

# Eugen Warming e o cerrado brasileiro

um século depois

Aldo Luiz Klein (Org.)



IMPRESA OFICIAL SP



FAPESP

Editora  
UNESP

Quando vi pela primeira vez o material sobre Warming que o professor Aldo Klein trouxe da Dinamarca, fiquei encantada com a riqueza das fotografias e dos desenhos feitos a lápis retratando espécies da flora do cerrado e aspectos da vida rural brasileira. Como o professor Aldo, senti a necessidade de compartilhar essa experiência e dar forma à exposição idealizada numa homenagem a Warming e ao cerrado.

A idéia de montar a exposição de forma itinerante, sempre ligada a uma palestra sobre algum aspecto do cerrado, permitiu que um grande número de pessoas, alunos de cursos de graduação, professores, pesquisadores e leigos conhecesse a beleza do cerrado e a importância de Warming. A concretização dessas atividades tornou-se possível graças ao empenho do professor Aldo e ao apoio conjunto do Instituto de Botânica e da Sociedade Botânica de São Paulo.

O projeto, iniciado timidamente e de forma modesta, resultou na presente publicação, por meio da qual também

Eugen Warming  
e o cerrado brasileiro:  
um século depois

FUNDAÇÃO EDITORA DA UNESP

*Presidente do Conselho Curador*

José Carlos Souza Trindade

*Diretor-Presidente*

José Castilho Marques Neto

*Editor Executivo*

Jézio Hernani Bomfim Gutierre

*Conselho Editorial Acadêmico*

Alberto Ikeda

Antonio Carlos Carrera de Souza

Antonio de Pádua Pithon Cyrino

Benedito Antunes

Isabel Maria F. R. Loureiro

Lígia M. Vettorato Trevisan

Lourdes A. M. dos Santos Pinto

Raul Borges Guimarães

Ruben Aldrovandi

Tânia Regina de Luca

IMPrensa OFICIAL DO ESTADO

*Diretor-Presidente*

Sérgio Kobayashi

*Diretor Vice-Presidente*

Luiz Carlos Frigerio

*Diretor Industrial*

Carlos Nicolaewsky

*Diretor Financeiro e Administrativo*

Richard Vainberg

Aldo Luiz Klein  
*(organizador)*

Editora  
UNESP

IMPRESA OFICIAL SP

FAPESP

© 2000 Editora da UNESP  
Direitos de publicação reservados à:

Fundação Editora da UNESP (FEU)  
Praça da Sé, 108

01001-900- São Paulo-SP

Tel.: (0xx11)3242-7171

Fax: (0xx11) 3242-7172

Home page: [www.editora.unesp.br](http://www.editora.unesp.br)

E-mail: [feu@editora.unesp.br](mailto:feu@editora.unesp.br)

Imprensa Oficial do Estado S. A.

Rua da Mooca, 1921

03103-902 - São Paulo-SP

Tel.: (0xx11) 6099-9800

Fax: (0xx11)6692-3503

SAC0800 123401

Home page: [www.imprensaoficial.com.br](http://www.imprensaoficial.com.br)

E-mail: [imprensaoficial@imprensaoficial.com.br](mailto:imprensaoficial@imprensaoficial.com.br)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois / Aldo Luiz Klein  
(organizador). - São Paulo: Editora UNESP; Imprensa Oficial do Estado,  
**2002.**

Vários autores.

Bibliografia.

ISBN 85-7139-354-0 (UNESP)

1. Cerrado - Brasil 2. Warming, Eugenius, 1841-1924 I. Klein, Aldo Luiz.

01-1767

CDD-581.981

Índice para catálogo sistemático:

1. Brasil: **Cerrado** Plantas 581.981



Editora afiliada:



#### AGRADECIMENTOS

A Iara Francisca Fernandes e Christine Imbert da Rocha,  
sem as quais a viagem, a exposição e este livro  
não teriam sido possíveis.

A Adriana Iozzi.

*Aldo Luiz Klein*

# Sumário

Introdução.....	9
<i>Aldo Luiz Klein</i>	

## PARTE I

### EXPOSIÇÃO COMEMORATIVA DO CENTENÁRIO DA PUBLICAÇÃO DE *LAGOA SANTA*, DE EUGEN WARMING

Centenário da publicação de <i>Lagoa Santa</i> , de Eugen Warming.....	17
Exsicatas coletadas por Warming em Lagoa Santa.....	21
Desenhos de orquídeas brasileiras de uma caderneta de campo de Eugen Warming.....	33
Fotografias tiradas por Warming no Brasil.....	45
Desenhos a lápis feitos por Warming no Brasil.....	53
Páginas de diários de Warming.....	63

## PARTE II

### PALESTRAS SOBRE O CERRADO

O bioma do cerrado.....	77
<i>Leopoldo Magno Coutinho</i>	
O cerrado do Estado de São Paulo.....	93
<i>Osmar Cavassan</i>	
Desenvolvimento de plantas do cerrado: uma experiência pessoal.....	107
<i>G7 Martins Felipe</i>	
Potencial agrícola do cerrado.....	121
<i>Ângelo Paes de Camargo</i>	
Fixação de nitrogênio em leguminosas ocorrentes no cerrado.....	131
<i>Lázara Cordeiro</i>	

## PARTE III

FLORA DO CERRADO.....	147
-----------------------	-----



## Introdução

O ano de 1892 representou, para o estudo do cerrado brasileiro, um marco O Centenário da publicação definitivo: foi o ano da publicação do primeiro trabalho científico realizado sobre esse ecossistema brasileiro de características tão peculiares. Trata-se de *Lagoa Santa* Et *Bidrag til den biologiske Plantegeografi*, de Eugen Warming, professor de Botânica na Universidade de Copenhague. Publicada em dinamarquês, Eugen Warming a obra teve repercussão nos meios científicos europeus e chamou a atenção mundial para os cerrados brasileiros. Sua importância está muito bem posta nas palavras do botânico Alberto Løfgren que, em 1908, a traduziu para o português:

O presente livro do Dr. Eugen Warming representa a primeira tentativa de organizar uma flora local de uma região determinada do grande território brasileiro. O mérito desta obra, porém, não consiste somente num colecionamento sistemático, com enumeração de espécies conhecidas ou novas, e não se limita a simples descrições fitográficas ou distribuição geográfica; é infinitamente maior, pois é, antes de tudo, o primeiro ensaio de estudos biológicos e fisiológicos jamais feitos no Brasil sobre as relações do manto vegetal com o clima, com o solo e com o próprio homem, em sua ação transformadora sobre a natureza viva.<sup>1</sup>

Embora defenda algumas teses que, com o avanço do conhecimento científico, se mostraram falsas, a obra de Warming é encantadora, de leitura fácil e agradável; estaria mesmo a merecer uma reedição, na qual apenas a linguagem fosse cuidadosamente atualizada para que as novas gerações de botânicos e estudiosos pudessem também usufruir do prazer de sua narrativa.

Mas quem foi Warming, afinal, e como pôde ele, em data tão remota, publicar na Dinamarca um importante livro sobre o cerrado brasileiro?

Johannes Eugenius Bülow Warming nasceu na Dinamarca no dia 3 de novembro de 1841, em Mandø, onde seu pai era pastor religioso. Iniciou seus estudos de graduação na Universidade de Copenhague em 1859, mesmo ano da publicação do livro de Darwin sobre a origem das espécies. Seu interesse pela Botânica, que já havia sido despertado por um antigo professor de História Natural, pôde agora se desenvolver mais intensamente.

No ano de 1862, ao término de seus estudos universitários, foi convidado por J. T. Reinhardt, eminente professor de Zoologia da Universidade de Copenha-

gue e inspetor do Museu Zoológico, a vir ao Brasil, onde trabalharia como e A secretário de Peter Wilhelm Lund, famoso zoólogo dinamarquês que aqui se Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Edusp, 1973.

<sup>1</sup> LÖFGREN, A. Prefácio do tradutor. In

WARMING, E., FERRI, M. G. *Lagoa Santa e a vegetação de cerrados brasileiros*. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Edusp, 1973.

estabelecer na localidade de Lagoa Santa, MG. O próprio Warming, na introdução de *Lagoa Santa*, dá uma medida da importância de Lund:

A Lagoa Santa prendeu Lund pelo resto de sua vida e nunca mais deixou ele o interior do Brasil e nem tornou a ver a sua pátria, desde 1835 até 25 de maio de 1880, quando faleceu. Este homem de educação fina, relacionado com os mais notáveis cientistas europeus e que, tanto na Europa quanto no Rio de Janeiro, freqüentava as mais altas rodas científicas e diplomáticas, não abandonava esse lugarejo insignificante, verdadeiro deserto intelectual, para, durante os primeiros dez anos, no tempo da seca, visitar os terrenos calcários no vale do Rio das Velhas, em companhia de seus camaradas e animais, morando nas cavernas e explorando o seu conteúdo.<sup>2</sup>

E mais adiante, ainda:

E muitos outros foram atraídos, de diversos modos, para a pequena Lagoa Santa: cientistas estrangeiros, como Burmeister, Richard Burton, uma pequena parte da expedição científica de Agassiz, em 1865, composta de Orestes St. John, John A. Allen e George Soëva e muitos outros: até o próprio imperador Dom Pedro II e seu genro foram lá para conversar com Lund.<sup>3</sup>

Warming partiu de Copenhague no dia 17 de fevereiro de 1863 e só retornaria à Dinamarca três anos e meio depois, em outubro de 1866. Após sete semanas de navio, chegou ao Rio de Janeiro que se lhe apresentou como uma cidade provida de todos os confortos e facilidades e rodeada por uma natureza tropical muito rica. Durante as cinco semanas que aí passou, Warming começou a coletar material para o seu trabalho e também para se familiarizar com a natureza luxuriante que o cercava. Em sua bagagem, havia trazido uma máquina fotográfica que lhe seria muito útil, durante toda sua estada no Brasil, para documentar lugares e vegetações.

Após uma árdua jornada, no dia 8 de julho de 1863 Warming chegou a Lagoa Santa, onde foi recebido por Lund. O momento da chegada é narrado pelo próprio Warming, em uma página de seu diário inédito:

Após ter passado a noite na fazenda de Manoel, partimos de manhã, ele e eu, a cavalo, pelo caminho que levava a Lagoa Santa. A manhã estava agradável. Flores azuis, em forma de sino, e muitas outras ornamentavam as colinas dos campos e o orvalho era como pérolas no meio das ervas.

Por volta das dez horas, chegamos a Lagoa Santa e deixei meu olhar passear sobre a grande praça no meio da cidade e lá Manoel me mostrou a casa de Lund. (A viagem, desde o Rio de Janeiro, havia durado 42 dias. Chegava, finalmente, ao fim desta longa viagem.) Lund se encontrava em seu jardim. Eu me sentei, muito excitado e cheio de expectativas. (Primeiro entrou Brent e, depois de se refrescar de seu passeio matinal, entrou Lund)... um senhor magro e grisalho, que, para minha grande surpresa, deu-me as boas-vindas em alemão. Ele devia normalmente usar

2

WARMING, E., FERRI, M. G. *Lagoa Santa e A vegetação de cerrados brasileiros*. Belo Horizonte: Itatiaia: São Paulo: Edusp, 1973.

3

Ibidem, p.10.

essa língua com Herr Brent, que me substituíra temporariamente. Eu creio que respondi em alemão mas, então, ele se deu conta de que deveria falar em dinamarquês.

Após alguns minutos de conversa, ele se lembrou de que havia chegado correspondência para mim. Ele a trouxe. Mas a primeira carta que abri, com um estranho pressentimento de angústia, trouxe-me uma notícia paralisante: minha mãe havia morrido.

Warming permaneceria três anos em Lagoa Santa. A par de suas obrigações como secretário de Lund, começou a desenvolver o trabalho com a vegetação local, tão diferente daquela de sua terra natal, e que resultaria na publicação do livro sobre a vegetação de Lagoa Santa. Nesta obra, Warming persegue uma botânica interpretativa, levando em consideração aspectos edáficos e climáticos, buscando explicações para a forma apresentada pelos vegetais e relacionando-a à frequência das queimadas, realçando, já àquela época, a importância do fogo para a arquitetura das plantas e para a diminuição da densidade da vegetação. É claro que Warming, durante sua estada em Lagoa Santa, seria bastante influenciado pela personalidade de P. W. Lund, mesmo porque Warming tinha, à época, 22 anos, e Lund já tinha mais de 60.

Dezenove anos após sua viagem ao Brasil, Warming se tornaria mundialmente reconhecido como um dos fundadores da Ecologia Vegetal, com a publicação, em 1895, de seu livro *Populações vegetais: fundamentos da geografia ecológica das plantas*, jamais traduzido para o português.

Warming nunca mais esqueceria o Brasil. A flora brasileira tornou-se um importante elemento de referência em sua produção científica. Em novembro de 1923, seis meses antes de sua morte, ele falou do tempo que passara no Brasil em duas palestras que proferiu na Sociedade Dinamarquesa de Botânica.

Em 1992, ano do centenário da publicação dinamarquesa de *Lagoa Santa*, tendo a oportunidade de realizar uma exposição de fotografias no Jardim Botânico da Universidade de Copenhague, decidi mostrar apenas o material fotográfico obtido durante as minhas viagens de estudo aos cerrados do Estado de São Paulo. A exposição chamou-se *Flora do Cerrado* e foi concebida como uma homenagem a Eugen Warming e ao pioneirismo de sua obra no Brasil. Na simpática solenidade de abertura da exposição, à qual estiveram presentes, além de diversos professores e autoridades do Jardim Botânico, o embaixador brasileiro na Dinamarca, Sr. Luiz Antonio Jardim Gagliardi, e senhora, ocupou lugar de destaque um exemplar de *Peperomia*, último sobrevivente das plantas vivas levadas do Brasil pelo próprio Warming.

Durante os poucos dias que passei em Copenhague, procedi a um levantamento do material de documentação do Brasil (fotografias, desenhos, escri-



## Eugen Warming e o cerrado brasileiro

tos etc.) realizado por Warming. Graças ao auxílio do Dr. Ole Hamann, diretor do Jardim Botânico, tive acesso aos arquivos de Warming, guardados na biblioteca deste local. Nesses arquivos, encontram-se todos os seus manuscritos, inclusive diários de viagens e anotações de campo, além de desenhos e fotografias. Com a ajuda de Christine Imbert da Rocha, dinamarquesa com ótimos conhecimentos de português, pude selecionar o material que me pareceu mais importante à primeira vista: algumas páginas de seu diário de viagem, fotografias que julguei mais interessantes, desenhos de plantas e orquídeas brasileiras etc. Por se tratar de material insubstituível e, portanto, impossível de ser retirado, fotografei e fotocopiei os documentos selecionados. O Dr. Ib Friis, responsável pelo Museu Botânico, ajudou-me a escolher dez exsicatas levadas do Brasil pelo próprio Warming e me presenteou com excelentes cópias fotográficas dessas pranchas de herbário, muitas delas com anotações feitas à mão pelo próprio Warming.

De volta ao Brasil, apresentei o material à Sociedade Botânica de São Paulo e propus a realização de um evento comemorativo do centenário da publicação de *Lagoa Santa* que, ao mesmo tempo, fosse uma homenagem a Eugen Warming e uma oportunidade de reflexão sobre o conhecimento até agora obtido sobre os cerrados, em seus diversos aspectos. A princípio, pensou-se em uma semana de palestras, mas acabou-se por preferir um evento itinerante que percorresse os centros de estudo e pesquisa interessados; em cada lugar onde a exposição fosse levada, seria proferida, por um especialista, uma palestra sobre algum aspecto do cerrado.

A exposição, patrocinada pelo Instituto de Botânica, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, e pela Sociedade Botânica de São Paulo, foi inaugurada no Jardim Botânico de São Paulo, quando foi proferida a palestra "O bioma do cerrado", pelo Prof. Dr. Leopoldo Magno Coutinho. A seguir, a exposição visitou Assis, durante a Segunda Semana de Biologia, e a palestra "O cerrado do Estado de São Paulo" esteve a cargo do Dr. Osmar Cavassan. Em Santos, a exposição fez parte das atividades do X Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, quando o Dr. Gil Martins Felipe falou sobre "Desenvolvimento de plantas do cerrado: uma experiência pessoal". Na seqüência, a exposição foi levada ao Instituto Agronômico de Campinas, onde a palestra "Potencial agrícola do cerrado" foi proferida pelo Dr. Ângelo Paes de Camargo. Finalmente, em Rio Claro, a palestra ficou a cargo da Dra. Lázara Cordeiro, que abordou o tema da "Fixação de nitrogênio em leguminosas ocorrentes no cerrado".

A relevância dos temas tratados nas palestras e o brilhantismo com que foram abordados, somados à oportunidade de resgatar, para as novas gerações, a memória de Eugen Warming e seu trabalho pioneiro sobre o cerrado, levaram

à edição deste livro que, voltado tanto aos pesquisadores e estudantes desse ecossistema como também ao público em geral, certamente ajudará a preencher a lacuna de textos atuais sobre esse ecossistema brasileiro.

*Aldo Luiz Klein*



Parte I

Exposição comemorativa do  
centenário da publicação de  
*Lagoa Santa*, de Eugen Warming

# *Centenário da publicação de Lagoa Santa, de Eugen Warming*

## *Patrocínio:*

Secretaria de Estado do Meio Ambiente  
Coordenadoria de Informações Técnicas, Documentação  
e Pesquisa Ambiental  
Instituto de Botânica  
Sociedade Botânica de São Paulo

Organizador: Dr. Aldo Luiz Klein

O acesso e a reprodução do material exibido não seriam possíveis sem a colaboração da Universidade de Copenhague, Dinamarca, através de:

Dr. Ole Hamann (Diretor do Jardim Botânico),  
Jette Dahl Moller (Curadora do arboreto),  
Dr. Phil Ib Friis (Diretor do Museu Botânico)  
e Annelise Hartman (Bibliotecária).

A tradução dos textos em dinamarquês deve-se à colaboração de:

Christine Imbert da Rocha (Copenhague)  
Ricardo Schaeppí (Rio de Janeiro)

A viagem do organizador a Copenhague foi patrocinada pelo:

Instituto Gallup, São Paulo.

Aos 22 anos de idade, Johannes Eugenius Bülow Warming (1841-1924) de- Cem anos de Lagoa Santa embarcou no Rio de Janeiro, a caminho de Lagoa Santa, MG. Lá permaneceu durante três anos estudando, principalmente, a vegetação dos cerrados da região. Suas anotações foram publicadas em 1892, em Copenhague.

## Johannes Eugenius Bülow Warming (1841-1924)



Traduzidas em 1908 como "Lagoa Santa. Contribuição para a geografia fitobiológica", constituem até hoje uma das obras mais abrangentes e importantes escritas sobre o cerrado brasileiro.

O intuito desta exposição é homenagear e resgatar a memória deste botânico dinamarquês tão importante para a Botânica mundial e, particularmente, para o estudo dos cerrados brasileiros.

Nasceu em Mande, Vadehavet, Dinamarca, no dia 3 de novembro de 1841. Fez os estudos secundários em Ribe, como aluno da Katedralskolen. Entrou para a universidade em 1859, mesmo ano da publicação do livro de Darwin sobre a origem das espécies. Seu interesse pela Botânica já havia sido despertado por seu professor de História Natural, em Ribe.

Desde sua época de universitário, ficou profundamente impressionado com a natureza dos trópicos, com a qual conviveu intimamente durante sua estada no Brasil, de 1863 a 1866. Veio para cá como secretário do famoso cientista dinamarquês Peter Wilhem Lund, considerado o pai da paleontologia brasileira. Lund morava em Lagoa Santa havia mais de 30 anos e nunca regressou à Dinamarca. O convívio com Lund, então com 60 anos, deve ter causado profundas influências no jovem Warming.

Apesar de suas obrigações como secretário, Warming encontrou tempo para desenvolver estudos sobre a vegetação local e para algumas excursões à Serra da Piedade, nas vizinhanças de Lagoa Santa, onde coletou centenas de plantas. Seus estudos visavam, principalmente, às formas de crescimento e à propagação da vegetação do cerrado, além dos efeitos das queimadas.

Em sua bagagem, Warming trouxe para o Brasil uma máquina fotográfica e com ela documentou aspectos da vegetação e da vila de Lagoa Santa.

Dois anos depois de ter voltado a Copenhague, conseguiu sua licenciatura em História Natural, graças aos estudos realizados no Brasil. Apesar de altamente



qualificado, somente aos 32 anos foi nomeado Professor Assistente Temporário na Universidade de Copenhague. Alguns anos mais tarde, porém, foi convidado a ser professor permanente.

Seus livros sobre taxonomia vegetal, "Manual de botânica sistemática" e "Plantas com sementes" foram, durante muitos anos, utilizados pelos estudantes de Botânica da Universidade de Copenhague, sendo o último adotado até 1970.

As observações feitas no Brasil, aliadas a outras sobre a vegetação dinamarquesa e ártica, resultaram em um livro fundamental, publicado em 1895: "Populações vegetais: fundamentos de geografia ecológica vegetal". Com este



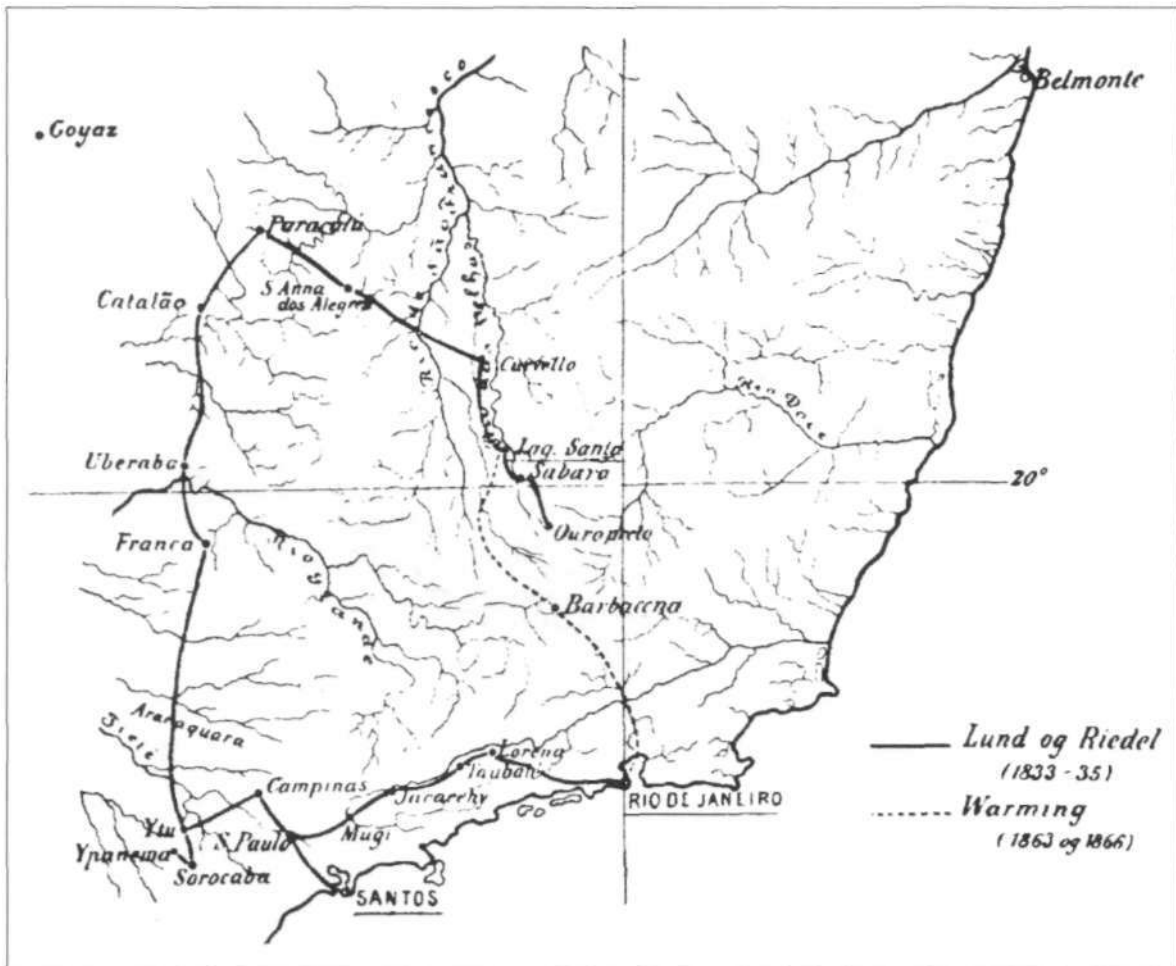
Retrato de Warming aos 21 anos, pouco antes de partir para o Brasil.

livro, Warming ganhou renome internacional, sendo considerado o fundador da Ecologia Vegetal.

Em seus últimos anos, Warming cultivou um interesse maior pela flora dinamarquesa, o que resultou na publicação de importantes monografias, como a "Vegetação litorânea" (1906), "Vegetação das dunas" (1909) e "Bosques" (1919).

Warming tinha relações muito estreitas com a Sociedade Dinamarquesa de Botânica, da qual foi presidente de 1869 a 1882 e de 1907 a 1909. Foi redator de várias revistas científicas especializadas em Botânica. Ao longo de sua vida, escreveu cerca de 280 artigos e livros científicos.

Roteiros das viagens de Lund e Riedel (1833-35) e de Warming (1863 e 1866).



*Exsicatas coletadas  
por Warming em  
Lagoa Santa*

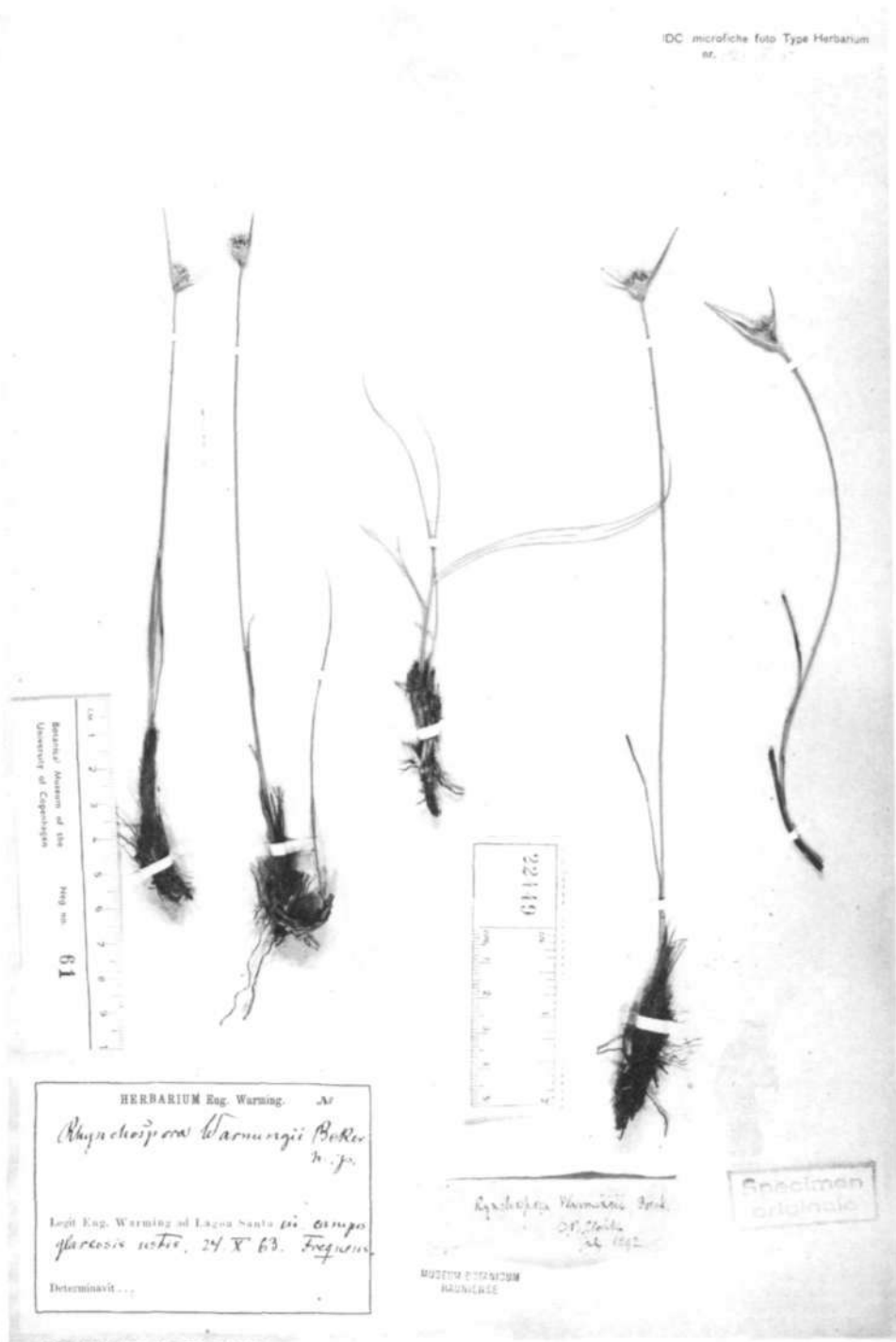




Os originais encontram-se no Museu Botânico da Universidade de Copenhague, cujo Herbário leva o nome de EUGEN WARMING.



DC microfiche foto Type Herbarium  
nr.



Botanisk Museum of the  
University of Copenhagen  
1899 no. 61

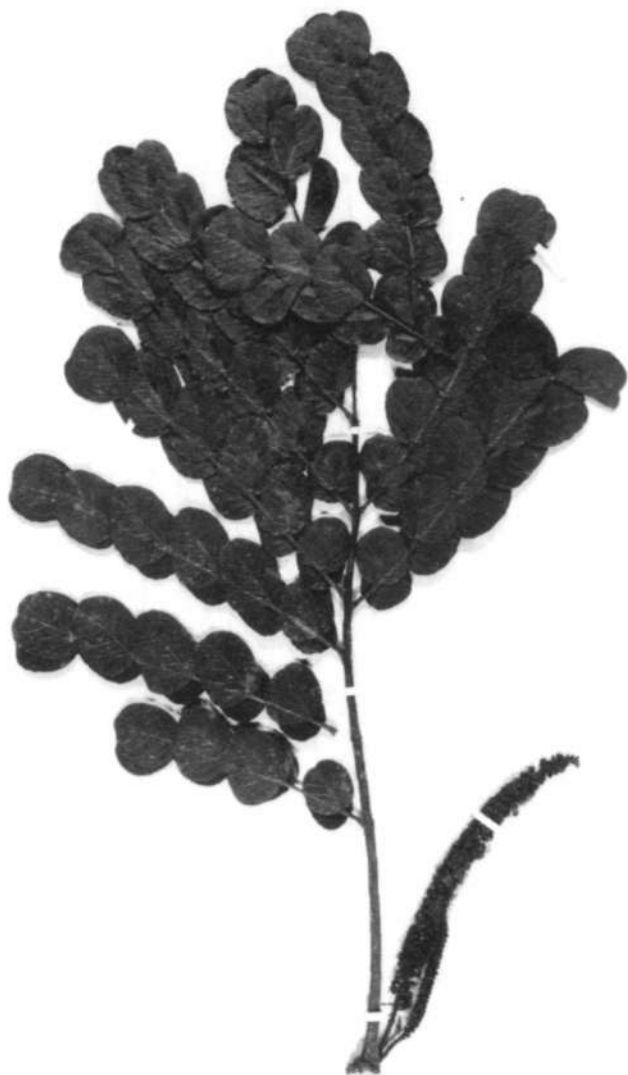
HERBARIUM Reg. Warming. Nr.  
*Ruppchoyia warmingii* BoRer  
n. sp.  
Legit Reg. Warming ad Lagoa Santa in campo  
glacioso usque, 24 X 63. Fregues.  
Determinavit...

20119

*Ruppchoyia warmingii* BoRer  
24. 10. 63  
at 1862

Specimen  
originale

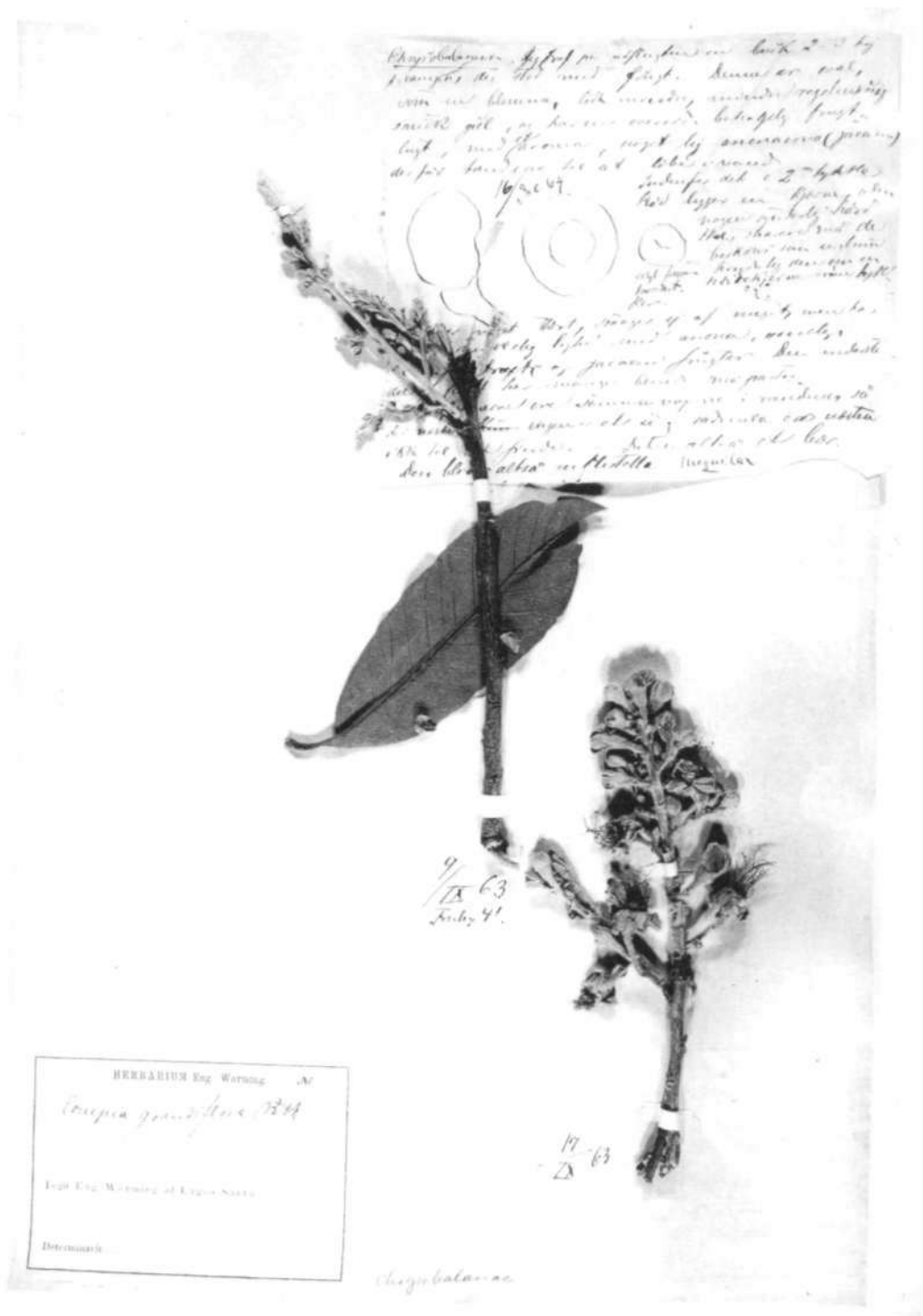
MUSEUM BOTANICUM  
HAUNIENSE



MUSEUM BOTANICUM  
HABSIENSE

salac

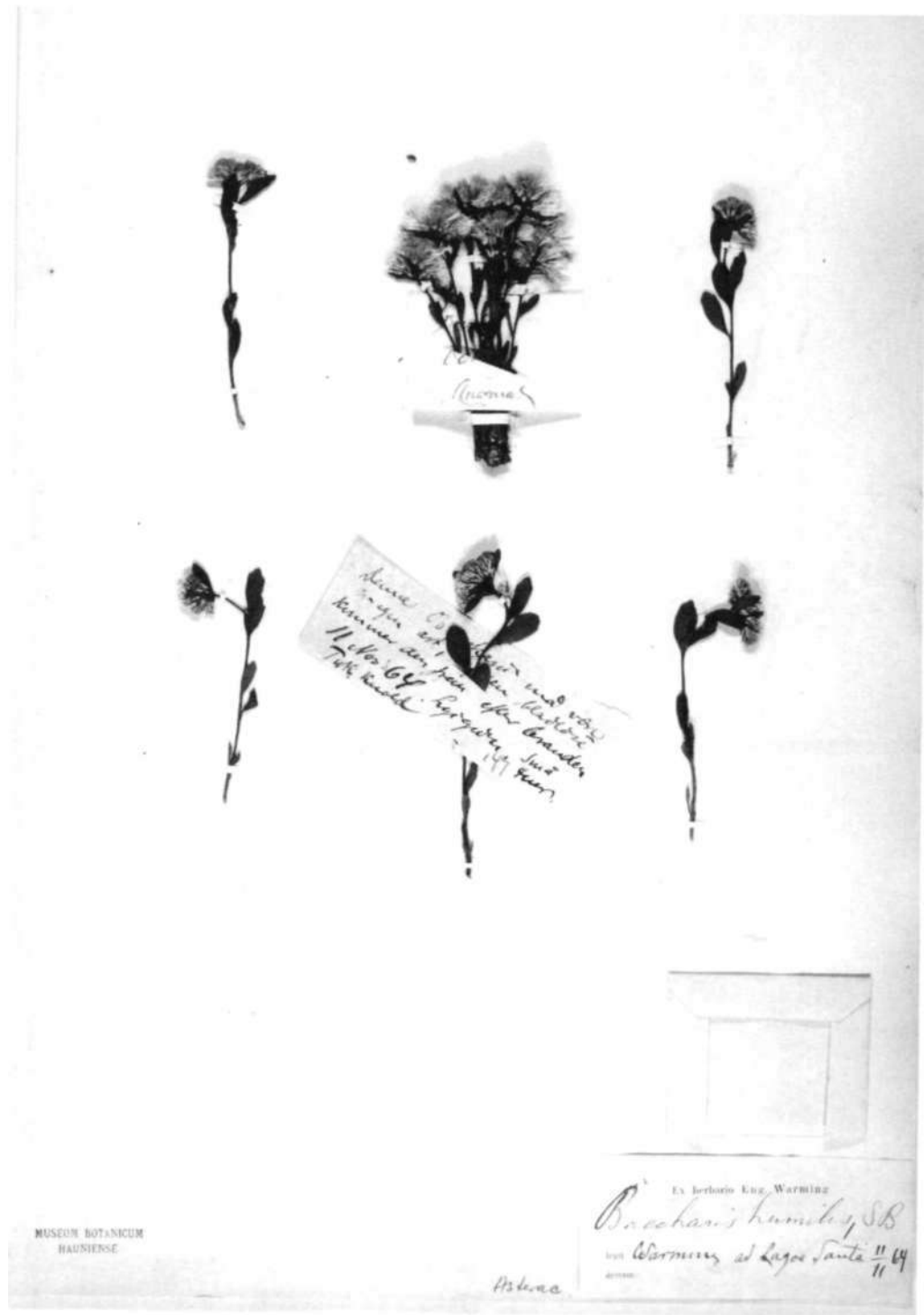
HERBARIUM LEO. WARMING. 57 <i>Styphnodon brasiliensis</i> DC. ex <i>S. sp.</i> DC. 1838 Warming
--

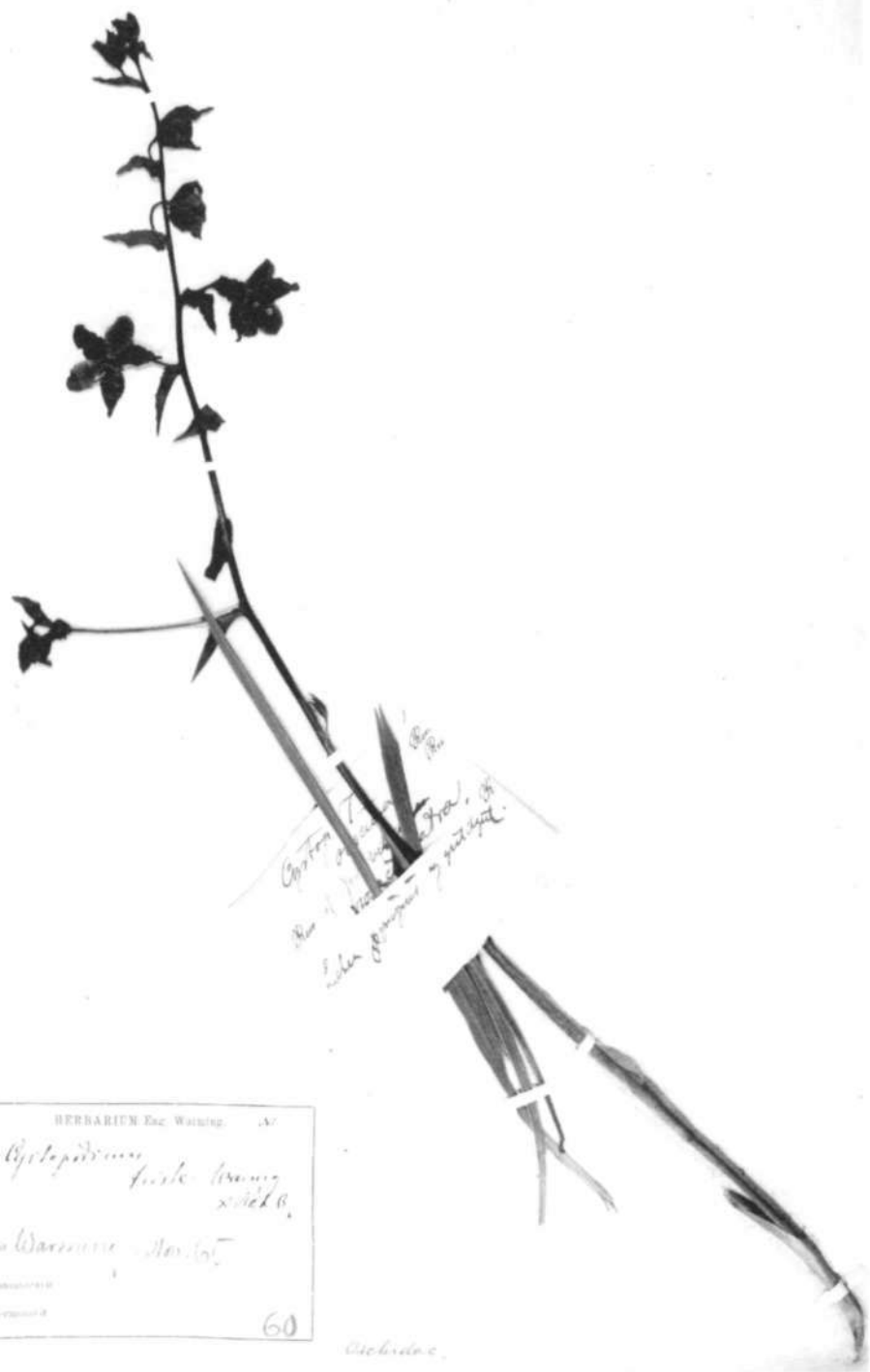














*E. coriacea* Lart.

N. 3011



*Podocarpus*  
*viridis* - *raspinosa* Hay  
*Ardisia cuneata*  
 23/11/64. N.A.  
 J. Warming

Museum Botanicum Hauniense

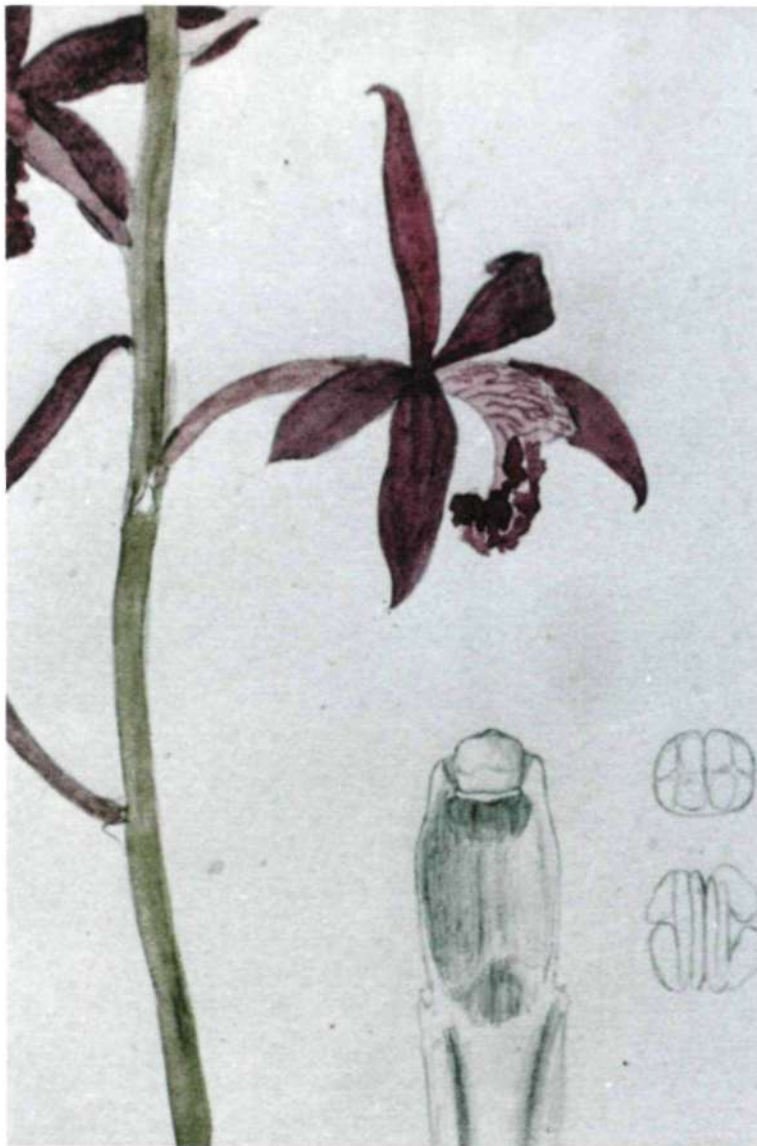
HERBARIUM Eug. Warming. N.

*Podocarpus coriacea* Lart.  
 u. a. *oblonga* (Pöhl)

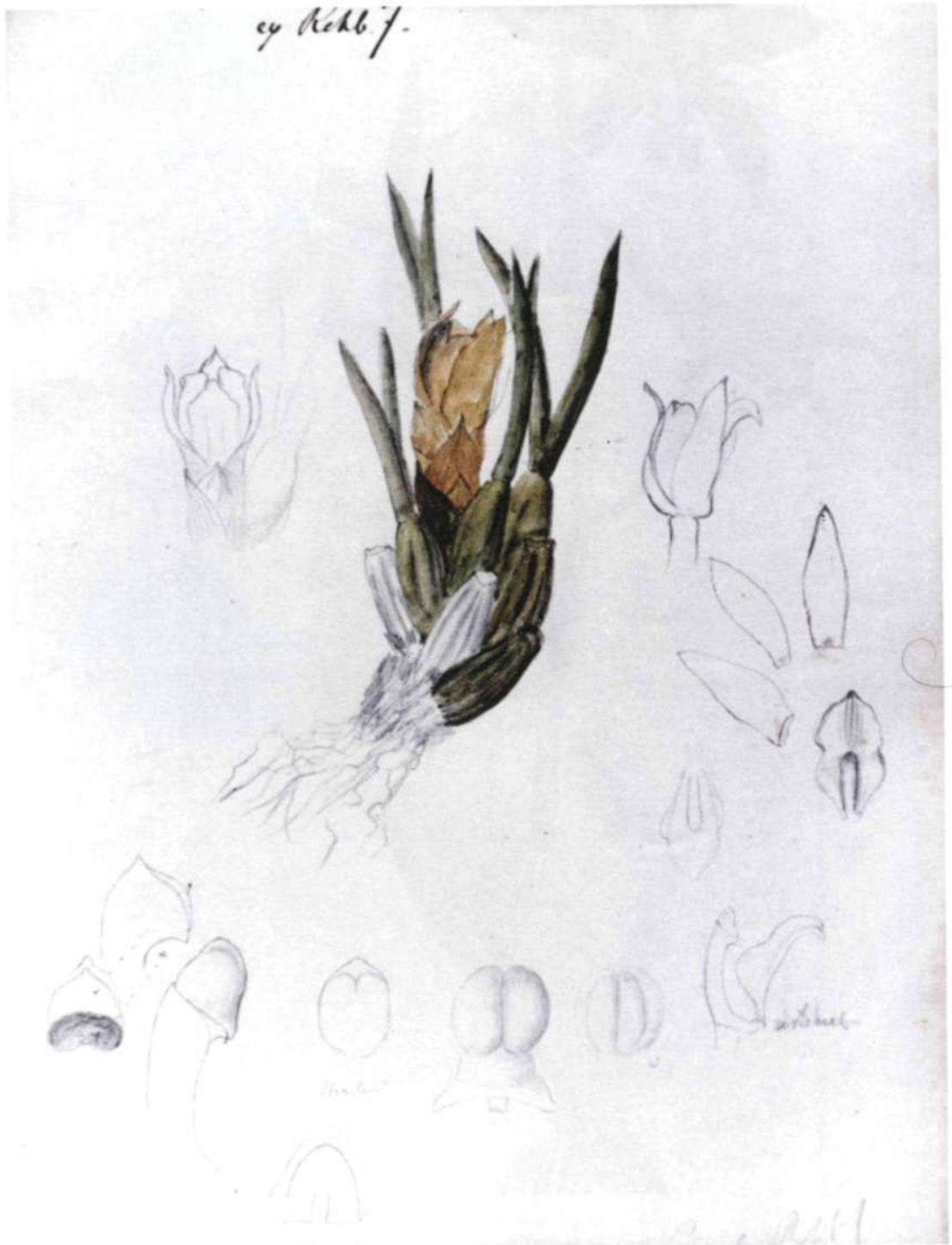
Eug. Warming at Lagoa Santa. 23/11/64

Detromant

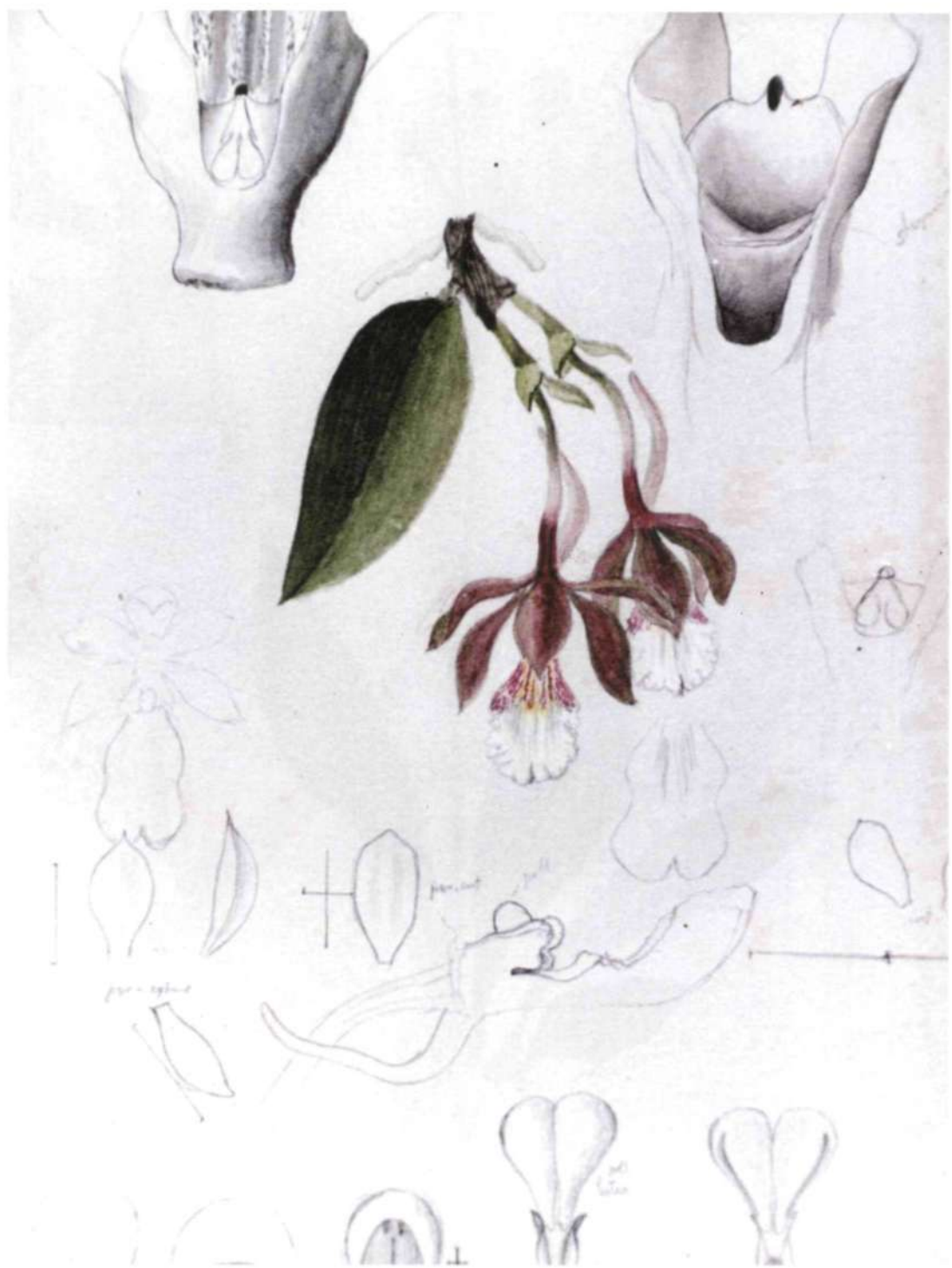
*Desenhos de orquídeas brasileiras  
de uma caderneta de campo  
de Eugen Warming*

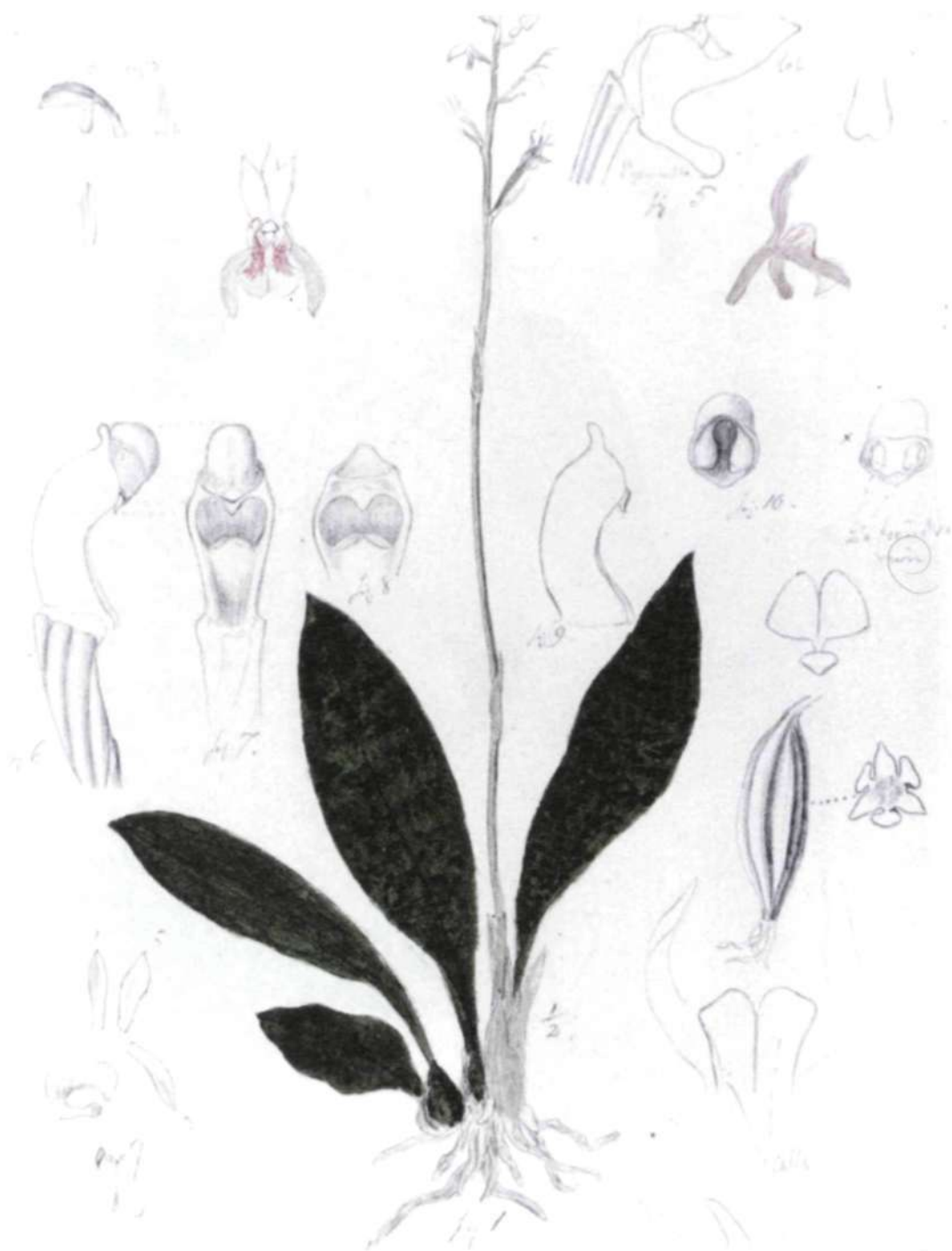


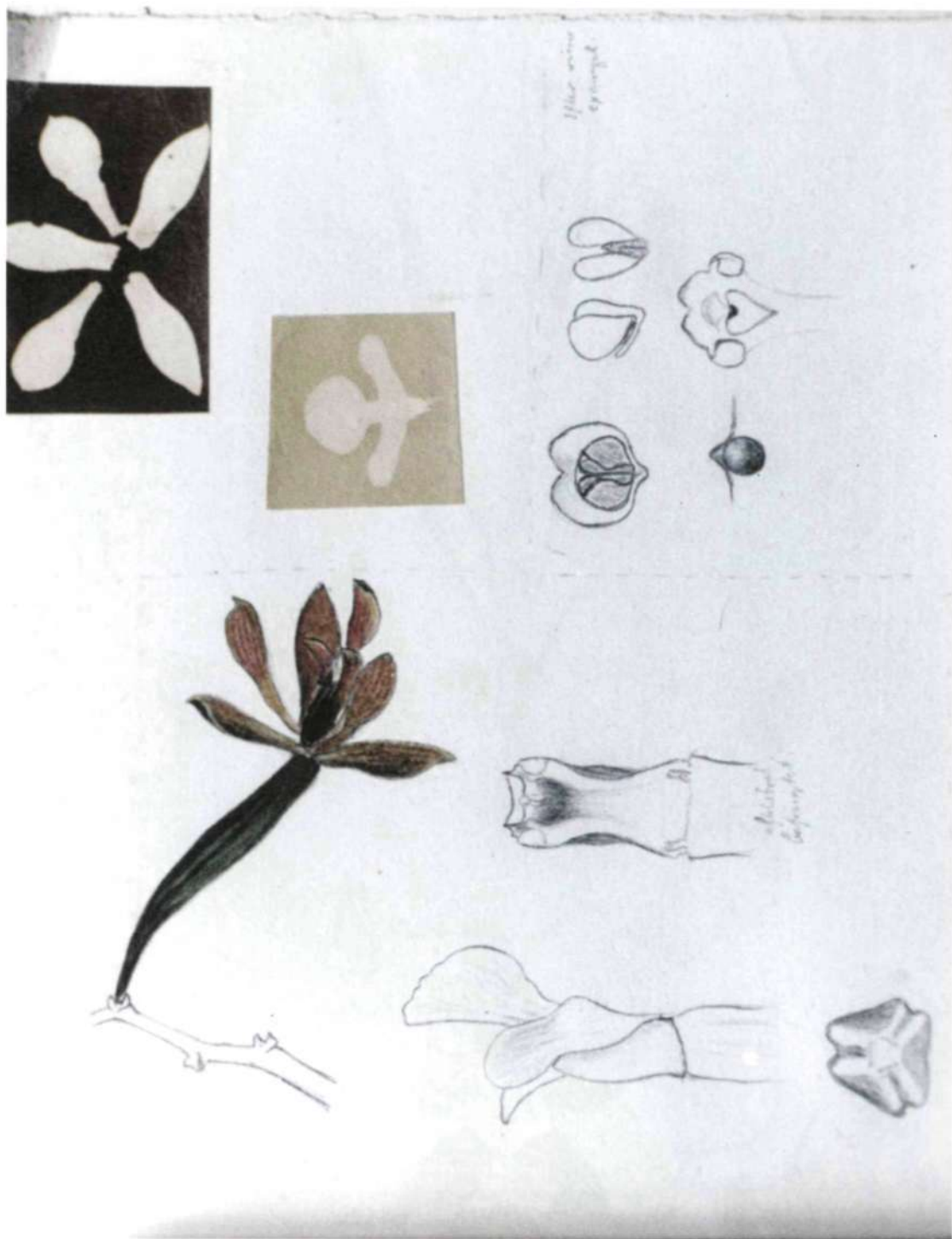


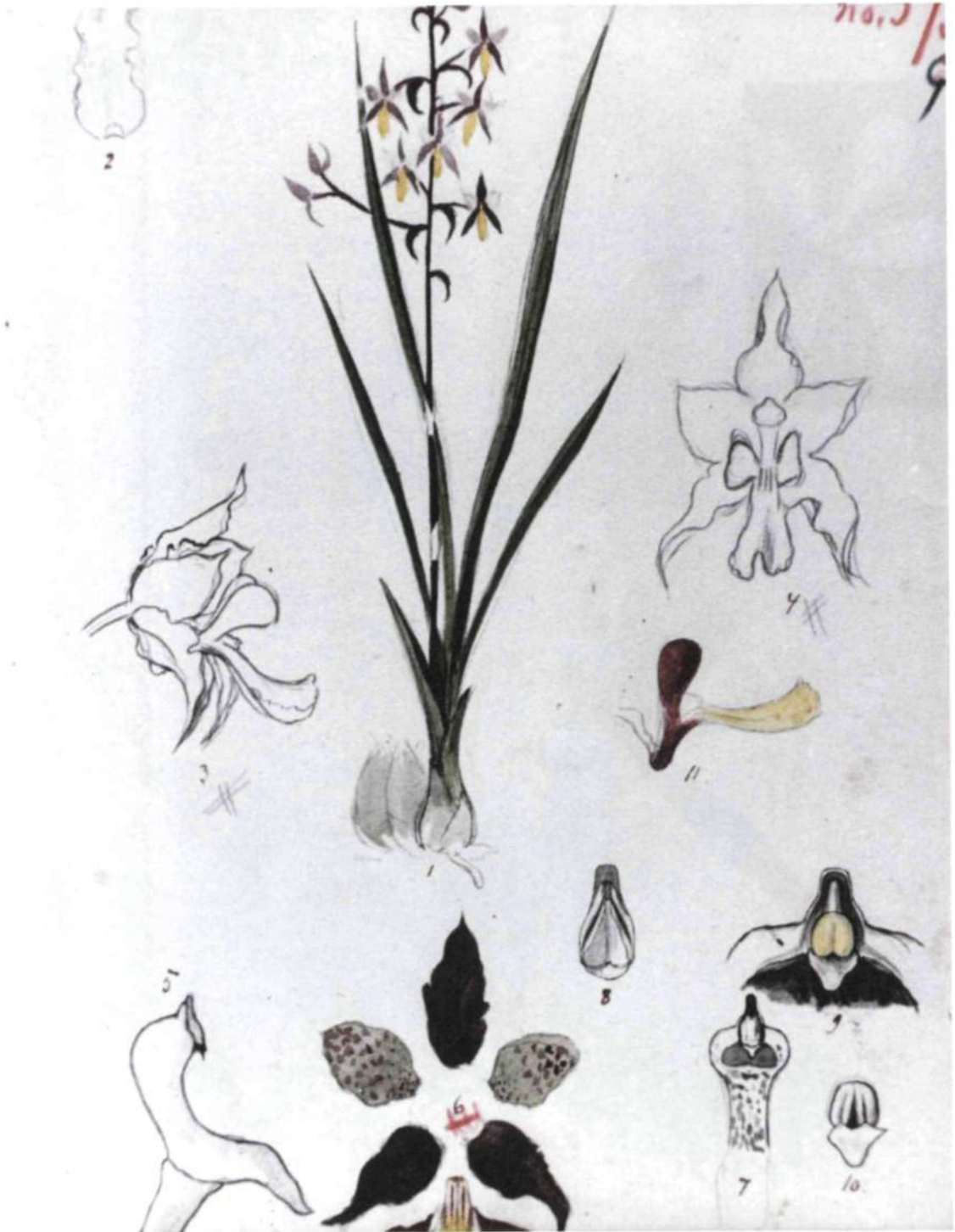


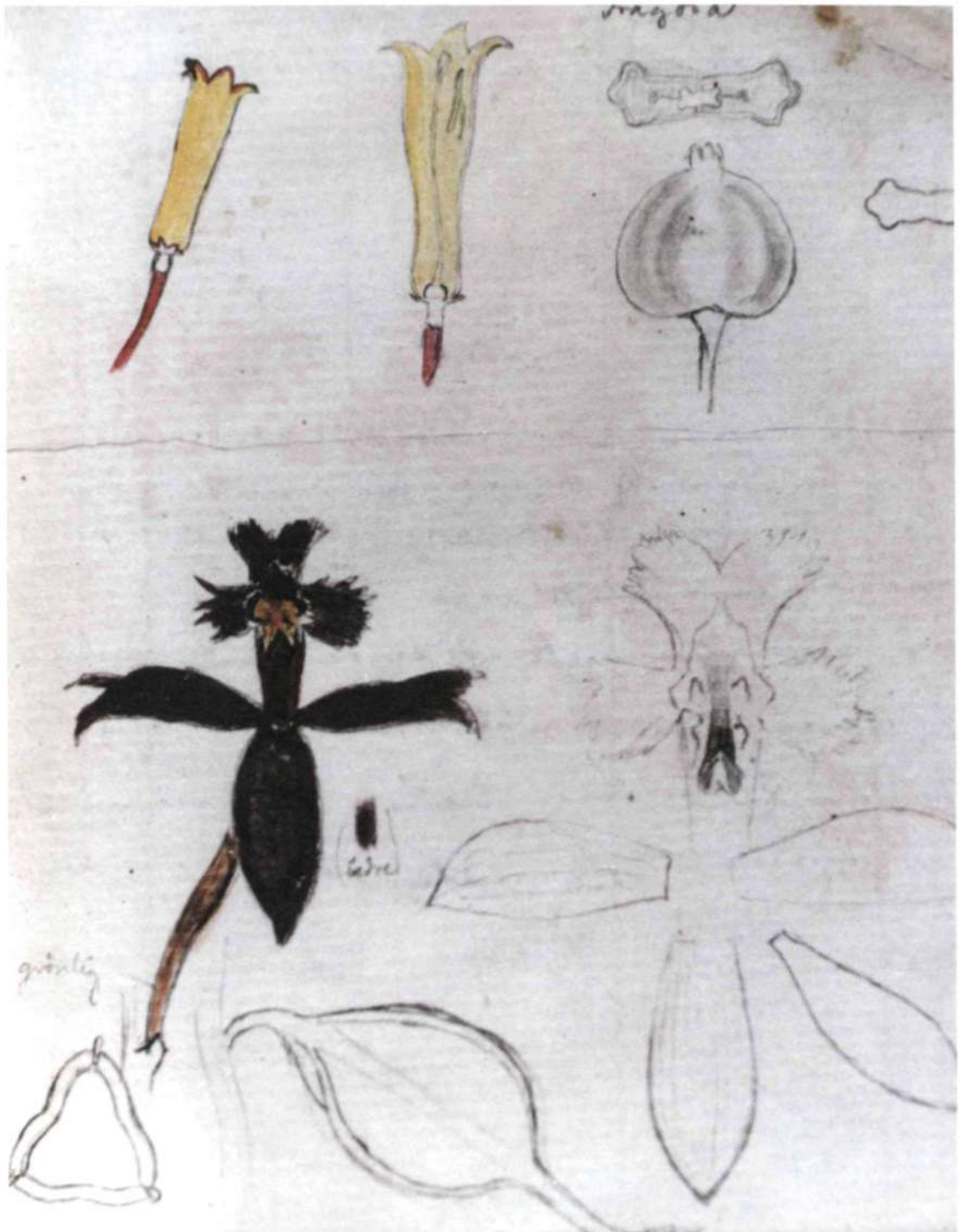


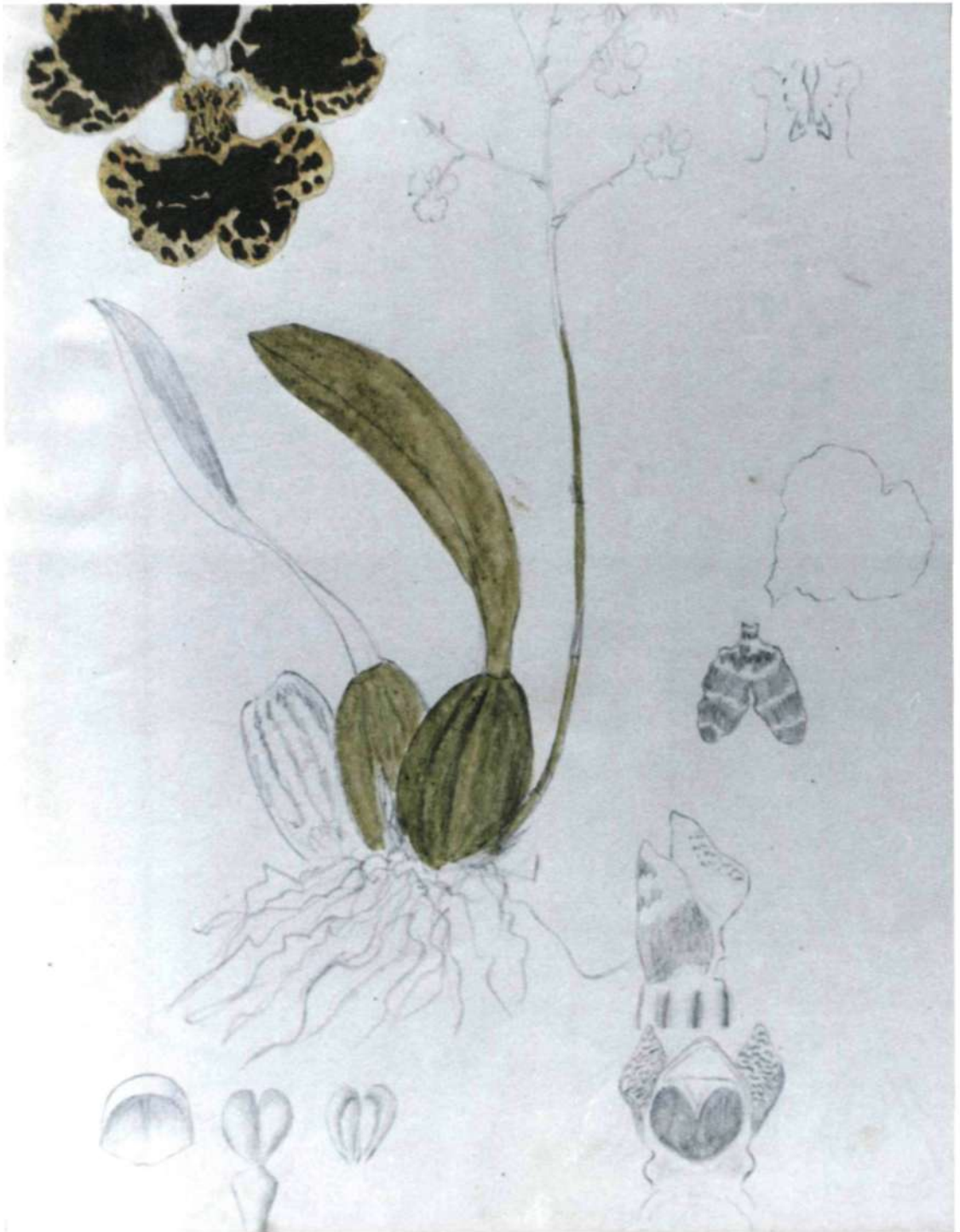


















*Fotografias tiradas por  
Warming no Brasil*





A igreja e a casa  
do francês Fourcamp,  
em Lagoa Santa  
(anotado no verso).



Uma venda em Lagoa  
Santa - E. Warming, 1864  
(anotado no verso).

Os originais, em tamanho 9 x 12 cm, encontram-se na Biblioteca do Jardim Botânico da Universidade de Copenhague.



A morada de P. W. Lund,  
em Lagoa Santa  
- E. Warming, 1865  
(anotado embaixo).



A casa de Lund, à luz  
da manhã. A esquerda,  
*Araucaria brasiliensis*.  
(anotado no verso).



Quintal de Lund, visto da rua. À esquerda, *Cocos capitata*; no meio, *Acrocomia sclerocarpa*; à direita, *Rollinia laurifolia* (anotado no verso).



Vista a partir das rochas calcárias, perto da Lapa Vermelha - E. Warming, 1864 (anotado embaixo).



Vista de um campo cerrado denso, em Lagoa Santa - Warming, 1864 (anotado embaixo).

*foto do meu tab. campo cerrado nel Lagoa Santa  
Warming 1864*



Detalhe da mesma fotografia.

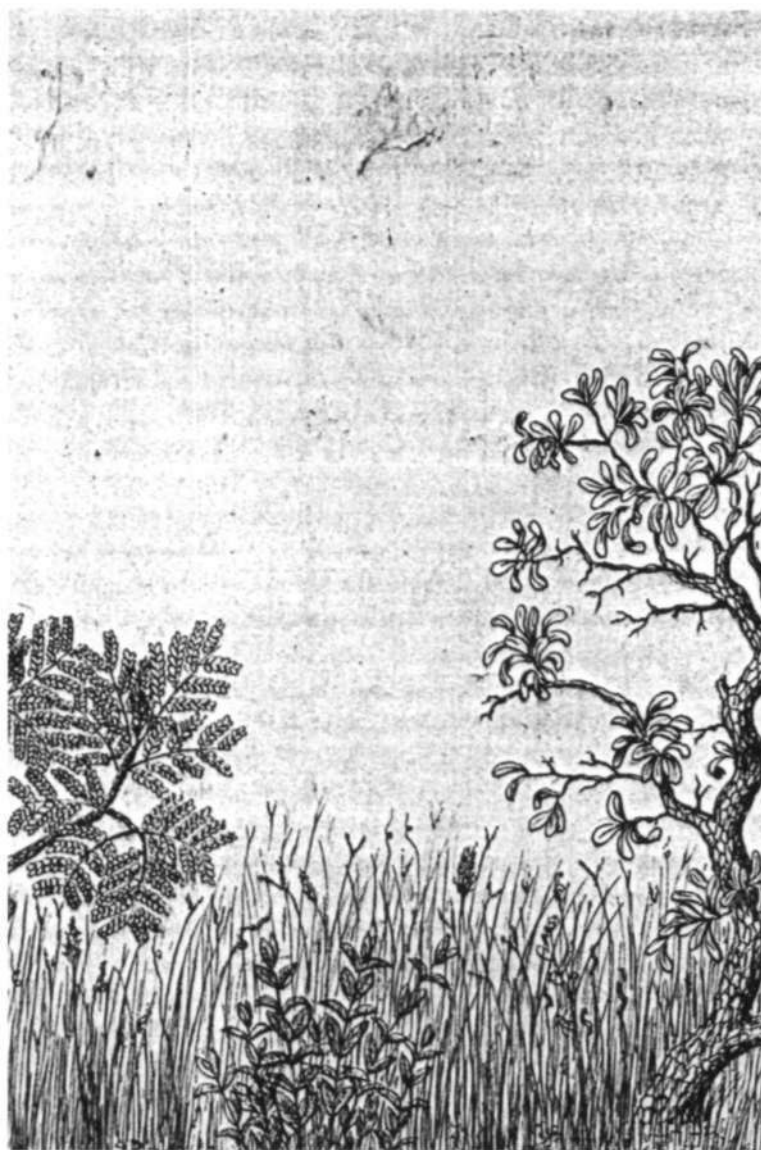


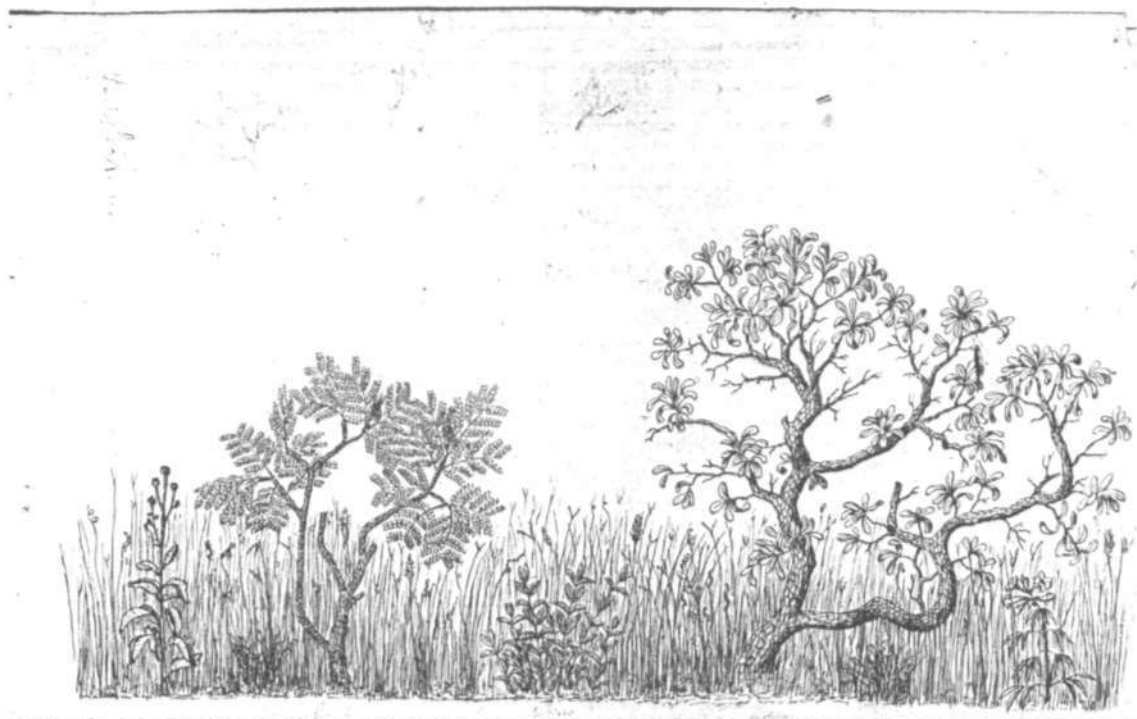
O lago perto de Lagoa Santa, em sua maior extensão (anotado no verso).



Vista do balcão da casa do lago, colinas de cerrado ao fundo (anotado no verso).

*Desenhos a lápis feitos por  
Warming no Brasil*





*Mimosas*  
*Parlatimilis*  
*(Cindylorhiza)*  
*Composit.*  
*Ernanthis*

*Sabicea*  
*(Rubiace.)*

*Hetero*  
*Coupea*  
*Chrysohalicium*

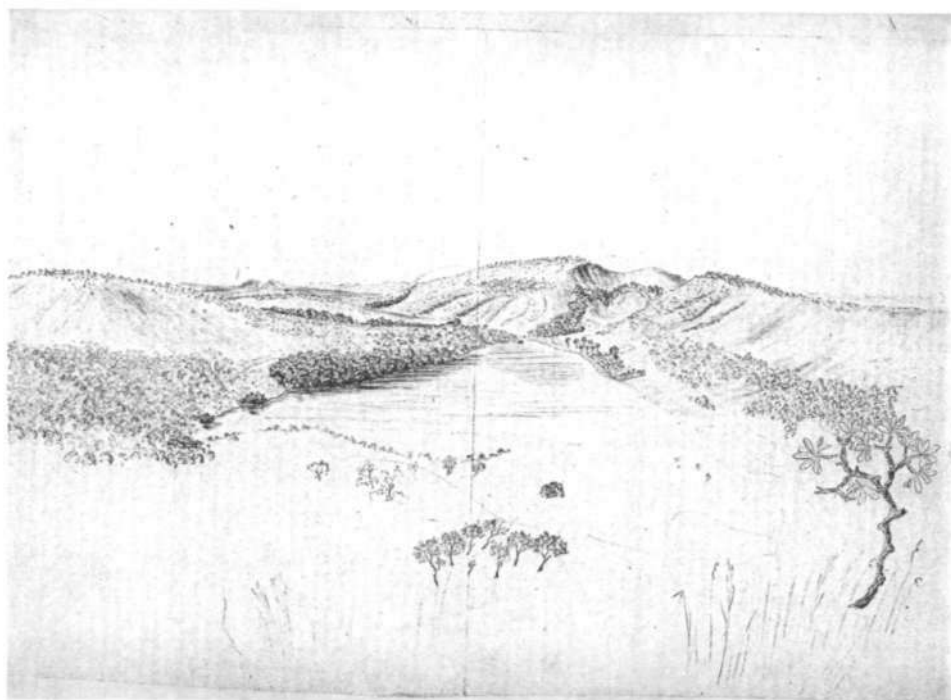
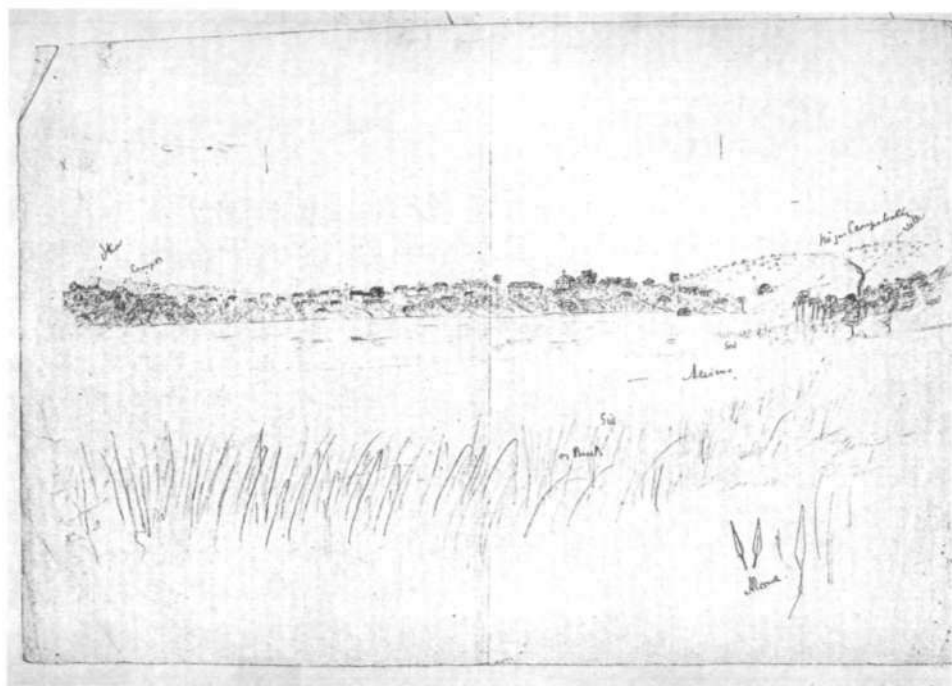
---

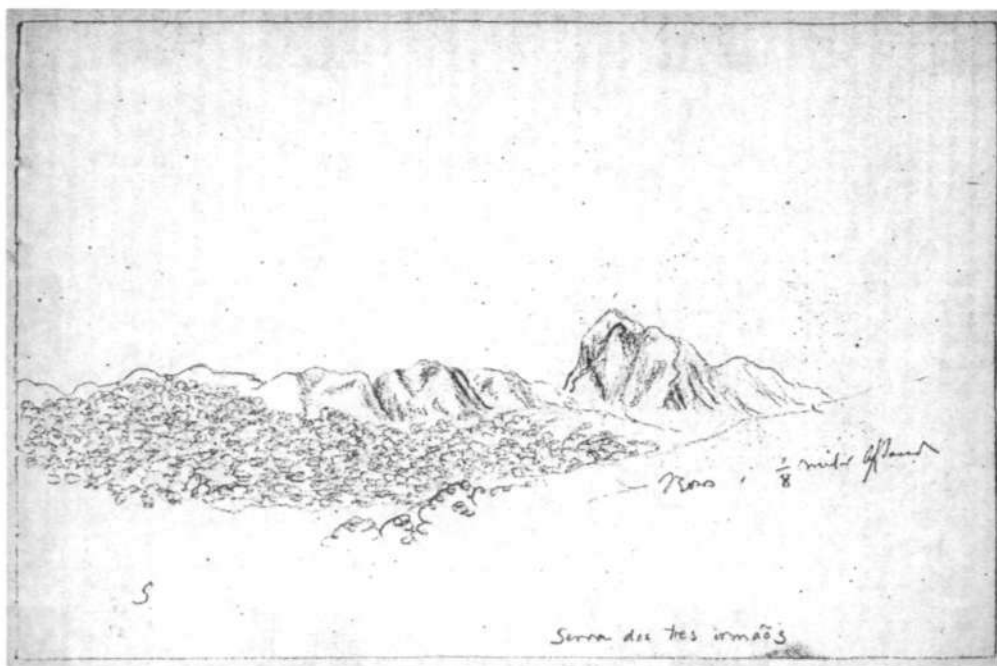
*S. 190*

*Paspalum - Panicum - Andropogon*

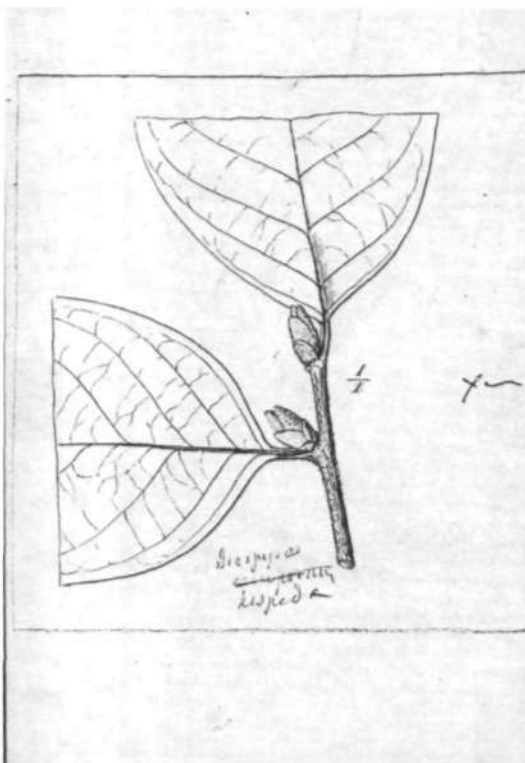
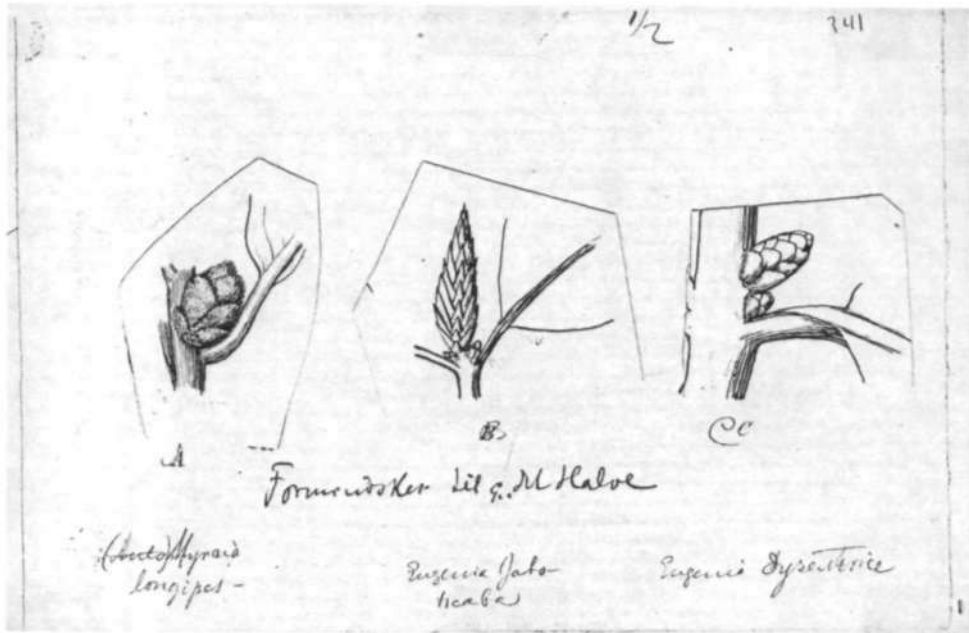
2/3

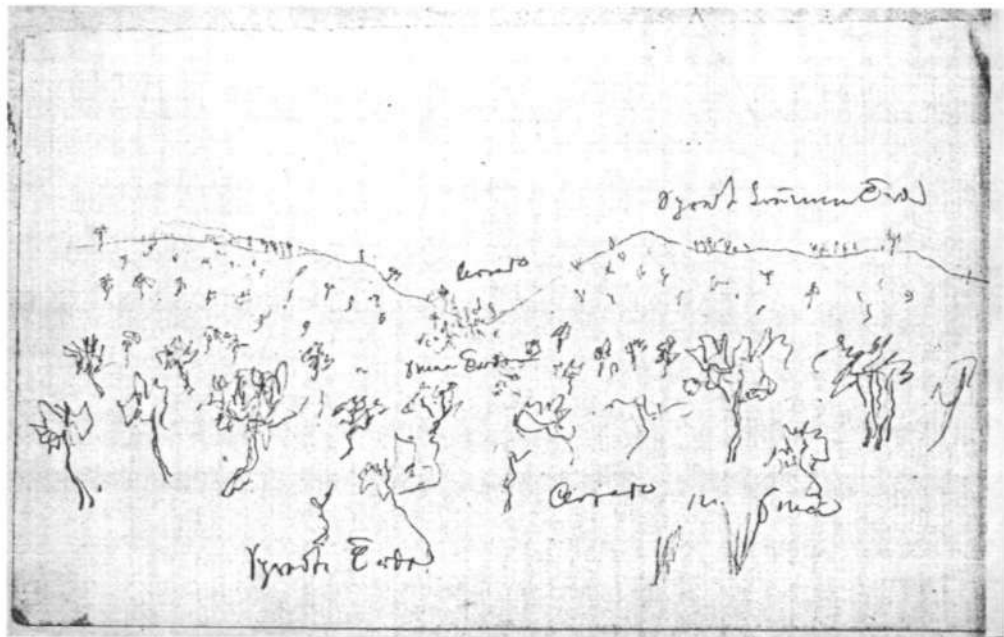
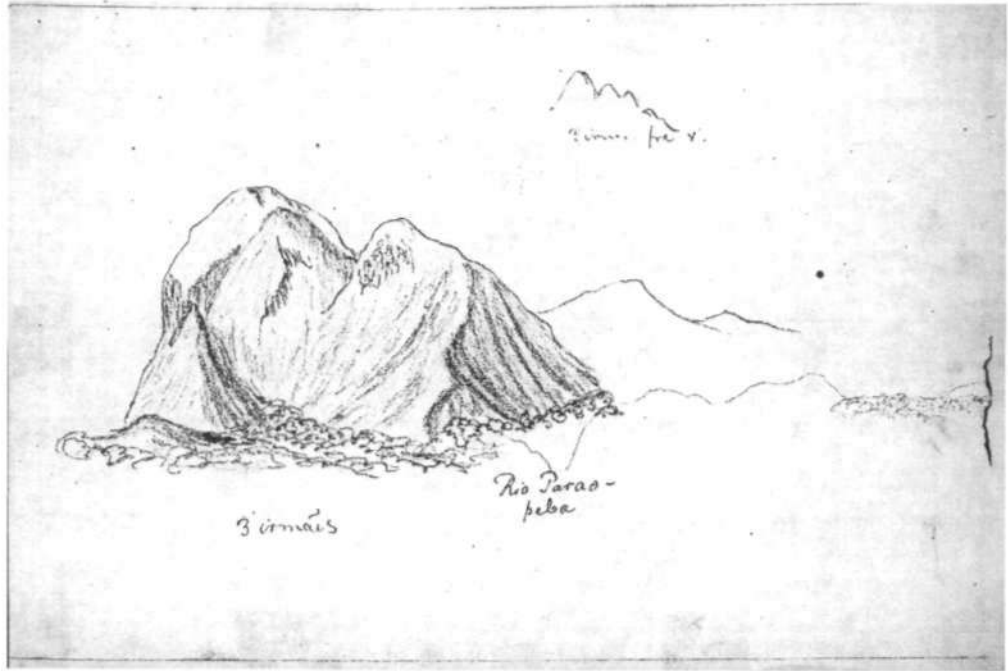


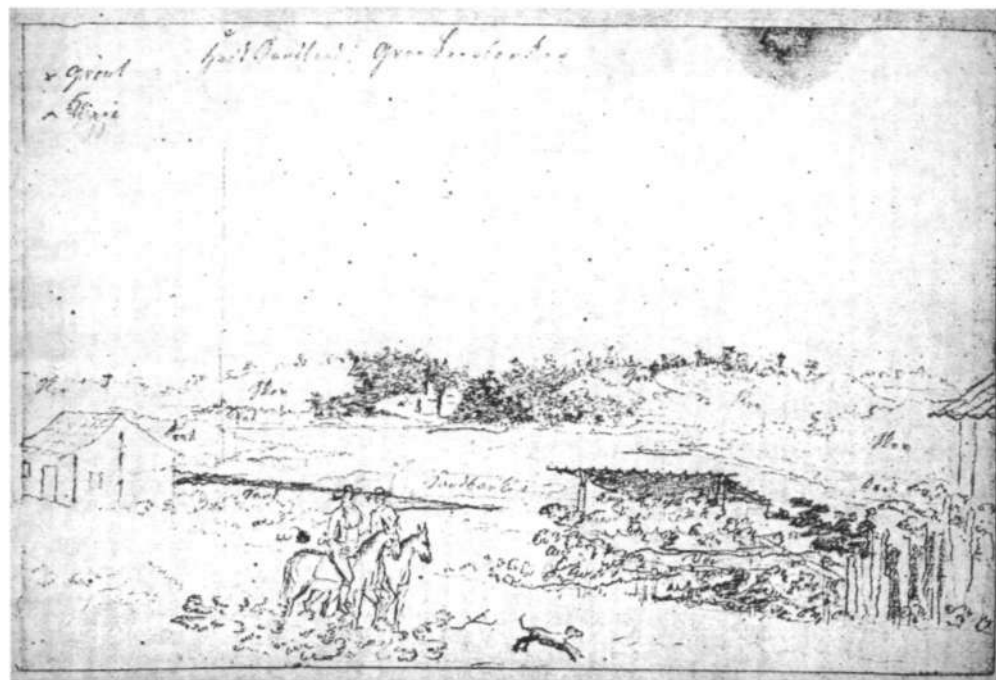
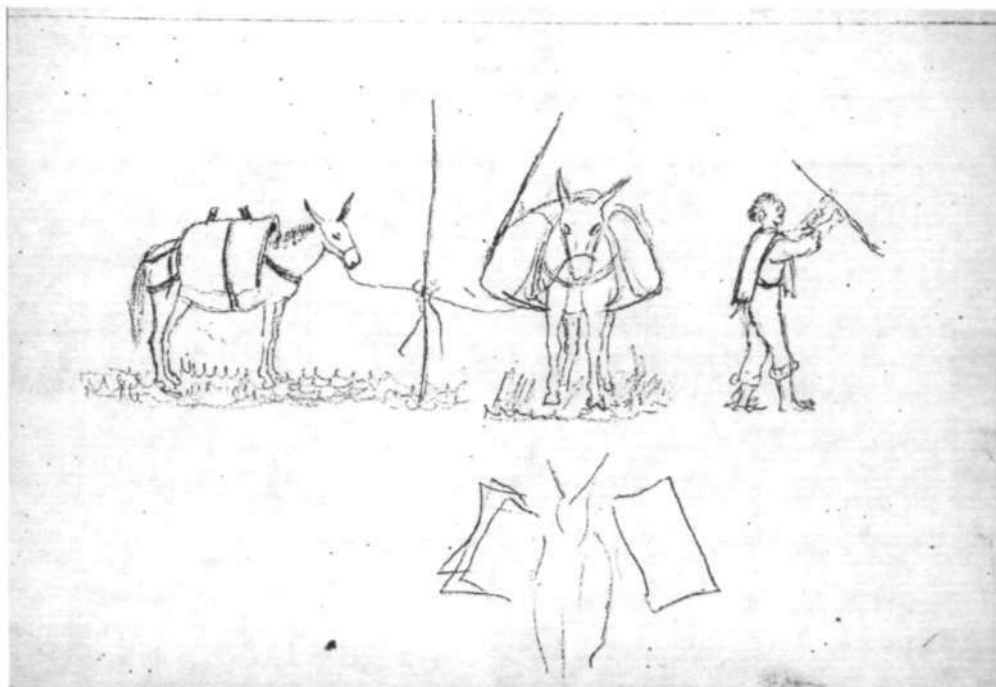


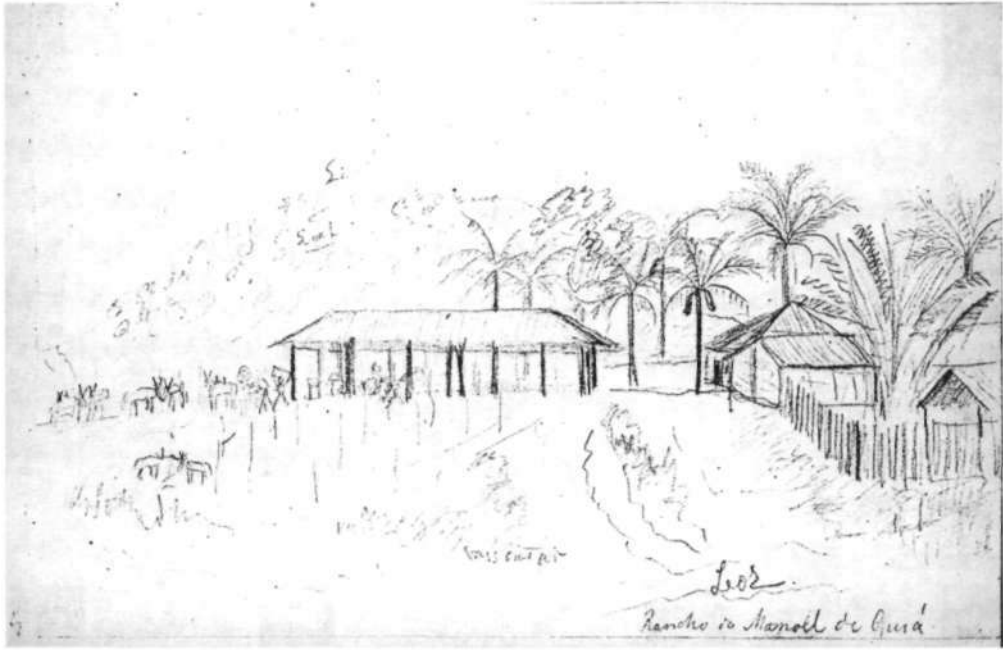












Páginas de diários  
de Warming

<p>ite) Maael sundrig og ud val ude aer iedag til seend - i reguelthore ke dagleg krens, derer. at sig svaer for haere, at</p>	<p>42 Dage harde Repre for Rio varet, menclees var sig aed Den lauze Re des Endmael 9 forst kom Bek rens ind, og fla at Ceud havde svalet sig efter sin Formiddag hus - x "Ah, es ist Herr W., setzen sie sich gefaelligst nieder"</p>
<p>dale kom - komuel seend. thee e mig see er: at Neo-</p>	<p>1 - med en fornu derlig bafere Andre -</p>



Ribe.

En Gang foretog en Flok af os en Tur ud til  
 Klævet den 2/10/1899. Vi var derude med  
 Vædet, da den store lysende Skive søkkede sig  
 paa den skyfrie Himmel i Høiet - og fra  
 det da Tusinder af Søfugles mørkelige Roster  
 et underligt mytisk Kor. Tusindtal søkkede  
 sig over Randen og søgte Føtelkene af det Myr-  
 stikke og hummelighed fuldte. En enkelt  
 kaptidelig Støvring, som sig aldrig glemmer,  
 lagde vi os tilbage til Ribe, her var Marsh-  
 enge, hvilket var en betydelig Tæt, fordi vi  
 saa oftematte sprunze over brede Marsh-  
 grøfter

Ribe<sup>1</sup>

Certa tarde, meus camaradas e eu fazíamos um passeio na praia. Estávamos lá, perto da água, enquanto o grande disco luminoso descia do céu sem nuvens para o mar - e então, milhares de vozes de aves marinhas formaram um coro estranhamente místico. O crepúsculo caía sobre as águas e amplificava um sentimento de mistério e segredo. Numa atmosfera muito especial, que jamais esquecerei, retornamos a Ribe passando pelos prados do Polder, o que tornava o passeio difícil, uma vez que devíamos atravessar grandes fossos.

<sup>1</sup> Ribe foi onde Warming realizou seus estudos secundários. Em outros trechos de seus diários, ele volta a se referir às impressões deste episódio. (N. O.)

Efter 2-3 Ugers Rørløb blev bejersle-  
 lere, der gik stadig mere og mere af-  
 ad; vi stode nu med det andet Trin til  
 Højlandet, Heru del af "RyggrædsRøden"  
 Serra do Espinhaço, som kaldes Serra de  
 Mantiqueira. Da vi vare komne op  
 paa det højeste, saad jeg mig om, og  
 saa tilbage; jeg saa ud over en umaadlig  
 Landstrækning hvor der laa Bjergtop  
 ved Bjergtop alt dækket af en meget  
 smuk og grøn Skov.

I det vi nu traadte op paa Højlandet,  
 forandrede Naturen sig fuldstændig  
 paa ganske mærkelig Maade; det var  
 blev Landet at være meget kalket og ujævnt  
 som hidtil, men det blev meget mere øde;  
 Skov fandtes nu kun i Dalene langs  
 Vandløbene, men alle højere liggende  
 dele dækkedes af Græs og Urter med meget  
 spredt, laa af forstøblede Træer. Brasili-  
 canerne kalde dette Land Campos d. e.  
 Græsmarker; Spanierne kalde det for  
 Savanner.

Após duas a três semanas, o caminho tornou-se mais abrupto, subindo cada vez mais. Estávamos, então, na parte da Serra do Espinhaço, conhecida como Serra da Mantiqueira. Assim que chegamos ao ponto mais alto, voltei-me e olhei para trás. Sob meus olhos, estendia-se uma imensa paisagem onde se sucediam cumes recobertos por florestas de um verde um pouco pálido.

Ao alcançarmos as terras altas, a natureza se transformava totalmente, de um modo estranho. De fato, a região continuava cheia de vales e bastante irregular, mas se tornava cada vez mais deserta. Só havia florestas nos vales, às margens dos rios, enquanto as partes mais altas apresentavam-se cobertas de gramíneas e de plantas herbáceas, entre as quais se espalhavam pequenas árvores.

Os brasileiros chamam esta paisagem de Campo, isto é, campo de gramíneas; os espanhóis a chamam Savana.

Fra nu af gårde og dagligt dag. at  
 Uger den gennemsnitlige saadant Land. I  
 Delene Skove laa hist og her en Pæcede  
 og en Raucha, hvor vi overvækkede og  
 to større Byer ~~to~~ vi saa parrende og,  
 Barbacena og Bom Fim funder puz de fora  
 En ti-fire Dagsrejse fra Lagoa Santa blev  
 blandede med dagligt frugt og den  
 Lagoa Santa er der mange Campos ser-  
 vedes, d.e. egentlig sluttede Campos, og  
 Træerne var mere, høje og tætte, men  
 den store røde Ler, som danner Jordbruket,  
 bliver med at være blødt med højt Græs og  
 mange Urter

A partir de então, caminhamos, dia após dia, através dessa região. De vez em quando, nas florestas dos vales, aparecia uma fazenda ou um rancho onde pernoitávamos, e passamos por duas cidades de uma certa importância, Barbacena e Bom Fim, além de Juiz de Fora.

A três ou quatro dias de viagem de Lagoa Santa, a vegetação tornou-se mais abundante e, em volta de Lagoa Santa, havia muitos campos cerrados, isto é, sobretudo campos fechados. As árvores são mais retas, mais altas e mais próximas umas das outras, mas a argila vermelha e espessa que constitui o solo continua a ser recoberta por gramíneas altas e por muitas plantas herbáceas.

Efter at have overnattet paa Manoels  
 facade, drog han ogsaa afsted om Mor-  
 gningen, for at ride den Rucees Mel lunge  
 Strækning, der var til Lagoa Santa. Det  
 var en dejlig Morgenstund; de store  
 Disaerflus med deres mørkeblaa Kolden  
 formede Klouster, og mange andre Klou-  
 ster prydede Campos bakkerne, og Dreggen  
 perlede i Græsset. Omtr. Kl. 10-11 naaede  
 vi Lagoa Santa, og jeg sad ned over den store  
 Plads midt i Byen og lærte vider Manoel  
 om hans Bredde, Færd og Spænding og  
 Indledning tog jeg Plads, da Coud var inde  
 i sin Plads. I lidt efter kom han ind og til  
 min store Forbausetelse bød han mig velkomme  
 men jeg syntte han maatte jo til Daglig  
 bruge dette Spring over for Mr. Belens, der var  
 stakke mig forelobig. Jeg tror, at jeg svarede  
 paa Dyrk, men saa gik det op for ham, at  
 han skulde det jo hele dausk.

Efter nogle Minutters Samtale kom  
 han i Tanker om, at det var Komme  
 Brev til mig; han kendte dem. Men  
 det første Brev, jeg havde, bragte mig den  
 næsten samme Eftermiddag; at Mo-  
 der var død. Det kom mig ganske uventet  
 og overraskende. Jeg havde ganske vist  
 Rid faaet om fra Nordbrødet, der skulde

de rosenrøde  
 smaa Mel-  
 stornaceer

L - 42 Dage  
 havde Ripen  
 for Rio været  
 uventet  
 var jo med  
 Ben lause Ry  
 des Indmækt  
 først kom Bel-  
 lens ind, og efter  
 at Coud havde  
 svaret mig efter  
 sin Formidling  
 var  
 x "Ah, es ist Herr  
 W., so kann sie  
 sich gefälligst  
 nieder"

Y - med en formid-  
 lings-batage  
 Andre -  
 i Tjant, den  
 12 Maj, begra-  
 vedt i den  
 Modor.

Após ter passado a noite na fazenda de Manoel, partimos de manhã, ele e eu, a cavalo, pelo caminho de várias léguas que levava a Lagoa Santa. A manhã estava agradável. Flores azuis, em forma de sino, e muitas outras\* ornamentavam as colinas dos Campos e o orvalho era como pérolas no meio das ervas.

Por volta das dez horas, chegamos a Lagoa Santa e deixei meu olhar passear sobre a grande praça no centro da cidade e lá Manoel me mostrou a casa de Lund.\*\* Lund se encontrava em seu jardim. Eu me sentei, muito excitado e cheio de expectativas.\*\*\* Pouco depois, ele chegou também, um senhor magro e grisalho, e, para minha grande surpresa, deu-me as boas-vindas em alemão.\*\*\*\* Ele devia normalmente usar essa língua com Herr Brent, que me substituía temporariamente. Eu creio que respondi em alemão mas, então, ele se deu conta de que deveria falar em dinamarquês.

Após alguns minutos de conversa, ele se lembrou de que havia chegado correspondência para mim. Ele a trouxe. Mas a primeira carta que abri, com um estranho pressentimento de angústia, trouxe-me uma notícia paralisante: minha mãe havia morrido.\*\*\*\*\* Era uma notícia inesperada e surpreendente. É verdade que havia recebido, no Rio, uma carta do irmão de minha mãe infor-

\* As pequenas melastomatáceas róseo-avermelhadas.

\*\* A viagem, desde o Rio de Janeiro, havia durado 42 dias. Chegava, finalmente, ao fim desta longa viagem.

\*\*\* Primeiro entrou Brent e, depois de se refrescar de seu passeio matinal, entrou Lund

\*\*\*\* *"Ah, es ist Herr Warming, setzen Sie sich gefälligst Nieder".*

\*\*\*\*\* Ontem, dia 12 de maio, sua mãe foi enterrada.



forhaefte  
 at heier var syg, men da der utrykkelig for-  
 talles, at hos der iigensom helst Daver var  
 og da jeg havde forladt hende fuldstændig  
 rask, og hui i mangfoldige Aar aldrig hæv-  
 de vordt syg, havde jeg ikke tillagt det nogen  
 videre Betydning.

25

Jeg Bredte Nørbrøder nogle Agersemen  
 skred sig. Niid uforglemmelige Kort Neo-  
 ders Død beskriver mig meget - ~~det~~  
~~er~~ at jeg kan skrive alt for vil  
 meget eller uhyggeligt; det er jo paa et  
 nok hvad de gode Præster sagde om Graven,  
 men der er dog ingen, der saa godt  
 kendte hendes opofrende Korte Hjerde  
 som jeg.

der oprandt mig en Tid for mig, hvor  
 jeg maatte syde med ~~det~~ al faa for-  
 skellige juridiske Dokumenter skrev-  
 ne i Aledning af hendes Død, og en-  
 derskrone i Østindens Hovedstede,  
 sendte h Østindens i Sabara, se for  
 (en hogen) til Generalkonsulen i Rio  
 - de var Fuldmægtig til isen og Kapt,  
 som Klaus Ølgaard havde sendt mig  
 - til "Skriveren" i Danmark, der  
 skulde varelige mine Sager

~ sendte hende

mando que ela estava doente mas, como ele mesmo havia dito que não tinha nenhum perigo, como eu a havia deixado em muito boa saúde e como, em muitos anos, ela nunca havia ficado doente, eu não dei muito importância ao fato.

Em uma carta a meu tio, algumas semanas mais tarde, escrevi. "A morte de minha inesquecível querida mãe me ocupa demais para que eu possa escrever longamente e de modo detalhado. É evidentemente muito gentil o que os pais disseram em seu funeral, mas não há ninguém que, como eu, tenha conhecido seu coração devoto e caloroso."

Nos dias que se seguiram, estive ocupado, escrevendo diferentes documentos jurídicos relacionados à morte de minha mãe que, depois de assinados em presença de autoridades locais, foram enviados a instâncias superiores em Sabará e, finalmente, ao Cônsul Geral no Rio. Tratava-se de várias procurações, elaboradas segundo um modelo enviado por Han Ollgaard para os "procuradores" na Dinamarca, que deviam se encarregar de meus negócios.



Parte II  
Palestras sobre o cerrado

# *O bioma do cerrado*

Leopoldo Magno Coutinho

Instituto de Biociências, USP

Com uma extensão de mais de 8,5 milhões de km<sup>2</sup>, distribuídos por latitudes que vão desde aproximadamente 5° N até quase 34° S, o espaço geográfico brasileiro apresenta uma grande diversidade de clima, de fisiografia, de solo, de vegetação e de fauna. Do ponto de vista florístico, já no século passado, C. F. P. Martius reconheceu em nosso país nada menos do que cinco províncias fitogeográficas - grandes espaços contendo endemismos no que se refere a gêneros e espécies -, por ele denominadas Nayades (província das florestas amazônicas), Dryades (província das florestas costeiras ou atlânticas), Hamadryades (província das caatingas do Nordeste), Oreades (província dos cerrados) e Napaeae (província das florestas de araucária e dos campos do Sul). Tais endemismos refletem, sem dúvida, a existência daquela grande diversidade de condições ambientais que criaram isolamentos geográficos e/ou ecológicos e possibilitaram, assim, o surgimento de faixas distintas, ao longo da evolução (Figura 1).

## O domínio e o bioma

Com pequenas modificações, esses grandes espaços geográficos brasileiros são hoje também conhecidos como domínios morfoclimáticos e fitogeográficos, sendo eles: o domínio amazônico, o domínio da Mata Atlântica, o domínio das caatingas, o domínio dos cerrados, o domínio da araucária e o domínio das pradarias do Sul, segundo a aceção de Aziz N. Ab'Saber. Como tais espaços não têm limites lineares na natureza, existem entre eles faixas de transição mais ou menos amplas (Figura 2).

A palavra *domínio* deve ser entendida com uma área do espaço geográfico onde predominam certas características morfoclimáticas e fitogeográficas, distintas daquelas predominantes nas demais áreas. Isso significa dizer que outras feições morfológicas ou condições ecológicas podem ocorrer em um



FIGURA 1  
Províncias fitogeográficas  
brasileiras, segundo  
C. F. P. Martius.

mesmo domínio, além daquelas predominantes. Assim, no espaço do domínio do cerrado, nem tudo que ali se encontra é bioma de cerrado. Veredas, matas galeria, matas mesófilas de interflúvio, são alguns exemplos de representantes de outros tipos de bioma, distintos daquele de cerrado, que ocorrem em meio àquele mesmo espaço. Não se deve, pois, confundir domínio com bioma. No domínio do cerrado predomina o bioma do cerrado. Todavia, outros tipos de biomas também estão ali representados, seja como tipos "dominados" ou "não predominantes" (caso das matas mesófilas de interflúvio), seja como enclaves (ilhas ou manchas de caatinga, por exemplo) ou como penetrações de florestas galeria, de tipo amazônico ou atlântico, ao longo dos vales úmidos dos rios. Para dirimir dúvidas, é sempre bom deixar claro se estamos nos referindo ao domínio do cerrado ou, mais especificamente, ao bioma do cerrado. O *domínio* é extremamente abrangente, englobando ecossistemas os mais variados, sejam eles terrestres, paludosos, lacustres, fluviais, de pequenas ou de grandes altitudes etc. O *bioma do cerrado* é terrestre. Assim,

FIGURA 2  
Domínios morfoclimáticos  
e fitogeográficos brasileiros,  
segundo A. N. AbSaber.



podemos falar em peixes do domínio do cerrado, mas não em peixes do bioma do cerrado. A ambigüidade no uso desses dois conceitos - domínio e bioma - deve sempre ser evitada. Por essa razão, usaremos *domínio do cerrado*, quando for o caso, e *bioma do cerrado*, ou simplesmente *cerrado*, quando quisermos nos referir especificamente a este tipo de ecossistema terrestre, de grande dimensão, com características ecológicas bem mais uniformes e marcantes.

Estima-se que a área "core" ou nuclear do domínio do cerrado tenha aproximadamente 1,5 milhão de km<sup>2</sup>. Se adicionarmos as áreas periféricas, que se acham encravadas em outros domínios vizinhos e nas faixas de transição, aquele valor poderá chegar a 1,8 ou 2,0 milhões de km<sup>2</sup>. Com uma dimensão tão grande como esta, não é de admirar que aquele domínio esteja representado em grande parte dos estados do Brasil, concentrando-se naqueles da região do Planalto Central, sua área nuclear.

O clima predominante no domínio do cerrado é o tropical sazonal, de inverno seco. A temperatura média anual fica em torno de 22-23°C, e as médias men-

## A área

## O clima

sais apresentam pequena estacionalidade. As máximas absolutas mensais não variam muito ao longo dos meses do ano, podendo chegar a mais de 40°C. Já as mínimas absolutas mensais variam bastante, atingindo valores próximos ou até abaixo de zero, nos meses de maio, junho e julho. A ocorrência de geadas no domínio do cerrado não é fato incomum, ao menos em sua porção austral.

Em geral, a precipitação média anual fica entre 1.200 e 1.800 mm. Ao contrário da temperatura, a precipitação média mensal apresenta uma grande estacionalidade, concentrando-se nos meses de primavera e verão (outubro a março), que é a estação chuvosa. Curtos períodos de seca, chamados de veranicos, podem ocorrer em meio a esta estação, criando sérios problemas para a agricultura. No período de maio a setembro, os índices pluviométricos mensais reduzem-se bastante, podendo chegar a zero. Disso resulta uma estação seca de três a cinco meses de duração. No início deste período, a ocorrência de nevoeiros é comum nas primeiras horas das manhãs, formando-se grande quantidade de orvalho sobre as plantas e umedecendo o solo. Já no período da tarde, os índices de umidade relativa do ar caem bastante, podendo baixar a valores próximos de 15%, sobretudo nos meses de julho e agosto (Figura 3).

Ventos fortes e constantes não são uma característica geral do domínio do cerrado. A atmosfera é geralmente calma e o ar fica, muitas vezes, quase parado. Em agosto, costumam ocorrer algumas ventanias, levantando poeira e cinzas de queimadas a grandes alturas, em redemoinhos que se podem ver de longe. Às vezes, elas podem ser tão fortes que até mesmo grossos galhos são arrancados das árvores e atirados a distância.

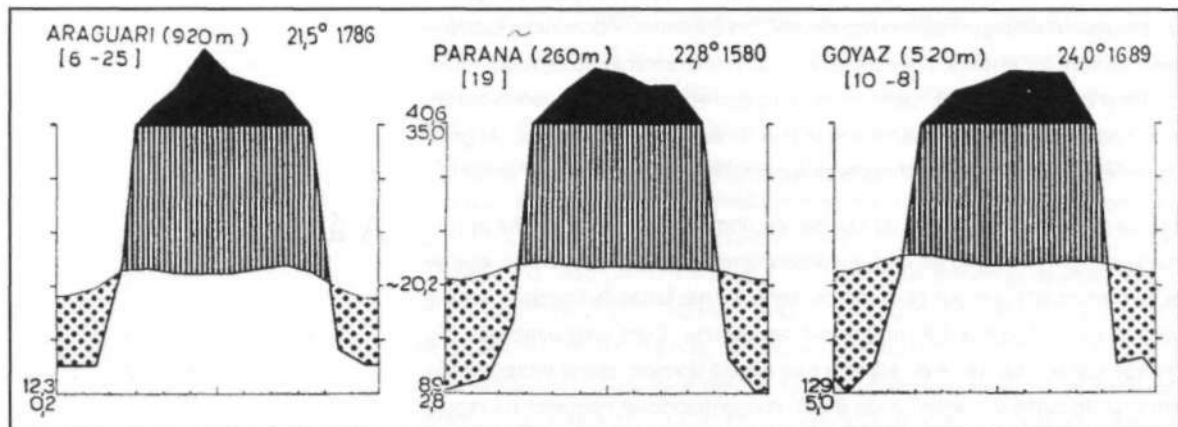


FIGURA 3

Diagramas climáticos de três localidades situadas no domínio do cerrado, segundo H. Walter & H. Lieth.

A radiação solar no domínio do cerrado é geralmente bastante intensa, podendo reduzir-se em virtude da alta nebulosidade nos meses excessivamente chuvosos do verão. Por essa possível razão, em certos anos, o mês de outubro costuma ser mais quente do que dezembro ou janeiro. Como o inverno é seco, quase sem nuvens, e as latitudes são relativamente pequenas, a radiação solar nesta época também é intensa, aquecendo bem as horas do meio do dia. Em agosto-setembro, esta intensidade pode reduzir-se um pouco em virtude da abundância de névoa seca produzida por incêndios e queimadas da vegetação, tão freqüentes neste período do ano.

Por essas características climáticas, o domínio do cerrado faz parte do Zonobioma II, na classificação de Heinrich Walter.

O relevo do domínio do cerrado é, em geral, bastante plano ou suavemente ondulado, estendendo-se por imensos planaltos ou chapadões. Cerca de 50% de sua área situa-se em altitudes que ficam entre 300 e 600 m acima do nível do mar; apenas 5,5% vai além de 900 m. As maiores elevações são o Pico do Itacolomi (1.797 m), na Serra do Espinhaço, o Pico do Sol (2.070 m), na Serra do Caraça, e a Chapada dos Veadeiros, que pode atingir 1.676 m. O bioma do cerrado não ultrapassa, em geral, os 1.100 m. Acima disso, particularmente em terrenos quartzíticos, costumamos encontrar os campos rupestres, já característicos de um Orobioma. Ao contrário das matas galeria, veredas e varjões, que ocupam os fundos úmidos dos vales, o cerrado situa-se nos interflúvios.

Originando-se de espessas camadas de sedimentos que datam do Terciário, os solos do bioma do cerrado são profundos, porosos, permeáveis, bem drenados e, por isso, profundamente lixiviados. Em sua textura predomina, em geral, a fração areia, vindo em seguida a argila e, por último, o silte. Eles são, portanto, predominantemente arenosos, areno-argilosos ou, eventualmente, argilo-arenosos. Sua capacidade de retenção de água é relativamente baixa.

O teor de matéria orgânica de tais solos é pequeno, ficando geralmente entre 3 e 5%. Como o clima é sazonal, com um longo período de seca, a decomposição do húmus é lenta. Sua microflora, micro e mesofauna são ainda muito pouco conhecidas. Acreditamos, contudo, que elas devam ser bem características ou típicas, o que, talvez, nos permitisse falar em "solo de cerrado" e não apenas em "solo sob cerrado", como preferem alguns. Afinal, a flora e a fauna de um solo são partes integrantes dele e deveriam permitir distingui-lo de outros tantos solos, física ou quimicamente similares.

Quanto às características químicas, eles são bastante ácidos, com pH que pode variar de menos de 4 a pouco mais de 5. Esta forte acidez deve-se, em boa parte, aos altos níveis de  $Al^{3+}$ , o que os torna aluminotóxicos. Níveis elevados de

## O relevo

## O solo



íons Fe e de Mn também contribuem para sua toxidez. Baixa capacidade de troca catiônica, baixa soma de bases e alta saturação por  $Al^{3+}$  caracterizam esses solos profundamente distróficos e, por isso, impróprios para a agricultura. Correção do pH e adubação, tanto com macro quanto com micronutrientes, podem torná-los férteis e produtivos, para a cultura ou de grãos ou de frutíferas. Isso é o que se faz em nossa grande região produtora de soja, situada, como se sabe, em solos de cerrado de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul etc.

Em parte dos cerrados, o solo pode apresentar concreções ferruginosas - canga - formando couraças, carapaças ou bancadas lateríticas, que dificultam a penetração da água de chuva ou das raízes, podendo, às vezes, impedir ou dificultar o desenvolvimento de uma vegetação mais exuberante e a própria agricultura. Quando tais couraças são espessas e contínuas, vamos encontrar sobre essas superfícies formas mais pobres e mais abertas de cerrado. Que porcentagem dos solos apresenta este tipo de impedimento físico não sabemos, embora ela deva ser significativa.

Essas características do solo do bioma do cerrado permitem-nos considerá-lo como um *Pedo-Peinobioma*, do *Zonobioma II* de Heinrich Walter.

## A vegetação e a flora

A vegetação do bioma do cerrado, considerado aqui em seu *sensu lato*, não possui uma fisionomia única em toda a sua extensão. Muito ao contrário, ela é bastante diversificada, apresentando desde formas campestres bem abertas, como os campos limpos de cerrado, até formas relativamente densas, florestais, como os cerradões. Entre esses dois extremos fisionômicos, vamos encontrar toda uma gama de formas intermediárias, com fisionomia de savana, às vezes de carrasco, como os campos sujos, os campos cerrados, os cerrados *sensu stricto* (s.s.). Assim, na natureza, o bioma do cerrado apresenta-se como um mosaico de formas fisionômicas, ora manifestando-se como campo sujo, ora como cerradão, ora como campo cerrado, ora como cerrado s.s. ou campo limpo. Quando percorremos áreas de cerrado, em poucos quilômetros podemos encontrar todas essas diferentes fisionomias. Este mosaico é determinado pelo mosaico de manchas de solo pouco mais pobres ou pouco menos pobres, bem como pela irregularidade dos regimes e características das queimadas de cada local (frequência, época, intensidade). Assim, embora o bioma do cerrado distribua-se predominantemente em áreas de clima tropical sazonal, os fatores que aí limitam a vegetação são outros: a fertilidade do solo e o fogo.

O clímax climático do domínio do cerrado não é o cerrado, por estranho que possa parecer, mas sim a mata mesófila de interflúvio, sempre verde, que hoje só existe em pequenos relictos, sobre solos férteis, tipo terra roxa legítima. As diferentes formas de cerrado são, portanto, pedoclimaxes ou píroclimaxes, de-

pendendo de ser o solo ou o fogo o seu fator limitante. Claro que certas formas abertas de cerrado devem esta sua fisionomia às derrubadas feitas pelo homem para a obtenção de lenha ou carvão (Figura 4).

De um modo geral, podemos distinguir dois estratos na vegetação dos cerrados: o estrato lenhoso, constituído de árvores e arbustos, e o estrato herbáceo, formado por ervas e subarbustos. Ambos são curiosamente heliófilos. Ao contrário do caso de uma floresta, o estrato herbáceo, aqui, não é formado por espécies de sombra, umbrófilas, dependentes do estrato lenhoso. O sombreamento lhe faz mal, prejudica seu crescimento e desenvolvimento. O adensamento da vegetação lenhosa acaba por eliminar, em grande parte, o estrato herbáceo.

Por assim dizer, esses dois estratos se antagonizam. Por essa razão, entendemos que as formas intermediárias de cerrado - campo sujo, campo cerrado e cerrado s.s. - representem verdadeiros ecótonos, nos quais a vegetação her-

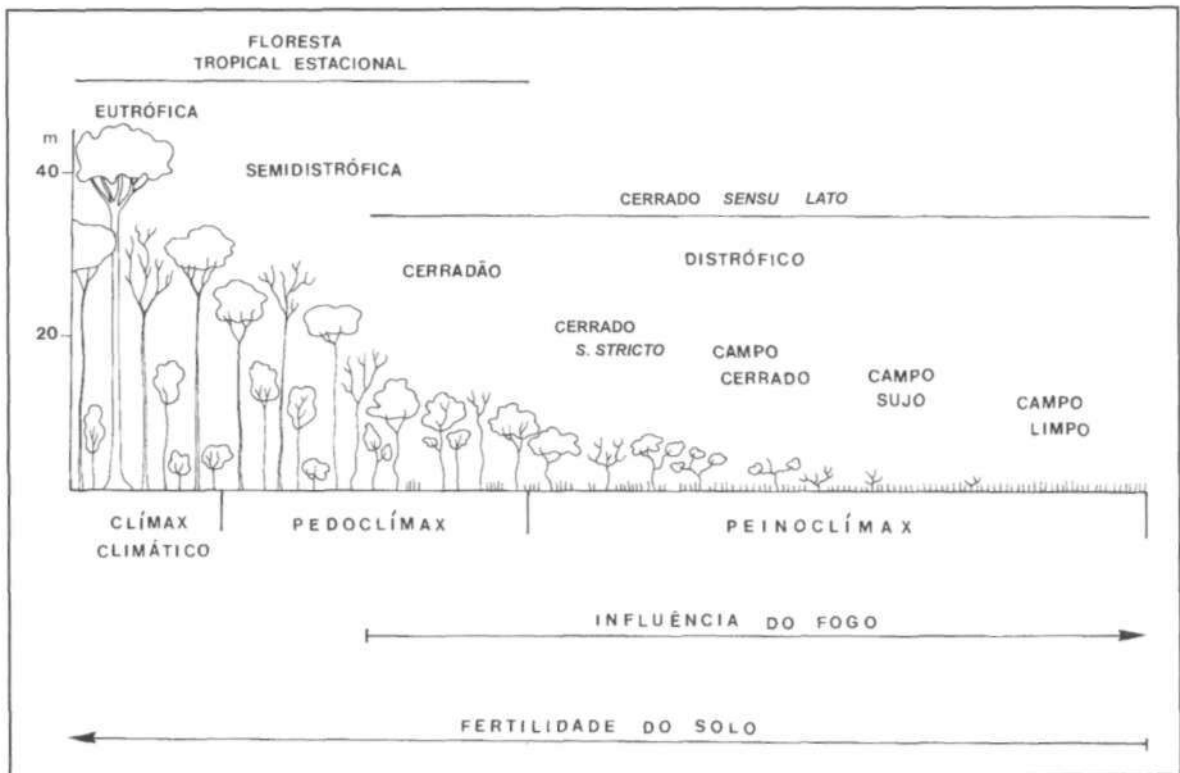


FIGURA 4  
O ecoclinio floresta-campo do Brasil Central, segundo L. M. Coutinho.

bácea-subarbustiva e a vegetação arbórea-arbustiva estão em intensa competição, procurando, cada qual, ocupar aquele espaço de forma independente, individual. Os dois estratos não comporiam comunidades harmoniosas e integradas, como nas florestas, mas representariam duas comunidades antagônicas, concorrentes. Tudo aquilo que beneficiar uma delas prejudicará indiretamente a outra, e vice-versa. Elas diferem entre si não só pelo seu espectro biológico, mas também pelas suas floras, pela profundidade de suas raízes e forma de exploração do solo, pelo seu comportamento em relação à seca, ao fogo etc, enfim, por toda a sua ecologia. Toda a gama de formas fisionômicas intermediárias parece-nos expressar exatamente o balanço atual da concorrência entre os dois estratos.

Troncos e ramos tortuosos, súber espesso, macrofilia e esclerofilia são características da vegetação arbórea e arbustiva que, de pronto, impressionam o observador. O sistema subterrâneo, dotado de longas raízes pivotantes, permite a estas plantas atingir 10, 15 ou mais metros de profundidade, abastecendo-se de água em camadas permanentemente úmidas do solo, até mesmo na época seca.

Já a vegetação herbácea e subarbustiva, formada também por espécies predominantemente perenes, possui órgãos subterrâneos de resistência, como bulbos, xilopódios, sóboles etc, que lhe garantem sobreviver à seca e ao fogo. Suas raízes são geralmente superficiais, indo até pouco mais de 30 cm. Os ramos aéreos são anuais, secando e morrendo durante a estação seca. Formam-se, então, 4, 5, 6 ou mais toneladas de palha por hectare, um combustível que facilmente se inflama, favorecendo, assim, a ocorrência e a propagação das queimadas nos cerrados. Neste estrato, as folhas são geralmente micrófilas e seu escleromorfismo é menos acentuado.

Se bem que ainda incompletamente conhecida, a flora do cerrado é riquíssima. Segundo alguns autores, estima-se que a flora de plantas vasculares seja representada por cerca de 3 mil espécies, das quais 80% pertenceriam à flora herbáceo-arbustiva. Como famílias de maior expressão, destacamos as Leguminosas, entre as lenhosas, e as Gramíneas, entre as herbáceas. Relativamente à riqueza de espécies, esta flora deve ser superada apenas pelas florestas amazônicas e pelas florestas atlânticas. Outra característica sua é a heterogeneidade de distribuição, havendo espécies mais típicas dos cerrados da região Norte, outras do Centro-Oeste, outras do Sudeste etc. Por essa razão, unidades de conservação, com áreas significativas, deveriam ser criadas e mantidas nas mais diversas regiões do domínio do cerrado, a fim de garantir a preservação do maior número de espécies da flora deste bioma, bem como da fauna a ela associada.

A fauna do bioma do cerrado é pouco conhecida, particularmente a dos invertebrados. Ela é seguramente muito rica, destacando-se, naturalmente, o grupo dos insetos. Quanto aos vertebrados, o que se conhece são, em geral, listas das espécies mais freqüentemente encontradas em áreas de cerrado, pouco se sabendo da história natural desses animais, do tamanho de suas populações, de sua dinâmica etc. Só muito recentemente estão surgindo alguns trabalhos de dissertação ou teses sobre tais assuntos.

## A fauna

Entre os vertebrados de maior porte encontrados em áreas do cerrado, citamos a jibóia, a cascavel, várias espécies de jararaca, o lagarto teiú, a ema, a seriema, a curicaca, o urubu comum, o urubu caçador, o urubu-rei, araras, tucanos, papagaios, gaviões, o tatu-peba, o tatu-galinha, o tatu-canastra, o tamanduá-bandeira, o tamanduá-mirim, o veado-campeiro, o cateto, a anta, o cachorro-do-mato, o cachorro-do-mato vinagre, o lobo-guará, a jaratataca, o gato mourisco e, muito raramente, a onça-parda e a onça-pintada.

Excetuando-se a maioria das aves, a fauna do cerrado caracteriza-se, em geral, por seus hábitos noturnos e fossoriais ou subterrâneos, tidos como formas de escapar aos rigores do tempo reinantes durante as horas do dia. Embora consideradas ausentes, espécies umbrófilas talvez sejam comuns no interior de cerradões mais densos, onde predomina a sombra. Segundo diversos zoólogos, parece não haver uma fauna de vertebrados endêmica, restrita ao bioma do cerrado. De um modo geral, essas espécies ocorrem também em outros tipos de bioma. Todavia, entre pequenos roedores e aves endemismos existem em nível de espécies, pelo menos.

Intencionalmente, deixamos para discutir por último este fator, de extraordinária importância para o bioma do cerrado, seja pelos múltiplos e diversificados efeitos ecológicos que exerce, seja por ser ele uma excelente ferramenta para o manejo de áreas de cerrado, com objetivos conservacionistas. "Mas...", diria o leitor intrigado, "como conservar, ateando-se fogo ao cerrado?". A resposta é simples: proteção total e absoluta contra o fogo no cerrado é uma utopia, é extremamente difícil. O acúmulo anual de biomassa seca, de palha, acaba criando condições tão favoráveis à queima que qualquer descuido com o uso do fogo ou a queda de raios no início ou final da estação chuvosa acabam por produzir incêndios tremendamente desastrosos para o ecossistema como um todo, impossíveis de serem controlados pelo homem. Neste caso, é preferível preveni-los, realizando-se queimadas programadas, em áreas limitadas e sucessivas, cujos efeitos poderão ser até mesmo benéficos. Tudo depende de sabermos manejar o fogo adequadamente, levando em conta uma série de fatores, como os objetivos do manejo, a direção do vento, as condições de umidade e tempe-

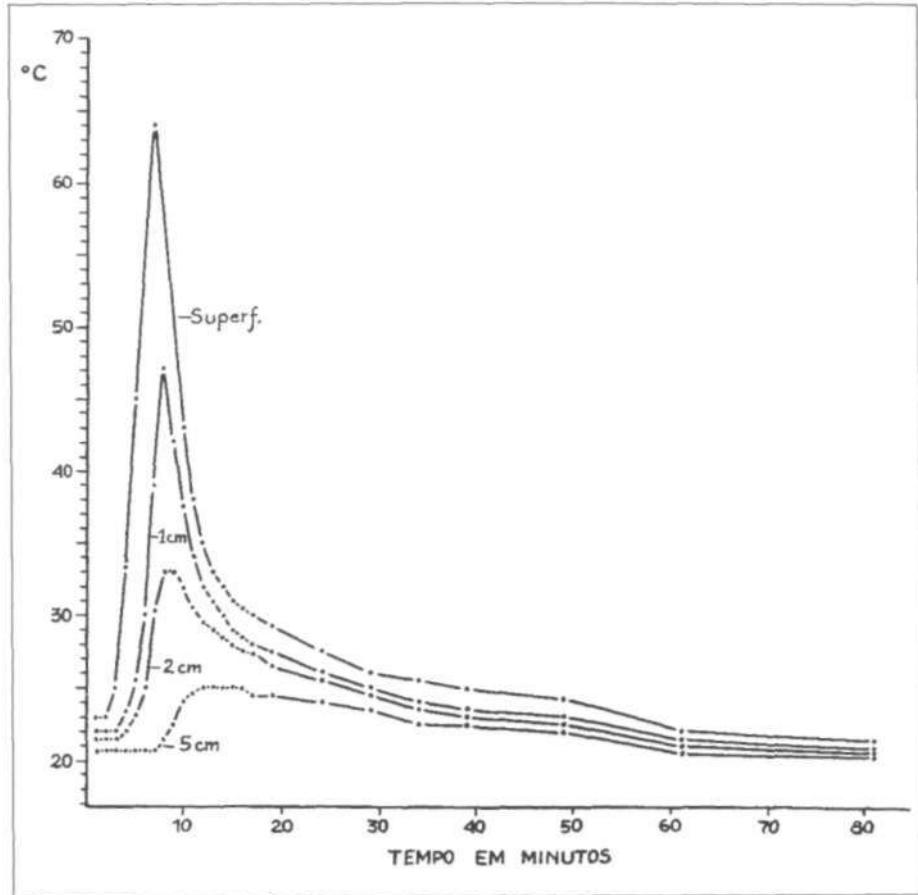
ratura do ar, a umidade da palha combustível e do solo, a época do ano, a frequência das queimadas etc. É assim que se faz em outros biomas savânicos, semelhantes aos nossos cerrados, de países como África do Sul, Austrália, onde a cultura ecológica é mais científica e menos emocional do que a nossa.

"Mas...", diria ainda o leitor, "e quando o homem não estava presente em tais regiões, no passado remoto, incêndios desastrosos também não ocorriam em consequência dos raios? Não seria melhor deixar queimar, então, naturalmente?". Grandes incêndios certamente ocorriam, só que não eram desastrosos. Não existiam cercas de arame farpado prendendo os animais, que podiam fugir livremente do fogo para as regiões vizinhas. Além disso, áreas eventualmente dizimadas pelo fogo podiam ser repovoadas pelas populações adjacentes. Hoje é diferente. Além das cercas, a vizinhança de um parque nacional ou de qualquer outra unidade de conservação é formada por fazendas, onde a vegetação e a fauna natural já não mais existem. O Parque Nacional das Emas, no sudoeste de Goiás, por exemplo, é uma verdadeira ilha de cerrado, em meio a um mar de soja. Se a fauna for dizimada por grandes incêndios, ele não terá como ser naturalmente repovoado, uma vez que essa fauna já não mais existe nas vizinhanças. Manejar o fogo em unidades de conservação como esta é uma necessidade urgente, sob pena de vermos perdida grande parte de sua biodiversidade.

Um dos efeitos mais imediatos de uma queimada é a elevação da temperatura local, seja do ar, seja do solo. Os poucos dados de que dispomos mostram que a temperatura do ar na chama pode atingir 800°C ou mais. Todavia, esta elevação é de curta duração: o fogo passa rapidamente. No solo, a elevação é também momentânea, porém bem menos intensa. Dentro do solo, a 1, 2 e 5 cm de profundidade, a temperatura pode elevar-se apenas em alguns poucos graus. Uma pequena camada de terra é suficiente para isolar termicamente todos os sistemas subterrâneos que se encontram sob ela, fazendo que mal percebam o fogaréu que lhes passa por cima. Graças a isso, essas estruturas conseguem sobreviver e rebrotar poucos dias depois, como se nada houvesse acontecido. Esses órgãos subterrâneos perenes funcionam, assim, como órgãos de resistência ao fogo (Figura 5).

Outro efeito do fogo, de grande importância ecológica para os cerrados, é a aceleração da remineralização da biomassa e a transferência dos nutrientes minerais nela existentes para a superfície do solo, sob a forma de cinzas. Dessa forma, nutrientes que estavam imobilizados na palha seca e morta, inúteis, portanto, são devolvidos rapidamente ao solo e colocados à disposição das raízes. Existem hoje indicações de que tais nutrientes, uma vez na superfície do solo, não são profundamente lixiviados pela água das chuvas; ao contrário, seriam rápida e avidamente reabsorvidos pelos sistemas radiculares mais

FIGURA 5  
Temperaturas do solo a profundidades de 0, 1, 2 e 5 cm, durante uma queimada de campo cerrado em Emas, Pirassununga, SP, segundo L. M. Coutinho.



superficiais, sobretudo do estrato herbáceo. De certa forma, o fogo transferiria nutrientes do estrato lenhoso para o herbáceo, beneficiando este último.

Durante uma queimada, porém, nem todos os nutrientes vão obrigatoriamente para a superfície do solo sob a forma de cinzas. Grande parte deles é perdida para a atmosfera como fumaça. Cerca de 95% do nitrogênio presente na fitomassa combustível volatiliza-se, retornando à atmosfera como gás. A metade dos outros nutrientes - como fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre - entra em suspensão no ar sob a forma de micropartículas de cinza, constituindo a parte visível da fumaça. Assim, a grande perda de nutrientes provocada pelo fogo reside nesta forma de transferência para a atmosfera e não na lixiviação dentro do solo, como se imaginava.

A névoa seca que escurece os céus do Brasil Central na época das queimadas (julho, agosto) é uma demonstração visível dessa enorme perda de nutrientes.

Numa estimativa grosseira, poderíamos dizer que o Parque Nacional das Emas, com seus 131.832 ha de cerrado queimados integralmente no ano de 1994, perdeu para a atmosfera algo em torno de 3.000 t de nitrogênio, 220 t de fósforo, 1.000 t de potássio, 1.800 t de cálcio, 400 t de magnésio, 450 t de enxofre, totalizando cerca de 6.800 t de nutrientes minerais sob forma elementar.

Felizmente, esses nutrientes em suspensão na atmosfera acabam por retornar ao solo, seja por gravidade, seja por arraste pelas gotas de chuva. Um balanço feito em cerrados de Pirassununga, entre o que saía e o que retornava anualmente, permitiu-nos avaliar que, se as queimadas fossem feitas em intervalos de três anos, o *pool* de nutrientes no ecossistema local praticamente não sofreria prejuízos.

Dentre os efeitos bióticos do fogo no cerrado, um dos mais notáveis é sua ação transformadora da fisionomia e da estrutura da vegetação. Lund, o mesmo que descobriu o homem das cavernas de Lagoa Santa, amigo de Warming, já dizia: "Foram as queimas que transformaram as catanduvas" (termo tupi para cerradão) "em cerrados e campos limpos...". Como a vegetação lenhosa, embora tolerante, é bem mais sensível à ação do fogo, queimadas freqüentes acabam por reduzir substancialmente a manutenção e a renovação das árvores e arbustos, diminuindo progressivamente sua densidade. Em conseqüência, cerrados acabam por abrir sua fisionomia, transformando-se em campos cerrados, campos sujos ou até campos limpos. Assim, como o fogo freqüentemente abre a vegetação lenhosa, a proteção contra ele permite o inverso, isto é, campos sujos, por exemplo, podem transformar-se em cerrados, depois de algumas décadas. Se quisermos manter a biodiversidade em um parque nacional, no que se refere à fisionomia e riqueza em espécies, diferentes regimes de queimadas deveriam ser utilizados como forma de manejo, em distintas parcelas.

Característica sempre ressaltada para as árvores do cerrado é a acentuada tortuosidade de seus troncos e ramos. Em muitos casos, esse fato pode ser considerado como um efeito do fogo no crescimento dos caules, impedindo-os de se tornarem retilíneos, monopodiais. Pelas mortes de sucessivas gemas terminais e brotamento de gemas laterais, o caule acaba tomando uma aparência tortuosa, simpodial.

A espessa camada de súber que envolve troncos e galhos no cerrado é outra característica do estrato arbóreo-arbustivo interpretada como uma adaptação ao fogo. Agindo como isolante térmico, o súber impediria que as altas temperaturas das labaredas atingissem os tecidos vivos mais internos dos caules. Tal proteção, todavia, nem sempre deve ser muito eficaz, uma vez que este estrato da vegetação é mais susceptível à ação destruidora do fogo no cerrado.

É impressionante a rapidez e o vigor com que as plantas do cerrado emitem novos brotos logo após a queimada. Bastam poucas semanas para que o verde reapareça e substitua o tom cinza deixado pelo fogo. Entre as árvores, o barbatimão é um bom exemplo dessa incrível capacidade regenerativa. No estrato herbáceo-subarbustivo, bastam alguns dias para que seus órgãos subterrâneos recomecem a brotar. Curiosamente, muitas de suas espécies iniciam o rebrotamento com a produção de flores. Pouco tempo após a passagem do fogo, o cerrado transforma-se num verdadeiro jardim, onde as diferentes espécies vão florescendo em seqüência.

Esse estímulo ou indução floral não é necessariamente provocado pela elevação da temperatura, como se poderia esperar. Em muitos casos, é a eliminação total das partes aéreas das plantas que as faz florescer. Além de estimular ou induzir a floração, o fogo sincroniza este processo em todos os indivíduos da população, facilitando, assim, a polinização cruzada. Se não houver queima, ou as plantas não florescem ou o fazem com muito menor intensidade e de forma não sincronizada. Há espécies, contudo, que se comportam de maneira bastante diversa. É o caso do capim-flecha (*Tristachya leiostachya*), que domina de forma absoluta o estrato herbáceo-subarbustivo dos cerrados do Parque Nacional das Emas. Essa espécie floresce e frutifica durante o período primavera-verão. Entretanto, se o cerrado é queimado, ela quase não produz inflorescências na primavera-verão subsequente. Somente no segundo período de floração, isto é, um ano depois, é que ela irá florescer de forma intensa. Esse comportamento faz a fitomassa seca crescer enormemente, 2 a 3 anos após a passagem do fogo, aumentando muito o risco de um novo incêndio. Isso talvez explique a periodicidade com que se observam os grandes incêndios daquele parque (1985, 1988, 1991, 1994).

A anemocoria é uma característica de grande parte das espécies do cerrado. Ao eliminar a palha seca que se acumula sobre o solo, o fogo ajuda a propagação dessas espécies, pois remove a macega que impede ou embaraça o deslocamento das sementes. Isso é particularmente evidente para aquelas espécies do estrato herbáceo-subarbustivo, cujos frutos desenvolvem-se bem próximo à superfície do solo.

A própria germinação pode ser facilitada pelo fogo. Há espécies em que a testa das sementes é impermeável à água. A brusca e rápida elevação da temperatura em uma queimada pode provocar o aparecimento de fissuras na casca da semente e assim torná-la permeável, favorecendo sua germinação.

A vegetação dos cerrados é constituída, pois, por espécies pirofíticas, isto é, adaptadas a uma condição ambiental que inclui a presença do fogo. Elas con-



viveram com ele durante sua evolução, sendo selecionadas por este fator. Muitas delas chegam a exigir a ocorrência de queimadas periódicas para sua sobrevivência e reprodução. O fogo as revigora e aumenta seu poder competitivo. É claro que as várias formas de cerrado não têm as mesmas exigências. O cerradão, floresta de tipo tropical estacional, é menos tolerante às queimadas. Assim, se quisermos preservá-lo, não devemos usar o fogo. Já um campo limpo ou um campo sujo podem necessitar das queimadas para sua estabilização e conservação.

As pesquisas do efeito do fogo sobre a fauna dos cerrados são insuficientes. O número de vertebrados de maior porte encontrados mortos logo após as queimadas acidentais parece variar muito. Após o desastroso incêndio do Parque Nacional das Emas, em 1998, noticiou-se apenas a morte de uma fêmea de tamanduá-bandeira, junto com seu filhote. Já em outros incêndios a que se submeteu aquele mesmo parque, o número de animais mortos parece ter sido bem maior. O que nos parece certo é que os incêndios, nos quais o fogo avança fora de qualquer controle, são muito mais danosos para a fauna do que as queimadas prescritas, feitas em pequenas áreas e sob um rigoroso controle.

O fogo não deve, porém, ser considerado sempre um desastre para a fauna. Ele também pode proporcionar-lhe certos benefícios. Após uma queimada, os insetos polinívoros e nectarívoros beneficiam-se da resposta floral das plantas, nas quais encontram grande disponibilidade de pólen e néctar. Algum tempo depois, essas flores produzirão frutos e sementes que alimentarão outros animais. O próprio rebrotamento vegetativo é de grande importância para aqueles que se alimentam de folhas e brotos tenros, como o veado-campeiro, a ema etc. Por isso, a densidade desses animais torna-se maior nas áreas queimadas, que funcionam para eles como um oásis em plena estação seca.

Por esse motivo, o manejo adequado do fogo em nossas reservas de cerrado pode constituir-se um eficiente meio para a preservação dessa fauna. Queimadas em rodízio, em parcelas pequenas e com regimes próprios, reduziriam os riscos de grandes incêndios acidentais, permitiriam às plantas completar seus ciclos biológicos, acelerariam a ciclagem dos nutrientes minerais e aumentariam a produtividade dos ecossistemas, além de suprir os animais com alimentos durante os difíceis meses de seca.

## A conservação

Poucas são nossas unidades de conservação, com áreas bem significativas, onde o cerrado é o bioma dominante. Entre elas podemos mencionar o Parque Nacional das Emas (131.832 ha), o Parque Nacional Grande Sertão Veredas (84.000 ha), o Parque Nacional da Chapada dos Guimarães (33.000 ha), o Parque Nacional da Serra da Canastra (71.525 ha), o Parque Nacional da

Chapada dos Veadeiros (60.000 ha), o Parque Nacional de Brasília (28.000 ha). Embora essas áreas possam, à primeira vista, parecer enormes, para a conservação de carnívoros de maior porte, como a onça-pintada e a onça-parda, o ideal seria que elas fossem ainda maiores.

Se considerarmos que cerca de 35% das áreas do domínio do cerrado já foram convertidas em pastagens cultivadas e lavouras diversas, é extremamente urgente que novas unidades de conservação representativas dos cerrados sejam criadas ao longo de toda a extensão desse domínio, não só em sua área nuclear, mas também em seus extremos norte, sul, leste e oeste. Só assim se conseguirá conservar, a tempo, o maior número de espécies de sua rica e variadíssima flora e fauna.

A grande maioria das atuais unidades de conservação, sejam elas federais, estaduais ou municipais, acha-se hoje em uma situação de completo abandono, com sérios problemas fundiários, de demarcação de terras e construção de cercas, de acesso por estrada de rodagem, de comunicação, de gerenciamento, de realização de benfeitorias necessárias, de pessoal em número e qualificação suficientes etc. Quanto ao manejo de sua fauna e flora, então, nem se fale. Pouco ou nada se faz para conhecer as populações animais, seu estado sanitário, sua dinâmica etc. Admite-se a *priori* que elas estão bem, pelo simples fato de estarem "protegidas" por uma cerca, quando esta existe. Na realidade, isso poderá significar o seu fim. Problemas de consangüinidade, viroses, verminoses e epidemias poderão estar ocorrendo entre os animais, dizimando-os dramaticamente, e nem se sabe disso. Paralelamente, espécies exóticas de gramíneas - sobretudo as de origem africana, como o capim-gordura, o capim-jaraguá, a braquiária - estão invadindo essas unidades de conservação e substituindo rapidamente as espécies nativas do seu riquíssimo estrato herbáceo-subarbustivo. Dentro de alguns anos, ou décadas que sejam, tais unidades se transformarão em verdadeiros pastos de gordura, jaraguá ou braquiária e terão perdido, assim, toda sua enorme riqueza de espécies de outrora.

É urgente inverter essa situação.

# *O cerrado do Estado de São Paulo*

Osmar Cavassan

Faculdade de Ciências, UNESP - Bauru.

O cerrado paulista ocupava, no início do século XIX, cerca de 18,2% da superfície do Estado (Victor, 1975). Atualmente, está representado por fragmentos da cobertura original no Interior, constituindo áreas disjuntas, sem indicadores de que, pelo menos num passado recente, esteve ligado à porção nuclear que abrange o Brasil Central. Menos de 10% desses fragmentos encontram-se protegidos na forma de unidades de conservação estaduais.

De acordo com o Inventário Florestal do Estado de São Paulo, apresentado por Kronka et al. (1993), dos 3.330.744 ha de cobertura vegetal natural, 283.622 ha correspondem a áreas de cerrado senso amplo. Esse valor corresponde a 8,51% da vegetação nativa remanescente no Estado de São Paulo, cobrindo 1,13% de sua superfície. Concentram-se sobretudo nas regiões de Ribeirão Preto, Bauru, São José do Rio Preto e Presidente Prudente, sendo a linha que separa a Depressão Periférica Paulista do Planalto Cristalino Atlântico o limite sudeste de distribuição da maioria dos fragmentos de cerrado.

A caracterização aqui apresentada baseia-se nos trabalhos realizados por Oliveira e Souza (1977), em Itirapina, Toledo Filho (1984), em Luis Antonio, Silberbauer-Gottsberger & Eiten (1987), em Botucatu, Castro (1987), em Santa Rita do Passa Quatro, Durigan et al. (1987), em Assis, Pagano et al. (1989), em Corumbataí, e Cavassan (1990), em Bauru. Refere-se, portanto, ao cerrado que ocorre na faixa compreendida entre 21° 40' até 22° 45', de latitude sul, e 47° 7' a 50° 25', de longitude oeste, em altitude variando de 550 a 856 metros.

Em todas essas áreas, verifica-se um clima Cwag' de Köppen, temperado, macrotérmico, moderadamente chuvoso, de inverno seco não rigoroso. Para esta

região, têm-se, portanto, duas estações distintas: o final da primavera, o verão e o início do inverno constituem a estação chuvosa, quente e úmida; o final de outono, o inverno e o início da primavera compõem a estação seca e fria.

A ocorrência de cerrado no Estado de São Paulo não está ligada à deficiência de umidade, e o clima não desempenha papel expressivo em seu estabelecimento (Monteiro & Aulino, 1981). Aoki & Santos (1980) concluem que o regime térmico da área de cerrado é caracterizado pela variação da temperatura com a altitude. Afirmam, também, que tal ocorrência está condicionada ao total pluviométrico e à sua distribuição. Na região estudada, encontram-se também fragmentos de mata tropical semidecídua de planalto, matas ciliares e matas de brejo submetidas às mesmas condições climáticas, corroborando com a idéia do papel pouco expressivo que o clima desempenha no estabelecimento do cerrado.

A baixa temperatura média no Sul do país, contudo, parece limitar sua ocorrência. A ação da geada, como fator limitante de algumas espécies de cerrado nas áreas próximas ao limite sul de sua distribuição no Brasil, é aceita por Mantovani & Martins (1993). Silberbauer-Gottsberger et al. (1977) relacionaram a distribuição de algumas espécies à ação da geada, após observarem os danos causados a um fragmento de cerrado, em Botucatu. Essa observação foi realizada após a geada ocorrida em julho de 1975, quando foi registrada na região temperatura mínima de -6°C. Naquele estudo, verificaram que *Miconia albicans* e *Xylopia aromatica* foram as espécies mais danificadas. Essas mesmas espécies foram também as mais afetadas em Agudos, após a geada que ocorreu em junho de 1994 (Bertoncini, 1996). Tais espécies, no entanto, apresentaram brotamento próximo à base do caule, nos meses seguintes àqueles da ocorrência das geadas. Concluíram que, em muitos casos, uma clara relação entre o grau de dano causado à espécie e sua distribuição geográfica pode ser mostrada.

Quanto às características do solo, tem-se um resultado também muito próximo. Em todas as regiões, verifica-se a existência de latossolo vermelho escuro ou vermelho amarelo, fase arenosa, profundo, de textura leve, bem drenado, ácido, álico e de baixa fertilidade. Em Corumbataí, Pagano et al. (1989) acusaram uma considerável porcentagem de argila (6 a 18%), considerada pelos autores como pouco comum em solos que suportam a vegetação de cerrado.

Vários autores têm demonstrado a estreita relação entre vegetação e solo de cerrado, desde Arens (1958) e Goodland (1979). Arens foi o primeiro a propor que a característica aparentemente escleromorfa das plantas de cerrado deve-se à relativa escassez de nitrogênio assimilável, dando origem ao

escleromorfismo oligotrófico. Concluiu que a vegetação peculiar de cerrado é selecionada pela deficiência de minerais, tendo-se a ela adaptado.

Fisionomicamente, tem-se, no Estado de São Paulo, cerrado com aparência florestal (Figura 1), como em Bauru (Cavassan, 1990), até formações campestres (Figura 2), como em Itirapina (Mantovani, 1990). Coutinho (1978) apresentou o "conceito floresta-ecótono-campo", considerando o cerrado como um complexo de formações oreádicas que vão desde o campo limpo (formação campestre) até o cerradão (formação florestal). As formações savânicas intermediárias são representadas por campo sujo, campo cerrado e cerrado senso restrito, constituindo-se ecótonos de vegetação entre aquelas duas formações extremas. Para Mantovani (1990), essas variações são devidas a diversos fatores, entre os quais os edáficos, relacionados com a fertilidade do solo, acidez, profundidade do lençol freático, além da ação do fogo e do homem. Ele comparou três fisionomias de cerrado, em Itirapina, quanto ao número de indivíduos, número de espécies de fanerófitas, porcentagem do dossel e altura das plantas. Verificou que há um aumento nesses valores de campo cerrado para cerradão.

Muitos levantamentos florísticos foram realizados em cerrados no Estado de São Paulo nos últimos vinte anos. Para esses levantamentos, tem-se utilizado de amostragem, sobretudo pelo método de parcelas (Gibbs et al., 1983;



FIGURA 1  
Aspecto de um  
cerradão no município  
de Agudos, SP.



FIGURA 2  
Aspecto de um campo  
sujo no município  
de Itirapina, SP.

Silberbauer-Gottsberger & Eiten, 1983; Toledo Filho et al., 1984; Gianotti, 1986; Castro, 1987; César et al., 1988; Cavassan, 1990), além de quadrantes (Pagano et al., 1989) e pontos (Mantovani, 1987). Com exceção desse último, os levantamentos referem-se à comunidade de plantas lenhosas, utilizando-se, na maioria dos casos, de no mínimo três centímetros de diâmetro medidos na base como critério para inclusão da planta na amostragem.

Na maioria dos casos, fez-se também a caracterização fitossociológica nessas áreas. Estima-se que existam aproximadamente oitocentas espécies citadas como ocorrentes em cerrados no Estado de São Paulo (Leitão Filho, 1992), embora se admitam muitos casos de sinonimias e identificações sujeitas a confirmação.

A Tabela 1 apresenta, em ordem decrescente de riqueza em espécies, as nove principais famílias em seis áreas de cerrado estudadas no Estado de São Paulo. Deste modo, Leguminosae é a mais importante, seguida de perto por Myrtaceae e Rubiaceae. Esse resultado é próximo àquele apresentado por Leitão Filho (1992), que considera Leguminosae, Melastomataceae e Rubiaceae as famílias mais ricas em número de espécies.

A liderança das leguminosas ocorre também na maioria dos levantamentos florísticos feitos em mata tropical semidecídua de planalto, que ocorre na mesma região em referência (Martins, 1979; Cavassan et al., 1984; Pinto,

1989). Deve-se destacar a sexta posição da família Vochysiaceae que, embora ocorra discretamente naquela vegetação e nas áreas de cerrado estudadas, ocupa uma posição de destaque. Alguns autores (Goodland, 1979; Cavassan, 1990) consideram a família Vochysiaceae característica de cerrado. De fato, nas listas florísticas publicadas, essa família freqüentemente está mais bem representada em cerrado do que em mata.

Tabela 1  
Principais famílias  
ocorrentes em  
levantamentos florísticos  
efetuados em seis  
fragmentos com vegetação  
de cerrado no Estado de  
São Paulo, conforme o  
número de espécies de  
cada família e, entre  
parênteses, a classificação  
quanto a esse parâmetro

Família/Área	1	2	3	4	5	6
Leguminosae	14(1)	16(1)	15(1)	17(1)	19(1)	15(2)
Myrtaceae	12(2)	7(3)	5(2)	8(2)	7(2)	21(1)
Rubiaceae	8(3)	7(3)	4(3)	6(3)	2(6)	10(3)
Melastomataceae	8(3)	3(6)	3(4)	3(6)	4(4)	9(4)
Compositae	6(4)	9(2)	1(6)	4(5)	3(5)	6(6)
Vochysiaceae	4(5)	5(4)	3(4)	5(4)	6(3)	5(7)
Annonaceae	2(7)	3(5)	4(3)	4(5)	4(4)	8(5)
Malpighiaceae	3(6)	4(5)	2(5)	4(5)	4(4)	4(8)
Bignoniaceae	4(5)	3(6)	2(5)	3(6)	3(5)	3(9)

Numa abordagem florística abrangendo todo o domínio de cerrado, Myrtaceae aparece como a família mais representativa do estrato arbustivo-arbóreo, com 198 espécies (Castro, 1994). No entanto, tal família é bem representada em outras formações vegetais no interior do Estado de São Paulo e também na flora mundial. Exceção a isso se verifica em relação às famílias Malpighiaceae e Annonaceae, sem expressão significativa em escala mundial, mas bem representadas no domínio de cerrado, figurando também, portanto, entre as famílias características desse tipo de vegetação.

Se for considerado, no entanto, o estrato herbáceo-subarbustivo, o resultado modifica-se. Mantovani & Martins (1993) mostraram que, em Mogi-Guaçu, no que se refere a esse estrato, obteve-se, em ordem decrescente, Compositae, Leguminosae e Gramineae. Afirmaram, ainda, que esse estrato constitui 76,76% do total da flora lá existente. Evidentemente, em formações fisio-nomicamente identificadas como cerradão, as espécies herbáceo-subarbustivas tendem a ser menos presentes.

1-Itirapina (Oliveira e Souza, 1977)

2 - Mogi-Guaçu (Gibbs et al., 1983; Mantovani, 1990)

3- Luis Antonio (Toledo Filho, 1984)

4-Bauru (Cavassan, 1990)

5-Santa Rita do Passa Quatro (Castro, 1987)

Corumbataí (Pagano et al., 1989)

Na região de Bauru, em dois estudos, os resultados demonstram que a composição florística do estrato herbáceo-subarbusivo varia em razão da estrutura arquitetural da vegetação. Na mesma área de cerrado, onde Cavassan (1990) realizou a caracterização florística e fitossociológica da vegetação lenhosa com pelo menos 3 cm de diâmetro na base, Christianini & Cavassan (1998) verificaram que o estrato herbáceo-subarbusivo apresenta, em ordem decrescente de riqueza em espécies, a seguinte classificação: Rubiaceae, Myrtaceae, Melastomataceae, Lauraceae, Fabaceae e Bignoniaceae. Naquela formação onde o dossel é contínuo, a vegetação herbácea foi representada por Cyperaceae, Orchidaceae e Polypodiaceae. Deste modo, verifica-se que no cerrado predominam, no estrato herbáceo-subarbusivo, plântulas de espécies presentes nos estratos superiores.

Bertoncini (1996), em um cerrado senso restrito em Agudos, SP, verificou que o estrato herbáceo-subarbusivo apresenta, em ordem decrescente de riqueza em espécies, Asteraceae, Myrtaceae, Malpighiaceae, Rubiaceae e Poaceae. Neste caso, onde o dossel não é contínuo, as espécies herbáceas estão mais bem representadas. A presença de espécies das famílias Rubiaceae e Myrtaceae mostrou-se elevada nos dois tipos de vegetação.

A família Bromeliaceae é representada, no cerrado senso restrito em Agudos, sobretudo por plantas terrestres, tais como *Ananas ananassoides*, *Dyckia leptostachya* e *Bromelia leptostachya*, além de espécies epífitas do gênero *Tillandsia*. No cerrado existente em Bauru, Machado (informação pessoal) identificou cinco espécies terrestres e cinco espécies epífitas pertencentes a essa família. Desse modo, a ocorrência de maior número de espécies de plantas da família Bromeliaceae, sobretudo epífitas, parece ser resultado da umidade mais elevada e constante, em cerrado, do que em vegetação mais aberta, como o cerrado senso restrito.

A família Orchidaceae está sendo estudada no cerrado de Bauru por Martins & Cavassan (informação pessoal). Amostraram seis espécies em uma área no Parque Ecológico Municipal Tenri de Bauru (*Catasetum fimbriatum*, *Epistephium sderophyllum*, *Eulophia alta*, *Galeandra montana*, *Oeceodades maculata* e *Vanilla* sp), todas terrestres. Bertoncini (1996) amostrou uma espécie epífita do gênero *Catasetum* e duas espécies terrestres, *Cyrtopodium pallidum* e *Galleandra aff. montana*.

Mais estudos da flora desses estratos são desejáveis, apesar da dificuldade que apresentam por causa das variações rápidas decorrentes da sazonalidade anual, alterações climáticas, queimadas e presença de animais de criação. Do mesmo modo, são desejáveis mais estudos sobre lianas, pteridófitas, briófitas, líquens e fungos de cerrado.



A Tabela 2 apresenta quinze espécies lenhosas comuns a seis áreas de cerrado no Estado de São Paulo. Dasquelas espécies, *Qualea grandiflora* foi a que ocorreu em maior número de localidades (23), no estudo realizado por Ratter & Dargie (1992) sobre a composição florística de 26 áreas de cerrado no Brasil. Pode-se, portanto, deduzir que constituem as mais típicas espécies arbustivo-arbóreas do cerrado daquela região.

Algumas espécies, tais como *Copaifera langsdorffi*, *Tapirira guianensis* Aublet e *Protium heptaphyllum* (Aublet) Marchand., características de cerradão, ocorrem também, com frequência, em matas semidecíduas paulistas. No entanto, a similaridade entre cerrado e matas semidecíduas paulistas é baixa no que se refere à espécie, e elevada quanto à família. Provavelmente, as famílias comuns nos dois tipos de vegetação desenvolveram especiação com diferentes espécies no cerrado e na floresta, talvez especializadas na exploração desses ambientes. As poucas espécies comuns podem ser generalistas, havendo registro de *Tapirira guianensis* e *Protium heptaphyllum* até em matas de brejo no interior do Estado de São Paulo (Torres et al., 1994) e em cordões arenosos de restinga no litoral (Silva & Oliveira, 1989).

Tabela 2  
Espécies lenhosas comuns em seis  
áreas de cerrado no Estado  
de São Paulo.

*Acosmium subelegans* (Pohl.) Yak.  
*Annona crassiflora* Mart.  
*Annona coriacea* Mart.  
*Byrsonima coccolobifolia* (Spr.) Kunth.  
*Caryocar brasiliense* Camb  
*Copaifera langsdorffi* Desf.  
*Dimorphandra mollis* Schott.  
*Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns  
*Machaerium acutifolium* Vog.  
*Ouratea spectabilis* (Mart.) Engl.  
*Piptocarpha rotundifolia* (Less.) Baker  
*Qualea grandiflora* Mart.  
*Roupala montana* Aubl.  
*Xylopia aromatica* (Lam.) Mart.  
*Tocoyena formosa* (Cham. et Schlecht.) K. Schum

Fitossociologicamente, as famílias com maior IVI são, em ordem decrescente: Leguminosae, Myrtaceae, Vochysiaceae, Lauraceae, Annonaceae, Rubiaceae, Thymeliaceae, Monimiaceae, Erythroxylaceae, Myrsinaceae, Caryocaraceae e Melastomataceae. Vochysiaceae, que apresenta indivíduos relativamente grandes quando adultos, tende a ter maior IVI, por causa da maior área basal.

Os trabalhos de caracterização florística e fitossociológica desenvolvidos em vegetação com fisionomia florestal, no Interior paulista, têm esbarrado, com

- 1 - Santa Rita do Passa Quatro (Castro, 1987)
- 2 - Mogi-Guaçu (Gibbs et al., 1983; Mantovani, 1990)
- 3 - Luís Antonio (Toledo Filho, 1984)
- 4 - Corumbatá (Pagano et al., 1989)
- 5 - Bauru (Cavassan, 1990)
- 6 - Itirapina (Oliveira e Souza, 1977)

grande frequência, na dificuldade em se identificar, com segurança, se o fragmento estudado é mata semidecídua ou cerrado. Áreas consideradas de tensão ecológica, onde espécies de mata e cerrado coexistem, têm provocado a elaboração de diferentes hipóteses. São áreas de transição entre duas situações diferentes de fertilidade de solo e profundidade de lençol freático ou correspondem a estágios sucessionais intermediários entre cerrado e mata? A presença de espécies de cerrado em bordas de fragmentos de mata e sua ausência no interior vêm reforçar esta segunda hipótese, embora a primeira possibilidade pareça se confirmar em muitas situações com alta correlação com evidentes gradientes ambientais. Estudos que definam critérios seguros para a classificação dessas áreas são desejáveis, assim como valeria a pena conhecer mais a respeito da dinâmica de fragmentos de vegetação naquela situação.

Atualmente, são conhecidas poucas avaliações da situação do cerrado no Estado de São Paulo. Kronka et al. (1993) apresentaram a evolução da cobertura vegetal de cerrado nos períodos 1971-1973 e 1990-1992. Nesse trabalho, verificou-se que a região de Campinas, seguida de Sorocaba e Ribeirão Preto, apresentou as maiores porcentagens de redução. Na região de Ribeirão Preto, observou-se a maior redução em área (371.792 ha). São conhecidos inúmeros casos de perturbação de áreas remanescentes da cobertura original de cerrado, ocorrendo, em alguns casos, total destruição. Por outro lado, comunicações de tentativas de revegetação tornam-se mais frequentes, embora raramente com espécies de cerrado. A dificuldade em se produzir mudas de espécies nativas e o menor interesse econômico em se recuperar um cerrado contribuem fortemente para esta situação.

Uma experiência de recuperação está sendo realizada no município de Agudos, SP. Em uma área anteriormente recoberta com vegetação de cerrado foi retirada terra para a duplicação da Rodovia Marechal Rondon. Essa atividade resultou em uma caixa de empréstimo de aproximadamente 5 hectares. Com base no interesse dos proprietários em recuperar a vegetação nativa, propôs-se uma série de testes visando à melhor maneira de executá-la.

Considerando-se que a profundidade da caixa de empréstimo não permitiu a permanência de nenhuma estrutura subterrânea gemífera, propôs-se iniciar o plantio por mudas já existentes em viveiros. As experiências conhecidas referiam-se especialmente à revegetação de matas. Neste caso, necessitava-se também de uma revegetação em curto prazo, não havendo tempo para a produção de mudas de espécies de cerrados. Assim, optou-se por utilizar quatro espécies pioneiras - *Croton floribundus* Spreng., *Cecropia pachistachia* Trec, *Trema micrantha* (L.) Blum e *Guazuma ulmifolia* Lam. - utilizadas em revegetação de matas. Essas plantas foram distribuídas uniformemente, com

três metros entre elas, alternando com as espécies de cerrado - *Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl., *Copaifera langsdorffi* Desf. - e outras espécies presentes em matas que ocorrem em áreas mais baixas, contínuas àquela do presente estudo, tais como *Luhea divaricata* Mart., *Schinus terebentifolius* Raddi, *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl., *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. etc.

Os resultados preliminares mostraram um rápido desenvolvimento das espécies pioneiras, com alguns indivíduos atingindo três metros de altura após oito meses do plantio da muda (Figura 3). Das espécies nativas daquele cerrado, *Tabebuia ochracea* apresentou, até o momento, a maior velocidade de crescimento e sobrevivência. Desse modo, os resultados preliminares, embora ainda bastante incipientes, permitem deduzir que é difícil a revegetação, em curto prazo, de áreas degradadas de cerrado, onde as estruturas subterrâneas foram removidas e onde se pretende restabelecer a forma e a função, em razão, sobretudo, da indisponibilidade de mudas de essências nativas de cerrado que permitam uma nova composição que se aproxime da estrutura florística e fitossociológica original. No entanto, a recuperação, que consiste em se restabelecer a função, parece ser possível.

A observação da evolução daquela comunidade instalada artificialmente poderá levar, entretanto, a novos resultados, ainda mais se for observada a ocorrência espontânea de essências nativas do cerrado da região.

FIGURA 3  
Vista parcial de área  
onde se realizou  
experiência  
de revegetação,  
no município  
de Agudos, SP.



A necessidade de preservação e recuperação do cerrado apóia-se também na manutenção de espécies de importância econômica potencial. Vários autores (Siqueira, 1981; Sato et al., 1987) mostraram que espécies nativas de cerrado podem, após estudos mais completos, ser utilizadas como fonte de princípios ativos na indústria farmacêutica. Salles & Lima (1990) mostraram que muitas espécies produzem flores bastante conspícuas e podem, assim, ser incluídas em projetos paisagísticos.

No Estado de São Paulo, ocorrem espécies que se destacam na vegetação, tais como *Vochysia tucanorum* Mart. e *Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl., com suas inflorescências amarelas (Figura 4); *Kielmeyera rubriflora* Cambess. e *Arrabidaea brachypoda* Bur., com inflorescências róseas; *Bowdichia virgilioides* Kunth, e *Qualea parviflora* Mart., com inflorescências lilases. Pirani & Cortopassi-Laurino (1993) observaram abelhas visitando flores de *Eugenia pitanga* (Berg.) Kiaresk, *Byrsonima intermedia* Juss. e *Styrax camporum* Pohl., espécies componentes da vegetação de cerrado no Estado de São Paulo, o que demonstra também a importância dessa vegetação na produção de mel.



FIGURA 4  
Espécie nativa  
do cerrado (*Tabebuia  
ochracea*), fotografada  
no município  
de Bauru, SP.

O cerrado do Estado de São Paulo abriga 34% do total de espécies conhecidas como típicas deste tipo de vegetação (Leitão Filho, 1992). Localiza-se também próximo ao limite sul de distribuição, sujeito a fatores climáticos não existentes em sua maior área de ocorrência. É desejável, portanto, que os resultados até agora obtidos permitam o desenvolvimento de um plano de manejo do

cerrado que restou no Estado de São Paulo, mesmo sendo fragmentos de pequena extensão. O cerrado apresenta características florísticas, de reprodução, de limitação ambiental, que garantem sustentabilidade mesmo nessas dimensões, o que não ocorre com as matas paulistas. Assim, uma vez protegidas as áreas que suportem um grande número de pesquisas sobre este tipo de vegetação, tem-se garantida a preservação de importante potencial genético, o que contribuiria para reduzir os impactos causados pela quebra do equilíbrio entre a vegetação, a fauna, o solo e o clima.

AOKI, H., SANTOS, J. R. Fatores ambientais dos cerrados e imagens orbitais. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, v.31, p.1-57, 1979.

ARENS, K. O cerrado como vegetação oligotrófica. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, n.224; *Botânica*, n.15, p.57-77, 1958.

BERTONCINI, A. P. *Composição florística e estrutura fitossociológica de uma área de cerrado no município de Agudos, SP*. Botucatu, 1996, 154 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista.

CASTRO, A. A. J. F. *Florística e fitossociologia de um cerrado marginal brasileiro, parque estadual de Vaçununga, Santa Rita do Passa Quatro-SP*. Campinas, 1987. 243p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.

\_\_\_\_\_. *Comparação florístico-geográfica (Brasil) e fitossociológica (Piauí - São Paulo) de amostras de cerrado*. Campinas, 1994. 520p. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.

CAVASSAN, O. *Florística e fitossociologia da vegetação lenhosa em um hectare de cerrado no parque ecológico municipal de Bauru (SP)*. Campinas, 1990. 206p. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.

CAVASSAN, O., CÉSAR, O., MARTINS, F. R. Fitossociologia da vegetação arbórea da reserva estadual de Bauru, Estado de São Paulo. *Revta. bras. Bot.*, v.7, p.91-106, 1984.

CÉSAR, O. et al. Estrutura fitossociológica do estrato arbóreo de uma área de vegetação de cerrado no município de Corumbataí (Estado de São Paulo). *Naturalia*, v.13, p.91-101, 1988.

## Referências bibliográficas

- COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. *Revta. bras. Bot.*, v. 1, p. 17-23, 1978.
- CHRISTIANINI, S. R., CAVASSAN, O. O estrato herbáceo-subarbustivo de um fragmento de cerradão, em Bauru-SP. *Salusvita*, v.17, p.9-16, 1998.
- DURIGAN, G. et al. Fitossociologia e evolução da densidade da vegetação do cerrado de Assis, SP. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, São Paulo, v.41, p.59-78, 1987.
- GIANNOTTI, E. *Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado e de transição entre cerrado e mata ciliar da estação experimental de Itirapina (SP)*. Campinas, 1986. 189p. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.
- GIBBS, P. E., LEITÃO FILHO, H. de F., SHEPHERD, G. J. Floristic composition and community structure in an area of cerrado in SE Brazil. *Flora*, n.173, p.433-49, 1983.
- GOODLAND, R. Análise ecológica da vegetação do cerrado. In: GOODLAND, R., FERRI, M. G. *Ecologia de cerrado*. São Paulo: Edusp; Belo Horizonte: Itatiaia, 1979. p.61-186.
- KRONKA, F. J. N. et al. *Inventário Florestal do Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto Florestal, 1993, 199p.
- LEITÃO FILHO, H. de F. A flora arbórea dos cerrados do Estado de São Paulo. *Hoehnea*, v.19, p.1 51-63, 1992.
- MANTOVANI, W. *Análise florística e fitossociológica do estrato herbáceo-subarbustivo do cerrado na Reserva Biológica de Mogi-Guaçu e em Itirapina*. Campinas, 1987. 302p. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.
- \_\_\_\_\_. Variação da flora arbustivo-arbórea de diversas fisionomias do cerrado, em Itirapina, Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 36, 1985, Curitiba. *Anais...* Brasília: Ibama, 1990. v.1, p.125-35.
- MANTOVANI, W., MARTINS, F. R. Florística do cerrado na reserva biológica de Mogi-Guaçu, SP. *Acta Botanica Brasílica* (Brasília), v.7, p.33-60, 1993.
- MARTINS, C. A., CAVASSAN, O. As orquídeas do Parque Ecológico Municipal Tenri de Bauru (em andamento).
- MARTINS, F. R. *O método de quadrantes e a fitossociologia de uma floresta residual do interior do Estado de São Paulo: parque estadual de Vaçununga*. São Paulo, 1979. 239p. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

- MONTEIRO, R., AULINO, O. Clima e balanço hídrico de uma reserva de cerrado no município de Corumbataí. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 2, 1981, São Carlos. *Anais...* São Carlos, UFSCAR, 1981, p.111-31.
- OLIVEIRA e SOUZA, M. H. A. *Alguns aspectos ecológicos da vegetação na região perimetral da represa do Lobo (Brotas-Itirapina, SP)*. São Paulo, 1977. 369p. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- PAGANO, S. N., CÉSAR, O., LEITÃO FILHO, H. de F. Composição florística do estrato arbustivo-arbóreo da vegetação de cerrado da área de proteção ambiental (APA) de Corumbataí - Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Biol.*, v.49, p.37-48, 1989.
- PINTO, M. M. *Levantamento fitossociológico de mata residual situada no campus de Jaboticabal da UNESP*. Jaboticabal, 1989, 114p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- PIRANI, J. R., CORTOPASSI-LAURINO, M. (Coord.) *Flores e abelhas em São Paulo*. São Paulo: Edusp/Fapesp, 1993. 194p.
- RATTER, J. A., DARGIE, T. C. D. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. *Edinb. J. Bot.*, v.49, p.235-50, 1992.
- SALLES, A. E. H., LIMA, C. G. de. *Flores dos cerrados*. Brasília: Linha Gráfica, 1990. 72p.
- SATO, S. et al. O uso de plantas nativas de cerrados da região de Bauru, na medicina popular. O Pequi. (*Caryocar brasiliense Camb.*). *Salusvita*. v.6, p.32-40, 1987.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I., EITEN, G. Fitossociologia de um hectare de cerrado. *Brasil Florestal*, v.54, p. 55-70, 1983.
- \_\_\_\_\_. A hectare of cerrado; I. general aspects of the trees and thick-stemmed shrubs. *Phyton*, v.27, p.55-91, 1987.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, L., MORAWETZ, W., GOTTSBERGER, G. Frost damage of cerrado plants in Botucatu, Brazil, as related to the geographical distribution of the species. *Biotropica*, v.9, p.253-61, 1977.
- SILVA, J. G. da, OLIVEIRA, A. S. de. A vegetação de restinga no município de Maricá - RJ. *Acta Bot. Bras.* v.3, p.253-72, 1989.
- SIQUEIRA, J. C. de. *Utilização popular das plantas do cerrado*. São Paulo: Edusp/Fapesp, 1981. 194p.

TOLEDO FILHO, D. V. de. *Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado no município de Luís Antonio (SP)*. Campinas, 1984, 173p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.

TOLEDO FILHO, D. V. de, LEITÃO FILHO, H. de F., RODRIGUES, T. S. Composição florística de área de cerrado em Mogi-Mirim (SP). *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, v.38, p.165-75, 1984.

TORRES, R. B., MATTHES, L. A. F., RODRIGUES, R. R. Florística e estrutura do componente arbóreo de mata de brejo em Campinas, SP. *Revta. bras. Bot.*, v.17, p.189-94, 1994.

VICTOR, M. A. M. *A devastação florestal*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1975. 47p.



# *Desenvolvimento de plantas do cerrado: uma experiência pessoal*

Gil M. Felipe

Seção de Fisiologia e Bioquímica,  
Instituto de Botânica, São Paulo

Sou natural de São Carlos e ainda criança já conhecia os cerrados ali de perto. Que moleque da região não ia ao mato catar gabioba (*Campomanesia* ssp.)? Mais tarde, já no Instituto de Botânica, em início de carreira, trabalhando sob a orientação do Dr L. F. G. Labouriau, fiz várias excursões com o Laboratório Móvel da então Seção de Geobotânica - hoje Seção de Fisiologia e Bioquímica -, a fim de coletar exemplares da família Compositae para os trabalhos de Nervação Foliar e de Pólen.

FELIPPE, G. M. e SALGADO-LABOURIAU, M. L. Pollen grains of plants of the cerrado. VI- Compositae -Tribus Heliantheae. *An. Acad. Brasil. Ci.* v.36, p.85-101, 1964.

FELIPPE, G. M. e ALENCASTRO, F. M. M. R de, Contribuição ao estudo da nervação foliar das compositae dos cerrados: 1-Tribus Heleniae, Heliantheae, Inuleae, Mutisieae e Senecionae. *An. Acad. Brasil. Ci.* 38 (suplemento), p.125-57, 1966.

Assim, visitei repetidas vezes os cerrados da região de Itirapina e São Carlos; em uma memorável excursão com a Sra. Tatiana Sendulsky e Francisca Mathilde Rios de Magalhães (depois Regis de Alencastro), a sempre lembrada Kiki, cheguei até Ituiutaba no Triângulo Mineiro, onde conheci o Amaro Macedo, que possuía um excelente herbário particular. Consegui que ele o doasse ao Instituto de Botânica de São Paulo (IBt), o qual veio para o IBt pelo Laboratório Móvel. Sobre esta excursão escrevi um conto, "A viagem", que nunca publiquei (não confundir com a novela, de mesmo nome, de Ivany Ribeiro. O conto foi escrito bem antes).

Fui para a Escócia e fiz meu doutorado em Fisiologia, trabalhando com o ácido giberélico e o CCC, sob a orientação do Professor John E. Dale, a quem

## Introdução

devo minha formação e carreira desde então. Voltei para o Instituto de Botânica e, com alguns de meus primeiros orientandos, trabalhei com uma planta do cerrado de Itirapina, *Porophyllum lanceolatum*. Na verdade, em razão de meu interesse, lancei a pesquisa com as giberelinas no Brasil. Um dos materiais de pesquisa para interessar novos pesquisadores (isto é, os mais novos do que eu) foi essa planta do cerrado, além da produtora de adoçante, *Stevia rebaudiana*, que não é de cerrado. Com esses trabalhos, inaugurei a revista *Hoehnea*, do Instituto de Botânica (ver *Hoehnea*, vol. 1). Trabalhando com essa espécie, Ana Maria Giuliatti, que hoje está muito famosa como taxonomista, aprendeu a gostar de Fisiologia Vegetal. Neide Lucas começou também com esta espécie, sendo hoje uma renomada fisiologista que trabalha em Vitória, no Espírito Santo.

FELIPPE, G. M., GIULIETTI, A. M., LUCAS, N. M. C. Estudo da germinação em *Porophyllum lanceolatum* DC. I- Efeito de luz, temperatura e fotoperíodo. *Hoehnea*, v.1, p.1-9, 1971.

FELIPPE, G. M., LUCAS, N. M. C. Estudo de germinação em *Porophyllum lanceolatum* DC. II- Efeito de luz vermelha, GA<sub>3</sub> e CCC. *Hoehnea* v.1, p.11-9, 1971.

FELIPPE, G. M., LUCAS, N. M. C, GIULIETTI, A. M. Estudos de floração em *Porophyllum lanceolatum* DC. I- Efeito do fotoperíodo na floração. *Hoehnea*, v.1, p.21-7, 1971.

FELIPPE, G. M., GIULIETTI, A. M., LUCAS, N. M. C. Estudos de floração em *Porophyllum lanceolatum* DC. II- Efeito de GA<sub>3</sub> e CCC na floração. *Hoehnea*, v.1, p.29-40, 1971.

FELIPPE, G. M., GIULIETTI, A. M. Efeito do fotoperíodo, ácido giberélico e cloreto de 2-cloroetiltrimetilamônio no crescimento de *Porophyllum lanceolatum* DC. *Hoehnea* v.1, p.41-60, 1971.

FELIPPE, G. M., GIULIETTI, A. M. Efeito do fotoperíodo, ácido giberélico e cloreto de 2-cloroetiltrimetilamônio no desenvolvimento foliar de *Porophyllum lanceolatum* DC. *Hoehnea*, v.1, p.61-79, 1971.

Voltei para a Escócia e me esqueci do cerrado. Esqueci em termos, pois acabamos detectando acetilcolina em *Porophyllum lanceolatum*. Por que isto aconteceu? O Dr. Aylthon Brandão Joly dissera-me que havia uma história que dizia que o povo tomava chá de folhas de *Porophyllum lanceolatum* para diminuir taquicardia. Conteí o caso para Olga Baeta Henriques, moradora de Edimburgo, que trabalhava com a bradicinina. Ela achou o caso interessante e contou para o Dr. Horton, que se interessou em trabalhar com essa planta. Em conse-

quência, descobrimos a existência de acetilcolina nas folhas, mas nunca descobrimos a droga, que ingerida pelo estômago diminuía a velocidade de batimentos cardíacos.

HORTON, E. W., FELIPE, G. M. An acetylcholine-like substance in *Porophyllum lanceolatum*. *Biologia plantarum*. v.1, p.150-1, 1973.

Em 1974, retornei ao Brasil e fui trabalhar na Universidade Estadual de Campinas, a convite do Dr. Aylthon Brandão Joly e com o apoio irrestrito do Dr. Ivany Ferraz Marques Válio. Em 1977, Carlos Joly, filho do Dr. Aylthon, decidiu fazer mestrado sob minha orientação. Queria trabalhar com plantas de cerrado. Assim, voltei a fazer excursões ao cerrado, nas regiões de Moji-Guaçu, Itirapina, São Carlos, Araraquara, à procura de árvores de *Magonia pubescens*. Além das existentes no cerrado da fazenda Campininha, em Moji-Guaçu, só descobrimos uma única árvore no município de São Carlos, em cerrado próximo do distrito de Santa Eudóxia; numa excursão posterior, a árvore havia sido derrubada e o cerrado era um canal em crescimento. Do material dessas excursões, resultou o mestrado de Carlos Joly e vários trabalhos publicados.

JOLY, C. A., FELIPE, G. M. Germinação e fenologia de *Zeyhera digitalis*. *Hoehnea* v.8, p.35-40, 1979.

JOLY, C. A., FELIPE, G. M. Dormência das sementes de *Rapanea guianensis*. *fiei. Brasil. Bot.*, v.2, p.1-6, 1979.

JOLY, C. A., FELIPE, G. M. Fenologia de *Magonia pubescens* St. Hil. *Ciência e Cultura*, v.32, p.936-41, 1980.

JOLY, C. A., FELIPE, G. M., MELHEM, T. S. Taxonomic studies in *Magonia* St.Hil. (Sapindaceae). *Brittonia*, v.32, p.380-6, 1980.

JOLY, C. A. et al. Physiology of germination and seed gel analysis in two populations of *Magonia pubescens* St.Hil. *Rev. Brasil. Bot.*, v.3, p. 1-9, 1980.

A grande virada aconteceu na década de 1980. As novidades que havia trazido para o Brasil, como as pesquisas com ácido giberélico, já não eram mais novidades. Na linha de Fisiologia da Floração, Lillian Beatriz Penteado Zaidan, que também se iniciara em Fisiologia como minha estagiária, estava com um laboratório muito melhor no Instituto de Botânica do que aquele de que eu dispunha na Unicamp, e com uma formação mais moderna em floração. Eu tinha de tomar decisões: ou retomava no exterior as novas metodologias para a pesquisa de hormônios ou partia para outras linhas. Decidi que pesquisadores mais jovens poderiam continuar com as pesquisas com hormônios, mas

## O desenvolvimento de plantas de cerrado e o meu grupo de pesquisa

### Pteridófitas

não eu. Decidi trabalhar com plantas do cerrado. Passei, assim, a me dedicar integralmente às pesquisas de desenvolvimento dessas plantas na Unicamp, até 1991, e, depois, no Instituto de Botânica.

Passamos a atacar em quatro frentes:

- germinação de esporos de pteridófitas
- germinação de sementes
- crescimento inicial
- floração e fotoperiodismo

Das pteridófitas dos cerrados, nem levantamento havia. Era um campo virgem o da germinação dos esporos e já era hora de ser iniciada, no Brasil, uma linha de pesquisa neste grupo, mas eu nada sabia de germinação de esporos e foi muito duro para meus primeiros orientandos (Washington Marcondes-Ferreira, Áurea Maria Randi e Luciano Maurício Esteves), porque eles estudavam tudo comigo, erravam comigo, até chegarmos a uma metodologia correta. Muitas das dificuldades foram discutidas com o Dr. Adrian Dyer, de Edimburgo, que muito me orientou nesse campo.

Luciano Esteves, que foi meu orientando de mestrado e doutorado, e eu viajamos por vários cerrados do Estado de São Paulo, e conseguimos fazer uma lista de nove espécies que ocorriam nessas regiões: *Adiantum serratodentatum*, *Anemia flexuosa*, *Anemia raddiana*, *Doryopteris concolor*, *Polypodium hirsutissimum*, *Polypodium latipes*, *Polypodium pleopeltifolium*, *Polypodium polypodioides*, *Polypodium squamulosum*.

Sob a orientação da Dra. Therezinha S. Melhem, Luciano fez um estudo pormenorizado da morfologia dos esporos dessas nove espécies. Na parte de fisiologia, foi verificado que todas elas apresentam esporos com fotoblastismo positivo para a germinação a 25°C. Esta é uma contribuição muito importante, já que pouco se conhecia nesse aspecto das pteridófitas tropicais.

Em duas espécies de *Polypodium* (*P. pleopeltifolium* e *P. polypodioides*), um pequeno número de esporos germinava no escuro; em uma delas (*Polypodium pleopeltifolium*), em um trabalho realizado com a Dra. Regina Sasaki e Dra. Sílvia Maria de Godoy Aveiro, que foram minhas orientandas de mestrado e doutorado, nem choques de temperatura alta ou baixa, nem ácido giberélico, nem ácido indolil-3-acético aumentavam a germinação no escuro, que só era aumentada por choques curtos de luz vermelha.

Uma espécie muito comum nos cerrados é *Polypodium latipes*, cuja germinação sob luz só ocorre entre as temperaturas de 10 a 30°C; em nenhuma tem-

peratura constante ou alternada ocorre germinação no escuro. O período de pré-indução é de dezoito horas. Os lipídios perfazem 52% da massa do esporo e a quantidade de lipídios decresce com a germinação de *P latipes*; as proteínas são cerca de 6% e os açúcares solúveis também representam 6% da massa do esporo. Não sabemos ainda, entretanto, que material de reserva é utilizado durante a germinação. Foi também demonstrado que  $61,4 \text{ ug.mg}^{-1}$  da massa de matéria seca dos folíolos desta espécie são compostos fenólicos e, destes,  $15,4 \text{ ug.mg}^{-1}$  são cumarinas. O extrato dos folíolos inibe a germinação dos esporos de *P latipes*.

Tais dados, além de mostrar resultados muito interessantes, mostram que os problemas de metodologia estavam resolvidos.

Partimos, então, para estudos das pteridófitas da mata ciliar dentro do cerrado da fazenda Campininha em Moji-Guaçu. Este trabalho foi feito pela Dra. Eliana Simabukuro, sob minha orientação e a de Luciano Esteves, que depois comandou os primeiros estudos, no Brasil, referentes a banco de esporos de pteridófitas.

Como formação de recursos humanos para a linha de pteridófitas, dei origem a três grupos: um no Instituto de Botânica de São Paulo, sob a liderança do Dr. Luciano M. Esteves; outro no Departamento de Botânica na Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis, comandado pela Dra. Áurea M. Randi, que foi minha orientanda de mestrado e doutorado; e o terceiro no Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco, em Recife, sob a liderança da Dra. Eliana Simabukuro, que também foi minha orientanda de mestrado e doutorado. Infelizmente, o Dr. Washington Marcondes-Ferreira, que foi meu orientando de mestrado, abandonou o grupo, indo para a taxonomia de uma família de plantas consideradas superiores. Alguns desses trabalhos foram financiados pelo CNPq, que também permitiu a vinda do Dr. Adrian F. Dyer a São Paulo.

ESTEVES, L. M., FELIPPE, G. M., MELHEM, T. S. Germination and morphology of spores of *Trichipteris corcovadensis*. *Amer. Fern. Journal*, v.75, p.92-102, 1985.

ESTEVES, L. M., FELIPPE, G. M. Fotossensibilidade de esporos de pteridófitas dos cerrados. *Revta brasil. Bot.*, v.8, p.219-22, 1985.

\_\_\_\_\_. Efeitos de luz e temperatura na germinação de *Polypodium latipes*. Anais V Congresso SBSP, p.29-34, 1988.

FELIPPE, G. M., ESTEVES, L. M., RANDI, A. M. Lipids, proteins and sugars in spores of *Cyathea delgadii*, *Polypodium latipes* and *Trichipteris corcovadensis*. *Insula*, v.19, p.3-12, 1989.

- ESTEVES, L. M., FELIPPE, G. M. Cumarina em folíolos de *Polypodium latipes* dos cerrados do Estado de São Paulo. *Hoehnea*, v. 17, p.13-17, 1990.
- \_\_\_\_\_. Efeito de luz na germinação de esporos de *Polypodium latipes*. *Hoehnea*, v.18, p.53-9, 1991.
- FELIPPE, G. M., SASSAKI, R. M., AVEIRO, S. M. A. de G. Germinação de esporos de *Polypodium pleopeltifolium*: resultados preliminares. *Acta Botânica Brasilica*, v.6, p.49-54, 1992.
- SIMABUKURO, E. A., ESTEVES, L. M. FELIPPE, G. M. Fotoblastismo de pteridófitas de mata ciliar. *Insula*, v.22, p.177-86, 1993.
- \_\_\_\_\_. Lista das pteridófitas da mata ciliar da Reserva Biológica de Moji-Guaçu, SP. *Insula*, v.23, p.91-98, 1994.
- \_\_\_\_\_. Ferns of a preserved cerrado region in southeast Brazil (Reserva Biológica de Moji-Guaçu, São Paulo): the study of spore morphology and its application in spore rain and spore bank analyses. *Pteridology in perspective* (ed. J. M. Camus, M. Gibby e R. J. Johns). Kew: Royal Botanic Gardens, 1996, p.671.
- SIMABUKURO, E. A., DYER, A. F., FELIPPE, G. M. The effect of sterilization and storage conditions on the viability of the spores of *Cyathea delgadii* Sternb. *Amer. Fern J.*, v.88, p.72-80, 1998.
- SIMABUKURO, E. A., ESTEVES, L. M., FELIPPE, G. M. Fern spore morphology and spore rain of a preserved cerrado region in southeast Brazil (Reserva Biológica de Moji-Guaçu, São Paulo). *Amer. Fern J.* v.88, p.114-37, 1998.
- PIRES, I. S. de O. et al. Method for the extraction of live fern spores from soil. *Hoehnea*, v.25, p.187-94, 1998.
- SIMABUKURO, E. A., CARVALHO, M. A. M. de, FELIPPE, G. M. Reserve substances and storage of *Cyathea delgadii* Sternb. spores. *Rev. Brasil. Bot.*, v.21, p.149-52, 1998.
- SIMABUKURO, E. A., ESTEVES, L. M. FELIPPE, G. M. Analysis of a fern spore bank in southeast Brazil. *Hoehnea*, v.25, p.45-57, 1998.
- SIMABUKURO, E. A., ESTEVES, L. M., FELIPPE, G. M. Fern spore rain at Itirapina (SP, Brazil): preliminary results. *Insula*, v.27, p.39-62, 1998.
- SIMABUKURO, E. A. et al. Fern spore bank at Pedregulho (Itirapina, São Paulo, Brazil). *Rev. Bras. Biol.*, v.59, p.131-9, 1999.
- GUIMARÃES, T. de B., FELIPPE, G. M. The survival and establishment potential of spores of *Cyathea delgadii* Sternb. in soils from Itirapina and Moji-Guaçu (SP), Brazil. *Rev. Brasil. Bot.*, v.22, p.385-90, 1999.

SIMABUKURO, E. A., ESTEVES, L. M., FELIPPE, G. M. Fern spore rain of the Reserva Biológica e Estação Experimental de Moji-Guaçu (Brazil) collected at two different heights. *Fern Gazette*, v.16, p.147-66, 2000.

Nos trabalhos de germinação de Angiospermae do cerrado, tomaram parte o Dr. Felício R. Arasaki, Dr. Marcelo Polo - ambos foram meus orientandos de mestrado e doutorado -, Dr. José Carlos Sousa Silva, que foi meu orientando de mestrado, Dra. Regina M. Sasaki, Dra. Sílvia Maria de Godoy Aveiro, Josimara N. Rondon e David Santos Jr. (estes dois últimos fizeram estágio comigo; a Josimara, no aperfeiçoamento, e o David, no doutorado).

Várias espécies herbáceas dos cerrados foram estudadas, entre elas *Bidens gardneri*, *Stylosanthes macrocephala*, *Zornia reticulada*, *Actinocladum verticillatum* e as arbóreas *Copaifera langsdorffii*, *Dalbergia miscolobium*, *Qualea cordata* e *Qualea grandiflora*. Alguns desses trabalhos foram financiados pelo CNPq.

Pelos nossos estudos, ficou demonstrado que a germinação de sementes viáveis de plantas do cerrado é, em geral, bastante alta, de 80% a 90%. No caso de *Actinocladum verticillatum*, a germinação máxima foi ao redor de 40%, e 40% de sementes são viáveis pelo teste do tetrazólio. Assim, nem todas as sementes produzidas têm viabilidade. *Qualea cordata* e *Qualea grandiflora* apresentam sementes claras e escuras; em cada fruto, cerca de 20% são sementes claras e 80% são sementes escuras. As sementes claras apresentam-se dispostas na região do fruto junto ao pedúnculo. As sementes escuras não apresentam embrião. Estas duas espécies apresentam, portanto, uma produção de 80% de sementes inviáveis. A germinação das sementes viáveis (as claras) chega próximo de 100%.

Apenas as sementes de *Zornia reticulada* e *Bidens gardneri* são sensíveis à luz: a germinação de *Zornia* é retardada pela luz e a de *Bidens* é inibida pelo escuro. Entretanto, com armazenamento, a semente de *Bidens* deixa de ser sensível à luz.

A faixa de temperaturas em que ocorre a germinação fica entre 10 e 40°C. *Copaifera* não germina acima de 30°C.

A perda de viabilidade (com armazenamento a 4°C, sob escuro) foi mais rápida nas duas espécies de *Qualea*: já com um ano de armazenamento, há uma queda no número de sementes que germinam. Em contrapartida, *Dalbergia miscolobium* mantém viabilidade por até cinco anos; *Bidens*, *Copaifera* e *Stylosanthes* apresentam germinação alta após estocagem por pelo menos dois anos.

## Sementes

Das espécies estudadas, algumas sementes precisam de escarificação para germinar (*Zornia*), para acelerar a germinação (*Qualea cordata* e *Qualea grandiflora*), outras não necessitam dela. No caso de *Bidens*, as sementes menores são dormentes: com a retirada da casca, a dormência é perdida.

As sementes de *Qualea* são acumuladoras de fósforo; assim, a grande massa de sementes estéreis pode ser um fator de reposição de fósforo para o solo do cerrado.

Dos nossos estudos, podemos generalizar, portanto, para as espécies estudadas:

- as sementes viáveis atingem altas taxas de germinação;
- é comum a produção de grande número de sementes inviáveis;
- o período de tempo para a perda de viabilidade é variável;
- a faixa de temperatura para a germinação varia de 10 a 40°C;
- sensibilidade à luz depende da espécie;
- casca impermeável à água depende da espécie.

Fizemos também um levantamento do número de sementes no solo e das sementes viáveis em solos do cerrado de Itirapina. Alguns desses trabalhos foram financiados pelo CNPq, que também permitiu a vinda do Professor Eric Roberts a São Paulo.

FELIPPE, G. M., SILVA, J. C. S. Estudos de germinação em espécies do cerrado. *Rev. Brasil. Bot.*, v.7, p.1 57-63, 1984.

FELIPPE, G. M. Germinação de *Zornia reticulata*, uma espécie dos cerrados. Anais IV Congresso SBSP. p.7-13, 1984.

SILVA, J. C. S., FELIPPE, G. M. Germination of *Stylosanthes macrocephala*. *Rev. Brasil. Bot.*, v.9, p.263-8, 1986.

FELIPPE, G. M., FILGUEIRAS, T. S. Germination of *Actinodadum verticillatum*, a bamboo from the Brazilian cerrado vegetation: short communication. *Hoehnea*, v.13, p.95-100, 1986.

SILVA, J. C. S., FELIPPE, G. M. Germination of *Stylosanthes macrocephala*. *Rev. Brasil. Bot.*, v.9, p.263-8, 1986.

ARASAKI, F. R., FELIPPE, G. M. Germinação de *Dalbergia violacea*, uma espécie dos cerrados. *Rev. Brasil. Biol.*, v.47, p.457-63, 1987.

FELIPPE, G. M. *Qualea grandiflora*: the seed and its germination. *Rev. Brasil. Bot.*, v.p.337, 1990.

FELIPPE, G. M. Germinação em espécies dos cerrados: o que já foi feito. Anais 36ª Congresso de Botânica, SBB. p.59-63, 1990.



FELIPPE, G. M. Germinação em espécies dos cerrados: o que precisa ser feito. Anais 36<sup>o</sup> Congresso de Botânica, SBB. p.93-4, 1990.

FELIPPE, G. M. Germinação de *Bidens gardneri*, uma planta anual dos cerrados. *Hoehnea*, v. 17, p.7-11, 1990.

SASSAKI, R. M., FELIPPE, G. M. Viabilidade de sementes de *Dalbergia miscolobium*. *Rev. Brasil. Bot.*, v.15, p.1-3, 1992.

GODOY, S. M. A. de, FELIPPE, G. M. *Qualea cordata*: a semente e sua germinação. *Rev. Brasil. Bot.*, v.15, p.17-21, 1992.

POLO, M. Germinação, crescimento inicial e cumarinas em *Copaifera langsdorffii* Desv. Tese de Doutorado, Unicamp, 1993.

SASSAKI, R. M. et al. Longevity of seeds from legume tree species artificially stored in cerrado and forest soils. *Hoehnea*, v.26, p.29-45, 1999.

SASSAKI, R. M., ZAIDAN, L. B. P, FELIPPE, G. M. Effect of storage of achenes of *Bidens gardneri* Baker on light sensitivity during germination. *Rev. Brasil. Bot.*, v.22, p.75-81, 1999.

SASSAKI, R. M., RONDON, J. N., ZAIDAN, L. B. P, FELIPPE, G. M. Germination of seeds from herbaceous plants artificially stored in cerrado soil. *Rev. Brasil. de Biologia*, v.59, p.271-9, 1999.

SASSAKI, R. M., RONDON, J. N. ZAIDAN, L. B. P, FELIPPE, G. M. Number of buried seeds and seedlings emergence in cerrado, cerrado and gallery forest soils at Pedregulho, Itirapina (SP), Brazil. *Rev. Brasil. Bot.*, v.22, p.147-52, 1999.

RONDON, J. N. et al. Effects of moisture content and temperature during storage on germination of achenes of *Bidens gardneri* Baker. *Rev. Brasil. Bot.*, v. 23, p.35-41, 2001.

Foram estudadas as espécies arbóreas *Dalbergia miscolobium*, *Kielmeyera coriacea*, *Qualea cordata* e *Qualea grandiflora*, e nesses estudos tive a colaboração da Dra. Maria Terezinha S. Paulilo, que foi minha orientanda de doutorado, Felício R. Arasaki, Dra. Regina M. Sasaki e Sílvia Maria Godoy Aveiro. Colaboraram, também, a Dra. Marília de M. Castro, da Unicamp, e o Professor John E. Dale, da Universidade de Edimburgo.

Este trabalho com plantas de cerrado fez parte de dois projetos, que incluíam, ainda, o estudo dos esporos de pteridófitas. Os projetos foram apoiados inicialmente pelo programa "Abraços", do British Council/CNPq, e, depois, por um auxílio financeiro do Mercado Comum Europeu. Tais auxílios permitiram viagens de pesquisadores e de estudantes de pós-graduação entre o Brasil e a

## Crescimento inicial

Europa - Grã-Bretanha, Espanha e Portugal. Pelo projeto "Abraços", viajaram a Dra. Ana Maria Monteiro, Dra. Neide Maria C. Lucas, Dra. Lilian B. P Zaidan, Dra. Sonia M. C. Dietrich, Dr. Ivany F. M. Válio, Professor John E. Dale, Dr. Peter Gibbs, Dr. J. Hillman e Dr. A. Crozier, entre outros. Pelo auxílio do Mercado Comum Europeu, viajaram o Dr. Luciano M. Esteves, Dr. Felício R. Arasaki, Dra. Eliana A. Simabukuro, Dra. Regina M. Sassaki, Dra. Sílvia Maria Godoy Aveiro, Professor John E. Dale, Dr. Stefan Houghton, Dr. Guy Self, Dr. Peter Gibbs, Dr. Salvador Talavera, Dra. Maria Cândida Novais, Dra. Isabel Serôdio, Dr. João Daniel Arrabaça e Dra. Maria Celeste Arrabaça. Como consequência prática, na Universidade de Edimburgo, foram realizadas as teses do Ph.D. de Guy Self e de Stefan Houghton a respeito do crescimento inicial de *Kielmeyera coriacea*, ambas orientadas pelo Professor John E. Dale. Várias teses de mestrado e de doutorado de orientandos meus também foram auxiliadas por esse projeto, como as de Felício Arasaki, de Maria Terezinha Paulilo, de Sílvia Maria Godoy Aveiro, de Regina Sassaki e de Eliana Simabukuro.

Pelos nossos estudos, foi determinado o crescimento de folhas de árvores adultas de *Kielmeyera coriacea* e *Qualea grandiflora* crescendo no cerrado de Itirapina, SP. Em *Qualea*, as folhas novas aparecem em outubro e a abscisão ocorre em agosto-setembro; em *Kielmeyera*, aparecem em agosto com abscisão total em abril. O filocrono é de sete dias para *Qualea* e de dois dias para *Kielmeyera*. O número máximo de folhas por ramo, por ano, é de oito para *Qualea* e de até dezesseis para *Kielmeyera*. A área máxima de cada folha é de 50 cm<sup>2</sup> para *Qualea* e de 120 cm<sup>2</sup> para *Kielmeyera*. A árvore de *Qualea* é maior e bem mais frondosa, com mais folhas, do que a de *Kielmeyera*, mas o aparecimento de folhas é mais rápido nessa última espécie. As medidas diárias ou semanais das folhas dessas duas espécies podem ser vistas nas teses de doutorado de Maria Terezinha Paulilo e de Felício Arasaki, na Biblioteca da Unicamp. Em *Qualea*, os teores de nitrogênio e de proteína solúvel são bem maiores no primeiro mês do crescimento da folha, caindo bastante com sua idade; o de amido aumenta do primeiro para o segundo mês, permanecendo constante a seguir. O nível de ácido abscísico não sofre variação com a idade da folha.

O aparecimento e a formação de folhas foram estudados com mais detalhe durante o crescimento inicial de plântulas de *Kielmeyera coriacea*. As folhas só começam a se expandir a partir do 30º dia do início da embebição. Pelo estudo morfológico, foi mostrado que o plastocrono entre o primeiro e o segundo primórdio foliar é de 21 dias; com o crescimento, parece haver uma aceleração na formação dos primórdios. Pode-se dizer que o plastocrono médio foi de 5,55 dias entre a germinação e o 60º dia de crescimento (nove primórdios

formados em sessenta dias). A formação de primórdios é, portanto, muito mais lenta em *Kielmeyera*, quando comparada com espécies como cevada, *Hedera* e *Picea*, mas não é lenta quando comparada com *Hymenaea courbaril*.

Em plântulas crescendo em solo de cerrado no cerrado de Itirapina, foi verificado que em *Kielmeyera coriacea*, tanto no que se refere ao comprimento como à massa de matéria seca, a raiz é maior que a parte aérea; já em *Dalbergia miscolobium*, a raiz é menor que a parte aérea quando esses dois parâmetros são medidos; em *Qualea cordata*, a raiz é maior em comprimento, mas menor em massa de matéria seca do que a parte aérea; em *Qualea grandiflora*, a raiz é maior que a parte aérea relativamente à massa de matéria seca. Para *Dalbergia miscolobium* e *Qualea cordata*, o mesmo acontece se as plântulas são crescidas em casa de vegetação, mas em *Qualea grandiflora*, crescendo em casa de vegetação ou em câmaras de crescimento controlado, no que se refere à massa de matéria seca, a raiz é maior apenas nas primeiras cinco semanas de crescimento. Com esses resultados, podemos dizer que não é válida a generalização de que, em plantas de cerrado, a raiz cresce mais depressa do que a parte aérea, parecendo depender da espécie estudada.

O conteúdo de carboidratos solúveis e de amido aumenta no eixo com a idade da plântula em *Dalbergia miscolobium*, *Kielmeyera coriacea*, *Qualea cordata* e *Qualea grandiflora*. Há translocação dos carboidratos dos cotilédones para o eixo. Os cotilédones não exportam proteína solúvel para tal eixo; na verdade, durante o crescimento da plântula, há um aumento da relação carboidrato: proteína. O acúmulo de carboidratos inibe a atividade fotossintética durante os estádios de crescimento inicial dessas espécies.

A taxa de crescimento relativo ( $\text{mg}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) de *Kielmeyera coriacea*, *Qualea cordata* e *Qualea grandiflora* está dentro da faixa encontrada para outras espécies arbóreas de outros ambientes, mas muito menores que para espécies herbáceas; o mesmo é válido para a taxa fotossintética ( $\text{mgCO}_2\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Isso não permite dizer que essas espécies de cerrado têm crescimento maior ou menor que determinadas lenhosas de outras regiões, mas pode indicar - mesmo que se considere que as taxas são baixas - que isso não é uma característica de espécies lenhosas do cerrado.

FELIPPE, G. M., DALE, J. E. The effects of phosphate supply on growth of plants from the Brazilian cerrado: experiments with seedlings of the annual weed, *Bidens gardneri* Baker (Compositae) and the tree, *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae). *Oecologia*, v.82, p.81-6, 1990.

ARASAKI, F. R., FELIPPE, G. M. Crescimento inicial de *Kielmeyera coriacea*. *Ciência e Cultura*, v.42, p.715-20, 1990.

- ARASAKI, F. R., FELIPPE, G. M. Crescimento inicial e conteúdo de açúcares solúveis em *Kielmeyera coriacea*. *Hoehnea*, v.18, p.171-7, 1991.
- SASSAKI, R. M., FELIPPE, G. M. Remoção de cotilédones e desenvolvimento inicial de *Dalbergia miscolobium*. *Rev. Brasil. Bot.*, v.15, p.5-16, 1992.
- GODOY, S. M. A. de, FELIPPE, G. M. Crescimento inicial de *Qualea cordata*, uma árvore dos cerrados. *Rev. Brasil. Bot.*, v.15, p.23-30, 1992.
- ARASAKI, F. R., FELIPPE, G. M. Crescimento foliar em árvores adultas de *Kielmeyera coriacea*. Anais 8º Congresso SBSP, p.61-9, 1992.
- PAULILO, M. T. S., FELIPPE, G. M. Crescimento de folhas de árvores de *Qualea grandiflora*. *Rev. Brasil Bot.* p.85-93, 1992.
- AVEIRO, S. M. A. de G., FELIPPE, G. M. Efeito da remoção de cotilédones no desenvolvimento inicial de *Qualea cordata*. *Hoehnea*, v.19, p.19-30, 1992.
- SASSAKI, R. M., FELIPPE, G. M. Desenvolvimento inicial de *Dalbergia miscolobium* em casa de vegetação e em cerrado. *Hoehnea*, v. 19, p.75-83, 1992.
- PAULILO, M. T. S., FELIPPE, G. M., DALE, J. E. Crescimento inicial de *Qualea grandiflora*. *Rev. Brasil. Bot.*, v.16, p.37-46, 1993.
- PAULILO, M. T. S., FELIPE, G. M. Contribuição dos cotilédones e partição de matéria durante o crescimento inicial de *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae). *Rev. Brasil. Bot.*, p.87-92, 1994.
- \_\_\_\_\_. Resposta de plântulas de *Qualea grandiflora*, uma espécie arbórea de cerrado, com. adição de nutrientes minerais. *Rev. Brasil. Bot.*, v.18, p.109-12, 1995.
- SASSAKI, R. M, et al. Effect of water deficiency on photosynthesis of *Dalbergia miscolobium* Benth., a cerrado tree species. *Rev. Brasil. Fisiol. Veg.*, v.9, p.83-7, 1997.
- SASSAKI, R. M., FELIPPE, G. M. Soil type and early growth pattern in *Dalbergia miscolobium* Benth., a cerrado tree species. *Rev. Brasil. Biol.*, v.57, p.603-10, 1997.
- \_\_\_\_\_. Response of *Dalbergia miscolobium* seedlings, a cerrado tree species, to mineral nutrient supply. *Rev. Brasil. Bot.*, v.21, p.65-72, 1998.
- \_\_\_\_\_. Crescimento inicial em *Dalbergia miscolobium* Benth. em função da disponibilidade hídrica e do tipo de solo. *Insula*, v.27, p.1-12, 1998.
- AVEIRO, S. M. de G., FELIPPE, G. M. Efeito do solo e de solução nutritiva no crescimento inicial de *Qualea cordata*, uma espécie arbórea do cerrado. *Insula*, v. 27, p.13-26, 1998.

PAULILO, M. T. S., FELIPPE, G. M., DALE, J. E. Root/top partitioning and water relations in *Qualea grandiflora* seedlings under water stress. *Rev. Biol. Trop.*, v.46, p.41-4, 1998.

PAULILO, M. T. S., FELIPPE, G. M. Growth of the shrub-tree flora of the Brazilian cerrados: a review. *Tropical Ecology*, v.39, p.165-74, 1998.

SASSAKI, R. M., FELIPPE, G. M. Single-seeded fruits and seedlings establishment in *Dalbergia miscolobium* Benth. (Papilionaceae). *Biotropica*, v.31, p.591-7, 1999.

SASSAKI, R. M., FELIPPE, G. M. Estabelecimento de plântulas de *Dalbergia miscolobium* Benth., uma espécie arbórea dos cerrados brasileiros. *Tropical Ecology*, v.40, p.33-40, 1999.

Nesta linha de pesquisa, o interesse do grupo está no estudo de interação entre o fotoperíodo e o tipo de solo, cultivando plantas do cerrado em solos de cerrado e de mata, bem como em solo de cerrado enriquecido com solução nutritiva. Os estudos sobre o efeito do fotoperiodismo em crescimento e floração foram realizados na casa de vegetação de fotoperiodismo do Instituto de Botânica. Ali, os trabalhos foram realizados ou supervisionados pela Dra. Lilian B. P. Zaidan, com quem passei a trabalhar desde 1991. Nesta linha, além da colaboração da Lilian Zaidan, tive a do Dr. Aldo L. Klein e a da Dra. Regina Sasaki, que foram meus orientandos no mestrado e doutorado.

Em *Bidens gardneri*, o crescimento depende da interação entre fotoperíodo e substrato, ou seja, em terra de cerrado ou de floresta: o crescimento é maior em terra de mata conforme o fotoperíodo se torna mais longo, embora não ultrapasse a altura apresentada pelas plantas cultivadas em terra de cerrado, em fotoperíodo de quatorze horas, que, coincidentemente, é também o fotoperíodo mais eficiente na indução da floração. *Dalbergia miscolobium* responde diferentemente ao fotoperíodo, dependendo do tipo de solo. Em solo de mata, os fotoperíodos longos promovem e o de oito horas inibe, mas, em solo de cerrado, o fotoperíodo de dezesseis horas promove o crescimento em relação aos outros fotoperíodos.

Em relação à floração, o grupo só estudou em detalhes *Bidens gardneri*. Anteriormente, Lilian e eu fizemos alguns experimentos com *Gomphrena macrocephala*, uma planta de dias longos, e mesmo com *Bidens gardneri*. Esta é uma planta estenofotoperiódica para a floração, isto é, só floresce entre os fotoperíodos de doze e dezesseis horas de luz por dia. Experimentos feitos no cerrado de Itirapina e de Moji-Guaçu mostraram que a espécie só floresce entre dezembro e março (fotoperíodos entre doze e treze horas e meia de luz), inde-

## Floração e fotoperiodismo

pendentemente da época da sementeira. A espécie apresenta heterofilia: folhas bem ramificadas indicam que a floração do ápice principal vai logo ocorrer.

Como realizaram-se poucos estudos sobre floração de plantas do cerrado, esta é uma linha muito promissora para pesquisa no Instituto de Botânica, que possui o melhor laboratório de fotoperiodismo e uma equipe muito bem treinada em fisiologia e bioquímica de plantas.

Todos esses comentários dão uma idéia da contribuição do meu grupo de trabalho para as pesquisas da fisiologia das plantas do cerrado.

KLEIN, A. L., ZAIDAN, L. B. P., FELIPPE, G. M. Flowering and heterophylly in *Bidens gardneri*. *Rev. Brás. Bot.*, v.15, p.139-44, 1992.

ZAIDAN, L. B. P., FELIPPE, G. M. Flowering of cerrado plants: experiments in semi-controlled environmental conditions. *Flowering Newsletter*, v.18, p.4-11, 1994.

KLEIN, A. L., ZAIDAN, L. B. P., FELIPPE, G. M. Interaction between soil and photoperiod on development of *Bidens gardneri* Baker (Asteraceae), a herbaceous species from the Brazilian cerrado. *Rev. Brasil. Bot.*, v.19, p.1-5, 1996.

SASSAKI, R. M. et al. Efeito do fotoperíodo, tipo de solo e época do ano no crescimento inicial da espécie arbórea do cerrado, *Dalbergia miscolobium*. *Rev. Brasil. Bot.*, v.19, p.193-201, 1996.

# *Potencial agrícola do cerrado*

Ângelo Paes de Camargo

Instituto Agronômico de Campinas.

A floresta é a cobertura natural de um solo quando todas as condições necessárias ao pleno desenvolvimento da vegetação são oferecidas, como luz solar, calor, água, gás carbônico, macro e micronutrientes, além de um solo franco, profundo e suficientemente aerado para permitir a respiração das raízes. Quando todos esses insumos estão disponíveis, a formação florestal se estabelece e o fator limitante ao desenvolvimento vegetal passa a ser a luz solar, necessária à fotossíntese. Por isso, as árvores e lianas da floresta precisam crescer o máximo possível para disputar a luz do sol no topo da floresta.'

Já o cerrado é um tipo de vegetação que se desenvolve em áreas onde algumas das condições básicas necessárias ao pleno desenvolvimento vegetal estão ausentes. Sua estrutura característica é a existência de um estrato lenhoso, de um estrato arbustivo e de um estrato herbáceo, dominado por gramíneas. No cerrado típico, aberto, há abundância de luz solar para todos os estratos. O fator limitante, nesse caso, são os nutrientes do solo e não a falta de água, como se costumava admitir. O armazenamento de água nos solos profundos do cerrado é geralmente suficiente para sustentar as necessidades da transpiração de arbustos e árvores na estação seca. Determinações da equipe de Ferri (1961) mostraram existir, no Cerrado de Emas, em Pirassununga, SP, uma reserva de água no solo correspondente às precipitações de três anos consecutivos, bastante para garantir umidade para a vegetação mais luxuriante.

Quando o estrato lenhoso for suficientemente desenvolvido, dominando plantas de porte arbóreo, a vegetação será chamada cerradão. Se ele for mais re-

duzido, apresentando apenas pequenos arbustos esparsos, aparece o campo sujo; quando for praticamente ausente, há o campo limpo (Rizzini, 1964). Essas diferentes fisionomias de cerrado relacionam-se à maior ou menor pobreza nutricional dos solos. Onde o solo é menos pobre, as plantas podem crescer mais e atingir o porte arbóreo: tem-se, então, o chamado cerradão. Em contrapartida, onde o solo mostra-se paupérrimo, podem desaparecer os elementos lenhosos e ficar apenas o estrato herbáceo, como ocorre no campo limpo. Como exemplo, há os campos de Itirapina, SP, e do Espigão Mestre, no oeste da Bahia. O campo limpo pode aparecer também onde o solo é demasiado raso ou apresenta uma camada dura, compactada, impedindo a penetração das raízes e da água no solo.

Segundo o geógrafo Denevan (1963), nos solos em que há impedimento à penetração das raízes e da água por camadas duras e impermeáveis - formadas, geralmente, por argilas dispersas arrastadas da superfície ou de cangas lateríticas pelas águas pluviais -, a qualidade do cerrado degenera para campo limpo. Essa situação ocorrerá também em depressões do terreno e em áreas mal drenadas, sujeitas a prolongados encharcamentos. Nesse caso, a falta de oxigênio no solo para a respiração das raízes impede o desenvolvimento de espécies lenhosas.

O extinto Instituto Brasileiro do Café (IBC), em seu Plano de Recuperação e Revigoramento dos Cafezais (PRRC), não aprovava projetos de financiamento para plantio de cafezais em áreas de campo limpo. Seus agrônomos consideravam que a ausência de arbustos lenhosos, típicos de cerrado, era sinal de solo raso, impróprio para o cultivo de um arbusto, como o cafeeira. Muitas vezes, bastaria melhorar a drenagem, mediante a subsolagem, e corrigir a acidez e as deficiências nutricionais do solo, com calagens e adubações adequadas, para ter sucesso na cafeicultura, desde que instalada em área climaticamente apta.

O clima da região de cerrado é o mesmo da mata, normalmente úmido. Pode apresentar uma estação seca, com maior ou menor duração e intensidade, como na maior parte de São Paulo, Minas Gerais e no Brasil Central. Onde não ocorre normalmente a estação seca, como na região de Campo Mourão, no norte do Paraná, tanto o andar arbustivo como o herbáceo permanecem verdes o ano todo.

A vegetação da caatinga, também enfezada, ocorre em regiões de clima seco, como o Nordeste brasileiro. Nesse caso, é a falta do insumo água a principal causa de seu aparecimento (Ferri, 1955). A precipitação anual na região da caatinga é, em geral, muito inferior à evapotranspiração potencial, ou seja, à



chuva teoricamente necessária. Na caatinga, a agricultura é feita com espécies adaptadas às condições de seca ou com uma adequada irrigação suplementar.

No cerrado, durante a estação seca, o estrato arbustivo, esparso, age como quebra-vento para as plantas secas do estrato herbáceo, condicionando forte efeito de estufa. A temperatura no microclima desse estrato sobe, então, enormemente, aumentando o perigo de fogo na palha seca. Para reduzir os danos causados por incêndios, os arbustos do cerrado desenvolveram os mais diversos meios de defesa, como a casca grossa, corticóide, silicosa etc.

O andar herbáceo do cerrado não tem, geralmente, problemas com a falta de água na estação seca. Nessa época, entra em repouso. Fica completamente seco e volta a vegetar na estação das águas.

Um problema grave para as plantas do cerrado são os animais herbívoros. Como o solo é muito pobre, as plantas vegetam lentamente e repõem com dificuldade as partes perdidas. Por seleção natural, muitas desenvolveram material pouco palatável. Assim, além de os galhos e troncos possuírem a casca grossa, dura, de baixa combustibilidade, as folhas têm paladar desagradável. Apresentam-se coriáceas, rijas, muitas vezes de consistência metálica, demasiado silicosas ou ricas em tanino e outras substâncias repelentes. Esses meios de defesa são, em geral, de natureza física e química, mas não mecânica, espinhosa, como os das espécies da caatinga.

No cerrado, os herbívoros só encontram material comestível nos frutos e nas brotações novas. Como os primeiros brotos, apicais, são, em geral, prontamente devorados, a tendência é o desenvolvimento dos brotos laterais que formarão a futura ramagem, também lateral. Isso poderia explicar a forma truncada de suas plantas.

Por ocorrer em várias regiões, o cerrado pode receber diferentes nomes. No Nordeste, é conhecido como tabuleiro (Reis, 1971), aparecendo com frequência na faixa do Agreste. Nas encostas marítimas da região de Vitória da Conquista e na Chapada Diamantina, Bahia, recebe o nome de mata de larga. Na África, recebe o nome generalizado de savana, juntamente com a vegetação do tipo de nossa caatinga. Na Venezuela, em sua grande bacia do Orenoco, e na Bolívia, na bacia do Beni, as savanas são denominadas *Llanos*.

Os cerrados brasileiros aparecem mais comumente nos planaltos aluviais antigos, com muitos milhões de anos de idade, período em que a lixiviação prolongada teve tempo de lavar quase completamente os nutrientes do solo. Quando esse solo velho, lavado, sofre longa erosão geológica, ficam expostas camadas mais jovens, menos lixiviadas e menos pobres. Nessas condições, pode

aparecer a floresta. É o que acontece nas encostas e talvegues dos planaltos antigos, como na Chapada dos Guimarães, ao norte de Cuiabá, MT.

Denevan (1963) descreve mais detalhadamente as condições fisiográficas dos cerrados do Brasil.

O Planalto Central do Brasil é um platô imenso onde se registram elevações de 500 a 1.000 metros, consistindo de um núcleo de rochas cristalinas pré-cambrianas, da era Arqueozóica, as quais se encontram parcialmente recobertas por sedimentos paleozóicos e mesozóicos mais recentes. A maior parte dessa área foi sobrelevada várias vezes e, posteriormente, dissecada e nivelada pela ação de sucessivos ciclos de erosão. Os remanescentes das superfícies não dissecadas formam os atuais altiplanos e superfícies onduladas que se estendem por todo o Brasil central. Podem-se mencionar duas espécies de superfície: a primeira, chapada, que é a mais elevada, mais antiga, e a segunda, superfície de erosão, que é mais baixa e mais recente. A chapada é quase plana, com encostas escarpadas, ao passo que a superfície mais baixa é ondulada, apresentando elevações remanescentes da superfície superior e vales fluviais. Ambas as superfícies estão sendo desgastadas pela erosão; a inferior, pela dissecação dos rios e a superior, chapadas, pela erosão remontante e pela recessão das escarpas. As chapadas, particularmente, têm solos muito profundos, altamente intemperizados e lixiviados, quase sempre recobertos por vegetação tipo campo cerrado. Nas escarpas erosivas e nas áreas abaixo, os solos são mais jovens, rasos e ricos em minerais, e suportam florestas.

Do ponto de vista agrícola, as terras de cerrado apresentam um fantástico potencial econômico. Ocorrem geralmente em áreas planas, com ótimas propriedades físicas, em regiões de clima úmido tropical ou subtropical, às vezes com inverno relativamente seco, mas com excelentes condições climáticas para a maioria das culturas econômicas, perenes e anuais. Com calagens e adubações adequadas, a fim de corrigir suas deficiências químicas, vêm funcionando como as melhores terras de cultura.

Até meados do século XX, as terras de cerrado eram consideradas inúteis. Nos relatórios dos corretores para a venda de fazendas, as áreas de cerrado entravam geralmente com valor nulo. Mesmo nos círculos técnico-científicos, admitia-se que essas terras eram secas e imprestáveis.

Com a descoberta de que o problema do cerrado é apenas a extrema pobreza em nutrientes, que pode ser corrigida fácil e economicamente, essas áreas adquiriram condição de terra de cultura, como qualquer terra de floresta. Hoje, podem até valer mais, pela excelente topografia para mecanização e pela proximidade dos centros consumidores.

Muitos pesquisadores contribuíram para a descoberta do potencial agrícola do cerrado. Os estudos sobre essa vegetação começaram com o eminente

cientista Eugênio Warming, no cerrado de Lagoa Santa, em Minas Gerais, ainda no século passado. Suas pesquisas foram publicadas em 1892, em dinamarquês, sendo a tradução para o português feita por Alberto Löfgren e publicada em 1908 (Alvin, 1954; Ferri, 1963). Warming defendia a teoria climática da formação do cerrado: considerava que a estação seca prolongada era sua causa principal.

Löfgren (1912) não atribuía a ocorrência do cerrado à relativa escassez de água no solo, não considerando sua origem como um efeito climático, uma vez que o cerrado se acha, em geral, dentro das mesmas isoietas que as matas.

Bem mais tarde, com a fundação da Universidade de São Paulo, em 1938, o professor Felix Rawitscher, então diretor do Departamento de Botânica, deu novamente início ao estudo do cerrado (Rawitscher et al., 1943). Na ocasião, Rawitscher despertou o interesse de seus colaboradores, sobretudo de Mário Guimarães Ferri e de Mercedes Rachid, para as pesquisas botânicas sobre essas regiões. A equipe trabalhou especialmente no cerrado da Estação Experimental de Biologia do Ministério da Agricultura, em Emas, próximo a Pirassununga, SP. Com base em pesquisas fisiológicas, consideraram que o cerrado não era causado por falta de água no solo. Verificaram que o sistema radicular das árvores e arbustos se aprofundava a dezenas de metros no chão, onde encontrava abundância de umidade. Por outro lado, a folhagem das plantas não apresentava qualquer dispositivo funcionando para economia de água, mesmo durante a estação mais seca. Os estornas das folhas nunca se fechavam para restringir a transpiração. Embora a vegetação apresentasse aspecto xerofítico, as plantas não eram xerófilas.

Waibel (1948), em trabalho sobre a vegetação e uso da terra no Planalto Central brasileiro, admitia que a baixa fertilidade natural do solo era a principal causa da origem dos cerrados. Considerava, também, que as folhas grandes dos arbustos do cerrado provam que a vegetação é um clímax natural e não uma floresta degradada pela interferência humana.

Pavageaou (1952), estudando solos do Planalto Central brasileiro, verificou que, numa mesma condição climática, podiam ser encontrados solos férteis, de mata, e paupérrimos, de cerrado.

Alvin & Araújo (1952), trabalhando na região Centro-Oeste do Brasil, verificaram que a distribuição do cerrado é regulada pelo solo e que a calagem é necessária para melhorar pastagens e culturas.

Alvin (1954) considera o cerrado uma vegetação resultante de severa pobreza na constituição química do solo e não de queimadas, como geralmente se acreditava.

Budowski (1965) usa o termo savana para o cerrado brasileiro. Considera que, com o fogo repetido, há uma degradação progressiva da mata, originando os solos de cerrado, notadamente pela presença de cangas lateríticas. Acha que, sob condições favoráveis e na ausência de queimadas e outras atividades do homem, a floresta pode recuperar seu lugar. Desmantelando as capas ferruginosas de laterita e demais condições desfavoráveis, a mata pode restabelecer-se.

Há estudos que mostram que o fogo freqüente no cerrado pode ir queimando os galhos dos arbustos até praticamente eliminar o andar lenhoso, ficando apenas o herbáceo, ou seja, o campo limpo. Pode-se inferir que o fogo não é a causa da formação do cerrado, mas pode causar sua transformação em campo limpo. O homem não pode ser considerado o causador do cerrado mas, como o fogo, pode transformá-lo em campo limpo ao retirar os elementos lenhosos para usá-los como combustível ou para outras finalidades, deixando o campo limpo para pastagem.

McClung et al. (1958), estudando a fertilidade do solo em cerrados de São Paulo e Goiás, verificaram efeitos muito promissores da adubação na agricultura e que as deficiências de fósforo e enxofre eram muito acentuadas naqueles solos. Nos cerrados de Goiás, eram extremas as deficiências em enxofre, cobre, ferro e molibdênio.

A Comissão de Solos (1958 e 1960), do Ministério da Agricultura, em trabalhos de fôlego sobre o levantamento e reconhecimento dos solos dos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, analisou detidamente aqueles dos cerrados paulistas e dos tabuleiros fluminenses. Verificou que os solos dessas formações naturais enfezadas são caracterizados pela grande acidez e extrema pobreza das terras.

Boock & Freire (1961), estudando a adubação da batata em cerrados das estações experimentais do Instituto Agronômico de Campinas, SP, verificaram ótimos resultados com a aplicação de NPKS, desde que houvesse uma calagem dolomítica prévia.

Camargo et al. (1962) relatam resultados de experimentos, conduzidos durante cinco anos, sobre a adubação de batata-doce e cará em cerrado da Estação Experimental do Instituto Agronômico em Santa Rita, SP, que mostraram bons resultados com a aplicação de NPKS, feita após várias doses de calcário dolomítico. A aplicação de calcário, na base de 3 t.ha<sup>1</sup>.ano<sup>1</sup>, mostrou-se excessiva.

Camargo (1963), examinando a distribuição das principais formações vegetais naturais do território brasileiro, em comparação com as condições climáti-

cas relacionadas ao fator hídrico, observou que a mata e o cerrado aparecem nas mesmas faixas climáticas úmidas e subúmidas. Já a caatinga, a vegetação fraca do Nordeste, aparece sempre nas faixas correspondentes ao clima seco ou árido. Considerou que a caatinga é um clímax climático e o cerrado é um clímax edáfico.

Arens (1963) considera a pobreza em nutrientes uma característica comum aos solos de cerrado. Admite que as queimadas podem alterar muito sua fisionomia, mas não se pode afirmar que seja sua causa.

Miyasaka et al. (1964) estudaram o efeito de doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio - com e sem calcário dolomítico - em culturas de soja e feijão, na área de cerrado. O nitrogênio trouxe efeito significativo. O fósforo apresentou efeito linear, com maior intensidade onde ocorreu calagem. Tratamentos com 120 t.ha<sup>1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com calagem prévia, deram produções comparáveis às dos solos férteis de mata.

Mikkelsen et al. (1964) verificaram que, com calagem e adubação mineral, foi possível tornar os solos dos cerrados de Pirassununga, Matão e Orlândia, no Estado de São Paulo, tão produtivos para as culturas do algodão, milho e soja quanto as mais férteis terras de mata.

**Tabela 1**  
Produção de café beneficiado,  
segundo diferentes tratamentos

Tratamentos	Produção de café beneficiado (kg.ha <sup>1</sup> )
A - NPK + Zn + B calagem	2.270
B - NPK + esterco + calagem	2.060
C - NPK + esterco	1.730
D - NPK + calagem	1.430
E - esterco	800
F - NPK	490
G - NPK + Zn + B	400
H - Testemunha	0

O experimento já clássico de adubação de cafezal em solo cerrado, realizado a partir de 1958 em Batatais, SP, por Franco et al. (1975), consagrou o potencial dessas terras não só para a cafeicultura como para toda a agricultura brasileira. O ensaio mostrou que o tratamento A com adubação mineral completa (NPKS), mais os micronutrientes zinco e boro, com calagem dolomítica prévia, resultou no pleno desenvolvimento dos cafeeiros e em produções excelentes, mais elevadas que no tratamento com esterco de curral e NPK. Os dados apresentados na Tabela 1 resumem as produções obtidas em 1965, após uma colheita nula no ano anterior, em consequência da severíssima seca de 1963.

Pode-se observar que a maior produção foi obtida no tratamento A, com adubação mineral completa e calagem, embora sem esterco. Este, quando aplicado sozinho, aumentou muito pouco a produção. Sem a calagem, as produções foram muito baixas, a não ser no tratamento C, com esterco mais NPK. As mudas de café do tratamento H (Testemunha), sem qualquer fertilizante, nem chegaram a crescer. A calagem dolomítica prévia mostrou-se essencial.

Os resultados desse experimento foram fundamentais para que o IBC lançasse seu audacioso e vitorioso "Plano de Recuperação e Revigoração da Cafeicultura" (PRRC), que introduziu a cafeicultura nos cerrados do sul de Minas Gerais e a implantou nos extensos cerrados do Triângulo Mineiro. Hoje, Minas Gerais transformou-se no maior Estado produtor de café, e o Triângulo, na região de cafeicultura mais desenvolvida e produtora do café de bebida mais fina do país.

Admite-se que a área de cerrado no Brasil está em torno de 1.800.000 km<sup>2</sup>, cerca de 23% do território nacional. Localiza-se sobretudo em Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Maranhão etc. O Estado de São Paulo também apresenta grande área de cerrado. Segundo dados da Seção de Fotointerpretação do Instituto Agronômico de Campinas (Borgonovi & Chiarini, 1962), o cerrado, o cerradão e o campo limpo cobrem cerca de 3.800 km<sup>2</sup> ou 15,4% do território do Estado.

Mesmo que se preserve intocada a metade dos 1.800.000 km<sup>2</sup> do cerrado brasileiro, poderiam ser aproveitados para a agricultura cerca de 900.000 km<sup>2</sup>, ou seja, 3,6 vezes o total do território paulista. Isso representa uma riqueza incomensurável, uma verdadeira dádiva, que poderá ser aproveitada de forma sustentável e racional para a felicidade do Brasil.

## Referências bibliográficas

- ALVIN, P. T. Teoria sobre a formação dos cerrados. *Rev. Bras. Geogr.*, v. 16, p.496-8, 1954.
- ALVIN, P. T., ARAÚJO, W. El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación de el centro-oeste del Brasil. *Turrialba*, v.2, p.153-60, 1952.
- ARENS, K. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais do solo. In: FERRI, M. G. (Coord.) *Simpósio sobre o cerrado*. São Paulo: Edusp, 1963. p.287-303.
- BOOCK, O. J., FREIRE, E. S. Adubação da batatinha: Experiências em solos de baixa fertilidade. *Bragantia*, v.20, p.759-76, 1961.
- BORGONIVI, M., CHIARINI, J. V. Cobertura vegetal do Estado de São Paulo. I - Levantamento por fotointerpretação das áreas cobertas com cerrado, cerradão e campo, em 1952. *Bragantia*, v.24, 1965.

- BUDOWSKI, G. Tropical savannas: consequence of forest falling and repeated burning. *Turrialba*, v.6, p.23-33, 1965.
- CAMARGO, A. P. Clima do cerrado. In: FERRI, M. G. (Coord.) *Simpósio sobre o cerrado*. São Paulo: Edusp, 1963. p.93-115.
- CAMARGO, A. P., FREIRE, E. S., VENTURA, W. R. Efeito da calagem e de diversas adubações na batata-doce e no cará, em solos de baixa fertilidade (cerrado) derivados do arenito de Botucatu. *Bragantia*, v.21, p.143-62, 1962.
- COMISSÃO DE SOLOS. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal. Contribuição à carta de solos do Brasil*. Sistema Nacional de Pesquisa Agronômica, Boletim n.11, 350 p. + 1 carta, 1958.
- \_\_\_\_\_. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Contribuição à carta de solos do Brasil*. Sistema Nacional de Pesquisa Agronômica, Boletim n.12, 634 p. + 1 carta, 1960.
- DENEVAN, W. M. Geografia Física do Planalto Central. In: *Reconhecimento do potencial agrícola do Planalto Central do Brasil*. American International Association for Economic and Social Development. Aliança para o Progresso. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, p.37-78 (1-38), 1963.
- FERRI, M. G. Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado e da caatinga: Estudo do balanço d'água e de sua vegetação. *Boletim USP - Botânica* n.12, p. 1-170. 1955.
- \_\_\_\_\_. Caracterização das principais formações vegetais brasileiras e considerações sobre alguns problemas importantes de sua ecologia. Palestras realizadas durante o V Curso Internacional de Pastagens. Apêndice. In: INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIÊNCIAS AGRÍCOLAS. *Fundamentos de Manejo de Pastagens*. São Paulo: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas. Departamento de Prod. Animal. 1961. p.177-99.
- \_\_\_\_\_. Histórico dos trabalhos botânicos sobre o cerrado. In: FERRI, M. G. (Coord.) *Simpósio sobre o cerrado*. São Paulo: Edusp, 1963. p.15-50.
- FRANCO, C. M. et al. Cultivo de café em latossolo vermelho-amarelo (cerrado) da região de Batatais (SP). *Bragantia*, v.34, p.229-39, 1975.
- LÖEFGREN, A. Ensaio preliminar para uma phytogeographia brasileira. Campinas. *Rev. Centro Sci. Letras Artes*, v.11, p.27-47, 1912. (Extraído de *Cerrado: bibliografia analítica*. Brasília: Embrapa, 1976).

- McCLUNG, A. C. et al. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade em solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás. *Bragantia*, v.17, p.29-44, 1958.
- MIKKELSEN, D. S., FREITAS, L. M. M., McCLUNG, A. C. *Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado*. São Paulo: Instituto de Pesquisas. IRI. Boletim n.29, 48p., 1964.
- MIYASAKA, S., FREIRE, E. S., MASCARENHAS, H. Adubação da soja. III - Efeito do NPK, do enxofre e de micronutrientes em solo de arenito de Botucatu, com vegetação de cerrado. *Bragantia*, v.23, p.65-71, 1964.
- PAVAGEAOU, M. Estudo comparativo de alguns solos típicos do planalto central brasileiro. *Rev. Bras. Geo.*, v.14, p.127-80, 1952.
- RAWISTCHER, F., FERRI, M. G., RACHID, M. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil meridional. *An. Acad. Bras. Ciên.*, v.15, p.267-94, 1943.
- REIS, A. C. S. Climatologia dos cerrados. In: FERRI, M. G. (Coord.) */// Simpósio sobre o cerrado*. São Paulo: Edusp, 1971. p.15-25.
- RIZZINI, C. T. Contribuição ao conhecimento dos cerrados de Minas Gerais. In: Recuperação do cerrado. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. Serviço de Informação Agrícola. *Estudos Brasileiros* n.21, p.45-60, 1964.
- WAIBEL, L. A vegetação e o uso da terra no Planalto Central. *Rev. Bras. Geogr.*, v.10, p.335-90, 1948.



# *Fixação de nitrogênio em leguminosas ocorrentes no cerrado*

Lázara Cordeiro

Instituto de Biociências, UNESP  
- Rio Claro

A vegetação de cerrado no Brasil cobre, aproximadamente, 2.000.000 de km<sup>2</sup>, apresentando um índice pluviométrico compreendido entre 1.000 e 2.000 mm/ano (Fernandes & Bezerra, 1990). No entanto, a distribuição das chuvas é sazonal, existindo uma estação chuvosa (de 6 a 8 meses, compreendendo o período de outubro a abril) e uma estação seca (de 4 a 6 meses). A temperatura média anual oscila entre 22 e 25°C, com a máxima ao redor de 40°C, no verão, e a mínima de 10°C, no inverno (Fernandes & Bezerra, 1990). De maneira geral, temos áreas de cerrado mais úmidas, localizadas no limite sul do país, e áreas mais secas, com localização ao norte.

Há vários trabalhos enfocando clima e balanço hídrico em áreas de cerrado. Na obra de Monteiro & Aulino (1981), encontramos detalhes desse tipo de enfoque referentes a uma reserva de cerrado localizada no município de Corumbataí (22°15'S e 47°WG), abrangendo o período de 1961 a 1979.

O cerrado apresenta características próprias, como solos muito profundos, bem drenados, bem estruturados, com alta taxa de lixiviação e baixa fertilidade (Kirkbride Júnior, 1984).

O trabalho sobre o cerrado brasileiro de Lopes & Cox (1977), cujos resultados foram adaptados por Kirkbride Júnior (1984), mostra alta correlação entre o tipo de vegetação e a fertilidade do solo: cerrado com vegetação alta predomina em solos com maior fertilidade, quando comparados com solos de cerrado com vegetação de porte arbustivo.

Os diferentes tipos de vegetação - quanto à estratificação, número de plantas por área, além de outros fatores - possibilitam classificar o cerrado brasileiro de diferentes formas, amplamente discutidas nos trabalhos de Goodland (1971),

## Introdução

## Nodulação em espécies do cerrado

Coutinho (1978) e Eiten (1979), dentre outros. Independentemente dessas formas, utilizaremos aqui a denominação cerrado no seu sentido amplo.

Dentre as várias famílias que compõem a flora do cerrado, destacamos a Leguminosae, por sua representatividade dentro da área e sua importância dentro da fixação simbiótica de nitrogênio. Essa família é composta por cerca de 20 mil espécies, subdivididas em três grandes subfamílias, e 650 gêneros (Leitão, 1997). Dentre as subfamílias, Papilionoideae e Mimosoideae apresentam maior incidência de espécies com capacidade para associação simbiótica facultativa com bactérias do gênero *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium* e *Azorhizobium*, aqui denominadas, genericamente, rizóbio. Tais gêneros constituem nova classificação para o rizóbio (ainda em alteração), que utiliza a taxonomia numérica (Elkan, 1992) baseada em características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e genéticas (Hungria et al., 1997).

Independentemente do tipo de vegetação em que se inclui o cerrado, há alguns fatores que afetam a nodulação e/ou a fixação propriamente dita e são comuns a todos os tipos. A forma e a intensidade com que esses fatores se manifestam é que podem determinar sua maior ou menor importância no processo da nodulação.

Fatores edáficos, como pH, deficiência de Ca, toxidez de Al e Mn, e fatores climáticos, como altas temperaturas, afetam sensivelmente a associação nos estágios iniciais da infecção, isto é, no encurvamento dos pêlos radiculares - quando o processo de infecção é por esta via - e no afrouxamento da parede celular (Franco, 1982). A deficiência hídrica afeta não só a infecção - uma vez que altera a população rizobiana no solo -, mas também a própria sobrevivência dos nódulos.

O tamanho da população rizobiana no solo, em especial na rizosfera de leguminosas, pode ser um dos fatores que determinam o sucesso da infecção. A multiplicação das células rizobianas é afetada pela competição com outros microrganismos, incluindo o rizóbio não específico e/ou ineficiente (Sanches, 1992). Essa ação, segundo Franco (1982), se faz por meio da competição por nutrientes e pelos efeitos de produtos do metabolismo dos microrganismos, como antibióticos. O conjunto dessas atividades se reflete na competição e na sobrevivência do rizóbio, trazendo conseqüências sobre as etapas de infecção e o desenvolvimento dos nódulos e, mais especificamente, sobre a colonização do solo, concentração do rizóbio na rizosfera, nos pontos de infecção na raiz, e na infecção propriamente dita. Essas etapas, que culminam com a formação e o funcionamento do nódulo, são claramente detalhadas por Sprent (1979).

Entre os microrganismos presentes nos solos de cerrado, os actinomicetos merecem destaque especial por serem, alguns deles, produtores de antibióticos que podem ter influência reguladora na população rizobiana. Estirpes de rizóbio indígenas, isoladas de *Stylosanthes*, em áreas de cerrado, apresentaram alta resistência a estreptomicina e tetraciclina (Sá et al. apud Franco, 1982).

As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados obtidos por Soave & Cordeiro (1992) em relação ao antagonismo entre os actinomicetos, presentes em solo de cerrado e de mata, e os isolados de rizóbio de leguminosas arbóreas. Os dados da Tabela 1 explicam a origem dos isolados de rizóbio utilizadas no experimento, cujos resultados encontram-se expressos na Tabela 2. Observa-se, de maneira geral, ainda que seja um número pequeno de isolados e espécies estudadas, que os actinomicetos presentes em solos de cerrado inibiram mais os isolados de espécies de leguminosas de mata do que aqueles isolados de espécies de leguminosa do próprio cerrado, o que é um indicativo de adaptação dos rizóbios a esse componente da microbiota do cerrado.

Os dados sobre as leguminosas do Brasil, abordando aspectos ecofisiológicos da associação, disponíveis na literatura, são baseados especialmente em leguminosas herbáceas ou arbustivas de interesse agrônomo ou, nos casos de espécies arbóreas, em experimentos desenvolvidos em casas de vegetação, sementeiras ou observações em mudas (Faria et al., 1984a; Polezi & Cordeiro, 1986; Cordeiro & Beltrati, 1989). Exceções são encontradas em Faria et al. (1984b) e Cordeiro (1986). No primeiro caso dessas exceções, trata-se de um trabalho envolvendo observações de campo e mudas em viveiros, embora não seja específico sobre leguminosas de cerrado; no segundo, os dados foram coletados em uma reserva deste tipo de vegetação.

Tabela 1  
Relação dos isolados com as espécies de Leguminosae de origem, utilizadas por Soave & Cordeiro, 1992, modificada (cortesia dos autores)

Isolado*	Espécie	Tribo	Subfamília	Origem
001	<i>Dimorphandra mollis</i>	Caesalpineae	Caesalpinioideae	Cerrado
015	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Mimoseae	Mimosoideae	Mata
017	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Mimoseae	Mimosoideae	Mata
102	<i>Anadenanthera falcata</i>	Mimoseae	Mimosoideae	Cerrado
103	<i>Anadenanthera falcata</i>	Mimoseae	Mimosoideae	Cerrado
106	<i>Dalbergia miscolobium</i>	Dalbergiae	Papilionoideae	Cerrado
111	<i>Dalbergia miscolobium</i>	Dalbergiae	Papilionoideae	Cerrado
113	<i>Dimorphandra mollis</i>	Caesalpineae	Caesalpinioideae	Cerrado
124	<i>Dalbergia nigra</i>	Dalbergiae	Papilionoideae	Mata

\* Número do isolado em Banco de Rizóbio do Instituto de Biociências, UNESP - Rio Claro (IBRC).

Isolado Nº	Antagonismo		Nº de colônias Actino-Inibidoras		Zona Inibição	
	Total	Reação	Cerrado	Mata	Cerrado	Mata
001	0	4	0	10 ± 2,0	-	0,2 ± 0,1
015	4	4	12,2 ± 1,47	4 ± 1,0	0,4 ± 0,1	0,1 ± 0,5
017	4	1	2,0 ± 0,7	1 ± 0,43	0,5 ± 1,5	0,2 ± 0,1
102	4	0	8,5 ± 1,11	0	0,2 ± 0,07	-
103	4	0	4,0 ± 1,2	0	0,1 ± 0,5	-
106	4	3	3,0 ± 0,7	15 ± 9,3	0,1 ± 0,05	0,2 ± 0,1
111	0	1	0	1 ± 0,43	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,1
113	0	0	0	0	-	-
124	4	0	10,0 ± 3,53	0	0,3 ± 0,01	-
Controle	0	0	0	0	-	-

Tabela 2 - Desenvolvimento de unidades formadoras de colônia (UFC) de rizóbio em solos de cerrado e de mata, testado em meio ágar-amido. Zona de inibição em placas, quatro dias após inoculação, dada em milímetros. Média de quatro repetições com o respectivo desvio-padrão (cortesia de Soave & Cordeiro, 1992)

A Tabela 3 contém informações sobre leguminosas de cerrado, com comentários sobre aspectos da nodulação, tais como forma de infecção (via pêlo radicular, emergência das raízes laterais ou por ferimentos), presença de corrente de infecção permanente e outros. Embora a tabela seja de um trabalho publicado há alguns anos (Sprent & Cordeiro, 1992), há poucas informações recentes quanto aos aspectos abordados que sejam de meu conhecimento e que possam ser acrescentadas. Observa-se claramente que pouco se sabe, até o momento, das formas de infecção para essas espécies, qualquer que seja seu porte.

As razões para a falta de informações precisas sobre a nodulação em leguminosas arbóreas tropicais, independentemente da formação vegetacional onde são encontradas, incluem desde as dificuldades de localização de nódulos em espécimes adultos até a aparente falta de nódulos em florestas em equilíbrio, onde o nitrogênio não é, segundo Bonner & Brakel apud Faria et al. (1984a), um fator limitante. No entanto, a maioria das leguminosas tropicais não requer rizóbio específico para sua nodulação e esta bactéria é geralmente encontrada nesses solos. A nodulação espontânea, em condições ambientais naturais, cria a impressão de que não é necessária a nodulação com estirpes específicas. As leguminosas tropicais pertenceriam, segundo Halliday (1984), a um "grupo promíscuo" que nodula com uma ampla gama de rizóbios tropicais.

Tabela 3  
Gêneros de  
leguminosas de  
cerrado com  
potencial de  
nodulação  
(cortesia de Sprent  
& Cordeiro, 1992)

Gênero*	Subfamília**	N. de Espécies/Total***	Comentários
<i>Abrus</i>	P	1:17	
<i>Acacia</i>	M	4:1200	? Alguns com infecção via epiderme
<i>Acosmium</i>	P	6:16	
<i>Aeschynomene</i>	P	7:150	Infecção via ferimentos
<i>Anadenanthera</i>	M	1:2	
<i>Andira</i>	P	8:20	Correntes de infecção permanente
<i>Arachis</i>	P	5:60	Infecção via ferimentos
<i>Bowdichia</i>	P	3:4	
<i>Calliandra</i>	M	9:200	
<i>Calopogonium</i>	P	2:8	
<i>Centrolobium</i>	P	1:6	? Infecção via ferimentos
<i>Centrosema</i>	P	4:9	
<i>Chamaecrista</i>	C	137:250	Alguns com correntes de infecção permanentes
<i>Clitoria</i>	P	2:70	
<i>Dalbergia</i>	P	7:100	? Infecção via epiderme ou ferimento
<i>Desmodium</i>	P	9:300	
<i>Dimorphandra</i>	C	3:25	Correntes de infecção permanentes
<i>Enterolobium</i>	M	4:5	
<i>Eriosema</i>	P	26:130	
<i>Erythrina</i>	P	4:108	
<i>Galactia</i>	P	21:55	
<i>Indigofera</i>	P	3:700	
<i>Inga</i>	M	3:350	
<i>Lonchocarpus</i>	P	2:100	? Infecção via epiderme
<i>Lupinus</i>	P	3:200	
<i>Machaerium</i>	P	10:120	? Infecção via ferimentos
<i>Mimosa</i>	M	5:400	
<i>Myrocarpus</i>	P	1:4	Nodulação não confirmada****
<i>Parkia</i>	M	1:40	Não foi ainda encontrada nodulação em espécies brasileiras, numerosos registros negativos
<i>Phaseolus</i>	P	17:50	
<i>Piptadenia</i>	M	4:15	
<i>Pithecellobium</i>	M	2:20	Sob revisão taxonômica
<i>Platymenia</i>	M	2:4	
<i>Pterocarpus</i>	P	1:20	Espécies brasileiras parecem ser não nodulantes

Continuação

Gênero*	Subfamília**	N. de Espécies/Tota***	Comentários
<i>Rhynchosia</i>	P	4:200	
<i>Schrankia</i>	M	1:19	
<i>Sclerolobium</i>	C	4:35	Correntes de infecção permanentes
<i>Stylosanthes</i>	P	16:25	Infecção via ferimentos
<i>Swartzia</i>	P	8:135	
<i>Tephrosia</i>	P	4:400	
<i>Tipuana</i>	P	1:1	? Infecção via ferimentos
<i>Vigna</i>	P	1:150	
<i>Zornia</i>	P	7:80	? Infecção via ferimentos

\* Gêneros listados por Kirkbride (1984), suplementado por Faria et al. (1989). Recentes modificações em espécies brasileiras, especialmente em Mimosoideae, ver Lewis (1987).

\*\* C = Caesalpinoideae, M= Mimosoideae, P - Papilionoideae. Taxonomia de gêneros utilizada por Faria et al. (1989).

\*\*\* O número total de espécies deve ser considerado como aproximado.

\*\*\*\* Vários registros negativos têm sido feitos; as espécies consideradas nodulantes, na Argentina, não foram encontradas no Brasil com nódulos (Faria et al. 1989).

Na verdade, este "grupo promíscuo" de leguminosas pode ser dividido em vários subgrupos. As leguminosas pertencentes ao grupo promíscuo seriam noduladas por estirpes pertencentes ao grupo cowpea, as quais são caracterizadas, segundo Valarini & Bufaral (1984), por apresentarem crescimento lento e produzirem álcali em cultura. No entanto, muitas estirpes isoladas de leguminosas arbóreas, que nodulam várias espécies pertencentes a tribos diferentes, apresentam variações no padrão de crescimento, diferindo da caracterização acima mencionada para o grupo cowpea. Entretanto, devemos lembrar que esse agrupamento não tem caráter taxonômico.

O potencial de nodulação de leguminosas, com estirpes específicas ou não, caracteriza o grau de especificidade entre a bactéria e o hospedeiro. Segundo Dobereiner (1971), há determinados isolados de rizóbio que produzem nódulos em grande número de leguminosas tropicais. No entanto, algumas delas só nodulam com rizóbio isolado da própria espécie hospedeira, ao passo que a bactéria isolada de seu nódulo pode ser capaz de nodular a maioria das espécies do grupo cowpea (*Centrosema pubescens* é um dos exemplos típicos).

Nos trabalhos de Cordeiro & Sprent (1996), Cordeiro et al. (1996), com as espécies *Dalbergia nigra* e *Lonchocarpus muelhbergianus*, temos exemplos dessa situação. No primeiro caso, só houve a produção de nódulos de conteúdo interno avermelhado quando o rizóbio foi isolado da própria espécie, ao

passo que, para o segundo caso, houve nodulação com produção de nódulos eficientes quando o rizóbio havia sido isolado de membros da mesma tribo da espécie de leguminosa testada.

Os resultados indicaram, ainda, que a maior especificidade - muito embora o número de espécies estudadas de ambas as tribos não permita uma conclusão definitiva - ocorreu com a tribo Dalbergieae. Aspecto interessante a ressaltar é que as espécies de Dalbergieae, das quais os rizóbios foram isolados, produziram nódulos determinados, e as espécies citadas da tribo Millettieae produziram nódulos indeterminados. Cabe salientar que os dados mencionados não são relativos a espécies de cerrado, porém alguns dos isolados estudados foram obtidos de leguminosas desse tipo de vegetação. Esses resultados, bem como os obtidos por outros pesquisadores, indicam que espécies arbóreas podem nodular com *Bradyrhizobium* e, eventualmente, com *Rhizobium*, e que o conceito de "grupo cowpea" não é adequado.

Os problemas ligados à nodulação com produção de nódulos eficientes estão, como já mencionado, relacionados a vários fatores. Um deles é a população indígena de rizóbio, especialmente quando há introdução de leguminosas em uma determinada área. A falta de resposta à inoculação pode ser devida à baixa penetração de estirpes extremamente efetivas na população indígena, a qual difere de região para região (Gibson, 1980). Este problema conduz a como determinar, para as espécies de cerrado ou de outra região, se os hospedeiros estão adequadamente nodulados para o máximo rendimento.

Se analisarmos os dados disponíveis na literatura sobre número e tamanho dos nódulos de leguminosas de cerrado, observaremos que padrões de "bem nodulado", "nodulação razoável", não podem, a meu ver, ser aplicados nesta análise, por vários motivos. Dentre eles destacamos novamente: a) a maior parte das informações para esses critérios é relativa a espécies anuais, o que possibilita a observação de todo o ciclo de vida da planta; b) as informações sobre as espécies arbóreas, incluindo as de cerrado, são, na sua maioria, registros de presença de nódulos (Allen & Allen, 1981; Halliday, 1984; Faria et al., 1984a; Silva et al., 1984; Cordeiro, 1986; Polezi & Cordeiro, 1986), com abordagens sobre a atividade de nitrogenase ou transporte de compostos nitrogenados (Faria et al., 1984b; Goi et al, 1984). Saliente-se, ainda, que algumas espécies estudadas são comuns a vários tipos de vegetação.

Um aspecto importante a ser considerado quando se analisa a questão da nodulação é o teor de nitrogênio disponível para a planta no solo. As leguminosas "preferem", segundo Dobereiner (1984), assimilar o nitrogênio mineral existente no solo em detrimento da incorporação do nitrogênio via fixação.

Desse modo, em ecossistemas em equilíbrio, onde há uma constante reciclagem dos nutrientes - incluindo o nitrogênio -, muitas leguminosas consideradas como fixadoras podem não apresentar nodulação. Como exemplo, temos *Dimorphandra mollis*, espécie nodulante típica de cerrado (Halliday, 1984; Faria et al. 1984a,b). No entanto, não foram encontrados exemplares jovens - altura máxima de 30 cm e provenientes de sementes, sendo excluídos os oriundos de brotamento - com nódulos na reserva de cerrado de Corumbataí, SP (22°15'S e 47°W), no período de agosto de 1982 a dezembro de 1983 (Cordeiro, 1986).

Em coletas realizadas em anos posteriores, no mesmo período, foram observados exemplares nodulados. Dessa forma, a presença de nódulos na espécie poderia ser sazonal (Tabela 4), estando associada a períodos de seca severa e à estrutura do nódulo (presença de suber espesso ou não, células esclerenquimadas no córtex e outras características que poderiam funcionar como um sistema que protege o tecido bacteriano das adversidades ambientais).

Segundo Dobereiner (1984) e Dobereiner & Campeio (1977), a deficiência de nitrogênio no solo dificilmente afetaria o ecossistema, uma vez que as leguminosas formariam nódulos ou então se multiplicariam, em detrimento de outras espécies incapazes de fixar esse elemento. Corroborando as informações desses autores, Sylvester-Bradley et al. (1980) informam que leguminosas arbóreas em solos arenosos de áreas periféricas ou de regeneração de florestas apresentam nodulação mais freqüente e abundante que os espécimes localizados no interior da formação vegetal. Apresentam, dessa forma, segundo Silva & Dobereiner (1982), uma situação de equilíbrio no processo de ciclagem do nitrogênio.

Algumas de nossas observações de campo, em área de cerrado (Tabela 4), mostram que todos os exemplares coletados que apresentavam nódulos foram localizados na periferia da reserva de cerrado de Corumbataí, especialmente na área ocupada pelo cerrado propriamente dito, onde o número de espécies invasoras não típicas de cerrado tem aumentado nos últimos anos. Essa área apresenta maior freqüência de nodulação em *Chamaecrista flexuosa*, *Dimorphandra mollis*, *Stryphnodendron pollyphyllum*, *Anadenanthera falcata*, *Mimosa obtusifolia*, *Mimosa tremula* e *Stylosanthes guianensis*, se comparada com exemplares encontrados mais no interior da reserva.

A observação sobre número e tamanho dos nódulos também deve ser considerada com reservas, uma vez que podem estar associados a características da espécie, relacionadas ou não a fatores ambientais. O número de nódulos está na dependência do número de *loci* meristemáticos dentro da raiz que



possui potencial para nodulação (Nutman, 1971). Exemplos típicos são *Stylosanthes guianensis* - que possui numerosos nódulos, podendo ser encontrados mais de 250 nódulos/indivíduo (dados não mostrados) e pequenos, da ordem de  $\pm 1$  mm de diâmetro - e *Anadenanthera falcata* (Tabela 4), que apresenta nodulação abundante na fase jovem (Cordeiro & Beltrati, 1989), bem como na fase adulta. Infelizmente, muito embora as estirpes presentes no banco de *Rhizobium* do Instituto de Biociências - UNESP, Rio Claro, tenham sido isoladas de exemplares adultos, não houve, até o presente, possibilidades de quantificar, com segurança, a nodulação nesta espécie, após oito meses de idade.

Tabela 4 – Nodulação em leguminosas de cerrado (Cordeiro, 1986, modificada)

Subfamília/ espécie	hábito	n. de plantas total	c/ nód.	nódulo/planta	profundidade da raiz*	diâmetro**		posição***
						menor	maior	
<b>Caesalpinoideae</b>								
<i>Chamaecrista flexuosa</i>	Arbustiva	23	13	4,3		0,5	3,0	s.r.
<i>Chamaecrista langsdorffii</i>	Arbustiva	4	4	2,2		0,5	2,0	s.r.
<i>Dimorphandra mollis</i>	Arbórea	17	5	8,0	44,3	1,0	5,0	r.s.
<b>Mimosoideae</b>								
<i>Stryphnodendron pollyphyllum</i>								
	Arbórea	41	15	3,7	57,3	3,0	5,0	r.s.
<i>Anadenanthera falcata</i>	Arbórea	13 <sup>1</sup>	11	13,2	62,8	0,5	14,0	s.r.
<i>Mimosa obtusifolia</i>	Arbustiva	26	12	3,8		1,0	5,5	s.r.
<i>Mimosa tremula</i>	Arbustiva	4	4	3,0		2,0	3,0	s.r.
<b>Papilionoideae</b>								
<i>Dalbergia miscolobium</i>	Arbórea	23	9	1,4	73,8	1,0	5,0	r.p.
<i>Zornia guianensis</i>	Arbustiva	5	5	8,6		<1,0	<1,0	s.r.
<i>Stylosanthes guianensis</i>	Arbustiva	15	15	18,4		0,5	2,0	s.r.
<i>Stylosanthes viscosa</i>	Arbustiva	5	5	7,6		0,5	1,5	s.r.

1 Duas observações referem-se a parte do sistema radicular de um exemplar adulto e não foram computadas na média.

O número de nódulos, nessas observações, foi 93/observação.

\* = cm

\*\* = mm

\*\*\* s.r. = todo o sistema radicular; r.p. = raiz principal; r.s. = raiz secundária.

O teor de água no solo pode afetar o crescimento e a sobrevivência da bactéria, bem como do hospedeiro, podendo alterar a nodulação e a fixação do nitrogênio nas diferentes etapas do processo. Para a bactéria, o grau de tolerância ao estresse hídrico varia com a estirpe. Segundo Roughley (1980), não

há correlação entre a habilidade para crescer em solos secos e a resistência à dessecação, embora a sobrevivência das estirpes de crescimento lento seja melhor que as demais. A infecção dos pêlos radiculares, uma das etapas iniciais no processo de formação de nódulos para leguminosas que apresentam esta forma de infecção, pode não ocorrer em solos secos, mesmo se o número de bactérias presente na rizosfera não for afetado.

A ação do estresse no nódulo depende não só de sua severidade e duração, mas também de sua morfologia. O nódulo pode ter basicamente dois tipos de crescimento: *determinado*, formando estruturas arredondadas, portando ou não lenticelas, e *indeterminado*, formando nódulos alongados, contendo um ou mais meristemas apicais que darão origem às ramificações. Esses últimos podem reduzir seu crescimento no período seco e produzir posteriormente, por ação das células meristemáticas, novas células capazes de se infectar, dando origem a áreas ativas dentro do nódulo. Esses dois tipos de crescimento originam diversas formas de nódulos, que podem ser utilizadas na caracterização de tribos. Maiores detalhes sobre formas de nódulos podem ser encontrados em Corby (1971, 1981).

As leguminosas de cerrado que produzem nódulos esféricos com crescimento determinado, portanto, sem meristema apical - como *Dalbergia miscolobium*, *Zornia diphylla*, *Stylosanthes guianensis*, *S. viscosa*, *Dalbergia dolichopetala*, *Stryphnodendron pollyphyllum* -, apresentam nódulos completamente secos (mantendo somente a "casca"), com desintegração do tecido infectado durante o período de seca, formando nova população de nódulos em períodos favoráveis. Em contrapartida, espécies portadoras de nódulos com crescimento indeterminado, como *Anadenanthera falcata* (Cordeiro & Beltrati, 1989), aparentemente reduzem a taxa de crescimento - podendo entrar em senescência quando em situações excessivamente desfavoráveis -, retornando à atividade na parte apical por meio de seu(s) meristema(s). Dentre essas situações desfavoráveis, pode estar enquadrado o estresse hídrico. Em situação oposta, o nódulo pode responder com a formação de maior número de lenticelas, alterando também o tamanho dessas estruturas, ou com alterações também nos espaços intercelulares no córtex (Pankhurst & Sprent, 1975), formando uma comunicação aérea mais livre entre o exterior e o tecido bacteriano propriamente dito.

O efeito da acidez do solo sobre o rizóbio é variável, e o crescimento da planta e a fixação do nitrogênio podem ocorrer em níveis de pH mais baixos que os tolerados para a persistência da bactéria e a ocorrência da nodulação. A acidez pode afetar desde a sobrevivência do rizóbio no solo até a nodulação e funcionamento do nódulo (Graham, 1992). No entanto, embora a bactéria

seja mais susceptível ao pH, sua sensibilidade acompanha a da própria planta à qual é adaptada (Freire & Vidor, 1971). Em extremos de acidez, os autores consideram que a bactéria pode perder a virulência e a eficiência.

A maioria dos rizóbios pertencentes ao grupo cowpea é mais bem adaptada a solos ácidos, incluindo casos extremos, como isolados de *Stylosanthes capitata*, que apresentam sua melhor taxa de crescimento em pH 4,5 (Roughley, 1980). Valores de pH abaixo de 4,5 trazem problemas para a bactéria, segundo Norris (1965), se os solos contiverem níveis tóxicos de Mn, uma vez que os rizóbios de produção alcalina são capazes de alterar o pH ao seu redor. Dessa forma, se considerarmos somente os aspectos nodulação e recuperação natural de áreas degradadas, não se justificaria propor correções de pH para as leguminosas tropicais, incluindo as de cerrado, uma vez que elas são capazes de prosperar e nodular em tais solos.

Experimentos realizados em nosso laboratório com isolados de *Dalbergia miscolobium*, *Machaerium aculeatum*, *Chamaecrista flexuosa* e *Anadenanthera falcata* indicaram sobrevivência desses isolados na faixa de pH de 5,0 a 6,8, sendo ótimo, para alguns ao redor de 5,5 a 6,0. O fato de encontrarmos plantas noduladas em áreas de cerrado (nossa experiência é notadamente com áreas perturbadas, em diversos graus) indica que a bactéria está adaptada ao ambiente. Evidentemente, os fatores climáticos afetam a associação em maior ou menor intensidade, podendo determinar a sazonalidade dos nódulos em algumas espécies, a velocidade de crescimento e alterações morfológicas nessas estruturas.

Outro fator ambiental que afeta a associação, controlando a sobrevivência e o estabelecimento do rizóbio no solo, é a temperatura. Seus efeitos podem ocorrer na formação dos pêlos radiculares, na ligação do rizóbio a esses pêlos, na formação de leghemoglobina, na estrutura e desenvolvimento dos nódulos, bem como na fisiologia da fixação do nitrogênio e na produção da matéria seca. No entanto, a temperatura do solo em regiões tropicais pode ser maior que 40°C em dias de verão, e o fato de a nodulação ocorrer em plantas que efetivamente não foram inoculadas permite sugerir que a população indígena de rizóbio está adaptada a tais condições ambientais.

Se, do ponto de vista ecológico, a fixação simbiótica do nitrogênio pode ser considerada como um processo de adaptação a situações de desequilíbrio, as espécies de leguminosas típicas do cerrado podem vir a desempenhar papel preponderante no restabelecimento dessa formação vegetacional, especialmente no Estado de São Paulo, onde poucas áreas com esse tipo de vegetação ainda estão preservadas.

## Referências bibliográficas

- ALLEN, O. N., ALLEN, E. K. *The leguminosae: a source book of characteristics, use and nodulation*. London: MacMillan Publ.; Madison: University of Wisconsin Press, 1981.
- CORBY, H. D. L. The shape of leguminous nodules and the colour of leguminous roots. *Plant and soil*, Special volume, p.305-14, 1971.
- \_\_\_\_\_. The systematic value of leguminous root nodules. In: POLHILL, R. M., RAVEN, P. H. *Advances in legume systematics: Part 2*. Royal Botanic Gardens, Kew, England, 1981. P.657-70.
- CORDEIRO, L. Caracterização de nódulos em leguminosas de cerrado. In: REUNIÃO LATINO-AMERICANA SOBRE RHIZOBIUM, XII, 1986, Campinas. *Anais...* Instituto Agrônomo, Campinas, 1986, p.191-7.
- CORDEIRO, L., BELTRATI, C. M. Estrutura e desenvolvimento de nódulos radiculares de *Anadenanthera falcata* Speg. (Leg. Mimosoideae). *Rev. Brasil. Bot.*, n.12, p.61-70, 1989.
- CORDEIRO, L., SPRENT, J. I. Some aspects of nodulation and nodule anatomy of *Dalbergia nigra* Aliem inoculated with Rhizobia isolated from members of the tribes Dalbergieae and Millettieae (Tephrosieae). *Naturalia*, n.21, p.23-30, 1996.
- CORDEIRO, L., SPRENT, J. I., McINROY, S. G. Some developmental and structural aspects of nodules of *Lonchocarpus muelhbergianus* Hassl. *Naturalia*, n.21, p.9-22, 1996.
- COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. *Rev. Brasil. Bot.*, n.1, p.17-23, 1978.
- DOBEREINER, J. Inoculação cruzada e eficiência da simbiose de leguminosas tropicais. In: SEMINÁRIO SOBRE METODOLOGIA E PLANEJAMENTO DE PESQUISAS COM LEGUMINOSAS TROPICAIS. 1971, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: IPEACS, 1971. p.181-92.
- DOBEREINER, J. Nodulation and nitrogen fixation in legume trees. *Pesq. Agrop. Bras.*, n.19, p.83-90, 1984.
- DOBEREINER, J., CAMPELO, A. B. Importance of legumes and their contribution to tropical agriculture. In: HARDY, R. M. F., GIBSON, A. H. (Eds.) *A treatise on dinitrogen fixation, section IV, agronomy and ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1977. p.191-220.
- EITEN, G. Formas fisionômicas do cerrado. *Rev. Brasil. Bot.* n.2, p.132-48, 1979.
- ELKAN, G.H. Taxonomy of the rhizobia. *Can.J. Microbio/.*, n.38, p.446-9, 1992.
- FARIA, S. M. et al. New nodulation legume trees from south-east Brazil. *New Phytol.*, n.98, p.317-27, 1984a.

- FARIA, S. M. et al. Levantamento da nodulação de leguminosas florestais nativas na região sudeste do Brasil. *Pesq. Agropec. Bras.*, n.19, p.143-54, 1984b.
- FARIA, S. M. et al. Occurrence of nodulation in the Leguminosae. *NewPhytol.*, n.111, n.607-19, 1989.
- FERNANDES, A., BEZERRA, P. *Estudo fitogeográfico do Brasil*. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990.
- FRANCO, A. A. Simbiose leguminosas-Rhizobium e o ciclo de nitrogênio. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: associações biológicas entre espécies florestais e microorganismos para aumento da produtividade econômica do reflorestamento, VII, 1982, Curitiba. *Anais...* CARPANEZI, A. A. (Ed.), Curitiba, 1982, p.19-32.
- FREIRE, J. R. S., VIDOR, C. Fatores limitantes dos solos ácidos na simbiose de *Rhizobium* e as leguminosas. In: SEMINÁRIO SOBRE METODOLOGIA E PLANEJAMENTO DE PESQUISAS COM LEGUMINOSAS TROPICAIS, 1971, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: IPEACS, 1971. p.211-47.
- GIBSON, A. H. Host determinants in nodulation and nitrogen fixation. In: SUMMERFIELD, R. J., BUNTING, A. H. (Eds.) *Advances in legume science*. Kew: Royal Botanic Gardens, 1980. p.69-76.
- GOI, S. R., FARIA, S. M., NEVES, M. C. P. Fixação de nitrogênio, tipo de nódulo e ocorrência de ureídeos em leguminosas florestais. *Pesq. Agropec. Bras.*, n.19, p.185-91, 1984.
- GOODLAND, R. A physionomic analysis of the cerrado vegetation of central Brazil. *J. Ecol.*, n.59, p.411-9, 1971.
- GRAHAM, P. H. Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and nodulation under adverse soil conditions. *Can. J. Microbiol.*, n.38, p.475-83, 1992.
- HALLIDAY, J. Integrated approach to nitrogen fixing tree germplasm development. *Pesq. Agropec. Bras.*, n.19, p.91-117, 1984.
- HUNGRIA, M., VARGAS, M. A. T., ARAÚJO, R. S. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M. T. A., HUNGRIA, M. (Eds.) *Biologia dos solos de cerrado*. Planaltina: Embrapa/CPAC, 1997. p.189-294.
- KIRKBRIDE JÚNIOR, J. H. Leguminosas do cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, n.19, p.23-46, 1984.
- LEITÃO, M. R. S. M. Fixação biológica do nitrogênio por espécies arbóreas. In: VARGAS, M. T. A., HUNGRIA, M. (Eds.) *Biologia dos solos de cerrado*. Planaltina: Embrapa/CPAC, 1997. p.155-85.

- LEWIS, G. P. *Legumes of Bahia*. Kew: Royal Botanic Garden, 1987.
- LOPES, A. S., COX, F. R. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. *Agron. J.*, n.69, p.828-31, 1977.
- MONTEIRO, R., AULINO, O. Clima e balanço hídrico em uma reserva de cerrado no município de Corumbataí. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, II, 1981, São Carlos. *Anais...* UFSCar, São Carlos, 1981, p.111-131.
- NORRIS, D. O. Acid production by *Rhizobium*: A unifying concept. *Plant & Soil*, n.22, p.143-66, 1965.
- NUTMAN, P. S. Physiology of nodule formation. In: SEMINÁRIO SOBRE METODOLOGIA E PLANEJAMENTO DE PESQUISAS COM LEGUMINOSAS TROPICAIS. 1971, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: IPEACS, 1971. p.75-81.
- PANKHRUST, C. E., SPRENT, J. I. Effects of water stress on the respiratory and nitrogen-fixing activity of soybean root nodules. *J. Exp. Bot.*, n.26, p.287-304, 1975.
- POLEZI, K. R., CORDEIRO, L. Potencial de nodulação de estirpes de *Rhizobium* spp. In: REUNIÃO LATINO-AMERICANA SOBRE RHIZOBIUM, XII, 1986, Campinas. *Anais...* Instituto Agrônomo, Campinas, 1986, p.198-207.
- ROCHA, G. L. et al. Coleta, identificação e distribuição de leguminosas tropicais brasileiras. Brasil Central: Fase I. *Bol. Indust. Anim.*, n.36, p.255-324, 1979.
- ROUGHLEY, R.J. Environmental and cultural aspects of the management of legumes and *Rhizobium*. In: SUMMERFIELD, R. J., BUNTING, A. H. (Eds.) *Advances in Legume Science*, Kew: Royal Botanic Gardens, 1980. p.97-104.
- SILVA, E. M. R., DOBEREINER, J. O papel das leguminosas no reflorestamento. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: associações biológicas entre espécies florestais e microorganismos para aumento da produtividade econômica dos reflorestamento, VII, 1982, Curitiba. *Anais...* CARPANEZI, A. A. (Ed.), Curitiba, 1982, p.33-37.
- SILVA, E. R. et al. Produção de mudas noduladas de leguminosas florestais em substrato contendo até 90% do volume com fosfato de rocha: resultados preliminares. *Pesq. Agrop. Bras.*, n.19, p.283-91, 1984.
- SOAVE, R. C. F., CORDEIRO, L. Resistência natural à estreptomina e antagonismo de actinomicetos de solos em estirpes de *Rhizobium* nativas de cerrado e de mata. *Naturalia*, n.17, p.167-74, 1992.
- SPRENT, J. I. *The biology of nitrogen fixing organisms*. London: McGraw-Hill, 1979.

SPRENT, J. I., CORDEIRO, L. Nodulated legume trees in the cerrado: taxonomic distribution, infection process and nodule morphology. *Ciência e Cultura*, p.44, p.336-8, 1992.

SYLVESTER-BRADDLEY, R. et al. Nodulation of legumes, nitrogenase activity of roots and occurrence of nitrogen-fixing *Azospirillum* spp in representative soils of Central Amazonia. *Agro-Ecosystems*, n.6, p.249-66, 1980.

VALARINI, M. J., BUFARAH, G. Resposta de *Leucaena* à inoculação comparada a diferentes tratamentos fertilizantes. *Pesq. Agrop. Brasil.*, v.19, p.275-80, 1984.



Parte III  
Flora do cerrado





*Gomphrena officinalis* Mart. (fechada ao alto, aberta abaixo)



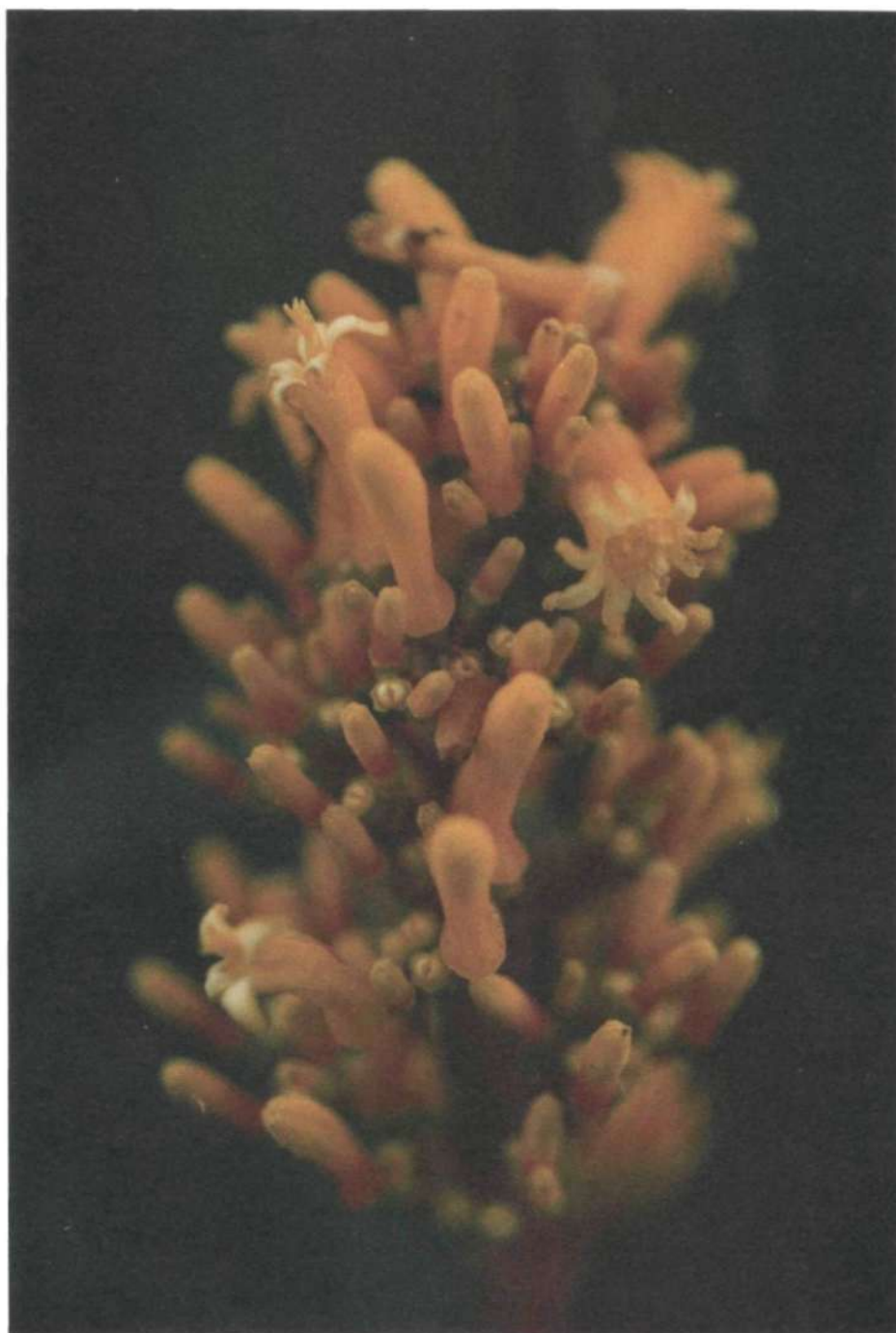
Seleção de fotos de espécies de cerrado, exibidas em homenagem a Eugen Warming, no Jardim Botânico da Universidade de Copenhague. Período de exposição: 15 de julho a 15 de agosto de 1992. Fotógrafo: Aldo Luiz Klein



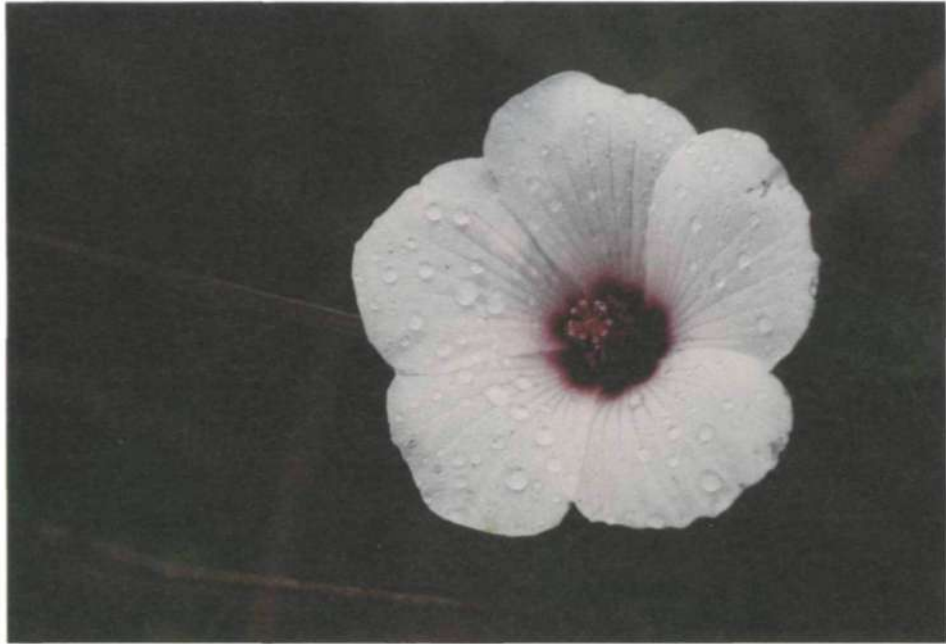
*Senna rugosa* (G. Don) H. S. Irwin & Barneby



*Cochlospermum regium* (Schrank) Pilg.



*Palicourea rigida* Kunth



*Pavonia speciosa* Kunth



*Centrosema bracteosum* Benth.



*Mandevilla velutina* K. Schum.



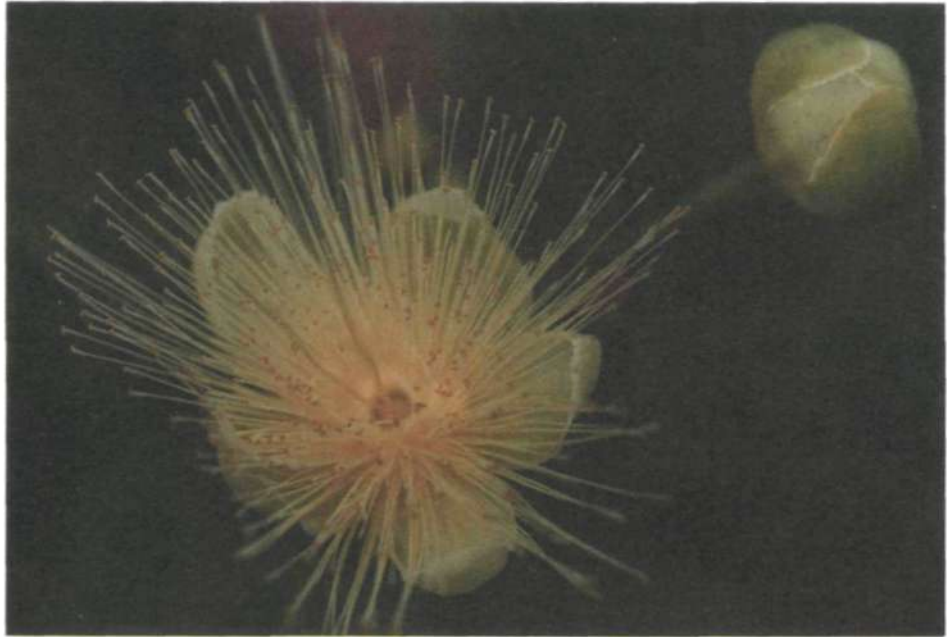
*Hyptis crinita* Benth.



*Bauhinia rufa* (Bong.) Steud.



Brotação.



*Caryocar brasiliense* Cambess.



*Trimezia juncifolia* Klatt



SOBRE O LIVRO

*Formato:* 20 x 25 cm

*Mancha:* 36,7 x 49 paicas

*Tipologia:* Frugal Sans 9/13,5

*Papel:* Film Coating 90 g/m<sup>2</sup> (miolo)

Cartão Supremo 250 g/m<sup>2</sup> (capa)

*1ª edição:* 2002

EQUIPE DE REALIZAÇÃO

*Coordenação Geral*

Sidnei Simonelli

*Produção Gráfica*

Anderson Nobara

*Edição de Texto*

Nelson Luís Barbosa (Assistente Editorial)

Tereza Maria Lourenço Pereira (Preparação de Original)

Ana Luiza Couto e Luiz Carlos Chamadoira (Revisão)

*Editoração Eletrônica*

Lourdes Guacira da Silva Simonelli (Supervisão)

José Vicente Pimenta (Diagramação)

FOTOLITO E IMPRESSÃO

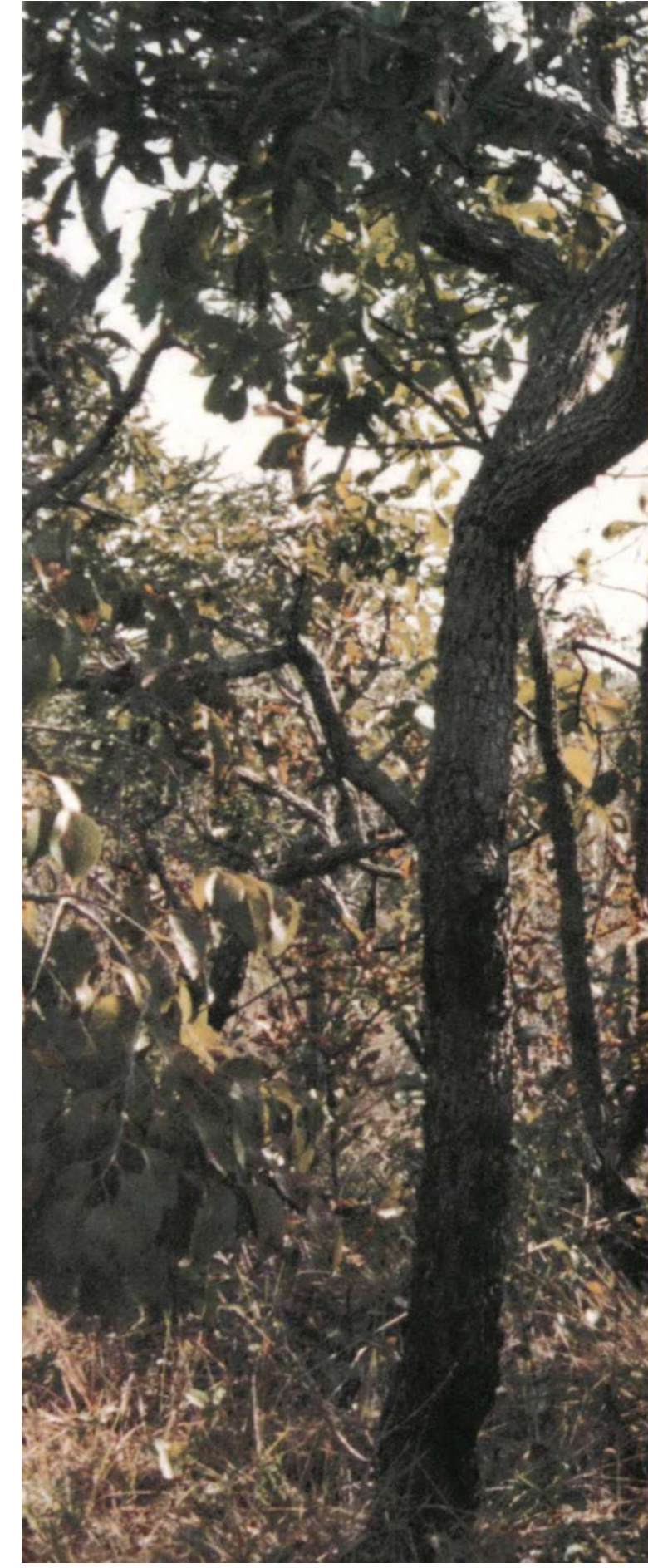


Imprensa Oficial  
Rua da Mooca, 1921 - São Paulo - SP  
Tel. (11) 6099-9457 / 6099-0529  
CNPJ 48 066 047/0001-84  
<http://www.imprensaoficial.com.br>

estão sendo divulgados os textos preparados por renomados pesquisadores e professores do Estado de São Paulo, que, relatando suas experiências em diferentes linhas de pesquisa, oferecem uma contribuição efetiva para todos que, como eu, têm interesse em compreender o cerrado em seus múltiplos aspectos.

Este livro, pela originalidade de suas ilustrações e por seu conteúdo, deverá figurar nas prateleiras de professores e alunos como uma obra de referência para o conhecimento do bioma do cerrado.

*Lilian B. P. Zaidan*



Neste livro é apresentado, pela primeira vez no Brasil, o material iconográfico levantado por Eugen Warming, famoso botânico dinamarquês, durante sua estada no Brasil, entre os anos de 1863 e 1866. Dele constam fotografias tiradas em Lagoa Santa, desenhos de paisagens e de plantas do cerrado, desenhos de orquídeas e exsicatas de plantas. Além disso, algumas páginas de seu diário inédito encontram-se também aqui publicadas. Uma compilação dos textos de cinco palestras sobre o cerrado, proferidas por eminentes pesquisadores, também compõe o presente volume.

Esta publicação pretende não apenas homenagear a figura de Eugen Warming, que, além de ter sido o primeiro a estudar cientificamente o cerrado brasileiro, é mundialmente considerado o fundador da Ecologia Vegetal, mas também resgatar, para as novas gerações, a memória desse notável botânico e a importância de seu trabalho realizado no Brasil.

ISBN 85-7139-354-0



9 788571 393547