

Subsídios aos Estudos da Problemática do Cerrado*

EDGAR KUHLMANN
ZÉLIA LOPES DA SILVA
Fotos de E. Kuhlmann e H. Chagas
na Reserva Ecológica, Distrito Federal

As pesquisas sobre o cerrado, visando principalmente a sua utilização agrícola e pastoril, foram dinamizadas a partir de 1962 com a realização do I Simpósio Sobre o Cerrado. Entretanto, vêm de longa data as referências a este tipo de vegetação feitas principalmente por naturalistas. A soma das observações obtidas através destes trabalhos cresce substancialmente à medida em que se aperfeiçoam os métodos da pesquisa e surgem novos conhecimentos no campo científico, notadamente em ciências do solo.

Apesar desta considerável soma de conhecimentos, muitas questões ainda não encontraram solução satisfatória e continuam merecendo a atenção de especialistas.

Entre elas podem ser destacadas as seguintes:

- 1 — relação da fitofisionomia com o grau de fertilidade do solo;
- 2 — o xeromorfismo das plantas do cerrado;
- 3 — as conseqüências do fogo sobre a estrutura da vegetação e o *habitus* das plantas;
- 4 — os enclaves de cerrado.

Estas questões e outras estão implicitamente ligadas ao problema ainda mais complexo que é o da própria origem do cerrado.

* Trabalho apresentado no 3.º Encontro Nacional de Geógrafos, realizado em Fortaleza, de 19 a 27 de julho de 1978.

Com a finalidade de trazer subsídios a estes problemas do cerrado, são discutidos no presente trabalho as contribuições de vários pesquisadores e as próprias observações de campo e opiniões dos autores.

A bibliografia sobre o cerrado no Brasil alcança, segundo Lemos (1976), quase 800 referências, sendo que em cerca de uma centena são assinaladas as preocupações sobre os tópicos que interessam ao presente trabalho. Algumas destas remontam ao início do século passado, com estudos realizados pelos naturalistas Saint-Hilaire, Von Martius e notadamente Lund.

1 — RELAÇÃO DA FITOFISIONOMIA COM O GRAU DE FERTILIDADE DO SOLO

Cerca de um quinto do território brasileiro é recoberto pelo cerrado, tipo de vegetação xeromorfa.

Cerrado é termo que, em realidade, abrange uma gama expressiva de formas estruturais ou fisionômicas de vegetação, desde a florestal (floresta xeromorfa), com um dossel contínuo, até o campo limpo, no qual as espécies lenhosas mal se distinguem entre as espécies herbáceas. Entre os dois tipos acima há algumas formas intermediárias.

O cerrado é uma vegetação semidecídua, xeromorfa, dominante no Brasil Central e de aparência peculiar. É constituído por dois estratos: um superior, formado por árvores ou arbustos e outro predominantemente graminóide. Alto grau de xeromorfismo foliar é a característica principal das espécies lenhosas e herbáceas.

Baseado nas características fisionômicas e estruturais e em classificações da vegetação da área do cerrado feitas por vários autores, Eiten (1972) propõe cinco tipos de cerrado:

Cerradão — tipo florestal, com árvores altas, troncos medianamente grossos e retos, formando um dossel mais ou menos contínuo. O chão é freqüentemente desnudo ou recoberto de folheda, não ocorrendo geralmente gramíneas e fóbias.

Cerrado senso estrito ou cerrado denso — é o tipo mais representativo. Predomina a vegetação lenhosa, constituída principalmente de árvores de troncos e galhos tortuosos, com alturas que variam de 2 a 5 m, formando um dossel bem desenvolvido porém descontínuo.

Estruturalmente esse tipo apresenta dois estratos bem nítidos: um arbóreo-arbustivo e outro graminóide-herbáceo, que recobre quase inteiramente o solo. A distância entre os indivíduos arbóreos corresponde aproximadamente a altura dos mesmos. Em vista disso a penetração é fácil, porém a visibilidade é limitada a poucos metros.

Campo Cerrado — significa campo parcialmente fechado, sendo, todavia, mais aberto que o cerrado *sensu stricto*. As árvores são menores do que as do tipo anterior e, como aquelas, de troncos e galhos tortos. Sua característica principal é o maior afastamento entre os indivíduos, fato que facilita o trânsito e aumenta a visibilidade. O estrato graminóide-herbáceo é desenvolvido, à semelhança do encontrado no tipo anterior. É conhecido também como cerrado ralo (foto 2).

Campo sujo — é um tipo com cobertura herbácea predominante, contendo plantas lenhosas arbóreas ou arbustivas muito pequenas, es-

parsamente distribuídas. A vegetação herbácea consiste de gramíneas, ciperáceas e algumas fórbias. Os arbustos ou árvores nunca impedem o trânsito e a visibilidade. De modo geral, as gramíneas atingem a altura máxima de 1 m, encobrendo algumas espécies arbustivas. O estrato graminóide-arbustivo é muito denso e fisionomicamente predominante na paisagem.

Campo limpo — constituído quase que exclusivamente por espécies graminóides e por fórbias, no meio das quais as plantas lenhosas são ultrapassadas em altura, tornando-se pouco evidentes na paisagem. Sendo a composição florística destes campos estreitamente relacionada a dos tipos anteriormente descritos e completamente diferente dos campos limpos e sujos de outras áreas do Brasil, poderiam, a fim de se evitar confusão, serem chamados de campo limpo de cerrado.

Torna-se claro, pois, que do ponto de vista estrutural ou fisionômico, a cobertura vegetal da área do cerrado é muito heterogênea. Estas diferentes fisionomias do cerrado se sucedem num gradiente que, na opinião de Goodland (1969), coincide com um gradiente de fertilidade de solo. Por outro lado, se for considerado o critério florístico, ainda haverá dificuldade na determinação de espécies dominantes, espécies mais frequentes ou mais numerosas. Número e frequência de espécies variam grandemente de área para área e, neste particular, Eiten (1978) chega mesmo a não considerar como pertencentes ao cerrado os tipos de vegetação fora da área *core*, isto é, os “enclaves do cerrado”, embora neles ocorram muitas espécies da área “core” (foto 3).

Para Goodland (1969), o gradiente de solo relacionado ao gradiente de vegetação é caracterizado pelas variações dos seguintes fatores:

pH, porcentagem de carbono e nitrogênio, matéria orgânica, teor $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, K^+ , Al^{+++} , porcentagem de alumínio, fosfatos e relação C/N.

Assim, o solo do cerradão ocupa a extremidade mais alta do gradiente por apresentar teores elevados de matéria orgânica (N, P, K), Ca, Mg, pH mais alto, baixa relação C/N e quantidades menores de alumínio.

Pode-se estabelecer, segundo Goodland, as seguintes relações:

01 — Carbono e matéria orgânica são raros ou mesmo inexistentes do campo sujo ao cerradão *sensu stricto* e relativamente abundantes no cerradão. No campo limpo de cerrado, quando este ocupa os fundos dos vales (veredas), a matéria orgânica constitui parte substancial dos solos húmicos (glei húmico).

02 — Os íons de cálcio e magnésio atingem, em média, no campo sujo e no campo cerrado, apenas metade dos valores alcançados, tanto no cerrado s.e. como no cerradão.

03 — O alumínio é o cátion trocável dominante no campo sujo e no campo cerrado, porém é parcialmente substituído por cálcio e magnésio no cerrado e no cerradão.

04 — Com o potássio ocorre o mesmo, sendo que os teores deste elemento atingem níveis muito baixos, mesmo no cerradão, podendo limitar a atividade de algumas plantas.

05 — A ocorrência de fosfato está ligada à presença de matéria orgânica, sendo, portanto, maior no cerradão e possivelmente no campo limpo de cerrado.



Foto n.º 1
Vista aérea
de cerrado.
Visto do
alto o cerrado
se confunde com
floresta aberta.
Proximidade
de Cana-Brava. Go.



Foto n.º 2
Vista aérea
de cerrado
senso estrito,
a Oeste de Goiás.



Foto n.º 3
Cerrado senso
estrito ou
cerrado denso,
na Reserva Ecológica
do IBGE,
Distrito Federal.

Fotos E. Kuhlmann

06 — A disponibilidade de fosfatos de ferro e alumínio pelas plantas fica condicionada à maior concentração do pH. Desta forma, os solos do cerrado com pH mais elevado são aqueles que oferecem maior disponibilidade destes elementos.

07 — O enxofre é deficiente em todos os tipos de cerrado, não apresentando portanto correlações evidentes.

08 — Os teores de nitrogênio são mais elevados no cerrado s.e. e no cerrado, porém são mais baixos no campo sujo e no campo cerrado. Ainda não foram determinadas as leguminosas do cerrado que têm a capacidade de fixar nitrogênio, sendo portanto impossível avaliar a quantidade deste elemento adicionado por elas ao solo.

09 — O teor elevado de nitrogênio nos solos do cerrado está provavelmente relacionado ao seu conteúdo de matéria orgânica.

10 — São considerados, portanto, como fatores altamente correlacionados com o gradiente de vegetação, em ordem decrescente de importância, o fosfato, o nitrogênio e o potássio.

11 — Deficiência de fosfato parece ser o principal fator limitativo direto do crescimento das plantas.

12 — O mais imediato fator diferenciador do gradiente campo sujo — cerrado é a deficiência de NPK (foto 4).

Em 1973 Ratter, Richards, Argent e Gifford, reconheceram dois tipos de cerrado, ambos com espécies indicadoras das condições edáficas: solos mesotróficos ou mais ricos a que deu o nome de cerrado de *Magonia pubescens* e *Callisthene fasciculata* e solos distróficos ou mais pobres que denominou cerrado de *Hirtella glandulosa*. Em 1977 Ratter, Askew, Montgomery e Gifford, ampliando o trabalho anterior de Ratter, apresentam a tabela de ocorrência de espécies indicadoras do cerrado do tipo mesotrófico, em função do pH do solo e conteúdo de cálcio. Por esta tabela estabeleceram as seguintes correlações: *Callisthene fasciculata* (voquiácea) espécie arbórea, *Calliandra parviflora* (leguminosa), *Helicteres macropetala* (sterculiácea), espécies arbustivas como indicadoras de solos de pH e conteúdo de cálcio mais alto em cerrado típico; *Magonia pubescens*, *M. glabrata* (sapindáceas), *Luhea paniculata* (tiliácea), *Bombax martianum* (bombacácea), *Dilodendron bipinnatum* (sapindácea), espécies arbóreas indicadoras normalmente de solos de pH e conteúdo de cálcio mais altos, porém às vezes encontradas em solos mais pobres. As espécies *Astronium fraxinifolium* (anacardiácea), *Terminalia argentea* (combretácea), *Platypodium elegans*, *P. grandiflorum* (leguminosas), *Physocollima scaberrimum* (litrácea) e *Bowdichia virgilioides* (Leguminosa), espécies arbóreas indicadoras das mesmas condições citadas anteriormente, porém ocorrendo freqüentemente em solos mais pobres.

As espécies *Acronomia sclerocarpa* (palma), *Aspidosperma* sp. — guatambu (apocinácea), *Astronium urundeuva* (anacardiácea), *Bauhinia cupulata* (leguminosa), *Guazuma ulmifolia* (sterculiácea), *Piptadenia falcata* e *P. macrocarpa* (leguminosas), *Tabebuia* sp. — pau d'arco-amarelo, (bignoniácea) são as espécies arbóreas encontradas indistintamente no cerrado mesotrófico e na mata decídua (foto 5).

As áreas em que foram realizados estudos que permitiram as conclusões sobre as condições mesotróficas do cerrado são as seguintes: Vale dos Sonhos, MT, Padre Bernardo, GO, Pandeiros, perto de Januária, MG.

Esses fatores estão, por sua vez, relacionados com a profundidade dos solos, topografia, nível freático e outros, que, segundo Eitein, são também responsáveis pelas características especiais que o cerrado apresenta.

O cerradão ocorre, desta forma, em solos muito profundos, enquanto que o cerrado arbustivo apresenta-se em solos mais rasos. De um modo geral, os cerrados são encontrados em solos de vários metros de profundidade. Dificilmente ocorre cerrado típico em litossolos, isto é, solos com menos de 1m de profundidade. Quando há uma passagem brusca de um tipo de solo para outro esta é acompanhada por uma mudança também brusca da vegetação. Neste caso o cerrado pode ser substituído tanto por uma floresta como por campo limpo, ou por outro tipo de vegetação arbustiva de composição florística inteiramente diferente. Por outro lado, pode ocorrer cerrado sobre rocha matriz ou laterita desde que estas apresentem fendas que permitam a penetração das raízes. Fatores como contínuas variações do relevo e de profundidade do solo em áreas relativamente pequenas propiciam o aparecimento dos diferentes tipos de cerrado e outros tipos inclusos de vegetação, dando à paisagem o aspecto de um mosaico. Um exemplo citado por Eiten é o da área de Brasília, na qual ocorrem todos os tipos com grande frequência, com exceção do cerradão, que é raro (foto 6).

As teorias de Goodland, de um lado, atribuindo aos diferentes teores de nutrientes à variação dos tipos de vegetação e as teorias de Eiten atribuindo as mesmas mudanças às diferentes condições físicas do substrato, levam-nos a concluir que os tipos de vegetação da área do cerrado variam em função tanto das condições químicas como de suas características físicas, atuando em conjunto ou por vezes isoladamente.

Para Carmim (1953) as florestas podem desenvolver-se sobre solos ricos formados sobre afloramentos de diabásio e basalto e a mata galeria em solos pobres umidecidos pela água dos rios, enquanto que o cerrado ocorre em solos pobres com suprimento de água reduzido. Esta teoria é, em parte, rejeitada pelas pesquisas sobre areia ação água-solo realizadas em áreas de cerrado e que provam que a maioria das suas plantas usufruem de uma alimentação hídrica contínua.

A relação do tipo de vegetação com a constituição mineralógica e a profundidade do solo pode ser ainda observada na região de Furnas em Minas Gerais, em altitudes que variam de 900 a 1 300 m. O cerrado ocorre em maior proporção em solos profundos originados de calcário, quartzo, quartzito, granito, folhelho e várias formas de gnaisses. Em afloramentos calcários ocorre a floresta decídua, pois as raízes de suas árvores penetram profundamente o solo através de fendas. Em outros tipos de rochas aflorantes ocorrem apenas campos herbáceo-gramíneos, chamados "campos de altitude" ou, ainda, "campos rupestres", cuja composição florística difere do cerrado (Eiten 1972). Nas encostas baixas o cerrado aparece em solos que variam de 1,5 a vários metros de profundidade, em forma de "savana aberta" ou "campo cerrado". A medida em que o solo vai-se tornando mais superficial, a tendência do cerrado é tornar-se mais aberto com árvores e arbustos menores, chegando a um ponto em que a flora herbácea desaparece dando lugar a dos "campos de altitude" (foto 7).

Embora a vegetação das áreas *core* de cerrado e de campos de altitude sejam diversas na composição florística, e até mesmo no *habitus* da maioria das espécies, nas áreas de contato entre os dois grupos, há



Foto n.º 4
Cerrado
senso estrito
ou denso
na Reserva Ecológica
do IBGE,
Distrito
Federal.



Foto n.º 5
Vista
aérea
de cerrado
ralo entre
Xavantina
e General
Carneiro, MT.



Foto n.º 6
Campo
cerrado
ou cerrado ralo.
Reserva
Ecológica do IBGE,
Distrito
Federal.

Fotos de H. Chagas e
E. Kuhlmann

bastante interpenetração de espécies, de tal forma que várias delas são consideradas tanto de um grupo como de outro.

No Maranhão, nas proximidades de Floriano, os chamados “tabuleiros”, isto é, chapadas de solos profundos, são recobertos por cerradões. Quando recobertos por solos de pequena espessura o cerradão é substituído por uma vegetação mais baixa e aberta. Quando esta profundidade chega a apenas 0,15 m a vegetação é formada apenas por um tapete herbáceo, que durante a estação chuvosa permite apenas o desenvolvimento de plantas aquáticas, flutuantes e submersas.

Em determinadas áreas ao norte de Goiás, notadamente ao longo da estrada Belém-Brasília, existem pequenas áreas praticamente sem solos, que constam de pavimentos lateríticos planos. Nestes pavimentos, contrastando com áreas circundantes cobertas de cerrado ocorre uma vegetação graminóide baixa, ainda com ciperáceas, fórbias e mimosas, com altura máxima de 0,15 m. Não há formas de transição e o tapete herbáceo apresenta uma composição florística inteiramente diferente da que ocorre no cerrado. Até mesmo nos pavimentos graníticos verifica-se o mesmo fato, o que comprova que este tipo de vegetação resulta da pequena espessura do solo e não de sua composição química.

A serra do Cipó, em Minas Gerais, integrante da serra do Espinhaço, estabelece praticamente o limite entre o cerrado a oeste e a floresta tropical a leste. A superfície plana de seu topo é constituída por um solo raso de 0,1 — 0,3 m de espessura, de origem quartzítica, recoberto por uma flora rupestre endêmica, porém uma pequena e estreita área de cerca de 200 m de largura, de latossolo vermelho, de 2 m de espessura sobre arenito é recoberta por uma vegetação de cerrado com flora completamente diferente do campo circundante (foto 8).

Torna-se, pois, evidente, pelos vários exemplos citados recolhidos de Eiten (1972), que os cerrados em solos pouco espessos correspondem a uma porção muito pequena de sua área total. Em geral eles ocorrem em latossolos muito profundos e por vezes regossolos arenosos, também profundos.

2 — O XEROMORFISMO DAS PLANTAS DO CERRADO

As características xeromórficas das espécies do cerrado, tais como: folhas coriáceas e pilosas, tortuosidade e suber desenvolvido tanto no tronco como nos galhos, existência de xilopódios, presença de folhas imbricadas ao nível do solo como, por exemplo, nas gramíneas, número reduzido de folhas e a deciduidade parcial que algumas espécies apresentam durante determinados períodos de estação seca, levaram os primeiros pesquisadores (Warming 1892, Loefgreen 1906, Lutzburg, 1923) etc., a considerar estas espécies como xerófitas. Com Rawistcher, Rachid e Ferri, 1943, a idéia de xerofitismo foi negada como resultado de pesquisas de campo realizadas no cerrado de Emas, no Estado de São Paulo. Mostraram que pelo menos as espécies lenhosas transpiram livremente durante todo o ano, mesmo no período seco, pois seu sistema subterrâneo permite um suprimento contínuo de água no auge da estação seca. Constatado o fato de que não havia relação entre o xeromorfismo e o abastecimento de água, partiu-se então para o esclarecimento das causas de xeromorfismo apresentado pelas plantas do cerrado. Arens, em 1963, no I Simpósio sobre Cerrado, lança o conceito de oligotrofismo,

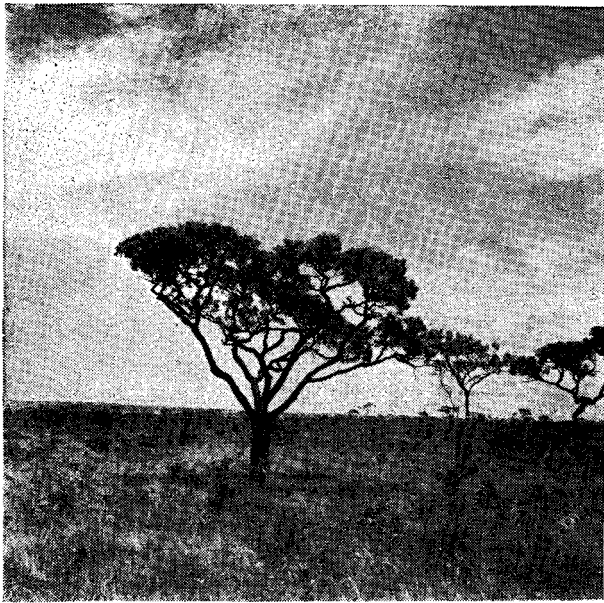


Foto n.º 7

Campo sujo
com ocorrência
de elementos
arbóreos isolados
de pau-de-tucano
(*Vochysia thyrsoidea*).
Reserva Ecológica
do IBGE,
Distrito Federal.

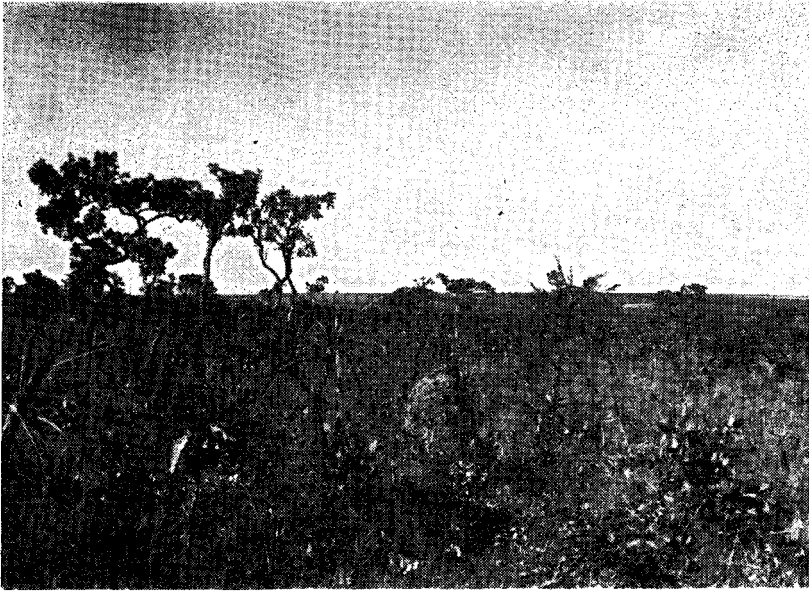


Foto n.º 8

Cerrado ralo
na Reserva Ecológica
do IBGE,
Distrito Federal.



Foto n.º 9

Campo sujo
em transição
para
cerrado ralo
na Reserva Ecológica
do IBGE,
Distrito Federal.

atribuindo à carência de micronutrientes no solo este aspecto xeromórfico. Segundo Arens, a escassez de elementos nutrientes limita o uso dos produtos de fotossíntese os quais ficam acumulados em determinadas partes da planta, dando-lhe o aspecto escleromórfico. Por outro lado, o nanismo característico das plantas do cerrado é também atribuído à carência de macronutrientes como N, P e S, responsáveis pela síntese das proteínas que entram no desenvolvimento normal de novos tecidos.

Os trabalhos de Arens, Ferri, Loveless (1961, 1962), Beadle (1966) e Goodland (1971), concluem que a carência mineral tem profunda influência, seja morfológica ou fisionômica, sobre a vegetação. Por outro lado, a deficiência mineral pode ser atribuída ao baixo teor de nutrientes no solo, pela lixiviação intensa ou não disponibilidade dos nutrientes devido a fatores limitantes tais como: pH baixo, temperatura baixa, pressão osmótica alta ou ainda a presença de um elemento tóxico, que irão influenciar na absorção normal da planta, uma vez que agem conjuntamente.

Goodland, em seu trabalho *Oligotrofismo e Alumínio no Cerrado*, 1971, apresenta idéias resultantes de um estudo no Triângulo Mineiro. O alumínio é um elemento responsável pela acidez dos solos do cerrado, encontrado em grande quantidade principalmente em solos senis e lixiviados como aqueles que ocorrem no Planalto Central brasileiro, região edafologicamente antiga.

A presença de alumínio no solo tende a diminuir a disponibilidade dos nutrientes indispensáveis à planta, como fósforo, cálcio, magnésio, nitrogênio, potássio, etc. A presença do alumínio pode ser a causa principal do oligotrofismo, uma vez que ele diminui a permeabilidade das paredes celulares, inibe a divisão nuclear na raiz, agindo dessa forma diretamente no crescimento das árvores, pois interfere diretamente sobre a síntese das proteínas (Rorison 1958, Clymo 1962, Clarkson 1969) (foto 10).

Este fato pode ser comprovado se levarmos em consideração que no campo sujo, em que a vegetação é pouco desenvolvida, há alto teor de alumínio e menor quantidade de nutrientes, o que não ocorre no cerradão. Goodland aceita a hipótese de escleromorfismo oligotrófico de Arens e Ferri, mas admite que parte do oligotrofismo pode ser devido ao excesso de luz e ainda ao fogo e à seca. O trabalho de Goodland sugere que, para o aproveitamento agrícola racional da área do cerrado, deve-se conhecer o mecanismo de absorção de nutrientes pelas plantas tolerantes ao alumínio, a capacidade de resistência dessas plantas aos efeitos tóxicos desse elemento e ainda o poder de separação e desintoxicação dos nutrientes de alumínio nas plantas acumuladoras (foto 11).

A seleção das espécies para cultivo deverá ser feita em função da tolerância em relação à acidez e baixo teor de nutrientes no solo.

Eiten (1972), estabeleceu relações entre a quantidade de água disponível no solo e o xeromorfismo foliar apresentado pelas plantas do cerrado:

1.º — Durante a estação seca não existe água disponível até a profundidade de 2m.; em consequência as plantas herbáceas perdem sua parte aérea, pois suas raízes não alcançam profundidades além de 2m.

2.º — A maioria das espécies das plantas lenhosas mantém parcialmente suas folhas durante a estação seca, sendo que a proporção



Foto n.º 10
Campo limpo
de cerrado
em encosta
suavemente
ondulada,
vendo-se ao fundo
“vereda” com buritis
e mata ciliar.
Reserva Ecológica
do IBGE,
Distrito Federal.



Foto n.º 11
Ecótone
campo sujo
— mata galeria,
na Reserva Ecológica
do IBGE,
Distrito Federal.



Foto n.º 12
Detalhe de
campo limpo
de cerrado.
Reserva Ecológica
do IBGE,
Distrito Federal.

de perda varia de espécie para espécie; algumas espécies lenhosas renovam suas folhas antes do término de estação seca. As plantas que mantêm suas folhas na estação desfavorável transpiram livremente durante o dia e algumas mesmo à noite. Nas espécies herbáceas que têm raízes superficiais o fechamento dos estômatos é mais rápido quando há *deficit* de água. Não há correlação entre altura da parte aérea das plantas e a subterrânea, ao contrário do que ocorre na África, em que as espécies maiores possuem raízes maiores (foto 12).

3.º — As plantas do cerrado, que durante a estação seca permanecem com as folhas, desenvolvem estruturas xeromórficas foliares a fim de ajudar a reduzir a transpiração tais como:

- densa rede de nervuras
- tecido acumulador de água
- excesso de pilosidade
- paredes celulares grossas
- revestimento lenhoso dos feixes
- tecido principal lenhoso
- escléritos de suportes longos
- impregnação de sílica
- cutícula espessa
- estômatos profundos
- redução do número de estômatos por unidade de área
- ausência de estômatos em uma das superfícies
- presença de óleos essenciais que reduzem a transpiração pela redução de um filme de vapor sobre a folha.

3 — AS CONSEQÜÊNCIAS DO FOGO SOBRE A ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO E “HABITUS” DAS PLANTAS

As queimadas naturais ou artificiais são consideradas, atualmente, um fator que exerce um apreciável papel ecológico.

Segundo Stewart (1956), as queimadas decorrem de:

- descargas elétricas
- combustão espontânea
- atrito entre rochas por movimentos da crosta, ou por queda de grandes matações em zonas escarpadas
- atrito de madeira contra madeira.

As 3 últimas mencionadas são mais raras ou de efeitos locais.

Segundo opinião de Komarek (1966) e Walter (1967) os incêndios naturais iriam propiciar uma constante renovação da fauna e da flora, pois permitiriam periodicamente o estabelecimento da sucessão secundária, impedindo, desta forma, que as comunidades não alcancem os climaxes.

Efeitos das queimadas

Elevação da temperatura local — durante a queimada a elevação de temperatura depende em grande parte da cobertura vegetal que re-

cobre o terreno, isto é, no caso de florestas ocorrerão temperaturas mais elevadas do que as das zonas de campo ou de savana (Beadle, 1940).

As temperaturas à superfície do solo são bem menores do que acima dele.

Pitot e Masson (1951), registraram num campo de gramíneas, de aproximadamente 0,50 m de altura, temperaturas de cerca de 320°C, enquanto que na superfície do solo, cerca de duas horas após a passagem das chamas, as temperaturas atingiam aproximadamente 90° a 100°C.

Vareschi (1962), fez observações numa savana encontrando no topo das chamas temperaturas a mais de 600°C. No caso das áreas queimadas apresentarem arbustos e árvores, a temperatura poderia elevar-se acima de 800°C e no centro das chamas 300 — 400°C.

Na superfície do solo os valores mantêm-se relativamente baixos entre 70° e 90°C, o mesmo acontecendo quando se aprofunda no solo, não alcançando mais do que frações de grau a 0,02m de profundidade. Outra observação do autor é que na superfície do solo podemos encontrar temperaturas semelhantes em função de insolação (radiação direta) com várias horas seguidas de duração, enquanto nas queimadas esses níveis térmicos ocorrem por alguns instantes. Por outro lado, o autor considera que na área por ele estudada a microbiologia do solo não foi afetada pela elevação da temperatura, mais sim pelas alterações químicas produzidas (foto 13).

O baixo aquecimento da superfície do solo prende-se ao fato de que se forma no interior das chamas uma intensa ventilação resultante das correntes convecionais.

O grau de aquecimento do solo durante a queimada depende do seu grau de umidade, isto é, quanto mais úmido menor aquecimento, pois este já tem maior calor específico e por conduzir mais facilmente o calor o perde por evaporação. Os efeitos das queimadas sobre o aquecimento do solo irão variar em função da estação em que estas ocorram: seca ou chuvosa. A hora em que ocorre a queimada também tem influência, uma vez que as condições de temperatura e umidade relativa do ar flutuam durante o dia. O período entre 13 e 16 horas é geralmente o mais favorável à propagação do fogo, embora na época seca as queimadas possam ocorrer até mesmo à noite.

Com a destruição da cobertura vegetal pela ação do fogo, a superfície do solo fica exposta à radiação solar, permitindo, desta forma, a ocorrência de grandes amplitudes térmicas, isto é, temperaturas máximas durante o dia e mais baixas durante a noite.

Umidade do solo

Há divergências entre os pesquisadores com respeito à influência das queimadas sobre o teor de umidade do solo.

Enquanto Savostin (1962) constatou aumento de umidade após a queima, no caso de solos arenosos, Lhoyd (1967) não encontrou qualquer alteração. Já Hulbert (1969) verificou que a remoção do folheto por ação mecânica ou pelo fogo, provocava diminuição da umidade do solo.

Matéria orgânica do solo — O efeito do fogo sobre a matéria orgânica do solo varia em função da riqueza desta. Quanto maior o teor de matéria orgânica maior será a perda desse elemento.

Nutrientes minerais do solo

As queimadas irão produzir efeitos maléficos sobre as propriedades do solo, particularmente as de natureza química.

É necessário levar em conta uma série de aspectos como, por exemplo, o tipo de vegetação que é queimado, o número e a frequência das queimadas, o efeito a curto e longo prazo que elas causam, etc.

No caso de uma floresta, as queimadas produzem, a princípio, transferência de grande quantidade de nutrientes minerais, até então estocados na fitomassa, para a superfície do solo. Coutinho e Lamberti (1971), Viro (1974) chegaram à conclusão de que o incêndio de uma floresta, a curto prazo, provoca a eutroficação do solo, pelo menos em alguns nutrientes. Por outro lado, as queimadas a longo prazo, segundo Rawitscher (1946, 1951) poderão causar o empobrecimento do solo.

Em ecossistema de vegetação mais aberta, como nas savanas e *grasslands* o fogo pode ocasionar o aumento do teor de certos nutrientes como P, Ca, Mg e K, ou variação pouco significativa de outros (foto 14).

As queimadas podem ser consideradas as responsáveis pela volatilização de elementos através da fumaça. O, S e N seriam os elementos que se perderiam com maior facilidade durante a queima, sendo que o P pode também se perder quando as temperaturas alcançam mais de 600°C. McLung e Freitas (1959) afirmaram dispor de dados que mostram que 75% do enxofre contido no capim seco do campo se perde durante a queima, resultando daí a pobreza dos solos do cerrado naquele elemento.

Microorganismos do solo

Ahlgren e Ahlgran (1965) fizeram observações durante três anos, após a queimada de uma floresta de pinheiros, chegando à conclusão de que a atividade dos microorganismos aumenta a partir das primeiras chuvas caídas após a queima e atribuíram esse efeito ao enriquecimento do solo pelos nutrientes das cinzas. Goodland (1966) afirma que o fogo é um dos fatores edáficos mais importantes nos ecossistemas de savanas, porém pouco conhecido.

Produtividade primária

O fogo é um elemento de grande importância para o aumento da produtividade primária no cerrado, uma vez que acelera a ciclagem dos nutrientes minerais. Considerando que a produção = acumulação + deposição, nos ecossistemas oligotróficos, uma acumulação mais duradoura trará prejuízos à produção futura, pois imobilizará muitos nutrientes minerais necessários a essa produção.

Portanto, a ação do fogo sobre a vegetação torna-se evidente, através um número grande de observações feitas no mundo, principalmente na África.

No Brasil, referências à ação do fogo sobre a vegetação foram feitas desde St. Hilaire (1924), Lund (citado por Warming (1892), embora trabalhos experimentais tenham sido realizados a partir de 1942 por Rawitscher, Ferri e Rachid, no cerrado de Emas, Piraçununga, no Estado de São Paulo. Concluíram estes pesquisadores que, na área estudada, o fogo teria transformado a vegetação primária no tipo atual de cerrado. Outros autores, em diferentes áreas, também atribuem ao fogo

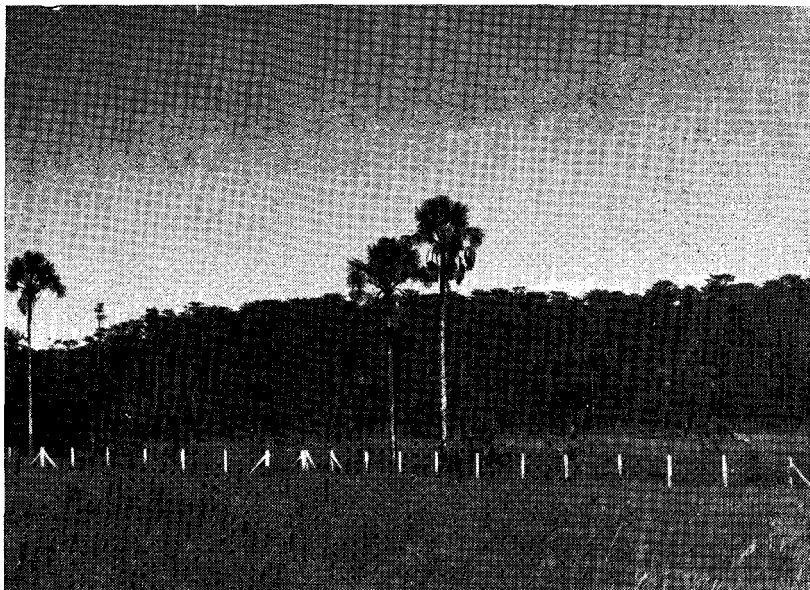


Foto n.º 13
"Vereda" típica
da área
do cerrado
vendo-se
no primeiro
plano
densa
cobertura
de gramíneas
e ciperáceas
sobre solo
turfozo,
seguida de
buritis
e mata ciliar.
Reserva Ecológica
do IBGE,
Distrito Federal.

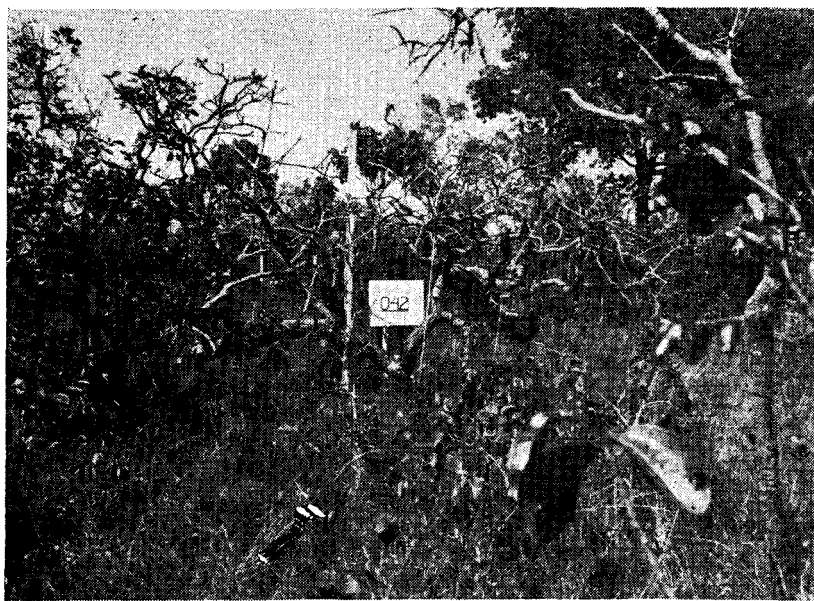


Foto n.º 14
Algumas
características
do cerrado
podem ser
observadas
nesta foto:
um nítido
estrato
arbóreo-arbustivo
e outro herbáceo,
galhos e troncos
tortuosos,
grandes folhas,
semideciduidade.
Reserva Ecológica
do IBGE, Distrito Federal.



Foto n.º 15
Grande
tortuosidade
dos galhos
e acentuado
escleromorfismo
foliar
podem ser
observados
neste arbusto
de folhas
amplas no
cerrado da
Reserva Ecológica
do IBGE, Distrito Federal.

a modificação da vegetação primitiva, Joly (1950), Ab'Saber e Costa (1950), Alvim e Araújo (1952), Aubreville (1961), Setzer (1967) e Heringer (1971).

O fogo irá influenciar também no desenvolvimento dos indivíduos vegetais que resistem às queimadas. A tortuosidade apresentada pelas espécies lenhosas é atribuída à ação do fogo, uma vez que este provoca a morte das gemas apicais e posterior desenvolvimento das laterais, transformando, assim, o crescimento monopodial em simpodial (Eiten, 1972, Rizzini, 1971a, Warming, 1892). Coutinho, entretanto, considera que algumas destas espécies apresentam, normalmente, um sistema simpodial, uma vez que suas inflorescências são terminais.

Certos indivíduos arbóreos que ocorrem em áreas sujeitas frequentemente à ação do fogo têm seu desenvolvimento reduzido, não chegando a alcançar mais do que alguns decímetros. A queda das folhas de arbustos e árvores do cerrado é provocada pela ação do fogo, tanto aquelas que são atingidas diretamente como as situadas em níveis mais altos, e pela ação das correntes de convecção.

A ação do fogo se faz sentir também na descência de frutos de algumas espécies do cerrado, como *Anemopaegma arvensis*, *Jacaranda decurrens* e numa pequena asclepiadácea rasteira (Coutinho, 1976). Embora Rizzini negue a existência de sementes pirófilas, Heringer (1971) afirma que o fogo facilita a germinação de certas sementes.

Fato já observado desde Saint Hilaire (1824), é a influência do fogo sobre a floração de muitas espécies. Coutinho salienta, entretanto, que a ação deste não é condição essencial para promover a floração, pois várias espécies também florescem logo após serem podadas. Em ambos os casos há eliminação das partes epígeas da vegetação herbáceo-subarbustiva.

Conclui-se, pois, que o fogo age de diversas maneiras, tanto sobre a vegetação como na dinâmica das comunidades, na morfologia e fisiologia dos indivíduos, modificando, desta forma, sensivelmente a fisionomia do cerrado. Como acentua Coutinho (1976), a vegetação herbáceo-subarbustiva tem seu vigor aumentado, enquanto que a arbustivo-arbórea o tem diminuído. Isto significa um aumento progressivo das áreas de campo sobre as de cerrado e cerradão. Pode-se, portanto, admitir, embora de difícil comprovação, que há também um gradiente de vegetação correspondente à maior ou menor incidência das queimadas.

4 — OS ENCLAVES DO CERRADO

Que são enclaves do cerrado? O termo enclave tem sido empregado para designar manchas de vegetação distantes de sua área principal de ocorrência. No caso de inclusões de cerrado, estas podem estar a centenas de quilômetros da área *core*, como acontece com as da Hiléia e do Nordeste e outras apenas a algumas dezenas de quilômetros como, por exemplo, as da área florestal de São Paulo, Minas Gerais e Bahia.

Discute-se a origem desses enclaves, admitindo-se como a mais plausível a atribuída às mudanças climáticas. Os enclaves, pois, seriam relíquias de um paleoclima (foto 15).

Eiten (1978) considera a maior parte dos enclaves como formações distintas dos “verdadeiros cerrados”, pois possuem apenas poucas espécies da “área core” do Brasil Central, além de estarem em área climática

diferente. Para ele apenas os “campos firmes”, nunca inundados ou saturados, devido à má drenagem, com árvores e arbustos ou mesmo sem plantas lenhosas, subordinadas a uma precipitação total de 1.500 mm em média, podem ser consideradas como cerrado. Estão incluídos neste tipo os campos ao leste do Amapá, os campos do Rio Branco, no Território de Roraima e áreas adjacentes do sul da Guiana, Campos de Humaitá a sudeste do Estado do Amazonas, campos nas proximidades de Monte Alegre, “campos cobertos” e “campos firmes”, a leste de Belém, ao longo do litoral leste da ilha de Marajó e em grande número de áreas elevadas através de toda a Amazônia. Considera, todavia, que eles não preenchem as verdadeiras características do cerrado da “área core” e que deveriam ser separados destes por um critério objetivo.

Considerando que mesmo na “área core” o cerrado apresenta variações fisionômicas consideráveis — dentro do gradiente campo limpo de cerrado-cerradão não é imprópria a inclusão dos enclaves na categoria de cerrado.

Julgamos que os enclaves em que ocorre reduzido número de espécies da “área core” sejam resultantes de duas hipóteses:

1 — Possivelmente estas áreas, hoje isoladas, estariam na periferia da “área core”, isto é, distantes do centro de origem do cerrado e certamente longe do seu centro de frequência, o que já determinaria um menor número de espécies.

2 — O isolamento das espécies nessas áreas, pela ação de uma modificação climática, acarretaria a eliminação das menos aptas às novas condições ambientais, propiciando, por outro lado, o aumento numérico daquelas de grande amplitude ecológica.

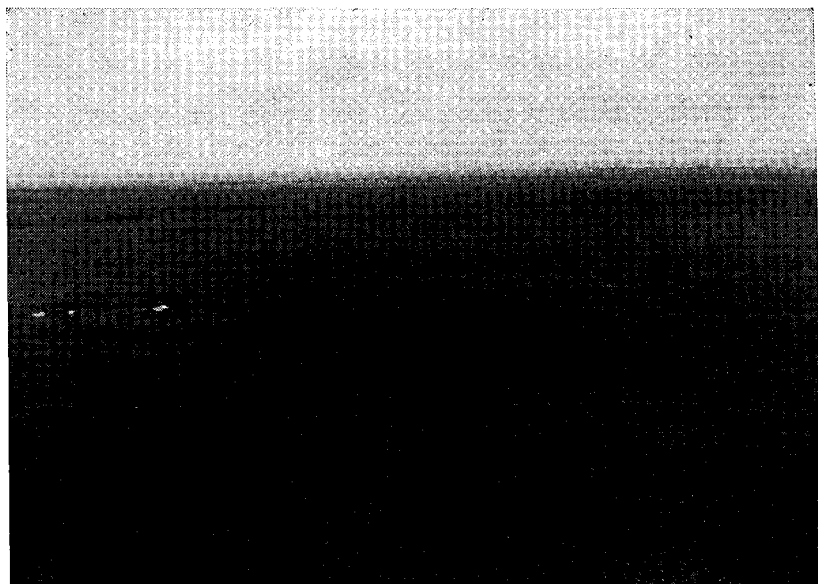


Foto n.º 16

As amplas superfícies planas dos chapadões recobertos de cerrado e cerradão vão rapidamente cedendo lugar às culturas de arroz ou a pastagens, como pode ser visto na foto aérea na serra do Roncador, MT.

5 — CONCLUSÃO

Os problemas do cerrado apresentados no presente trabalho induzem a uma série de reflexões a respeito do seu aproveitamento racional. É certo que nem todas as questões focalizadas apresentam o mesmo grau de importância, destacando-se aquela que trata da relação da fitofisionomia com o grau de fertilidade do solo.

Há extrema variação de ambientes em determinadas regiões do cerrado.

A fertilidade dos solos, apesar de ser o fator possivelmente mais importante, está condicionada a outros, tais como a dimensão da área, a topografia, a geologia, a drenagem, a profundidade dos solos, a maior ou menor facilidade de irrigação, entre outros.

Evidencia-se assim que nem sempre a seqüência dos tipos de vegetação indicadoras dos gradientes de fertilidade devam ser levados em consideração, pois sua grande variação complicaria extremamente os projetos de aproveitamento em maior escala dos solos do cerrado.

Verifica-se que os grandes empreendimentos agropecuários vêm sendo feitos levando em consideração a facilidade de mecanização, resultando, então, na escolha das grandes superfícies tabulares com topografia favorável ao trabalho mecanizado. Embora seja exigida grande quantidade de insumos e técnicas específicas, no momento muito dispendiosas, as recentes descobertas de jazidas de calcário e fosfato em diferentes áreas do cerrado contribuirão para que, futuramente, o Brasil possa tornar-se auto-suficiente no setor, em condições econômicas favoráveis à integral viabilização do aproveitamento do cerrado.

Apesar do aspecto xeromórfico da maior parte das espécies do cerrado ser indicador de deficiências de nutrientes juntamente com a presença de elementos tóxicos, torna-se, todavia, necessário o conhecimento das condições edáficas através da análise do solo, porque este xeromorfismo apresenta poucas mudanças nos diferentes tipos de cerrado.

O fogo é utilizado como meio de melhoria das qualidades da pastagem tanto em áreas de campo limpo como no cerrado. Neste a seqüência de queimadas normalmente se faz ano após ano, quando em áreas não protegidas, produzindo no decorrer dos anos um aumento considerável da biomassa herbácea (graminóide) em detrimento de biomassa lenhosa (arbusto e árvores). Tal mudança é apenas quantitativa, pois embora as condições de palatabilidade sejam melhoradas cada ano, a qualidade específica das gramíneas do cerrado não sofre alteração, tendo em vista que não há praticamente introdução de novas espécies e nem o aumento do número de indivíduos das já existentes (foto 16).

Em face dos problemas abordados, conclui-se que a utilização agropecuária racional das áreas do cerrado só se concretizará graças a pesquisas que englobem a maior gama possível de fatores ambientais e suas interações. Com a implantação de "centros de pesquisas" que analisam detalhadamente os solos, sua composição e deficiências, torna-se possível o seu aproveitamento mediante o emprego de novos procedimentos no campo tecnológico e econômico.

Através da avaliação experimental são determinadas as culturas mais apropriadas para cada tipo de solo e que condições devem existir ou ser criadas para uma boa produtividade.

BIBLIOGRAFIA

- AB-SABER, A. N. e COSTA JUNIOR, M. — Contribuição ao estudo do sudoeste goiano. *B. paul. Geogr.* (4) mar. 1950. Transcrito em: *Bol. Geogr.*, Rio de Janeiro, 9(98): 123-138, maio 1951.
- AHLGREN, Isabel F. e ALGREN, C. E. — Effects of prescribed burning on soil microorganisms in a Minnesota jack pine forest. *Ecology*, 46(3): 304-310, 1965.
- ALVIM, P. T. e ARAÚJO, W. A. — El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil. *Turrialba*, 2(4): 153-160, 1952.
- ARENS, Karl — As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais do solo. In: *Simpósio Sobre o Cerrado*, S. Paulo, 1962, São Paulo Ed. Univ. de S. Paulo, 1963, p. 285-303.
- AUBREVILLE, A. — *Étude écologique des principales formations végétales du Brésil*. Nogent-sur-Marne, Centre Technique Forestier Tropical, 1961, 268 p.
- BEADLE, N. C. W. — Soil temperatures during fires and their effect. *J. Escol.*, 28: 180-192, 1940.
- — Soil phosphate and its role in moulding segments of the Australian flora and vegetation, with special reference to xeromorphy and sclerophylly. *Ecol.*, 47: 992-1007, 1966.
- CARMIM, R. L. — Anápolis, Brasil: regional capital of an agricultural frontier. *Univ. Chicago, Dept. Geogr. Res. Paper*, 35, p. 172, 1953.
- CLARKSON, D. T. — Metabolic aspects of aluminum toxicity and some possible mechanisms for resistance. In: *Ecological Aspects of Mineral Nutrition of Plants*. Ed. for I. H. Rorison, Blackwell, Oxford, 1969.
- CLYMO, R. S. — On experimental approach to part of the calcicole problem. *J. Ecol.*, 50: 707-737, 1962.
- COUTINHO, L. M. — *Contribuição ao conhecimento do papel ecológico das queimadas na floração de espécies do cerrado*. Tese apresentada em concurso para obtenção do título de livre docente em Ecologia Vegetal junto ao Departamento de Botânica do Inst. de Biociências da U.S.P., S. Paulo, 1976.
- COUTINHO, L. M. e LAMBERTI, A. — Algumas informações sobre a análise de solo sob mata de terra firme e mata de igapó. *Ciênc. Cult.*, S. Paulo, 23(5): 601-603, 1971.
- EITEN, George — The cerrado vegetation of Brazil. *Bot. Rev.*, 38(2): 201-341, 1972.
- — Delimitation of the Cerrado Concept. — *Vegetatio*, vol. 36, 3: 169-178, 1978.

- FERRI, M. G. — Evolução do conceito de xeromorfismo. *Bol. Fac. Fil. Cienc. Letr. U.S.P.*, 267, Bot., 19: 101-113, 1963.
- GOODLAND, R. J. A. — On the savana vegetation of Calabozo, Venezuela and Rupununi, British Guiana. *Bol. Soc. Venez. Cienc. Nat. XXVI* (110): 341-359, 1966.
- — *An ecological study of the cerrado vegetation of South-Central Brasil. Montreal, Mc Gill University, Thesis, Ph. D., 1969.*
- — Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: Ferri, M. G. (Coord.), *III Simpósio Sobre o Cerrado*, Ed. Univ. S. Paulo e Ed. Edgard Blucher, S. Paulo, 1971.
- HERINGER, E.P. — Propagação e sucessão de espécies arbóreas do cerrado em função do fogo, do cupim, da capina e do aldrin (inseticida). In: Ferri, M. G. (Coord.), *III Simpósio Sobre o Cerrado*, Ed. Univ. S. Paulo e Ed. Edgard Blucher, S. Paulo, 167-179, 1971.
- HULBERT, L. C. — Fire and litter effects in undisturbed bluestem prairie in Kansas. *Ecology*, 50(5): 874-877, 1969.
- JOLY, A. B. — Estudo fitogeográfico dos campos de Butantã (S. Paulo). *Bol. Fac. Fil. Cienc. Letr. Univ. S. Paulo C IX*, Botânica n.º 8: 1-83, 1950.
- KOMAREK, E. V. — The meteorological basis for fine ecology. *Proc. Tal Timbers Fine Ecology Conf.*, 5: 85-125, 1966.
- LLOYD, P. S. — Effects of fire on a Derbyshire grassland community. *Ecology*, 53(5): 915-920, 1972.
- LOFGREN, Alberto — La flore de St. Paul. *R. Centro Sci. Letras e Artes Campinas*, 5(10): 53-61, 1906.
- — Geographie botanique de la flore de S. Paulo. *Relatório da 3.ª Reunião do Congresso Científico Latino-Americano*. T. 3, Livro A, Rio de Janeiro, 1909.
- LOVELESS, A. R. — A nutritional interpretation of scleromorphy based on differences in the chemical composition of sclerophyllous and mesophytic leaves. *Ann. Bot.* 25.º, 168-184, 1961.
- LUETZELBURG, Ph. Von. — *Estudo botânico do Nordeste*. Inspeção Federal de Obras contra as Secas, série I. A. Publ. n.º 57, Rio de Janeiro, vol. 1, 108 p., vol. 2, 126 p., vol. 3, XVI + 283, p. 1922-1923.
- MC CLUNG, A. C. e FREITAS, L. M. M. — Sulphur deficiency in soils from Brazilian campos. *Ecology*, 40(2): 315-317, 1959.
- PITOT, A. e MASSON, H. — Quelques données sur la temperature au cours des feux de brousse aux environs de Dakar. *Bull. Inst. Fr. Noire*, 13(3): 711-732, 1951.
- RATTER, J. A., RICHARDS, P. W., ARGENT, G. e GIFFORD, D. R. — Observations on the vegetation of Northeastern Mato Grosso I. The woody vegetation types of the Xavantina—Cachimbo Expedition area. *Phil. Trans. Royal Soc. B. Biol. Sci.*, 266(880): 449-492, 1973.

- RAYTER, J. R., ASKEW, G. P., MONTGOMERY, R. F. e GIFFORD, D. R. — Observações adicionais sobre cerradão de solos mesotróficos no Brasil Central. In: *IV Simpósio Sobre o Cerrado*, Brasília, 1976, São Paulo, elaborada U.S.P. e Belo Horizonte, Itatiaia Edit. Ltda., p. 303-316, 1977.
- RAWITSCHER, Felix — Die Erschöpfung tropischer Bodin infolge Entwaldung. *Acta Trop.*, 3(3): 211-241, 1946.
- — O problema das savanas brasileiras e das savanas em geral. *Bol. Geogr.*, IX(105): 887-893, 1951.
- RAWITSCHER, F., FERRI, M. G. e RACHID, M. — Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional. *An. Acad. Bras. Ci.*, 15(4): 267-294, 1943.
- RIZZINI, C. T. — Sobre alguns aspectos do cerrado. *Bol. Geogr.*, 29(218): 48-66, 1971.
- RORISON, I. H. — The effect of aluminium on legume nutrition. In: *Nutrition of the Legumes*, Ed. por E. G. Hallswort, Butterworth, Londres, 1958.
- SAINT-HILAIRE, A. — Histoire des plantes les plus remarquables du Brésil et du Paraguai, I, A. Belin Imprimeur — Libraire, Paris, 1824.
- SAVOSTIN, P. — Efectos de las quemas en las propiedades de los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar. Primera Asamblea Nacional de Conservación de los Recursos naturales Renovables, n.º 103, Caracas, 21 p. mimeografadas, 1962.
- SETZER, J. — Impossibilidade do uso racional do solo no Alto Xingu, Mato Grosso. *Rev. Bras. Geogr.*, 29(1): 102-109, 1967.
- STEWART, O. C. — Fire as the First Great Force Employed by Man. In: Thomas, W. L. (Ed.) *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, Chicago, The University of Chicago Press, p. 115-133, 1956.
- VARESCHI, V. — La quema como factor ecológico en los Llanos. *Bol. Soc. Venez. Cienc. Nat.* XXIII(101): 9-26, 1962.
- VIRO, P. J. — Effects of forest fire on soil. In: Koslowski, T. F. e C. E. Ahlgren (Ed.), *Fire and Ecosystems*, N. York, Academic Press Inc., p. 7-45, 1974.
- WALTER, H. — Das feuer als natürllicher Klimatischer Faktor. *Aquilo*, Ser. Botanica T., 6: 113-119, 1967.
- WARMING, Eugenius — *Lagoa Santa, contribuição para a geographia phytobiológica*. Trad. de A. Lofgren, Belo Horizonte, Imprensa Oficial, 1908.