

**Avaliação de espécies do Cerrado  
quanto à tolerância ao alumínio**



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
355**

**Avaliação de espécies do Cerrado  
quanto à tolerância ao alumínio**

*Assussena Pereira de Oliveira  
Diva Maria de Alencar Dusi  
Bruno Machado Teles Walter  
Ana Cristina Meneses Mendes Gomes  
Sérgio Eustáquio de Noronha  
Marcos Brandão Braga  
Cíntia Marques Coelho  
Leila Maria Gomes Barros*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**

Parque Estação Biológica  
PqEB, Av. W5 Norte (final)  
70970-717, Brasília, DF  
Fone: +55 (61) 3448-4700  
Fax: +55 (61) 3340-3624  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente  
*Milene Castellen Sathler*

Secretária-Executiva  
*Ana Flávia do N. Dias Côrtes*

Membros  
*Antonieta Nassif Salomão; Bianca Damiani Marques; Diva Maria Alencar Dusi; Francisco Guilherme V. Schmidt; João Batista Tavares da Silva; João Batista Teixeira; Rosamares Rocha Galvão; Tânia da Silveira Agostini Costa*

Supervisão editorial  
*Ana Flávia do N. Dias Côrtes*

Revisão de texto  
*João Batista Teixeira*

Normalização bibliográfica  
*Rosamares Rocha Galvão*

Tratamento das ilustrações  
*Adilson Werneck*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Adilson Werneck*

Foto da capa  
*Leila Maria Gomes Barros*

**1ª edição**  
1ª impressão (ano): tiragem

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

---

Avaliação de espécies do Cerrado quanto à tolerância ao alumínio. / Assussena Pereira de Oliveira et al ... – Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2019.

26 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 355).

ISSN: 0102-0110  
Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader  
Modo de Acesso: World Wide Web

1. Solos ácidos. 2. Plantas nativas. I. Oliveira, Assussena Pereira de. II. Dusi, Diva Maria de Alencar. III. Walter, Bruno Machado Teles. IV. Gomes, Ana Cristina Meneses Mendes. V. Noronha, Sérgio Eustáquio de. VI. Braga, Marcos Brandão. VII. Coelho, Cíntia Marques. VIII. Barros, Leila Maria Gomes. IX. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. X. Série

6332 – CDD 21

## Sumário

---

Resumo .....	5
Abstract .....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos .....	8
Resultados e Discussão .....	11
Considerações finais .....	21
Agradecimentos.....	22
Referência Bibliográfica.....	22



# Avaliação de espécies do Cerrado quanto à tolerância ao alumínio

Assussena Pereira de Oliveira<sup>1</sup>

Diva Maria de Alencar Dusi<sup>2</sup>

Bruno Machado Teles Walter<sup>3</sup>

Ana Cristina Meneses Mendes Gomes<sup>4</sup>

Sérgio Eustáquio de Noronha<sup>5</sup>

Marcos Brandão Braga<sup>6</sup>

Cíntia Marques Coelho<sup>7</sup>

Leila Maria Gomes Barros<sup>8</sup>

**Resumo** – Nos solos ácidos o alumínio (Al) encontra-se na forma de cátions, que são tóxicos para a grande maioria dos vegetais. O Al prejudica o desenvolvimento das raízes tornando as plantas mais suscetíveis a secas e doenças. Nestes solos a calagem é indispensável para cultivos agrícolas. As espécies de plantas do Cerrado toleram altas concentrações de Al e, assim, são fontes de biomoléculas com potencial biotecnológico para a aplicação na obtenção de plantas tolerantes ao Al. O objetivo deste trabalho foi avaliar o mecanismo de tolerância ao Al em espécies arbóreo-arbustivas nativas de uma área de Cerrado, visando apoiar a prospecção de genes e biomoléculas envolvidos com a tolerância ao Al. Foram realizados ensaios histoquímicos com hematoxilina em 31 espécies para determinação do mecanismo de tolerância. Verificou-se que 77,4% das espécies analisadas apresentam o mecanismo de exclusão. Dentre as espécies excludentes de Al, reportamos aqui pela primeira vez o mecanismo de tolerância de treze delas. Também

---

<sup>1</sup> Graduanda em Agronomia, Universidade de Brasília, bolsista PIBIC na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

<sup>2</sup> Engenheira agrônoma, doutora em "Plant Sciences", pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

<sup>3</sup> Engenheiro florestal e Agrônomo, doutor em Ecologia, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

<sup>4</sup> Bióloga, Mestre em Ciências Agrárias, analista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

<sup>5</sup> Geógrafo, Mestre em Gestão Ambiental, Analista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

<sup>6</sup> Engenheiro agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Hortaliças

<sup>7</sup> Bióloga, doutora em "Plant Sciences", professora do Departamento de Genética e Morfologia da Universidade de Brasília

<sup>8</sup> Bióloga, doutora em Biologia Molecular, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

neste trabalho foram descritos pela primeira vez os tecidos acumuladores de Al de *Pleroma stenocarpum* e *Salvertia convallariodora*. Não foi encontrada correlação entre a arquitetura das árvores e arbustos e o mecanismo de tolerância, nem tampouco verificou-se alguma correlação filogenética, corroborando os dados da literatura em que não há um padrão filogenético evidente para as espécies tolerantes ao Al.

**Termos para indexação:** plantas nativas, solos ácidos, plantas acumuladoras, plantas excludentes, hematoxilina.

### **Evaluation of Cerrado species for aluminum tolerance**

**Abstract** – In acid soils, aluminum (Al) is found in the form of cations, which are toxic to the vast majority of plants. Al impairs root development making plants more susceptible to drought and diseases. In these soils, liming is indispensable for crop cultivation. The Cerrado plant species tolerate high Al concentrations and, thus, are sources of biomolecules with biotechnological potential to obtain aluminum tolerant plants. The objective of this research was to evaluate the mechanism of Al tolerance in trees/shrubs native species from the Cerrado, aiming to support prospection of genes and biomolecules involved with Al tolerance. To determine the mechanism of Al tolerance, hematoxylin histochemical assays were performed in 31 species. The results showed that 77.4% of the analyzed species have the exclusion mechanism. Among Al excluder species, we report here for the first time the tolerance mechanism of thirteen of them. In addition, in this work, it is described for the first time the Al accumulating tissues of *Pleroma stenocarpum* and *Salvertia convallariodora*. No correlation was observed between the trees and shrubs architecture and the tolerance mechanism, nor was found any phylogenetic correlation, corroborating the literature data where there is no phylogenetic pattern evidence for tolerant species.

**Index terms:** native plants, acidic soils, accumulator plants, excluder plants, hematoxylin

## Introdução

---

O alumínio (Al) é o metal mais abundante da crosta terrestre, sendo encontrado principalmente complexado na forma de silicatos e óxidos de alumínio, que são atóxicos para as plantas (Vitorello et al., 2005). Entretanto, em solos ácidos, o Al torna-se solúvel na forma de cátions  $\text{Al}(\text{OH})^+$ ,  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ ,  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$  que são tóxicos para a grande maioria dos vegetais (Kochian, 1995). Mundialmente, o Al solúvel é um dos principais fatores abióticos limitantes da agricultura (Kochian et al., 2015). No Brasil, dois terços do território é constituído por solos ácidos (Vitorello et al., 2005).

A grande maioria das plantas de interesse agrônômico, quando cultivadas na presença de Al catiônico, apresentam raízes menores e encarquilhadas, deficientes na absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, menos produtivas e mais sujeitas às doenças (Samac; Tesfaye, 2003). Para elevar o pH do solo adiciona-se calcário agrícola, em um processo conhecido como calagem. Porém, a adição do calcário ao solo encarece a lavoura e sua extração causa severos danos ambientais (Martins Neto; Ramalho, 2010). O combustível fóssil utilizado nos equipamentos para extração, o transporte e a incorporação do calcário ao solo produz  $\text{CO}_2$ . Quando o calcário é incorporado ao solo sofre reações químicas, que resultam na produção de mais  $\text{CO}_2$  (West; McBride, 2005). A calagem atinge apenas as camadas superficiais dos solos, levando as plantas a apresentarem um sistema radicular superficial, sujeitas ao acamamento e ao déficit hídrico. No caso das plantas, que possuem sistema radicular profundo, a calagem é pouco eficiente (Kochian et al., 2004).

A tolerância ao Al pode ser agrupada em dois mecanismos: tolerância interna e tolerância externa. A tolerância interna envolve a quelação do Al no citoplasma e em algumas organelas (Haridasan et al., 1986; Andrade et al., 2011a), levando ao acúmulo de Al na raiz e na parte aérea do vegetal. Segundo Haridasan (1982), as espécies denominadas acumuladoras possuem mais de 1.000 mg de Al por kg de matéria seca, enquanto nas espécies excludentes a quantidade de Al nas folhas é menor que 400 mg, quantidade geralmente pouco maior que a encontrada em vegetais nativos de solos não-ácidos. A tolerância externa resulta na exclusão do Al dos tecidos condutores das raízes e, conseqüentemente, de toda a parte aérea

do vegetal. A exclusão do Al acontece por diferentes mecanismos fisiológicos tais como: imobilização do Al na parede celular das células da raiz; bloqueio da sua entrada pela membrana plasmática; exudação de compostos orgânicos (citrato, oxaloacetato e malato) que quelam o Al no solo; e também pelo efluxo do Al das raízes (Ma et al., 1997; Andrade et al., 2011a)

O Cerrado é o segundo maior domínio fitogeográfico do Brasil ocupando cerca de 204,7 milhões de hectares do território nacional. Este bioma apresenta várias fitofisionomias enquadradas em formações florestais, savânicas ou campestres (Ribeiro; Walter, 2008; Sano et al., 2010). O Cerrado denominado sentido restrito é a maior das fitofisionomias savânicas, ocorre em solos ácidos, e se caracteriza por possuir estratos arbóreo e arbustivo-herbáceo diferenciados, sem que as árvores formem dossel contínuo (Ribeiro; Walter, 2008). O bioma Cerrado como um todo possui mais de 12.430 espécies, apenas de Angiospermas, das quais 3.214 (26%) são árvores ou arbustos lenhosos que ocorrem no Cerrado sentido restrito (Mendonça et al., 2008; Flora do Brasil 2020, 2019).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi estudar algumas espécies lenhosas arbóreo-arbustivas, autóctones de uma área de Cerrado sentido restrito, e identificar as espécies acumuladoras e as excludentes de Al. Buscou-se também investigar a associação de algum traço morfológico ao caráter de acumulação ou exclusão do Al, além de analisar as espécies sob a ótica filogenética.

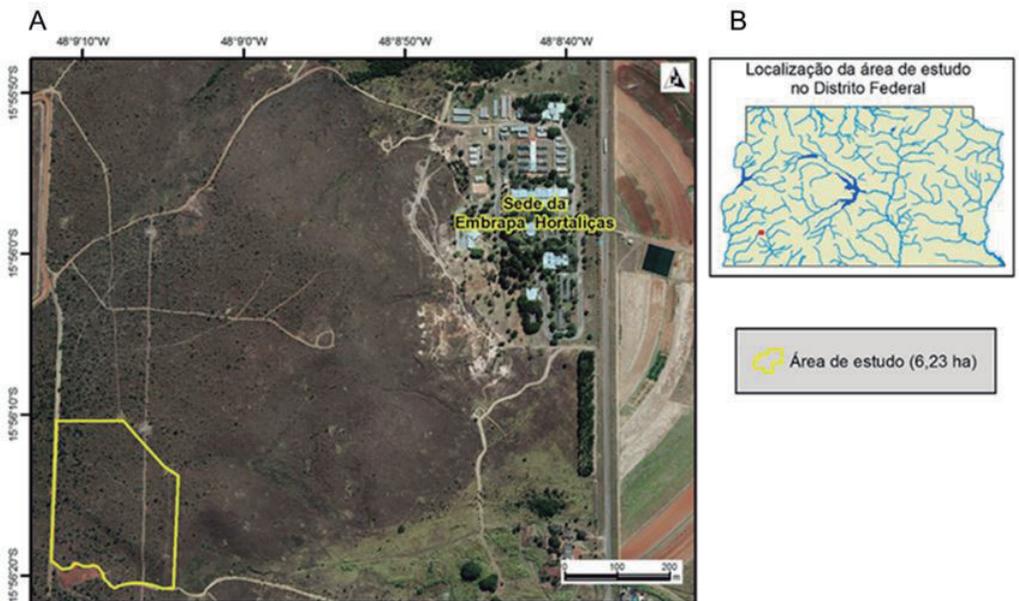
## Material e Métodos

---

### **Demarcação da área de estudo**

Na escolha da área de trabalho foram levados em consideração os seguintes parâmetros: área de Cerrado sentido restrito (Ribeiro; Walter 2008) com espécies vegetais bastante representativas do bioma, sem alterações antrópicas, localizada no Distrito Federal (DF), com acesso autorizado apenas para pesquisa.

A área em questão encontra-se localizada no sudoeste do DF, em uma reserva pertencente à Embrapa Hortaliças e nunca foi submetida à atividade antrópica direta, exceto por uma linha de transmissão elétrica de Furnas, que passa em sua porção oriental. Está localizada entre coordenadas  $15^{\circ}30'1,73''$  e  $16^{\circ}03'1,95''$  de latitude sul e  $48^{\circ}17'8,9''$  e  $47^{\circ}18'30,16''$  de longitude oeste, com área total de 6,23 hectares (Figura 1).



**Figura 1:** Região de estudo na Embrapa Hortaliças, Distrito Federal. A) Vista aérea da área, onde na porção nordeste destacam-se a Sede da Unidade, na faixa leste áreas de plantios agrícolas, a sudoeste, demarcada em amarelo, a área de coleta deste estudo em um trecho contínuo bem preservado de Cerrado. B) Mapa do Distrito Federal mostrando a localização da área demarcada para estudo, ponto vermelho.

## **Seleção das espécies para as análises do mecanismo de tolerância ao Al**

Foram escolhidas trinta e uma espécies perenes nativas da área demarcada, preferencialmente catalogadas como oligárquicas no sentido de Ratter et al. (2003) para as análises quanto aos mecanismos de tolerância ao Al. As espécies estudadas foram: *Bowdichia virgilioides* Kunth, *Brosimum gaudichaudii* Trécul, *Caryocar brasiliense* Cambess., *Connarus suberosus* Planch., *Dimorphandra mollis* Benth., *Diospyros lasiocalyx* (Mart.) B.Walln., *Eriotheca gracilipes* (K.Schum.) A.Robyns, *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil., *Hancornia speciosa* Gomes, *Himatanthus obovatus* (Müll.Arg.) Woodson, *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne, *Kielmeyera coriacea* Mart. & Zucc., *Lafoensia pacari* A.St.-Hil., *Leptolobium dasycarpum* Vogel, *Miconia ferruginata* DC., *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill., *Plathymenia reticulata* Benth., *Pleroma stenocarpum* (Schrank et Mart. ex DC.) Triana, *Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk., *Psidium myrsinoides* O.Berg, *Qualea grandiflora* Mart., *Qualea parviflora* Mart., *Salacia crassifolia* (Mart. ex Schult.) G.Don, *Salvertia convallariodora* A.St.-Hil., *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville, *Styrax ferrugineus* Nees & Mart., *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f ex S.Moore, *Tachigali subvelutina* (Benth.) Oliveira-Filho, *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke, *Vochysia elliptica* Mart. e *Vochysia rufa* Mart.

Para os estudos comparativos entre plantas acumuladoras e excludentes de Al, em campo e também com base em literatura (Silva-Júnior, 2005), foram anotados marcadores morfológicos das árvores e arbustos, ou seja: tipo de tronco, textura da folha, cor da flor e dos frutos. Foram também observados dados filogenéticos.

## **Análise Histoquímica para detecção do Al em cortes microscópicos**

Segmentos foliares de aproximadamente 0,3 x 0,3 cm foram coletados e imediatamente colocados em solução fixadora FAA [formaldeído 37%, ácido acético glacial, álcool etílico a 70% v/v, na proporção 1:1:18] e mantidas à temperatura ambiente por 24h. Em seguida, as amostras foram desidratadas em séries crescentes de etanol (70%, 80%, 90%, 95% v/v) e três vezes etanol 100% por uma hora cada. Gradativamente, o etanol foi substituído por HistoChoice® (Sigma Life Science) e o material infiltrado em Paraplast® (Paraplast X-TRA Tissue Embedding Medium, McCormick

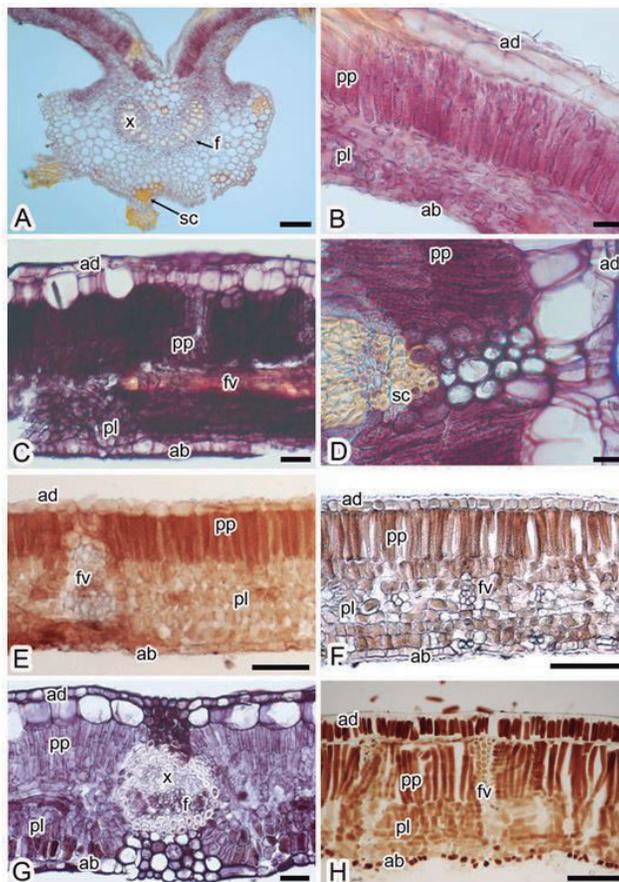
Scientific). Após o emblocamento as amostras foram seccionadas em cortes seriados de aproximadamente 20  $\mu\text{m}$ , utilizando o micrótomo Leica 1512 e esses depositados em lâminas de vidro tratadas com silano e mantidos em uma chapa aquecida a 42 °C por 24 horas. Os cortes foram desparafinados com HistoClear e, em seguida, corados com solução de hematoxilina (hematoxilina a 0,2 % p/v +  $\text{KIO}_3$  a 0,02 % p/v), por 40 minutos e, posteriormente, lavados com etanol a 100%. Após a coloração, as lâminas foram montadas com salicilato de metila, observadas e fotografadas em microscópio Óptico Axiophot Zeiss. Para segmentos foliares que não produziram secções finas de qualidade, foram feitas secções de 100  $\mu\text{m}$  em tecido fixado sem infiltração em parafina, e seguido o mesmo procedimento de coloração.

## Resultados e Discussão

---

Espécies arbóreas/arbustivas nativas do Cerrado preferencialmente oligárquicas no sentido de Ratter et al. (2003), coletadas na área demarcada, foram analisadas por meio de ensaios histoquímicos para detecção do Al. A detecção do Al em tecido vegetal pode ser realizada por análise química quantitativa de alumínio por peso seco de material vegetal (Haridasan, 1982), fluorimetria (Vitorello; Haug, 1997; Chandran et al., 2008), microanálises por raios X (Cuenca et al., 1991; Bressan et al., 2016) e histoquímica com diversos corantes tais como: aluminon, hematoxilina, cromo azurol S (Haridasan et al, 1986, Andrade et al., 2011b, Bressan et al., 2016, respectivamente). Neste trabalho foram realizadas análises histoquímicas com hematoxilina, largamente utilizada para coloração de tecidos vegetais e animais. A hematoxilina na presença do Al cora as células na cor violeta em diferentes intensidades e na ausência do metal o tecido torna-se marrom. Este corante necessita da adição de Al, ou ferro, como mordente, para desenvolver a cor violeta característica (Baker, 1962). O ferro é encontrado nas folhas em quantidade insuficiente para atuar como mordente (Chenery, 1948) e, portanto, não influencia nos resultados. Nas nossas condições experimentais não adicionamos Al na solução de hematoxilina, ou seja, se o tecido vegetal apresentar coloração violeta, após a incubação com hematoxilina, significa que a planta é acumuladora de Al.

Na figura 2 são apresentadas secções de cortes foliares corados com hematoxilina de seis, dentre as 31 espécies estudadas, sendo três acumuladoras (*Pleroma stenocarpum*, *Qualea parviflora* e *Salvertia convallariodora*) e três excludentes (*Plathymentia reticulata*, *Pouteria ramiflora* e *Tachigali subvelutina*), a título de representação do teste histoquímico e com base no ineditismo do resultado. A espécie *Pleroma stenocarpum* (Fig. 2A e B) apresentou a coloração violeta, após o teste com hematoxilina, na epiderme adaxial e epiderme abaxial, nos parênquimas paliçádico e lacunoso e no floema, e não apresentou coloração violeta no xilema e nos tecidos esclerenquimáticos. A indicação dos tecidos acumuladores de Al em *Pleroma stenocarpum* é um resultado inédito. Em *Salvertia convallariodora* (Fig. 2C e D), forte coloração violeta foi observada em quase todos os tecidos, exceto no xilema e tecidos esclerenquimáticos. Este resultado confirma estudo prévio que classificou a espécie como acumuladora com base no método químico analítico (Haridasan, 2008) e acrescenta dados dos tecidos acumuladores. Em *Plathymentia reticulata* (Fig. 2E) e *Pouteria ramiflora* (Fig. 2F), não foi observada coloração violeta em nenhum tecido ou célula, resultado inédito que as incluem na lista das espécies excludentes de Al. Em *Qualea parviflora* (Fig. 2G) foi observada coloração violeta em todos os tecidos exceto no xilema. Este resultado contrasta com o de Haridasan (1982) que, utilizando o corante aluminon, não encontrou Al nos parênquimas paliçádico e lacunoso desta espécie. A mesma discrepância foi observada por Cotta et al. (2008), que estudaram a localização do Al em *Q. grandiflora* com uso de hematoxilina, e sugeriram a incapacidade do aluminon em detectar o Al nesses tecidos. Em *Tachigali subvelutina* (Fig. 2H) não foi detectada coloração violeta em nenhum dos tecidos, como observado por Andrade et al. 2011b, e a espécie foi, portanto, utilizada como controle negativo.



**Figura 2.** Micrografias representativas de secções histológicas de folhas de espécies arbóreas/arbustivas do Cerrado após ensaio histoquímico com hematoxilina para detecção de alumínio. A coloração em tons da cor violeta mostra presença de alumínio em A, B, C, D e G. A-B) *Pleroma stenocarpum*; C-D) *Salvertia convallariodora*; E) *Plathymentia reticulata*; F) *Pouteria ramiflora*; G) *Qualea parviflora*; H) *Tachigali subvelutina*. ad= epiderme adaxial; ab= epiderme abaxial; pp= parênquima paliçádico; pl= parênquima lacunoso; f= floema; x= xilema; sc= esclerênquima; fv= feixes vasculares. Barras: A, F e H = 100  $\mu$ m; B e D= 20  $\mu$ m; C e E= 50  $\mu$ m; G= 40  $\mu$ m.

Na tabela 1 está apresentada a classificação botânica das espécies, dados de morfologia e a classificação do mecanismo de tolerância ao alumínio (excludente ou acumuladora) das espécies avaliadas. Como já referido, os dados morfológicos foram observados em campo e complementados pelas

descrições de Silva-Júnior (2005), e em conceitos adotados por Mendonça et al. (2008), considerando as características das espécies como ocorrem nas populações do Distrito Federal.

Tabela 1. Filogenia, mecanismo de tolerância ao alumínio e características morfológicas (hábito, arquitetura do caule e espessura do ritidoma, consistência das folhas, cor das flores e frutos) das espécies estudadas.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	M	MORFOLOGIA
<b>Ordem Celastrales</b>			
Celastraceae	<i>Salacia crassifolia</i>	E	Árvoreta ou arbusto, caule tortuoso com ritidoma mediano, folhas coriáceas, flores esverdeadas ou amareladas, frutos alaranjados
<b>Ordem Ericales</b>			
Ebenaceae	<i>Diospyros lasiocalyx</i>	E	Árvore, caule tortuoso com ritidoma mediano, folhas cartáceas, flores verdes, frutos de cor marrom.
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i>	E	Árvore, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma espesso, folhas cartáceas, flores branco-esverdeadas, frutos de cor marrom ou verde-escura.
Styracaceae	<i>Styrax ferrugineus</i>	E	Árvore, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma espesso, folhas cartáceas, flores brancas, frutos de cor verde-pálida
<b>Ordem Fabales</b>			
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i>	E	Árvore, caule retilíneo com ritidoma espesso, folhas com folíolos cartáceos, flores de cor roxa ou lilás, frutos de cor castanha ou acinzentada
	<i>Dimorphandra mollis</i>	E	Árvore, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma espesso, folhas com folíolos cartáceos, flores amarelas, frutos de cor marrom
	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	E	Árvore, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma mediano, folhas com folíolos cartáceos, flores brancas, frutos de cor marrom ou castanho-avermelhada.
	<i>Leptolobium dasycarpum</i>	E	Árvore, caule tortuoso com ritidoma mediano, folhas com folíolos cartáceos, flores de cor branca ou creme, frutos de cor amarelada
	<i>Plathymenia reticulata</i>	E	Árvore, caule retilíneo com ritidoma espesso, folhas com folíolos membranáceos, flores brancas, frutos de cor castanha
	<i>Tachigali subvelutina</i>	E	Árvore, caule retilíneo com ritidoma mediano, folhas com folíolos cartáceos, flores amarelo-esverdeadas, frutos de cor castanha
	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	E	Árvore, caule tortuoso com ritidoma espesso, folhas com folíolos cartáceos, flores cremes ou amareladas, frutos de cor marrom
	<i>Vatairea macrocarpa</i>	E	Árvore, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma mediano, folhas com folíolos coriáceos, flores de cor rosa, lilás ou roxa, frutos de cor castanha ou estramínea

FAMÍLIA	ESPÉCIE	M	MORFOLOGIA
<b>Ordem Gentianales</b>			
Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i>	E	Árvore, caule tortuoso com ritidoma mediano, folhas membranáceas, flores brancas, frutos verde-rosados ou rosados
	<i>Himatanthus obovatus</i>	E	Árvore, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma mediano, folhas membranáceas, flores brancas, frutos de cor marrom.
<b>Ordem Lamiales</b>			
Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i>	E	Árvore, caule retilíneo com ritidoma espesso, folhas com folíolos coriáceos, flores amarelas, frutos de cor castanha ou castanho-acinzentada.
<b>Ordem Malpighiales</b>			
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i>	E	Árvore, caule tortuoso com ritidoma espesso, folhas com folíolos cartáceos, flores de cor branca ou creme, frutos de cor verde-amarronzada.
Clusiaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i>	E	Árvore, caule retilíneo com ritidoma espesso, folhas cartáceas, flores de cor branca a rosada, frutos de cor castanha.
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum suberosum</i>	E	Arvoreta ou arbusto, caule tortuoso com ritidoma espesso, folhas cartáceas, flores brancas, frutos de cor vermelha.
Ochnaceae	<i>Ouratea hexasperma</i>	E	Arvoreta ou arbusto, caule tortuoso com ritidoma espesso, folhas coriáceas, flores amarelas, frutos de cor vermelha.
<b>Ordem Malvales</b>			
Malvaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i>	E	Árvore, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma mediano, folhas com folíolos coriáceos, flores de cor branca-amarelada, frutos de cor castanha.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	M	MORFOLOGIA
<b>Ordem Myrtales</b>			
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i>	E	Árvore, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma espesso, folhas com folíolos coriáceos, flores brancas, frutos de cor castanha ou estramínea.
Melastomataceae	<i>Miconia ferruginata</i>	A	Árvore, caule tortuoso com ritidoma espesso, folhas coriáceas, flores brancas, frutos de cor púrpura ou vinácea.
	<i>Pleroma stenocarpum</i>	A	Arvoreta ou arbusto, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma mediano, folhas cartáceas, flores de cor lilás ou roxa, frutos de cor marrom, castanha ou vináceos.
Myrtaceae	<i>Psidium myrsinoides</i>	E	Arvoreta ou arbusto, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma delgado, folhas cartáceas, frutos de cor arroxeada ou roxa-escura.
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i>	A	Árvore, caule tortuoso com ritidoma espesso, folhas coriáceas, flores amarelas, frutos de cor castanha ou estramínea.
	<i>Qualea parviflora</i>	A	Árvore, caule tortuoso com ritidoma espesso, folhas coriáceas, flores de cor violeta ou roxa, frutos de cor castanha ou estramínea.
	<i>Salvertia convallariodora</i>	A	Árvore, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma espesso, folhas coriáceas, flores brancas ou amareladas, frutos de cor marrom ou cinza.
	<i>Vochysia elliptica</i>	A	Árvore, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma espesso, folhas coriáceas, flores amarelas, frutos de cor castanha.
	<i>Vochysia rufa</i>	A	Árvore, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma espesso, folhas coriáceas, flores amarelas, frutos de cor castanha.
<b>Ordem Oxalidales</b>			
Connaraceae	<i>Connarus suberosus</i>	E	Arvoreta ou arbusto, caule tortuoso com ritidoma espesso, folhas coriáceas, flores amarelas, frutos avermelhados ou alaranjados.
<b>Ordem Rosales</b>			
Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i>	E	Árvore, caule retilíneo a tortuoso com ritidoma espesso, folhas cartáceas, flores sem pétalas, com coloração verde-amarelada, frutos alaranjados.

M = mecanismo de tolerância ao alumínio; A= Acumuladora; E= Excludente; Cor dos frutos quando maduros.

As trinta e uma espécies estudadas pertencem a 18 famílias, inseridas em 10 ordens (*sensu* CHASE, 2016). Foram registradas sete

espécies acumuladoras de Al e vinte e quatro espécies excludentes. Na literatura consultada, não foram encontrados relatos quanto ao mecanismo de tolerância ao Al para 13 das espécies classificadas como excludentes de Al (*S. crassifolia*, *D. lasiocalyx*, *P. ramiflora*, *B. virgilioides*, *D. mollis*, *L. dasycarpum*, *P. reticulata*, *H. speciosa*, *H. obovatus*, *T. aurea*, *E. gracilipes*, *P. myrsinoides*, *B. gaudichaudii*) e, portanto, seu mecanismo de tolerância está sendo relatado pela primeira vez. As sete espécies acumuladoras estudadas neste trabalho pertencem à ordem Myrtales, inseridas nas famílias Melastomataceae e Vochysiaceae. É importante mencionar que nem todos os membros da ordem Myrtales são acumuladoras, pois foi classificada como excludente neste estudo *Psidium myrsinoides* (Myrtaceae), assim como a já investigada *Lafoensia pacari* (Lythraceae) (Haridasan, 1982). Se em nível de ordem não houve padrão, nesta amostragem as espécies pertencentes à mesma família seguiram o mesmo mecanismo de tolerância. Entretanto, este dado deve ser visto com cautela, tendo em vista o número baixo de espécies analisadas. Sobre isso, cabe destacar que Chenery (1948) e Jansen et al. (2002), estudando um número maior de espécies, mostraram que em algumas famílias, e ocasionalmente dentro de um mesmo gênero, ocorriam plantas acumuladoras e plantas excludentes de Al. Sendo assim, vínculos filogenéticos isoladamente não podem ser utilizados como parâmetros para indicar o caráter tolerância ao Al.

Quanto à arquitetura das plantas, no conjunto de espécies estudadas, não foram encontrados caracteres que possam ser correlacionados com o tipo de tolerância. Como exemplo, porte alto e tronco essencialmente retilíneo ou ereto das plantas excludentes *P. reticulata* e *T. subvelutina*, também são característicos das acumuladoras, *S. convallariodora* e *V. rufa*. O caule tortuoso com ritidoma espesso, encontrado nas acumuladoras *M. ferruginata* e *Q. grandiflora*, é também característica de *C. brasiliense* e *O. hexasperma*, espécies excludentes. Quanto às flores e frutos a literatura científica mostra que há uma certa correlação entre a coloração violeta e a presença de alumínio. Duas espécies acumuladoras aqui estudadas realmente apresentam flores com coloração violeta ou lilás (*Q. parviflora* e *Pleroma stenocarpum*), embora espécies excludentes como *B. virgilioides* e *V. macrocarpa* também tenham flores com esta coloração. Por outro lado, espécies que possuem flores amarelas (*Q. grandiflora*, *V. elliptica*, *V. rufa*) ou flores brancas (*S. convallariodora* e *M. ferruginata*) são acumuladoras, indicando não haver correlação entre a cor das flores e o acúmulo de Al.

Também foi aqui verificado que a consistência das folhas do tipo coriácea não é encontrada apenas nas espécies acumuladoras, pois espécies excludentes (*S. crassifolia*, *O. hexasperma* e *C. suberosus*) também possuem folhas coriáceas. Frutos maduros de coloração violeta também são atribuídos às espécies acumuladoras. Das sete acumuladoras aqui registradas, duas apresentam esta coloração de frutos maduros (*M. ferruginata* e *P. stenocarpum*), embora as demais cinco apresentem frutos de cor marrom, castanha ou cinza, que também caracterizam várias espécies não acumuladoras (Tabela 1). Sendo assim, o critério cor dos frutos também não distingue as plantas acumuladoras das excludentes de AI, apesar de que, frutos de cor violeta se restringiram às espécies acumuladoras. Assim, com base nestas 31 espécies, não há como identificar plantas excludentes ou acumuladoras por suas características morfológicas de hábito, folhas e partes reprodutivas (flores ou frutos), assim como já se discutiu sobre a filogenia.

Dentre as plantas estudadas 77,4% apresentaram resistência por exclusão do alumínio, ao passo que 22,6% são espécies acumuladoras. Haridasan (1982) e Haridasan; Araújo (1988), estudando as espécies do Cerrado em solos distróficos, encontraram 73,3% e 82,7% de espécies excludentes, respectivamente. Neste último artigo os autores registraram que, embora o número de espécies acumuladoras seja baixo (acumuladoras possuem baixa riqueza), sob a ótica dos trechos de Cerrado a importância fitossociológica das espécies, o que inclui a densidade dessas espécies, é maior do que a importância das espécies excludentes (que possuem alta riqueza), indicando que as espécies acumuladoras teriam vantagens adaptativas ao ambiente. Essa afirmação não pôde ser diretamente corroborada por falta de um estudo fitossociológico na área. Visualmente, na área de estudo muitas das espécies excludentes, como *P. reticulata* e *T. subvelutina*, ocorrem com grande número de indivíduos, que parecem compatíveis com os números de espécies acumuladoras, como *Qualea* e *Vochysia*. Sendo assim, preconiza-se fazer um estudo fitossociológico naquela área, para dirimir dúvidas sobre a densidade, frequência e importância das espécies arbóreas naquela comunidade.

Com base nos resultados deste estudo e dados levantados da literatura apresentamos uma síntese dos métodos utilizados para classificação das espécies de plantas acumuladoras e excludentes estudadas, e as referências dos trabalhos pioneiros (Tabelas 2 e 3). Nas tabelas 2 e 3 a coluna "Método" refere-se ao método com o qual foram feitas as análises da espécie ou seja: "analítico" quando é realizada a quantificação química do AI no tecido

foliar em ppm (mg/kg de peso seco), entre parênteses está a quantidade de Al encontrada; “histoquímico”, quando realizado em cortes anatômicos de folhas tratados com diferentes corantes que reagem com alumínio. Na coluna “Referência” cita-se o trabalho pioneiro, o primeiro, do nosso conhecimento, que relata o mecanismo de tolerância ao Al, ou o primeiro a descrever os tecidos acumuladores da espécie em questão. É importante notar que a classificação baseada no resultado das análises histoquímicas para a detecção de Al realizadas neste trabalho, para as quais o mecanismo de tolerância ao alumínio já havia sido reportado, foram coerentes, mesmo quando o método utilizado foi diferente.

Tabela 2. Síntese das espécies acumuladoras de alumínio, nativas da área de coleta, correlacionadas com o método pioneiro para detecção de Alumínio.

ESPÉCIE	NOME VULGAR	MÉTODO UTILIZADO	REFERÊNCIA
<i>Miconia ferruginata</i>	pixirica, lacre, jacatirão-ferrugem	Analítico (4.310 ppm) Histoquímico	Haridasan, 1982 Haridasan et al., 1986
<i>Pleroma stenocarpum</i>	quaresmeirinha	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Qualea grandiflora</i>	pau-terra-grande, pau-terra-de-folha-larga, pau-terrão	Analítico (5.160 ppm) Histoquímico	Haridasan, 1982 Haridasan et al., 1986
<i>Qualea parviflora</i>	pau-terra-roxo, pau-terra-de-folha-miúda, pau-terrinha	Analítico (10.640 ppm) Histoquímico	Haridasan, 1982 Haridasan et al., 1986
<i>Salvertia convallariodora</i>	chapéu-de-couro, colher-de-vaqueiro	Analítico (28.400 ppm) Histoquímico	Haridasan, 2008 Presente trabalho
<i>Vochysia elliptica</i>	pau-doce	Analítico (11.440 ppm) Histoquímico/Aluminon	Haridasan, 1982 Haridasan et al., 1986
<i>Vochysia rufa</i>	pau-doce	Histoquímico/Aluminon	Haridasan et al., 1986

“Método” o método que foi utilizado para classificação; “Referência” citação do primeiro trabalho que reportou a informação.

Tabela 3. Síntese das espécies excludentes de alumínio, nativas da área de coleta, correlacionadas com o método pioneiro para detecção de Alumínio.

ESPÉCIE	NOME VULGAR	MÉTODO UTILIZADO	REFERÊNCIA
<i>Bowdichia virgilioides</i>	sucupira-preta, sicupira, sicupira-do-cerrado	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Brosimum gaudichaudii</i>	mama-cadela, mamacadela	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Caryocar brasiliense</i>	pequi, piqui	Análítico (330 ppm) Histoquímico	Haridasan, 1982 Presente trabalho
<i>Connarus suberosus</i>	araruta-do-campo, cabelo-de-negro	Análítico (80 ppm) Histoquímico	Haridasan & Araújo, 1988 Presente trabalho
<i>Dimorphandra mollis</i>	faveira-do-campo, faveira	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Diospyros lasiocalyx</i>	olho-de-boi, caquizeiro-do-cerrado	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Eriotheca gracilipes</i>	paineira-do-cerrado, paineira	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Erythoxylum suberosum</i>	cabelo-de-negro, muxiba-do-cerrado	Análítico (170 ppm) Histoquímico	Haridasan, 1982 Presente trabalho
<i>Hancornia speciosa</i>	mangaba, mangabeira	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Himatanthus obovatus</i>	pau-de-leite, tiborna-do-cerrado	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	jatobá-do-cerrado, jatobá	Análítico (38mg/kg) Histoquímico	Haridasan & Araújo, 1988 Presente trabalho
<i>Kielmeyera coriacea</i>	pau-santo, boizinho	Análítico (240ppm) Histoquímico	Haridasan, 1982 Presente trabalho
<i>Lafoensia pacari</i>	pacari, dedaleiro	Análítico (320 ppm) Histoquímico	Haridasan, 1982 Presente trabalho
<i>Leptolobium dasycarpum</i>	amargosinha	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Ouratea hexasperma</i>	vassoura-de-bruxa	Análítico (60 ppm) Histoquímico	Medeiros & Haridasan, 1985 Presente trabalho
<i>Plathymenia reticulata</i>	vinhático-do-campo	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Pouteria ramiflora</i>	curriola, figo-do-cerrado	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Psidium myrsinoides</i>	araçá	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Salacia crassifolia</i>	bacupari, bacupari-do-cerrado	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	barbatimão	Análítico (traços) Histoquímico	Haridasan & Araújo, 1988 Presente trabalho
<i>Styrax ferrugineus</i>	laranjinha-do-cerrado	Histoquímico	Bressan et al., 2016
<i>Tabebuia aurea</i>	caraiiba, ipê-caraiiba	Histoquímico	Presente trabalho
<i>Tachigali subvelutina</i>	carvoeiro	Análítico (80 ppm) Histoquímico	Haridasan & Araújo, 1988 Andrade et al., 2011b
<i>Vatairea macrocarpa</i>	amargosa	Análítico (80 ppm) Histoquímico	Haridasan & Araújo, 1988 Presente trabalho

## Considerações finais

---

1. Dentre as plantas estudadas 77,4% apresentaram resistência por exclusão do alumínio, ao passo que 22,6% são espécies acumuladoras.

2. Das 31 espécies arbóreo-arbustivas analisadas, pelo método histoquímico, 13 foram reportadas pela primeira vez como excludentes de Al.

3. As espécies *P. stenocarpum* e *S. convallariodora*, de modo inédito, mostraram acúmulo de alumínio na epiderme adaxial e abaxial, parênquimas paliçádico e lacunoso e floema.

4. Os vínculos filogenéticos isoladamente não podem ser utilizados como parâmetros para indicar o caráter tolerância ao Al, como também não há como identificar plantas excludentes ou acumuladoras por suas características morfológicas de hábito, folhas e partes reprodutivas (cor de flores ou frutos).

5. A área de estudo tem potencial para fornecer material vegetal para realização de estudos de prospecção de genes e biomoléculas relacionados à tolerância ao Al, e para outras pesquisas que utilizem plantas nativas do Cerrado.

## Agradecimentos

---

Ao João Benedito Pereira, Ismael da Silva Gomes e Renan Augusto Miranda Matias pela preciosa ajuda na coleta de material do campo. À Rhaila da Silva Rodrigues Viana por auxiliar na revisão da literatura e Inaê Mariê de Araújo Silva Cardoso pela discussão dos tecidos das secções histológicas. À Fundação de apoio à pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) pelo apoio financeiro, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por uma bolsa PIBIC.

## Referência Bibliográfica

---

ANDRADE, L. R. M. de; IKEDA, M.; AMARAL L. I. V. do; ISHIZUKA, J. Organic acid metabolism and root excretion of malate in wheat cultivars under aluminium stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, n. 1, p. 55–60, 2011a. doi: 10.1016/j.plaphy.2010.09.023

ANDRADE, L. R. M.; BARROS, L. M. G.; ECHEVARRIA, G. F.; AMARAL, L. I. V. do; COTTA, M. G.; ROSSATTO, D. R.; HARIDASAN, M.; FRANCO, A. C. Al hyperaccumulator Vochysiaceae from the Brazilian Cerrado store aluminum in their chloroplasts without apparent damage. **Environmental and Experimental Botany**, v. 70, p. 37-42, 2011b. doi: 10.1016/j.envexpbot.2010.05.013

CHASE, M. W.; CHRISTENHUSZ, M. J. M.; FAY, M. F.; BYNG, J. W.; JUDD, W. S.; SOLTIS, D. E. D.; MABBERLEY, J. A.; SENNIKOV, N.; SOLTIS, P. S.; STEVENS, P. F. (The Angiosperm Phylogeny Group). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016.

BAKER, J. R. Experiments on the action of mordants 2. Aluminium-haematein. **Journal of Cell Science**, v. 103, p. 493–517, 1962.

BRESSAN, A. C. G.; COAN, A. I.; HABERMANN, G. X-ray spectra in SEM and staining with chrome azurol S show Al deposits in leaf tissues of Al-accumulating and non-accumulating plants from the cerrado. **Plant Soil**, v. 404, p. 293–306, 2016. doi: 10.1007/s11104-016-2841-1

CHANDRAN, D.; SHAROPOVA, N.; VANDENBOSCH, K. A.; GARVIN, D. F.; SAMAC, D. A. Physiological and molecular characterization of aluminum resistance in *Medicago truncatula*. **BMC Plant Biology**, v. 8, p. 89, 2008. doi: 1471-2229-8-89 [pii] 10.1186/1471-2229-8-89 [doi]

CHENERY, E. M. Aluminium in the plant world. Part I, General survey in dicotyledons. **Kew Bulletin**, v. 3. p.173–183, 1948.

COTTA, M. G.; DE ANDRADE, L. R. M.; GEEST, J. V. D.; GOMES, A. C. M. M.; ALMEIDA, J. D.; BARROS, L. M. G. Diferenças entre hematoxilina e aluminon na detecção de alumínio em tecidos foliares de plantas nativas do Cerrado. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. Disponível em: <[http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio\\_pc210/trabalhos\\_pdf/00724\\_trab1\\_ap.pdf](http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio_pc210/trabalhos_pdf/00724_trab1_ap.pdf)>. Acesso em: 13 maio de 2019.

CUENCA, G.; HERRERA, R.; MÉRIDA, T. 1991. Distribution of aluminium in accumulator plants by X-ray microanalysis in *Richeria grandis* Vahl leaves from a cloud forest in Venezuela. **Plant, Cell & Environment**, v. 14, p. 437–441, 1991.

FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 10 Out. 2019.

HARIDASAN, M. Aluminium accumulation by some Cerrado native species of central Brazil. **Plant Soil**, v. 65, p. 265–273, 1982. doi: 10.1007/bf02374657

HARIDASAN, M.; ARAÚJO, G. M. Aluminium-accumulating species in two forest communities in the cerrado region of central Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 24, p. 15–26, 1988. doi: 10.1016/0378-1127(88)90021-7

HARIDASAN, M.; PAVIANI, T. I.; SCHIAVINI, I. Localization of aluminum in the leaves of some aluminum-accumulating species. **Plant Soil**, v. 94, p. 435–437, 1986. doi: 10.1007/bf02374336

HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, p. 183–195, 2008.

JANSEN, S.; WATANABE, T.; SMETS, E. Aluminium Accumulation in Leaves of 127 Species in Melastomataceae, with Comments on the Order Myrtales. **Annals of Botany**, v. 90, p. 53–64, 2002. doi: 10.1093/aob/mcf142

KOCHIAN, L. V. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 46, p. 237–60, 1995.

KOCHIAN, L. V.; HOEKENGA, O. A.; PINEROS, M. A. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 459–493, 2004. doi: 10.1146/annurev.arplant.55.031903.141655

KOCHIAN, L. V.; PIÑEROS, M.; LIU, J.; MAGALHAES, J. V. Plant Adaptation to Acid Soils: the molecular basis for crop aluminum resistance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 111, p. 1–28, 2015. doi:10.1146

MA, J. F.; ZHENG, S. J.; MATSUMOTO, H. Specific secretion of citric acid induced by Al stress in *Cassia tora* L. **Plant and Cell Physiology**, v. 38, p. 1019–1025, 1997.

MARTINS NETO, R. G.; RAMALHO, J. S. A evolução do impacto ambiental acarretado pela extração de calcário, tendo como exemplo a mineração Paternal-Partezani, no estado de São Paulo. **CES Revista**, v. 24, p. 31–42, 2010.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA-JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; FAGG, C. W. Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 2. p. 421-1279.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J.F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p.151-212.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the brazilian cerrado vegetation iii: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, p. 57-109, 2003.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. (2010) Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.166, p.113–124, 2010.

SAMAC, D. A.; TESFAYE, M. Plant improvement for tolerance to aluminum in acid soils - a review. **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, v. 75, p. 189-207, 2003.

SILVA-JÚNIOR, M. C. 100 árvores do cerrado: guia de campo. Brasília, DF: **Rede de Sementes do Cerrado, 2005**. 278 p. il.

VITORELLO, V. A.; CAPALDI, F. R.; STEFANUTO, V. A. Recent advances in aluminum toxicity and resistance in higher plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, p. 129-43, 2005.

VITORELLO, V. A.; HAUG, A. (1997) An aluminum-morin fluorescence assay for the visualization and determination of aluminum in cultured cells of *Nicotiana tabacum* L cv BY-2. **Plant Science**, v. 122, p. 35–42, 1997. doi: 10.1016/s0168-9452(96)04546-3

WEST, T. O.; McBride, A. C. The contribution of agricultural lime to carbon dioxide emissions in the United States: dissolution, transport, and net emissions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 108, v. 2, p. 145-154, 2005.



---

*Recursos Genéticos e  
Biotecnologia*



CGPE: 15758