NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS NATIVAS DO CERRADO[1]

M. HARIDASAN[2]

Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília

INTRODUÇÃO

Esta apresentação inclui uma breve revisão das informações disponíveis no momento sobre alguns aspectos de nutrição mineral de plantas nativas do cerrado, baseada principalmente nas pesquisas nos últimos vinte anos. Estão abordadas a questão de deficiência nutricional dos ecossistemas do cerrado e a questão de acumulação de alumínio em plantas nativas do cerrado, áreas da minha pesquisa. Não tentei incluir uma revisão completa dos trabalhos clássicos anteriores a 80. Tenho certeza de que muitos trabalhos, especialmente das pesquisas de alunos de pós-graduação, ainda não publicados em revistas técnicas, e que estão disponíveis só nas dissertações ou teses nas universidades onde foram realizadas as pesquisas, poderiam enriquecer esta discussão.

Deficiência de nutrientes no cerrado *sensu stricto*

Várias formas fisionômicas de vegetação nativa ocorrem no Planalto Central brasileiro: cerradão, cerrado *sensu stricto*, campo sujo, campo limpo, mata de galeria e matas decíduas. Fatores edáficos como profundidade efetiva, presença de concreções no perfil, proximidade à superfície do lençol freático, drenagem e fertilidade são fatores determinantes dessas fitofisionomias. Além das variações na fisionomia, ocorrem variações na composição florística, fitossociologia e produtividade desses ecossistemas naturais, devido às variações na fertilidade e nas características físicas dos solos.

As diferentes hipóteses clássicas sobre deficiência nutricional nos ecossistemas do cerrado foram baseadas no fato de que os solos nativos apresentam baixa fertilidade, conforme critérios utilizados geralmente na agronomia (Lopes e Cox, 1977). De modo geral, a maioria dos solos sob cerrado *sensu stricto* ou cerradão foram (não existem as formas originais em muitos locais!) latossolos distróficos com alta saturação de Al (Tabela 1). Os trabalhos clássicos de Alvim e Araújo (1952), Arens (1958) e Goodland (1971) salientam os aspectos negativos de baixa fertilidade e alta saturação de alumínio desses solos e sua relação ao escleromorfismo das espécies nativas.

A baixa fertilidade dos solos do cerrado está refletida nas baixas concentrações de nutrientes nas folhas das espécies nativas em comunidades associadas aos solos distróficos (Haridasan, 1987, 1992, Araújo e Haridasan, 1988). Nos locais onde ocorre uma maior fertilidade, as conseqüências são as diferenças na composição florística, densidade e dominância relativa das espécies e maior concentrações de nutrientes nas folhas. Há espécies que ocorrem somente em solos ácidos, outras são restritas aos solos calcários e outras indiferentes quanto à fertilidade do solo (Ratter *et al.*, 1977, 1978).

A melhor maneira, entretanto, para demonstrar a deficiência de nutrientes nos ecossistemas do cerrado é através de uma comparação de sua biomassa e estoque de nutrientes com outros ecossistemas nativos (Tabelas 2 e 3). A diferença com relação a uma floresta temperada em solo calcário (Tabela 3) é bem maior do que as diferenças com relação às matas amazônicas (Tabela 2). Até uma floresta secundária de dez anos, em um solo pobre, apresenta uma biomassa aérea seis vezes maior do

1. Mini curso administrado durante o VII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, em 20 de julho de 1999 em Brasília
2. Professor do Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Caixa Postal 04431, 70 919-970, Brasília, DF.
E-mail: hari@unb.br

que a do cerrado, com quase dez vezes de estoque de Ca e 8,8 vezes de Mg. Uma das características da vegetação do cerrado é a alta proporção de biomassa subterrânea em relação à biomassa aérea (Tabela 4). É importante salientar que uma grande proporção de N, Ca e Mg está armazenada nos troncos (Tabela 5). Esses estoques são muito importantes na recuperação de ecossistemas durante sucessão secundária ou aproveitamento em plantios florestais ou sistemas agrossilvipastoris (Artigos em Jordan, 1987). Esses estoques podem ser aproveitados em mais de um ciclo de reflorestamento (p. 76-99, Jordan, 1987). No caso de cerrados, o estoque de nutrientes na biomassa aérea não apresenta nenhuma possibilidade dessa magnitude.

Além do estrato arbóreo, o componente mais importante do cerrado *sensu stricto*, é a camada rasteira, que inclui principalmente gramíneas. A produtividade desse componente também é limitado por deficiência de nutrientes e de água na época seca (Vilela e Haridasan, 1994). O estoque de nutrientes na biomassa viva desse componente de um cerrado em Latosssolo Vermelho Distrófico está apresentado na Tabela 6. Batmanian e Haridasan (1985) estimaram a produção primária do estrato rasteira de um cerrado *sensu stricto* em 3,27 mg ha^{-1}, e a contribuição das gramíneas sendo de 68-78%. Admitindo uma possibilidade de ainda maior produtividade, as quantidades de nutrientes estocadas na camada rasteira são praticamente insignificantes em comparação com as necessidades da agricultura. Assim, é evidente que as gramíneas e outras espécies herbáceas do cerrado são adaptadas à baixa fertilidade dos solos. Entretanto, isso não significa que elas não são capazes de responder a uma maior disponibilidade de nutrientes (Vilela e Haridasan, 1994).

TABELA 1 - Comparação das propriedades químicas de dois latossolos no Distrito Federal, sob vegetação nativa de cerradão e cerrado *sensu stricto* (Haridasan, 1987).

Horizonte	pH em água	pH em KCl	Carbono orgânico	N	P	Cátions trocáveis			
						Ca	Mg	K	Al
			(%)	(%)	(mg Kg^{-1})	(cmol(+) Kg^{-1} solo)			
Cerradão									
A_1	4,7	4,2	2,07	0,153	tr	0,030	0,050	0,087	0,61
A_2	5,0	4,3	1,84	0,127	tr	0,010	0,050	0,069	0,47
B_1	5,3	4,6	1,18	0,076	tr	0,005	0,025	0,003	0,14
B_2	5,3	5,0	0,88	0,051	tr	0,005	0,025	0,020	0,06
Cerrado									
A1	4,9	4,0	3,33	0,231	tr	0,150	0,133	0,164	1,20
A2	5,0	4,2	1,84	0,154	tr	0,025	0,040	0,079	0,50
B1	5,2	4,6	1,11	0,077	tr	0,010	0,017	0,028	0,14
B2	5,3	5,3	0,74	0,051	tr	0,005	0,017	0,015	0,06

TABELA 2 - Biomassa aérea de árvores e seu conteúdo de nutrientes em um cerrado em Brasília (Silva, 1990), duas florestas amazônicas em Ilha de Marchantaria (Klinge *et al.*, 1995) e uma floresta secundária de 10 anos em Manaus (Rudani *et al.*, 1994).

Vegetação	Cerrado *sensu stricto*	Floresta Amazônica 1	Floresta Amazônica 2	Floresta secundária (10 anos)
Biomassa (mg ha^{-1})	21,4	97,5	254,6	129
Área basal (m^2 ha^{-1})	9,9	38,2	95,7	-
Nutrientes (Kg ha^{-1})				
N	-	387,1	17,0	576
P	4,9	31,5	67,1	17
K	30,5	665,6	1806,2	-
Ca	24,9	805,8	2988,2	248
Mg	12,0	163,0	341,7	105

TABELA 3 - Comparação de reservas de nutrientes na biomassa aérea do estrato arbóreo e no solo de uma floresta decídua (oak-hickory forest) de Illinois, EUA (Rolf *et al*., 1978) e de um cerrado *sensu stricto* no Distrito Federal (Silva, 1990).

	Reserva (Kg ha^{-1})	
	Biomassa aérea	Solo (0-60 cm)
Floresta decídua (oak-hickory forest)em Illinois, EUA (Rolf *et al*., 1978).		
Biomassa aérea 385 mg ha^{-1}		
N	478	6800
P	29	160
K	310	880
Ca	1603	4440
Mg	105	1250
Cerrado *sensu stricto* em Brasília (Silva, 1990)		
Biomassa aérea 21 mg ha^{-1}		
P	5	<1
K	31	126
Ca	25	36
Mg	12	26

TABELA 4 - Comparação de compartilhamento de biomassa em ecossistemas de florestas tropicais úmidas e em cerrado.

	Biomassa (mg ha^{-1})					
	Caule	Folhas	Andar inferior	Sera-pilheira	Raízes	Total
Floresta primária, Rio Sabana – Panamá (Golley *et al*., 1978)	252	7,3	3,9	6,2	13	282
Floresta primária, Rio Gara – Panamá (Golley *et al*., 1978)	355	11,3	1,7	2,9	10	380
Floresta secundária, Congo (Greenland e Kowal, 1960)	116	6,5	-	5,6	31	159
Floresta secundária, Manaus (Rugani *et al.*, 1997)	106	12,2	1,2	15,5	14,2	129
Cerrado, Brasília (Abdala *et al*., 1998)	24,7	1,2	8,7**?**	5,2	41,1	80,9

TABELA 5 - Comparação do conteúdo de nutrientes em diferentes compartimentos de biomassa em uma floresta secundária de terra firme em Manaus (Rugani *et al.*, 1997) e uma floresta tropical úmida primária no Panamá (Golley *et al*., 1978).

	Nutrientes (Kg ha^{-1})			
	N	P	Ca	Mg
		Tronco		
Floresta secundária	453	10	192	61
Floresta primária	4981	178	3843	356
		Folhas		
Floresta secundária	123	7	56	44
Floresta primária	167	26	253	32
		Raízes		
Floresta secundária	59	2	61	-
Floresta primária	137	10	145	21

TABELA 6 - Biomassa aérea e conteúdo de nutrientes da camada rasteira de um cerrado *sensu stricto* em Brasília (Villela e Haridasan 1994)

	Gramíneas	Outras	Total
Biomassa (Kg ha^{-1})	778	663	1441
Nutrientes (Kg ha^{-1})			
P	0,412	0,351	0,763
K	4,505	3,567	8,072
Ca	1,439	4,210	5,649
Mg	0,848	1,140	1,988

TABELA 7 - Produção de serapilheira e seu conteúdo de nutrientes em cerrado e cerradão.

Vegetação nativa	Produção	N	P	K	Ca	Mg
	(mg ha^{-1} ano^{-1})			(Kg ha^{-1})		
Cerrado						
Peres *et al.*, (1983)	2,1	17,85	1,26	3,36	6,72	2,52
Schiavini (1984)	2,4	-	0,72	4,80	3,60	2,88
Delitti (1984)	3,2	42,88	1,92	7,04	20,48	5,44
Cerradão						
Peres *et al.*, (1983)	7,8	63,96	4,68	12,48	26,52	10.92

Calagem e adubação podem aumentar as concentração de nutrientes na biomassa da camada rasteira e aumentar a produtividade (Haridasan *et al.*, 1997). As quantidades de nutrientes que podem ser recicladas durante as queimadas de biomassa da camada rasteira portanto, não são muito altas (Castro, 1995, Kauffman *et al.*, 1994), e a capacidade de restabelecimento da camada rasteira, após essa queimada, deve estar relacionada aos baixos requisitos nutricionais das espécies nativas.

Uma evidência indireta da pobreza dos ecossistemas do cerrado está na baixa produção de serapilheira ao longo do ano. As estimativas de produção de serapilheira no cerrado variam de 2 a 3 mg h^{-1} ano^{-1} (Tabela 7). As estimativas para um cerradão é maior (7,8 mg h^{-1} ano^{-1}). Assim, os fluxos de nutrientes durante a reciclagem de biomassa aérea são bem menores no cerrado e aponta para a necessidade de uma maior longevidade das folhas, para diminuir os custos de investimentos na produção de biomassa.

Cerrados em solos mesotróficos

Raramente, os cerrados ocorrem em solos com altos teores de cálcio e magnésio. Nesses casos, as espécies nativas apresentam teores maiores desses nutrientes (Haridasan, 1987, 1992). Não conhecemos todas as limitações que atuam sobre o crescimento das árvores nessas áreas. A composição florística e a fitossociologia variam entre cerrados em solos distróficos e mesotróficos.

Comparação com os cerradões

Investigamos as diferenças nas concentrações de nutrientes foliares entre cerrado e cerradões em solos distróficos e mesotróficos. Como é caso dos cerrados, ocorrem diferenças entre comunidades de cerradões em solos distróficos e mesotróficos. Entretanto, não constatamos diferenças significativas entre cerrados e cerradões nas mesmas condições de fertilidade do solo. Isso leva à conclusão de que cerradões em solos distróficos se estabeleceram quando os solos ainda poderiam fornecer nutrientes em quantidades maiores para estabelecimento de uma biomassa maior (Haridasan, 1992). Vários autores acreditam que cerrados, uma vez protegidos contra fogo, podem ser transformados em cerradões. Isso não parece provável por dois motivos:

1. A reserva de nutrientes na biomassa e no solo de um cerrado não é suficiente para desenvolvimento de uma biomassa maior de árvores.
2. A composição florística dos cerradões é geralmente diferente dos cerrados. As espécies exclusivas do cerradão podem requerer uma maior disponibilidade de nutrientes para estabelecimento.

Comparação com as matas de galeria

Uma comparação do estado nutricional entre as espécies nativas do cerrado e as espécies das matas de galeria da região também aponta a deficiência nutricional, no caso de cerrado (Nogueira e Haridasan, 1997). Matas de galeria do Planalto Central também ocorrem em solos mesotróficos e distróficos e existem diferenças entre essas nas concentrações foliares de nutrientes. Essas diferenças estão refletidas também na qualidade de serapilheira (Tabela 8). Entretanto, atribuímos às altas concentrações de nutrientes nas matas de galeria em comparação com os cerrados na redondezas a acumulação de nutrientes nessas matas através de lixiviação e transporte durante a formação de paisagem e desenvolvimento de solos e vegetação no passado.

Resposta de um cerrado a uma maior disponibilidade de nutrientes

A questão de deficiência de nutrientes no cerrado e a adaptabilidade das espécies nativas aos solos de baixa fertilidade devem ser resolvidas através de comprovação da capacidade de espécies individuais em responder a uma maior disponibilidade de nutrientes, bem como da constatação das alterações que podem ser provocadas num cerrado em solo distrófico em condições naturais. Nesse sentido, iniciamos alguns estudos nos últimos anos (Bruford, 1993: Haridasan *et al*., 1997; Moraes, 1994; Villela e Haridasan, 1994).

Os resultados até agora indicam que a maioria das espécies nativas do cerrado é capaz de responder à calagem e adubação. Entretanto, há diferenças entre as espécies nas respostas aos nutrientes individuais. A biomassa da camada rasteira, bem como o seu estoque de nutrientes aumentaram nos anos iniciais após a calagem e a adubação. (Villela e Haridasan, 1994; Haridasan *et al*., 1997). Entretanto, ainda não foi possível quantificar o aumento de crescimento das árvores ou caracterizar todas as mudanças provocadas pela calagem e adubação. Essas mudanças nas parcelas do nosso experimento no Plano Piloto em Brasília em um Latossolo Vermelho Escuro incluem:

- um maior crescimento das espécies arbóreas, provocando maior sombreamento e conseqüente diminuição de biomassa da camada rasteira, alguns anos após a calagem e adubação.
- aumento na população de cipós e sua biomassa;
- invasão e estabelecimento de espécies arbóreas não nativas do cerrado original, com taxa de crescimento bem maior do que as do cerrado;
- diferenças na taxa de crescimento das árvores e arbustos nativos;
- aparente aumento na produção de serapilheira.

TABELA 8 – Disponibilidade[1] de nutrientes na camada de serapilheira e na camada superficial do solo em três matas de galeria na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal (Haridasan, 1998).

Nutriente		Mata de Taquara	Mata de Olho d'água de Onça	Mata de Gama
		(mg Kg^{-1} de solo ou de serrapilheira seca)		
P	Serapilheira	1,80	5,11	1,52
	Solo	0,24	0,29	0,20
K	Serapilheira	52,7	77,8	106,9
	Solo	3,9	9,0	10,6
Ca	Serapilheira	89,6	20,0	33,2
	Solo	238,6	1,1	5,7
Mg	Serapilheira	106,9	140,9	119,1
	Solo	8,5	1,1	9,3

[1]Foi utilizado KCl, 1*M* para extração de Ca e Mg, e solução Mehlich I para P e K de solo e de serrapilheira em decomposição na superfície do solo.

Estamos ainda investigando diferentes aspectos dessa resposta de um cerrado à adubação e crescimento. Estudos com várias espécies nativas em casas-de-vegetação também estão em andamento.

Acumulação de alumínio em plantas nativas do cerrado

Foi Goodland (1971) quem levantou pela primeira vez a questão de acumulação de alumínio em plantas nativas do cerrado. O autor sugeriu que o escleromorfismo das plantas nativas do cerrado poderia ser devido à toxicidade de alumínio, uma vez que os sintomas de toxicidade de alumínio são semelhantes aos de deficiência de nutrientes essenciais. Baseados em trabalhos anteriores de Hutchinson (1943), Chenery (1948 a, b) e Webb (1954), que identificaram várias plantas acumuladoras de alumínio na Austrália e outras regiões do mundo, Goodland sugeriu que as plantas das famílias Vochysiaceae e Melastomataceae do cerrado poderiam ser acumuladoras de alumínio. Goodland e Pollard (1978) apresentaram um trabalho posterior no Congresso Latino-Americano de Botânica em Brasília, concluindo que as concentrações foliares de nutrientes essenciais são mais baixas em plantas acumuladoras de alumínio do que em plantas não acumuladoras.

Em nosso primeiro trabalho (Haridasan, 1982), apresentamos dados de concentração foliar de Al e de nutrientes essenciais em todas as espécies arbóreas e arbustivas de uma área de 50 x 10 m de um cerrado *sensu stricto* na Fazenda Água Limpa, comprovando, ao contrário das observações do Goodland e Pollard, que as altas concentrações de Al nas acumuladoras não estão associadas às baixas concentrações foliares de nutrientes essenciais. As acumuladoras pertenciam às famílias Vochysiaceae, (*Qualea grandiflora, Q. parviflora, Q. multiflora, Vochysia thyrsoidea, V.*

elliptica) Melastomataceae (*Miconia ferruginata*, *M. pohliana*) e Rubiaceae (*Palicourea rigida*).

As espécies acumuladoras de alumínio apresentam altos valores de Índice de Valor de Importância (IVI) nas comunidades nativas em solos distróficos, talvez devido a uma vantagem competitiva. Por exemplo, na Fazenda Água Limpa, apenas 5 das 38 espécies arbóreas na área de estudo foram acumuladoras, mas representavam 30% do total de IVI de toda a comunidade. Porém, as acumuladoras não estão restritas aos solos distróficos. *Callisthene fasciculata* (Vochysiaceae) é uma planta acumuladora geralmente restrita aos solos mesotróficos (Haridasan e Araújo, 1987). Algumas acumuladoras são restritas aos solos distróficos; outras são indiferentes quanto à fertilidade do solo. A ocorrência de uma formação dominada por uma única espécie acumuladora de Al, *Vochysia divergens*, também foi relatada por Nascimento e Cunha (1989) no Pantanal mato-grossense.

Um outro fato surpreendente que surgiu dos nossos estudos foi a constatação de que os altos teores de cálcio nos solos mesotróficos não diminuíram as concentrações foliares de Al em acumuladoras, como *Qualea grandiflora*, em comparação com as observadas em solos distróficos (Haridasan, 1987). Também, a calagem dos solos distróficos não diminuíu as concentrações foliares de Al em plantas acumuladoras.

Estudando a resposta de *Vochysia thyrsoidea* em solução nutritiva, e em solos ácidos e calcários, Machado (1985) demonstrou que essa espécie não cresce na ausência de Al nem em solos calcários. Mudas crescendo em solos calcários apresentaram clorose e necrose foliar, sem nenhum crescimento. Transplantadas para solos ácidos, recuperaram as folhas necróticas e retomaram o crescimento. A única diferença constatada quanto à análise foliar foi as altas concentrações de Al nas mudas transplantadas para os solos ácidos.

Haridasan (1988) constatou que *Miconia albicans* também não cresce em solos calcários. As mudas de *M. albicans* que pararam de crescer nos solos calcários, com folhas cloróticas, recuperaram completamente quando algumas raízes dessas plantas foram imersas em uma solução de cloreto de alumínio, com um aumento na concentração de Al nas folhas. Chegamos a levar até à frutificação, plantas de *Miconia fallax* em solução nutritiva com concentrações de Al de 10 mg L^{-1}. Entretanto, não há nenhuma definição do papel do Al no metabolismo dessas plantas.

A presença de Al nos elementos de floema e outros tecidos metabolicamente ativos de folhas e nas sementes (Haridasan *et al*., 1986, 1987) comprovam a retranslocação de alumínio das folhas. Até o momento, não conseguimos manipular as concentrações de Al nos tecidos foliares em plantas acumuladoras, para que possamos investigar qualquer interferência de Al na nutrição mineral dessas plantas. Não constatamos variações intraespecíficas na acumulação de Al. Caso interessante é o das hemiparasitas, que apresentam altas concentrações desse elemento só quando crescem em hospedeiras acumuladoras de alumínio. Recentemente, publicamos um trabalho mostrando que a absorção de Al não prejudica a fotossíntese ou a transpiração nessas hemiparasitas, como *Phthirusa ovata* (Lüttge *et al.*, 1998).

REERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALA, G. C.; CALDAS, L. S.; HARIDASAN, M.; EITEN, G. Above and below-ground organic matter and root-shoot ratio in a cerrado in central Brazil. **Brazilian Journal of Ecology,** 2:11-23, 1998.

ALVIM, P. T.; ARAÚJO, W. A. El suelo como factor ecológoco en el desarrolo de la vegetación en el centro oeste del Brasil. **Turrialba,** 2:153-160, 1952.

ARAÚJO, G. M.; HARIDASAN, M. A comparison of the nutrient status of two forests on dystrophic and mesotrophic soils in the cerrado region of central Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis,** 19:1075-1089, 1988.

ARENS, K. O cerrado como vegetação oligotrófico. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras**, **Universidade de São Paulo,** 224. Bot. 15:59-77, 1958.

BATMANIAN, G. J.; HARIDASAN, M. Primary production and accumulation of nutrients by the ground layer community of cerrado vegetation of central Brazil. **Plant and Soil,** 88:437-440, 1985.

BRUFORD, G. R. **The effect of fertilizer on the soil and three native species of the cerrado in Central Brazil**. Oxford, Oxford Forestry Institute, Oxford University, 1993. 136p. Dissertação de Mestrado.

CASTRO, E. A. **Biomass, nutrient pools and response to fire in the Brazilian cerrado.** Corvallis, Oregon State University, 1995. 118p. Dissertação de Mestrado.

CHENERY, E. M. Aluminium in the plant world. Part I. General survey in the dicotyledons. **Kew Bulletin,** 3:173-183, 1948A.

CHENERY, E. M. Aluminium in plants and its relation to plant pigments. **Annals of Botany,** 12: 121-136, 1948B.

DELITTI, W. C. **Aspectos comparativos de ciclagem de nutrientes na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliotti* Engelm. var. elliottii (Mogi-Guaçu, SP).** São Paulo, Universidade de São Paulo, 1984. Tese de Doutorado.

GOLLEY, F. B.; MCGUINNESS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G. I.; DEUVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida.** São Paulo, EPU-EdUSP, 1978. 256p.

GOODLAND, R. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: Ferri, M. G. (Ed.) **III Simpósio sobre o cerrado.** EdUSP, São Paulo, 1971. 44-60.

GOODLAND, R.; POLLARD, R. Aluminium and nutrient strategies of cerrado trees. **II Congresso Lation-Americano de Botânica.** Resumos. 1978. 71-72.

GREENLAND, D. J.; KOWAL, J. M. L. Nutrient content of the moist tropical forest of Ghana. **Plant and Soil,** 12:154-174, 1960.

HARIDASAN, M. Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. **Plant and Soil,** 65:265-273, 1982.

HARIDASAN, M.. Distribution and mineral nutrition of aluminium accumulating species in different plant communities of the cerrado region of central Brazil. In: San José, R. R. e Montes, R. (Ed.) **La capacidad Bioprodutiva de Sabanas**. IVIC./CIET, Caracas, Venezuela, 1987. 309-348.

HARIDASAN, M. Performance of *Miconia albicans* (Sw.) Triana, an aluminium accumulating species in acidic and calcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis,** 19:1091-1103, 1988.

HARIDASAN, M. Solos do Distrito Federal. In: Novaes-Pinto, M. (org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas.** Brasília, Editora UnB e SEMATEC, 1990. 309-330.

HARIDASAN, M. Impactos de Processos Ecológicos: Estresse Nutricional. In: **Alternativas de Desenvolvimento dos Cerrados: Manejo e Conservação dos Recursos Naturais.** Braúlio Ferreira de Souza Dias (coordenador). Brasília, Fundação Pró-Natureza, Inst. Brasil. do Meio Amb. e dos Rec Nat. Ren.- IBAMA, 1992. 27-30.

HARIDASAN, M. Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic composition of cerrado and cerradão communities in central Brazil. In: Proctor, J.; Ratter, J. A. e Furley, P. A. (Ed.) **The Nature and Dynamics of forest-savanna boundaries.** Londres, Chapman e Hall, 1992. 171-184.

HARIDASAN, M. Solos de mata de galeria e nutrição mineral de espécies arbóreas em condições naturais. In: Ribeiro, J. F. (Ed.) **Cerrado: matas de galeria.** EMBRAPA-CPAC, Planaltina, DF, 1998. 19-28.

HARIDASAN, M.; ARAÚJO, G. M. Aluminium-accumulating species in two forest communities in the cerrado region of central

Brazil. **Forest Ecology and Management,** 24:15-26, 1987.

HARIDASAN, M.; PINHEIRO, A. A. M. C.; TORRES, F. R. R. Resposta de algumas espécies do estrato rasteiro de um cerrado à calagem e à adubação. In: Leite, L. L. e Saito, C. H. (editores). **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado.** Brasília, Universidade de Brasília DF, 1997. 87-91.

HARIDASAN, M.; HILL, P. G.; RUSSELL, D. G. Semiquantitative estimates of aluminium and other cations in the leaf tissues of some Al-accumulating species using electron probe microanalysis. **Plant and Soil,** 104:99-102, 1987.

HARIDASAN, M.; PAVIANI, T. I.; SCHIAVINI, I. Localization of aluminium in the leaves of some aluminium-accumulating species. **Plant and Soil,** 95:435-437, 1986.

HUTCHINSON, D. E. The biochemistry of aluminium and certain related elements. **Quarterly Reviews of Biology,** 18:1-29, 123-153, 242-262, 331-363, 1943.

JORDAN, C. F. **Amazonian rainforests: Ecosystem disturbance and recovery.** New York, Springer, 1987.

KAUFFMAN, J. B.; CUMMINGS, D. L.; WARD, D. E. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado. **Journal of Ecology,** 82:519-53, 1994.

KLINGE, H.; ADIS, J.; WORBES, M. The vegetation of a seasonal várzea forest in the lower Solimões river, Brazilian Amazonia. **Acta Amazonica,** 25:201-220, 1995.

LOPES, A. J.; COX, F. R. A survey of the fertility status of surface soils under cerrado vegetation of Brazil. **Soil Science Society of America Journal,** 41:752-757, 1977.

LÜTTGE, U.; HARIDASAN, M.; FERNANDES, G. W.; MATTOS, E. A.; TRIMBORN, P.; FRANCO, A. C.; CALDAS, L. S.; ZIEGLER, H. Photosynthesis of mistletoes in relation to their hosts at various sites in tropical Brazil. **Trees,** 12:167-174, 1998.

MACHADO, J. W. B. **Acumulação de alumínio em *Vochysia thyrsoidea* Pohl.** Brasília, Universidade de Brasília, 1985.104p. Dissertação de Mestrado.

MEDINA, E.; HUBER, O. The role of biodiversity in the functioning of savanna ecosystems. *In* Solbrig, O. T.; van Emden, H. M.; van Oordt, P. G. W. J. (Ed.) **Biodiversity and global change.** Monograph No. 8. International Union of Biological Sciences, 1992. 139-158.

MORAES, C. D. A. **Resposta de algumas espécies arbóreas nativas do cerrado à adubação e calagem.** Universidade de Brasília, 1994. 66p. Dissertação de Mestrado.

NASCIMENTO, M. T.; CUNHA, C. N. Estrutura e composição florística de um cambarazal no Pantanal de Poconé - MT. **Acta Botânica Brasiliensis,** 3:3-23, 1989.

NOGUEIRA, P. E.; HARIDASAN, M. Foliar nutrient concentrations of tree species in four gallery forests in central Brazil. In: Encinas, J. I. e Kleinn, C. (Ed.) **Proceedings of the International Symposium on Assessment and Monitoring of Forests in Tropical Dry Regions with Special Reference to Gallery Forests.** Brasília, Universidade de Brasília 1997. 309-321.

PERES, J. R. R.; SUHET, R.; VARGAS, M. A. T.; DROSDOWICZ, A. Litter production in two cerrado vegetations in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** 18:1037-43, 1983.

PIVELLO-POMPEIA, V. R.; COUTINHO, L. M. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). **Journal of Tropical Ecology,** 8:487-497, 1992.

POMPEIA, S. L. **Aspectos da dinâmica dos nutrientes minerais em solo sob vegetação de campo cerrado (Mogi-Guaçu, SP).** São

Paulo,Universidade de São Paulo, 1989. Dissertação de Mestrado.

PROCTOR, J. **Mineral nutrients in tropical and savannah ecosystems.** Oxford, Blackwell, 1989.

RATTER J. A.; RICHARDS, P.W.; ARGENT, G.; GIFFORD, D. R. Observações adicionais sobre o cerradão de solos mesotróficos no Brasil central. In: Ferri, M. G. (editor) **IV Simpósio sobre o cerrado.** São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1977. 306-316.

RATTER J. A.; RICHARDS, P.W.; ARGENT, G.; GIFFORD, D. R. Observations on the forests of some mesotrophic soils in central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica,** 1:47-58, 1978.

ROLFE, G. L.; AKHTAR, M. A.; ARNOLD, L. E. Nutrient distribution and flux in a mature oak-hickory forest. **Forest Science**,24:122-130, 1978.

RUGANI, C. A.; SCHLITTLER, F. H. M.; CARVALHO, J. B. Biomassa e estoque de nutrientes nos vários compartimentos de uma floresta secundária de terra firme em Manaus. **Naturalia,** 22:103-113, 1997.

SILVA, I. S. da. **Alguns aspectos da ciclagem de nutrientes em uma área de cerrado (Brasília, DF): chuva, produção e decomposição de liter.** Brasília, Universidade de Brasília 1983. 87p. Dissertação de Mestrado.

SILVA, F. C. da. **Compartilhamento de nutrientes em diferentes componentes da biomassa aérea em espécies arbóreas de um cerrado.** Brasília, Universidade de Brasília 1990. 80p. Dissertação de Mestrado.

VILLELA, D. M. V.; HARIDASAN, M. Response of the ground layer community of a cerrado vegetation in central Brazil to liming and irrigation. **Plant and Soil,** 163:25-31, 1994.

WEBB, L. J. Aluminium accumulation in the Australian-new Guinea flora. **Australian Journal of Botany,** 2:176-196, 1954.