements** *View project ICP Vegetation-The International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops View project*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/40798218>. Acesso em: 15 jan. 2021

DIVAN JUNIOR, Armando Molina; OLIVA, Marco Antonio; FERREIRA, Fernando Alves. Dispersal pattern of airborne emissions from an aluminium smelter in Ouro Preto, Brazil, as expressed by foliar fluoride accumulation in eight plant species. **Ecological Indicators**, [S. l.], 2008. DOI: 10.1016/j.ecolind.2007.04.008.

DIVAN JUNIOR, Armando Molina; OLIVA, Marco Antonio; MARTINEZ, Carlos Alberto; CAMBRAIA, José. Effects of fluoride emissions on two tropical grasses: *Chloris gayana* and *Panicum maximum* cv. Colônia. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [S. l.], 2007. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2006.06.002.

Efeitos fitotóxicos do fluoreto na morfoanatomia foliar de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *Brachiaria decumbens* Stapf (Poaceae). **Acta Botânica Brasileira**, [S. l.], 2009.

ELLOUMI, Nada; ZOUARI, Mohamed; MEZGHANI, Imed; BEN ABDALLAH, Ferjani; WOODWARD, Steve; KALLEL, Monem. Adaptive biochemical and physiological responses of *Eriobotrya japonica* to fluoride air pollution. **Ecotoxicology**, [S. l.], 2017. DOI: 10.1007/s10646-017-1827-y.

EL-SAID, Ghada F.; EL-SADAAWY, Manal M.; SHOBIER, Aida H.; RAMADAN, Sherif E. Human Health Implication of Major and Trace Elements Present in Commercial Crustaceans of a Traditional Seafood Marketing Region, Egypt. **Biological Trace Element Research**, [S. l.], 2021. DOI: 10.1007/s12011-020-02126-7.

FORTES, Caio; DUARTE, Aildson Pereira; MATSUOKA, Sizuo; HOFFMAN, Hermann P.; LAVORENTI, Norberto Antônio. Toxicidade de flúor em cultivares de milho em área próxima a uma indústria cerâmica, Araras (SP). **Bragantia**, [S. l.], 2003. DOI: 10.1590/s0006-87052003000200013.

FRANCISCO SANT'ANNA-SANTOS, Bruno; CAMPOS DA SILVA, Luzimar; ALVES AZEVEDO, Aristéa; MARCOS DE ARAÚJO, João; FIGUEIREDO ALVES, Ericka; ANTÔNIO MONTEIRO DA SILVA, Eldo; AGUIAR, Rosane. Effects of simulated acid rain on the foliar micromorphology and anatomy of tree tropical species. **Environmental and Experimental Botany**, [S. l.], 2006. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2005.07.005.

GAO, Xubo; HU, Yandi; LI, Chengcheng; DAI, Chong; LI, Liang; OU, Xiong; WANG, Yanxin. Evaluation of fluorine release from air deposited coal spoil piles: A case study at Yangquan city, northern China. **Science of the Total Environment**, [S. l.], 2016. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.09.109.

GRITSAN, N. P.; MILLER, G. W.; SCHUMATKOV, G. G. Correlation among heavy metals and fluoride in soil, air and plants in relation to environmental damage. **Fluoride - Quarterly Reports**, [S. l.], 1995.

KALISIŃSKA, Elzbieta; PALCZEWSKA-KOMSA, Mirona. Teeth of the red fox *Vulpes vulpes* (L., 1758) as a bioindicator in studies on fluoride pollution. **Acta Theriologica**, [S. l.], 2011. DOI: 10.1007/s13364-011-0039-8.

KLUMPP, ANDREAS; ANSEL, WOLFGANG; KLUMPP, GABRIELE; FOMIN, ANETTE. 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**, [S. l.], 2001. DOI: 10.1590/s0100-84042001000500005.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 1998.

MESQUITA, Geisa Lima; TANAKA, Francisco André Ossamu; CANTARELLA, Heitor; MATTOS, Dirceu. Atmospheric absorption of fluoride by cultivated species. Leaf structural changes and plant growth. **Water, Air, and Soil Pollution**, [S. l.], 2011. DOI: 10.1007/s11270-010-0694-4.

MURRAY, F. Fluoride emissions: their monitoring and effects on vegetation and ecosystems (Australasia). **Fluoride emissions: their monitoring and effects on vegetation and ecosystems (Australasia)**, [S. l.], 1982.

OLIVA, Marco Antonio; FIGUEIREDO, José Guilherme De. Gramíneas bioindicadoras da presença de flúor em regiões tropicais. **Revista Brasileira de Botânica**, [S. l.], 2005. DOI: 10.1590/s0100-84042005000200017.

PENNINGTON, Terence Dale et al. **O gênero Inga: botânica**. Royal Botanic Gardens, 1997.

PRADO FILHO, JF do. Uso de bioindicadores para monitoramento do ar. **Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 57-64, 1993.

RIEDERER, Markus. Estimating Partitioning and Transport of Organic Chemicals in the Foliage/Atmosphere System: Discussion of a Fugacity-Based Model. **Environmental Science and Technology**, [S. l.], 1990. DOI: 10.1021/es00076a006.

RODRIGUES, Arthur Almeida; VASCONCELOS FILHO, Sebastião Carvalho; MÜLLER, Caroline; RODRIGUES, Douglas Almeida; MENDES, Giselle Camargo; REHN, Larissa Saeki; COSTA, Alan Carlos; VITAL, Roberto Gomes; DE FÁTIMA SALES, Juliana. Sapindus saponaria bioindicator potential concerning potassium fluoride exposure by simulated rainfall: Anatomical and physiological traits. **Ecological Indicators**, [S. l.], 2018. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.02.043.

RODRIGUES, Arthur Almeida; VASCONCELOS-FILHO, Sebastião Carvalho; MENDES, Giselle Camargo; REHN, Larissa Saeki; RODRIGUES, Douglas Almeida; RODRIGUES, Cássia Lino; MÜLLER, Caroline. Fluoride in simulated rain affects the morphoanatomy and physiology of Eugenia dysenterica (Mart.) DC. **Ecological Indicators**, [S. l.], 2017. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.07.005.

RODRIGUES, Douglas Almeida; DE FÁTIMA SALES, Juliana; VASCONCELOS-FILHO, Sebastião Carvalho; RODRIGUES, Arthur Almeida; COSTA, Alan Carlos; RODRIGUES, Cássia Lino; DE LIMA E SILVA, Fernando Higino; MÜLLER, Caroline. Spondias mombin, a potential bioindicator of potassium fluoride pollution. **Ecological Indicators**, [S. l.], 2020. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.106314.

SANT'ANNA-SANTOS, Bruno Francisco; AZEVEDO, Aristéa Alves. Toxicidade e acúmulo de flúor em hortaliças nas adjacências de uma fábrica de alumínio. **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], 2010. DOI: 10.1590/s0102-33062010000400010.

SANT'ANNA-SANTOS, Bruno Francisco; AZEVEDO, Aristéa Alves; ALVES, Thiago Gonçalves; CAMPOS, Naiara Viana; OLIVA, Marco Antônio; VALENTE, Vânia Maria Moreira. Effects of emissions from an aluminium smelter in a tree tropical species sensitive to fluoride. **Water, Air, and Soil Pollution**, [S. l.], 2014. DOI: 10.1007/s11270-013-1817-5.

SANT'ANNA-SANTOS, Bruno Francisco; AZEVEDO, Aristéa Alves. Aspectos morfoanatômicos da fitotoxidez do flúor em duas espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 48-50, 2007.

SEMADI, A.; DERUELLE, S. Pollution Atmosphérique. 1993, oct/dec., 86. 2.

SILVA, LUZIMAR CAMPOS DA; AZEVEDO, ARISTÉA ALVES; SILVA, ELDO ANTÔNIO MONTEIRO DA; OLIVA, MARCO ANTONIO. Flúor em chuva simulada: sintomatologia e efeitos sobre a estrutura foliar e o crescimento de plantas arbóreas. **Revista Brasileira de Botânica**, [S. l.], 2000. DOI: 10.1590/s0100-84042000000400004.

SINGH, Gayatri; KUMARI, Babita; SINAM, Geetgovind; KRITI; KUMAR, Navin; MALLICK, Shekhar. **Fluoride distribution and contamination in the water, soil and plants continuum and its remedial technologies, an Indian perspective– a review** **Environmental Pollution**, 2018. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.04.002.

SINGH-RAWAL, P.; JAJOO, A.; BHARTI, S. Fluoride affects distribution of absorbed excitation energy more in favour of photosystem 1. **Biologia Plantarum**, [S. l.], 2010. DOI: 10.1007/s10535-010-0099-7.

SMITH, Frank A.; HODGE, Harold C.; DINMAN, B. D. Airborne fluorides and man: Part II. **C R C Critical Reviews in Environmental Control**, [S. l.], 1979. DOI: 10.1080/10643387909381666.

SOUZA, Vinicius Castro; LORENZI, Harri. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Instituto Plantarum, 2005.

ŠTEPEC, Dona; TAVČAR, Gašper; PONIKVAR-SVET, Maja. Fluorine in vegetation due to an uncontrolled release of gaseous fluorides from a glassworks: A case study of

measurement uncertainty, dispersion pattern and compliance with regulation. **Environmental Pollution**, [S. l.], 2019. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.02.046.

VERDAM, Maria Christina dos Santos; SILVA, Cristiane Bezerra Da. O estudo de plantas medicinais e a correta identificação botânica. **Visão Acadêmica**, [S. l.], 2010. DOI: 10.5380/acd.v11i1.21347.

VITHANAGE, Meththika; JAYARATHNA, Lakmal; RAJAPAKSHA, Anushka Upamali; DISSANAYAKE, C. B.; BOOTHARAJU, M. S.; PRADEEP, T. Modeling sorption of fluoride on to iron rich laterite. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, [S. l.], 2012. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2012.02.011.

VITHANAGE, Meththika; RAJAPAKSHA, Anushka Upamali; BOOTHARAJU, M. S.; PRADEEP, T. Surface complexation of fluoride at the activated nano-gibbsite water interface. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, [S. l.], 2014. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2014.09.003.

WEINSTEIN, Leonard H. Fluoride and plant life. **Journal of Occupational Medicine**, [S. l.], 1977. DOI: 10.1097/00043764-197701000-00005.

ZAMBROSI, Fernando C. Bachieg.; MESQUITA, Geisa Lima; MARCHIORI, Paulo E. Ribeir.; TANAKA, Francisco A. Ossam.; MACHADO, Eduardo Caruso; RIBEIRO, Rafael Vasconcelos. Anatomical and physiological bases of sugarcane tolerance to manganese toxicity. **Environmental and Experimental Botany**, [S. l.], 2016. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2016.08.011.