

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

BOLETIM N.º 349  
BOTÂNICA N.º 27  
SÃO PAULO  
BRASIL  
1969

Walter Handro

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA UNIDADE DE  
DISPERSÃO E DA PLÂNTULA DE ANDIRA HUMILIS  
MART. EX BENTH. (LEGUMINOSAE — LOTOIDEAE).

Tese de doutoramento defendida em 1968. Resumo publicado nos Anais da  
Academia Brasileira de Ciências, volume 41 (2): 286-R, 1969.

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Reitor: — Prof. Dr. Miguel Reale

Vice-Reitor: — Prof. Dr. Orlando Marques de Paiva

**FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS**

Diretor: — Prof. Dr. Eurípedes Simões de Paula

Vice-Diretor: — Prof. Dr. Candido Lima da Silva Dias

Secretário-substituto: — Lic. Eduardo Marques da Silva Ayrosa

**DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA**

**Comissão Editorial**

Editor responsável: Prof. Dr. Mário Guimarães Ferri

Membros: Prof. Dr. Aylthon Brandão Joly

Dr. Kurt Günther Hell

Dr. Leopoldo Magno Coutinho

Tôda correspondência deverá ser dirigida à Faculdade de Filosofia,  
Ciências e Letras da Universidade de São Paulo  
Caixa Postal 8 105 — São Paulo, Brasil



Impresso na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras

## DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA

### Corpo Docente

Professor Catedrático: Dr. Mário Guimarães Ferri (aposentado)

Professor Associado: Dr. Aylthon Brandão Joly (Diretor)

Professôres Assistentes: Dr. Antônio Lamberti

Dra. Berta Lange de Morretes

Dr. Eurico Cabral de Oliveira Filho

Dr. Kurt Günther Hell

Dr. Leopoldo Magno Coutinho

Dra. Maria Amélia Braga de Andrade

Dra. Marico Meguro

Dr. Walter Handro

Instrutores: Licenciados José Fernando Bandeira de Mello Campos

José Maria Margarido

Nanuza Luiza de Menezes

Sergio Teixeira da Silva

Silvia Maria S. Pita

Valdovino Damásio dos Santos

Walkyria Rossi Monteiro-Scanavacca

Yumiko Ugadim

## DISCIPLINA DE BIOQUÍMICA E BIOFÍSICA

Professor Colaborador: Dr. Francisco Jerônimo Sales Lara

Instrutores: Licenciados Hugo Aguirre Armelin

Rogério Meneghini





2.2.1 — Comportamento de frutos intactos semeados em canteiros .....	50
2.2.2 — Alguns efeitos dos envoltórios (endocarpo e tegumento da semente) .....	51
2.2.3 — Alguns efeitos da temperatura na germinação de embriões isolados .....	52
2.2.3.1 — Curvas de porcentagem acumulada de germinação em função do tempo .....	52
2.2.3.2 — Significância das diferenças dos tempos médios de germinação .....	53
2.2.3.3 — Germinação de amostras diversas quanto à procedência e tempo de estocagem, a diferentes temperaturas .....	55
2.2.4 — Efeitos fotoblásticos sobre a germinação de embriões isolados .....	56
2.2.5 — Avaliação do período de viabilidade .....	57
3 — Comentários .....	57
V — <i>A PLÂNTULA — ESTUDO COMPARADO DA PLANTA JOVEM COM A PLANTA ADULTA</i> .....	61
1 — Morfologia .....	62
1.1 — Metodologia .....	62
1.2 — Resultados .....	62
1.2.1 — Alguns aspectos do desenvolvimento da plântula .....	62
1.2.2 — Algumas características estruturais da plântula .....	64
1.2.3 — Características morfológicas das plantas jovens .....	65
1.2.4 — Anatomia foliar da planta adulta .....	66
1.2.5 — Densidade de estômatos nas folhas .....	67
1.3 — Comentários .....	68
2 — Balanço hídrico da planta jovem e da planta adulta .....	71
2.1 — Metodologia .....	71
2.1.1 — Material utilizado e época das observações .....	71
2.1.2 — Dados meteorológicos .....	72
2.1.3 — Dados sobre o solo .....	72
2.1.4 — Dados fisiológicos .....	73
2.2 — Resultados .....	75
2.2.1 — Estação chuvosa .....	75
2.2.1.1 — Dados meteorológicos .....	75
2.2.1.2 — Dados de solo .....	75
2.2.1.3 — Dados fisiológicos .....	75
2.2.2 — Estação seca .....	77
2.2.2.1 — Dados meteorológicos .....	77
2.2.2.2 — Dados de solo .....	77
2.2.2.3 — Dados fisiológicos .....	77
2.2.3 — Comparação entre o comportamento das plantas na estação seca e na estação chuvosa .....	78
2.3 — Comentários .....	80
VI — <i>A SITUAÇÃO ECOLÓGICA DE ANDIRA HUMILIS: SÚMULA</i> .....	84
VII — <i>AGRADECIMENTOS</i> .....	88
VIII — <i>RESUMO</i> .....	89
IX — <i>SUMMARY</i> .....	90
X — <i>REFERÊNCIAS</i> .....	92
<i>FIGURAS</i> .....	101

## 1 — INTRODUÇÃO

### 1 — *O Cerrado como fonte de problemas*

O Cerrado tem sido um imenso campo de coleta taxonômica, como sempre foram quase tôdas as regiões naturais do Brasil. Este tipo de trabalho se justificava enquanto a Botânica no Brasil era uma atividade nômade, quase que exclusivamente exercida por biólogos estrangeiros. Com essa preocupação percorreram grandes trechos do território brasileiro, Martius, Saint-Hilaire, Gardner, Glaziou, Malmé, Pilger, apenas para citar alguns dentre os mais conhecidos (cf. URBAN, 1906; HOEHNE, KUHLMANN e HANDRO, 1941; FERRI, 1956).

Evidentemente, o trabalho itinerante não permite senão certo tipo de observações. Sòmente quando Lund se fixou em Lagoa Santa, criando um núcleo de trabalho estável em plena região dos Cerrados, é que foi possível a vinda de Warming, botânico então recém-graduado. A permanência de Warming durante três anos (1863-1866) na região de Lagoa Santa, permitiu a realização de observações impossíveis a seus antecessores, que estavam organizados apenas para o trabalho itinerante. O esforço de Warming, não possuindo, porém, uma organização que permitisse ter continuadores, permaneceu durante muito tempo como um trabalho isolado. A própria dificuldade de identificação das plantas colhidas por Warming (v. prefácio de "Lagoa Santa"), retardou a publicação do trabalho por quase 30 anos (1892), surgindo posteriormenete a tradução brasileira (WARMING, 1908). Este foi o trabalho pioneiro da ecologia dos Cerrados. Afora uma pequena contribuição de LOEFGREN (1890), o estudo dos Cerrados voltou à situação primitiva de mera coleta de documentos de herbário.

A partir de 1943 os estudos ecológicos dos Cerrados foram retomados por Rawitscher, desta vez com a preocupação específica de ligá-los à tradição de pesquisa numa Universidade. Esses estudos fo-

ram, de fato, continuados pela escola desse professor (cf. FERRI, 1963). Mais recentemente, outros grupos de botânicos, principalmente no Rio de Janeiro e em São Paulo, passaram a estudar problemas dos Cerrados.

Como o Cerrado é a vegetação que forma o fundo cartográfico do Brasil Central, tornou-se uma necessidade conhecê-lo melhor, como condição para o aproveitamento de novas áreas para a agricultura, para a pecuária, e eventualmente, para a silvicultura (GOTTLIEB, MEDITSCH e MAGALHÃES, 1966).

Assim, sucessivas reuniões técnico-científicas têm sido realizadas, tendo como tema central os Cerrados: em 1956, a Reunião sobre o Cerrado, anexa ao XVIII Congresso Internacional de Geografia (v. COMPTES RENDUS DU XVIIIe. CONGRÉS INTERNATIONAL DE GEOGRAPHIE, Tome Ier, 1959); em 1961, a I Reunião Brasileira sobre o Cerrado (v. I REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE O CERRADO, 1963); em 1962, o I Simpósio sobre o Cerrado (SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1963); em 1965, o II Simpósio sobre o Cerrado (LABOURIAU, ed., 1966); em 1967, a II Reunião Brasileira sobre o Cerrado (não publicada). Além disso foi feito um trabalho de planejamento de estudos básicos e tecnológicos sobre essa formação botânica (LABOURIAU e VANZOLINI, 1964).

Essas sucessivas discussões de problemas deixaram patente o fato de que, além do interesse ecológico e florístico intrínseco da formação Cerrado, havia necessidade de estudos visando o seu aproveitamento integral. Ficou claro que isso só seria possível por meio de estudos básicos, abrangendo diversos aspectos.

Dentre os problemas botânicos destacam-se aqueles ligados à fisiologia ecológica e à fisiologia do desenvolvimento. Nesses campos de pesquisa existem questões básicas cuja solução eventualmente poderá fornecer elementos para o aproveitamento dos Cerrados. Nesse conjunto de problemas, um dos mais interessantes é o da germinação de sementes de plantas dos Cerrados. É fato bem estabelecido que sementes de numerosas espécies dos Cerrados germinam em condições naturais (LABOURIAU, VÁLIO, SALGADO-LABOURIAU e HANDRO, 1963; LABOURIAU, VÁLIO e HERINGER, 1964; VÁLIO e MORAES, 1966). Entretanto, os estudos sobre a fisiologia da

germinação dessas sementes ainda são muito escassos. Afora os trabalhos de MELHEM (1968r) e de SALGADO-LABOURIAU (1968a), em andamento, existem somente algumas observações esparsas, principalmente de cunho morfológico (RIZZINI, 1965; RIZZINI e HERINGER, 1961, 1962, 1966). No entanto êsses estudos são essenciais para que se possa pensar no aproveitamento de algumas espécies nativas dos Cerrados, pois êles dizem respeito à primeira fase da vida de tais plantas.

Para a resolução de tais problemas de germinação de sementes são necessárias, basicamente, três classes de informação (LABOURIAU, 1966): quais os mecanismos de controle que estão operando; qual o período de viabilidade das sementes, e quais os mecanismos de dispersão. Evidentemente, o conhecimento das características morfológicas e estruturais da unidade de dispersão (1) torna-se necessário como parte da elucidação dos mecanismos citados.

Surge em seguida o problema da sobrevivência em condições naturais, das plantinhas oriundas de sementes germinadas, especialmente no que se refere ao seu balanço hídrico. Essas plantinhas, após a germinação (que presumivelmente, na maioria dos casos, ocorre numa estação chuvosa), devem atravessar um período de seca, muitas vezes seguido de queimada. A sua sobrevivência deve depender de certos caracteres adaptativos relativos à resistência à seca, mecanismos especiais de absorção de orvalho, ou de crescimento rápido do sistema subterrâneo, ou de acúmulo precoce e mobilização subsequente de reserva de água, etc. "É evidente que o estudo do balanço hídrico de plantas jovens nos Cerrados poderia esclarecer muitos desses problemas. Este estudo ainda não foi feito" (LABOURIAU, 1966, pg. 18).

Deve-se lembrar ainda a importância de estudos básicos sobre a nossa flora nativa, por duas razões principais: a) muitos conceitos fundamentais de fisiologia e de ecologia são limitados por serem calçados exclusivamente no comportamento de plantas da Zona Temperada Boreal; b) a carência de informações sobre plantas nativas úteis que permitam sua cultura, tende a esgotar essas espécies, em virtude

---

(1) — *Unidade de dispersão* é uma expressão que designa o conjunto de semente e outras estruturas, que é dispersado como um todo.

de uma economia coletora que explora os produtos úteis, sem conservação e sem renovação (LABOURIAU, 1967).

Todos êsses aspectos sugeriram a elaboração de um plano de estudos de problemas ligados à germinação e ao estabelecimento de uma espécie típica do Cerrado no seu ambiente natural, bem como os aspectos subsidiários mais relevantes, só exploráveis no laboratório.

## 2 — *Algumas informações sôbre ANDIRA HUMILIS*

A escolha da espécie a ser estudada recaiu sôbre *Andira humilis* Mart. ex Benth. E' uma espécie da família *Leguminosae*, subfamília *Lotoideae* (Papilionáceas), tribo *Dalbergieae*, originalmente descrita por BENTHAM (1837), de material coletado em Minas Gerais por Martius. Do ponto de vista da taxonomia descritiva, a espécie fica caracterizada pelo diagnose latina original, e por uma existente na "Flora Brasiliensis" de Martius (BENTHAM, 1859-1862, pg. 298), e documentada por material de herbário existente no *Botanische Staatsammlung*, em Munique (tipo).

O gênero *Andira* Lam. é característico da América Tropical, com cêrca de 25 a 30 espécies, sendo que uma delas, *Andira inermis* H. B. K. ocorre também na África (MELCHIOR, 1964). Segundo o INDEX KEWENSIS (1895-1960), ocorre ainda na África a *Andira gabonica* Baill. HUTCHINSON (1964) cita para o gênero *Andira* Lam. dois sinônimos: *Lumbricidia* Vell. e *Poltolobium* Presl. O INDEX KEWENSIS (1895-1960) cita ainda, como sinônimo, o gênero *Vouacapoua* Aubl., que é o gênero que aparece como válido em TAUBERT (1894), e em muitos trabalhos antigos, que citam *Andira humilis* como *Vouacapoua humilis*. O gênero *Vouacapoua* Aubl. ainda é válido, com apenas 4 espécies, mas pertence à subfamília *Caesalpinioideae* (família *Caesalpinaceae*, cf. HUTCHINSON, 1964).

Em vários trabalhos publicados sôbre os Cerrados ocorre uma confusão ou dúvida sôbre a determinação de *Andira humilis*, que aparece algumas vêzes como *Andira laurifolia* Benth. (WARMING, 1908; RAWITSCHER, FERRI e RACHID, 1943; FERRI, 1944). RIZZINI e HERINGER (1966) consideram que as duas entidades

“diferem por caracteres menores”, embora RIZZINI (1965), ao fazer ensaios sobre germinação, utilize sementes das duas espécies como sendo de uma só (!).

Taxonomistas que examinaram os “espécimes-tipo” do *Andira humilis* e *Andira laurifolia*, não encontraram diferenças que justificassem a existência das duas espécies (HANDRO, 1968; MATTOS, 1968). MATTOS (1968) já coloca *Andira laurifolia* como sinônimo de *Andira humilis*, prevalecendo o último binômio.

*Andira humilis* é conhecida vulgarmente como “angelim do campo”, “angelim rasteiro” e “mata-barata”.

A distribuição geográfica de *Andira humilis* mostra que a espécie ocorre em ambientes ecológicos bastante semelhantes: geralmente Cerrados abertos, ou campos com elementos de Cerrado. Com base em material existente nos herbários do Instituto de Botânica de São Paulo (SP), do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RB), do Museu Nacional (R), do Museu Goeldi (MG) e do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária do Norte (IAN), além dos dados obtidos na literatura, podem-se citar algumas ocorrências de *Andira humilis*: Cerrados e campos do Planalto Central: Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal (RB 111990, RB 131413, RB 71797, RB 106016, etc.); savana na Serra do Cachimbo, Pará (IAN 91699); taboleiro do També, entre Paraíba e Pernambuco (R 76116); taboleiro na Paraíba (FERRI, 1955); Cerrado em Grajaú, Maranhão (RB 11506, MG HG 2323); Cerrado em Santana da Chapada, Mato Grosso (R 21553), e citado também por MALME (1924). Ocorre em quase todos os Cerrados do Estado de São Paulo: Itirapina (SP 99816); Itapetininga (SP 65005); Pirassununga (SP 49322); Mogi-Guaçu (SP 38973); São José do Rio Preto (SP 76523), etc. O limite de distribuição Sul, no Brasil, parece ser o Cerrado em Campo do Mourão, Paraná (FERRI, 1960), e a localidade de Jaguariaíva, também no Paraná, e na mesma latitude. Fora do Brasil ocorre em “campos altos”, na região do Alto Paraguai, distrito de San Pedro, no Paraguai (SP 93042). Esta região, como a de Campo do Mourão e Jaguariaíva, situa-se aproximadamente a 24° de latitude Sul, que deve ser o limite meridional de distribuição da espécie. BURKART (1952) cita *Andira humilis* como uma espécie típica do Brasil meridional, que atinge

o Paraguai. O limite Norte de distribuição deve situar-se próximo ao Equador. Deve-se salientar que neste levantamento foram considerados alguns exemplares determinados como *Andira laurifolia*, mas sempre referindo-se a arbustos geralmente com 50cm de altura, ou a planta rasteira. Não foram encontradas referências sobre ocorrência de *Andira humilis* na Floresta Atlântica, nem nas Florestas-galeria do Brasil Central, nem na Hiléia e nem na Caatinga.

Muitas espécies do gênero *Andira* são árvores grandes, aproveitadas pela sua madeira, e outras são consideradas medicinais, principalmente vermífugas (PIO CORRÊA, 1926; MORS e RIZZINI, 1966).

### 3 — *A posição ecológica de ANDIRA HUMILIS*

Um dos aspectos mais característicos da espécie é aquele que se refere ao seu sistema subterrâneo. Constituído por uma parte radicular bastante profunda, e por um conjunto de ramos que crescem plagiotropicamente pouco abaixo da superfície do solo, contrasta com a parte aérea da planta, geralmente de pequeno porte. O grande desenvolvimento desse sistema subterrâneo confere à planta o aspecto de "árvore subterrânea", conforme descrições de Lund (1835, in RAWITSCHER, FERRI e RACHID, 1943), WARMING (1908) e RAWITSCHER, FERRI e RACHID, (1943). Segundo estes últimos autores, o sistema subterrâneo pode alcançar até 18m de profundidade, atingindo o lençol freático. Entretanto, a parte aérea raramente ultrapassa 50cm de altura sobre o solo. As ramificações subterrâneas, de origem caulinar (RIZZINI e HERINGER, 1962), podem emitir ramos aéreos, o que alarga muito a área ocupada por uma única planta. Os problemas que possivelmente estão envolvidos nesse hábito foram focalizados por RIZZINI e HERINGER (1966).

Um outro aspecto, também interessante, é o que se refere à reprodução da espécie por meio de sementes. Uma série de fatos demonstra a peculiaridade fisiológica e ecológica do problema:

a) a espécie em questão, embora seja uma Leguminosa, apresenta fruto drupáceo, indeiscente;

b) ainda não foi observada a ocorrência de germinação de sementes de *Andira humilis* em condições naturais (cf. VÁLIO e MORAES, 1966);

c) observações preliminares do fruto mostraram que o endocarpo, resistente e fibroso, fica totalmente impregnado de óleo proveniente do mesocarpo, quando êste se decompõe;

d) dificilmente se encontram na época da frutificação, frutos que não estejam atacados por insetos;

e) observações preliminares indicaram que a temperatura ótima de germinação deveria situar-se entre 30° e 36°C (Handro, 1965, in LABOURIAU, 1966);

f) os cotilédones são persistentes, observando-se ainda em plantas com mais de dois anos de idade, provenientes de sementes germinadas e plantadas em condições que não as de Cerrado (LABOURIAU, 1966; RIZZINI e HERINGER, 1966);

g) a maturação dos frutos e sua dispersão subsequente, dá-se geralmente no fim da estação chuvosa.

Êstes fatos indicam a necessidade de se determinarem os principais fatores limitantes da reprodução sexuada dessa espécie, tais como: barreiras de difusão de água e gases através da superfície externa da unidade de dispersão; barreiras mecânicas à emergência da radícula; possível existência de limites mínimos de temperatura para a germinação, dentro da faixa de temperatura que ocorre no Cerrado; resistência à desidratação na estação seca; duração do período de viabilidade, resistência ao fogo, em casos freqüentes de Cerrados queimados periódicamente; número de sementes que escapam à destruição por fitófagos; sobrevivência das plantas jovens, no caso de germinarem no fim da estação chuvosa, etc.

E" evidente que o Cerrado não é apenas um aglomerado de espécies sobreviventes, cada uma por razões totalmente independentes. Admitindo-se que os Cerrados tenham características ecológicas próprias, deve existir um conjunto de circunstâncias suficientemente gerais, capaz de produzir a seleção de alguns caracteres adaptativos comuns a várias espécies, independentemente das afinidades taxonômicas. A simples existência de 35 pares de espécies vicariantes entre

Cerrados e Matas, em famílias bem distintas (WARMING, 1908; RIZZINI, 1963), demonstra a existência de uma certa especificidade ecológica dos Cerrados. Assim sendo, as informações obtidas sobre *Andira humilis* neste trabalho, poderão talvez servir para levantar pistas para a investigação da ecologia e da fisiologia de outras espécies dos Cerrados.

Além dos dados acima citados, deve ser mencionada a existência de algumas observações sobre germinação e crescimento de plântulas (RIZZINI, 1965; RIZZINI e HERINGER, 1966); sobre anatomia foliar (FERRI, 1944); acerca do balanço hídrico e comportamento estomático das plantas adultas (RAWITSCHER, FERRI e RACHID, 1943; FERRI, 1944, 1955; FERRI e COUTINHO, 1958; COUTINHO e FERRI, 1960), e sobre a palinologia (MELHEM, 1968b).

*O presente estudo de ANDIRA HUMILIS, baseado nas informações e nos problemas indicados, e orientado no sentido de abranger aspectos diversos, visa atingir dois objetivos principais:*

- a) *contribuir para a melhor compreensão da ecologia da espécie em questão;*
- b) *encontrar aspectos cuja investigação possa revelar interesse intrínseco para estudos de morfologia, fisiologia, fitoquímica e evolução.*

No contexto da ecologia dos Cerrados, êsse estudo se apresenta como um conjunto de informações autoecológicas, cuja perspectiva e significação só poderão aparecer completamente quando se acumularem mais dados dêsse tipo, sobre espécies ecológicamente significativas.

## II — A UNIDADE DE DISPERSÃO

### 1 — Observações gerais

A unidade de dispersão de *Andira humilis* é o fruto, do tipo drupa. A floração se dá geralmente entre setembro e outubro, sendo que os frutos completam o seu desenvolvimento entre janeiro e março. O número de frutos por ramo é bastante variável, pois ocorrem inflorescências (panículas) com número de flôres que varia de 50 até

mais de 150. Entretanto, dificilmente se encontram ramos com mais de 15 ou 20 frutos maduros.

Geralmente os ramos florais não apresentam fôlhas: durante a frutificação aparece pouco acima do solo apenas um cacho de frutos (figura 1). Pode ocorrer até o caso de um ramo floral dar origem a um único fruto adulto, neste caso, de tamanho excepcionalmente grande (figura 2, A). Os ramos florais, bem como os demais ramos aéreos, geralmente se originam por brotação de ramos subterrâneos, denominados sóboles (figura 2, B). Não fica excluída, entretanto, a ocorrência de brotação ou produção de inflorescências nos ramos aéreos.

A grande maioria dos frutos jovens, muitas vezes até os ovários das flôres, são atacados por insetos. Dificilmente os frutos adultos chegam à abscisão sem que sejam também atacados. Os insetos que atacam os frutos de *Andira humilis* geralmente são dois coleópteros: *Cleogonus conicollis* Rosenc. (*Curculionidae*, *Cryptorhynchinae*, *Ithioporini*), e outro indeterminado, pertencente à família *Nitidulidae* (1). Segundo WARNER (1967), outras espécies de gênero *Cleogonus* já foram observadas sobre frutos de *Andira jamaicensis* Urb. e *Andira inermis* H. B. K., na América Central. Deve-se lembrar que os frutos maduros de *Andira humilis* são amarelos e têm odor característico.

Outro fato interessante que deve ser mencionado, é que a floração (e conseqüente frutificação) não ocorre regularmente: populações que florescem abundantemente num ano, podem não fazê-lo no ano seguinte. Além disso, na mesma população, nem todos os indivíduos florescem. Plantas cultivadas no Instituto de Botânica de São Paulo, com 6 anos de idade, e já com aspecto de adultas, não chegaram a florescer. Há evidentemente aqui, problemas fisio-ecológicos que merecem ser estudados mais detalhadamente.

---

(1) — Exemplares dos insetos citados foram coletados em frutos de *Andira humilis*, em Paraopeba (MG) e Itirapina (SP), e, através do Depto. de Zoologia da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, encaminhados a especialistas. Contudo só se obteve a informação da especialista R. E. Warner, do United States National Museum, Washington.

Quanto ao mecanismo de dispersão dos frutos, só foi possível registrar uma observação do coletor Amaro Macedo, em rótulo de herbário (SP 51795): “Os frutos são carregados por morcegos”.

## 2 — *Características morfológicas*

### 2.1 — *Metodologia*

Para os estudos anatômicos utilizou-se sempre material fresco ou fixado em FAA 50 (JOHANSEN, 1940). Os cortes foram feitos ora à mão livre, ora ao micrótomo, e neste último caso, com inclusão do material em parafina, segundo as técnicas usuais (SASS, 1951). Peças muito grandes, como embriões e frutos, foram cortadas em seções de 3mm de espessura, sendo que a desidratação feita deixando-se as peças 24 horas em cada líquido desidratante, assim como nas misturas de etanol-xilol. Para êsses cortes feitos ao micrótomo foram usados como corantes as combinações “safranina-verde rápido” e “safranina-violeta cristal-alaranjado” (JOHANSEN, 1940). Para cortes à mão livre foram utilizados como corantes específicos: floroglucinol em meio ácido, para lignina; cloreto de zinco iodado, para celulose e lignina (STRASBURGER, 1924); carmim de Grenacher-verde iodo acético, para celulose e lignina (DOP e GAUTIE, 1909), e Sudan IV, para lipídeos (FOSTER, 1949). O amido foi identificado através da reação com lugol, e da ocorrência da cruz de malta característica, quando em observação com luz polarizada (JOHANSEN, 1940).

Todos os desenhos foram feitos com auxílio de câmara clara, inclusive os diagramas. Os desenhos referentes à morfologia externa foram feitos com auxílio de câmara clara universal. Sempre foi projetada uma escala nas mesmas condições ópticas da preparação examinada. Nas fotomicrografias tomou-se a precaução de fotografar também uma escala micrométrica, e ampliá-la nas mesmas condições.

### 2.2 — *Resultados*

#### 2.2.1 — *Estrutura geral da unidade de dispersão*

O corte longitudinal de um fruto adulto mostra a estrutura representada na figura 3: perifêricamente, o exocarpo; mais internamen-

te, um mesocarpo carnoso de cêrca de 5mm de espessura. Envolverdo o embrião ocorre uma camada fibrosa, bastante resistente, com espessura variando entre 1-2mm, e que corresponde ao endocarpo mais o tegumento da semente. O embrião é perfeitamente justaposto pelos cotilédones à camada fibrosa. Na extremidade do embrião que é oposta ao pedúnculo do fruto situa-se o eixo embrionário. Na região próxima ao eixo embrionário, a camada fibrosa é pouco espêssa.

Essa é a situação encontrada na maioria dos frutos. Entretanto, podem ocorrer variações quanto à forma e quanto ao número de sementes. Às vêzes, tanto o fruto como o embrião são aproximadamente esféricos, ficando o eixo embrionário deslocado em relação à posição anteriormente descrita. Ocorrem freqüentemente frutos com duas sementes, e mais raramente com três e até quatro sementes (figuras 4 a 6). Quando ocorrem mais de duas sementes, os embriões de posição intermediária são aproximadamente discóides (figura 7). Em todos os casos o eixo embrionário se localiza numa posição oposta ao pedúnculo do fruto. Em cêrca de 1500 sementes examinadas, encontrou-se apenas um caso de poliembrionia (figuras 9 a 12). Tanto nos casos de frutos com várias sementes, como no de semente com dois embriões, êstes germinam normalmente (figuras 7, 8 e 12).

Deve-se salientar que, em virtude do seu concrecimento com o fruto, a semente não apresenta externamente as características morfológicas das sementes das Leguminosas Papilionáceas, sendo inclusive difícil isolá-la no fruto adulto.

### 2.2.2 — Anatomia dos envoltórios do embrião

A figura 13 apresenta um diagrama mostrando as diversas partes da unidade de dispersão, desde a periferia do fruto até o embrião. No fruto pròpriamente dito, distinguem-se três regiões: o *exocarpo*, que inclui a epiderme e os tecidos subjacentes, onde ocorrem "ilhas" de escleritos; o *mesocarpo*, carnoso, onde ocorrem feixes vasculares e fibras provenientes do endocarpo, e o *endocarpo*, constituído em parte por fibras, algumas das quais se ramificam e vão ao mesocarpo. Justaposto ao endocarpo, ocorre o *tegumento seminal*.

*Exocarpo* — E' mostrado em detalhe na figura 14, notando-se a cutícula espêssa e uma camada de células epidérmicas regularmente

dispostas. A epiderme em vista frontal (figura 17) apresenta células de secção poligonal, com paredes relativamente espessas. Ocorre regular número de estômatos, que em corte transversal apresentam a estrutura que se vê na figura 18. Estes estômatos ficam um pouco imersos na cutícula espessa. Abaixo da epiderme ocorre uma região com células de disposição irregular, cujo conteúdo se cora fortemente com safranina, ou com cloreto de zinco iodado (neste último caso em alaranjado). Logo abaixo encontram-se aglomerados de escleritos.

*Mesocarpo* — Imediatamente após os escleritos do exocarpo, inicia-se o mesocarpo. Ele é constituído fundamentalmente por células parenquimáticas, alongadas na direção radial do fruto, e contendo gotas lipídicas e pequenos grãos de amido (figura 15). Além dos feixes vasculares, notam-se fibras ramificadas provenientes do endocarpo (figura 16).

*Endocarpo* — No fruto adulto, o endocarpo apresenta três regiões distintas, e fica perfeitamente concrecido com o tegumento da semente. Na figura 19 são indicadas as regiões do endocarpo, e ainda o tegumento seminal. Quanto ao endocarpo, podemos discriminar: *a* — região de fibras pouco lignificadas, cujas ramificações se imiscuem no mesocarpo; *b* — região de fibras bastante lignificadas, cujos feixes se dispõem em várias direções, entrecruzando-se; *c* — tecido frouxo, com células relativamente grandes, atravessado por cordões de células bem menores e alongadas.

*Tegumento seminal* — Embora o tegumento da semente adulta (figuras 19 e 20, *d*) não se separe do endocarpo, é possível sua delimitação comparando-se sua estrutura com aquela que ocorre em sementes mais jovens (v. II, 2.2.4). Nota-se a presença de uma epiderme constituída por células de aspecto variado, em que predominam aquelas de secção quadrada ou retangular. Suas paredes são relativamente espessas, (figura 20, *d*<sub>1</sub>). Abaixo desta camada ocorre um tecido formado por células bastante irregulares, como que amassadas (figura 20, *d*<sub>3</sub>). Nessa região podem ocorrer vasos e cordões de células alongadas. Internamente, limitando-se com o embrião, ocorre uma camada de células mais ou menos regulares (figura 20, *d*<sub>3</sub>). Em alguns casos, entre esta última camada de células e o embrião, ocorrem grânulos ou restos de tecido desorganizado, provavelmente resquícios do endosperma.

### 2.2.3 — Anatomia do embrião

No embrião de *Andira humilis* não ocorre praticamente distinção entre os dois cotilédones, a não ser um pequeno sulco na região oposta ao eixo embrionário. Os cotilédones estão individualizados apenas no início do desenvolvimento embrionário (figuras 41 e 44). A região que contém o eixo embrionário apresenta inferiormente um pequeno sulco, além de uma cicatriz puntiforme, provavelmente correspondente à micrópila (figura 6).

*Os cotilédones* — São totalmente soldados na parte externa. Um corte transversal (figura 21) mostra uma estreita fenda mediana, que se estende desde a região da plúmula quase até a extremidade oposta do embrião. Esta fenda é vista em detalhe na figura 23. Note-se ainda, na figura 21, a distribuição dos feixes vasculares nos cotilédones.

Os cotilédones apresentam uma epiderme simples, com cutícula pouco desenvolvida (figuras 22 e 26). Entretanto, as paredes celulares são relativamente espessas. Abaixo da epiderme, e sem que haja qualquer modificação até atingir a fenda mediana, ocorre um parênquima com células totalmente preenchidas com grãos de amido (figuras 22, 26, e 28). Os cotilédones de *Andira humilis* não armazenam óleo, ao contrário do que afirmam RIZZINI e HERINGER (1966). Isto foi verificado através de testes com Sudan IV e de tentativas de extração com solventes, que revelam ausência deste suposto acúmulo de lipídeos.

Observou-se em plantas cultivadas de *Andira humilis* que os cotilédones podem permanecer presos à planta até dois anos (LABOURIAU, 1966; RIZZINI e HERINGER, 1966). Cultivando-se *Andira humilis* a partir de sementes, em São Paulo, obtiveram-se plantas de até seis anos, ainda com os cotilédones persistentes (figuras 30 e 31). A anatomia desses cotilédones em plantas de dois anos, mostra que já ocorreram algumas modificações na sua estrutura. Em primeiro lugar, o amido é totalmente consumido, sendo que as regiões periféricas e ao longo dos feixes vasculares aparecem cloroplastos (figuras 24, 25, 27 e 29). As células do parênquima de reserva ficam tôdas vazias do abundante conteúdo de amido que apresentavam antes (figuras 24, 25, 27 e 29). Outra modificação é o aparecimento de

felogênio, que posteriormente dá origem a súber, que recobre os cotilédones em vários pontos, às vezes totalmente (figura 27).

*O eixo embrionário* — O estudo do eixo embrionário é dificultado pelo fato de ser êle muito pequeno em relação ao embrião total, não podendo ser percebido externamente. Além disso, os cotilédones sendo soldados e duros, não permitem o seu isolamento. Isto implica na necessidade de se fazerem cortes na extremidade do embrião, orientando-se de várias maneiras os planos de cortes, até que se obtenham as posições que permitam esclarecer a estrutura do eixo embrionário. A figura 32 mostra o eixo embrionário cortado longitudinalmente. A plúmula apresenta um meristema apical característico, e os primórdios foliares. Em alguns trechos junto ao procâmbio, já aparecem elementos do xilema bem diferenciados. Um corte perpendicular ao plano do corte longitudinal mostra a ligação vascular entre o eixo embrionário e os cotilédones, bem como a fenda que os separa, acima da plúmula. Isto é bem visível num embrião germinado, cuja plúmula ainda não emergiu (figura 104). As figuras 33 a 35 mostram cortes transversais sucessivos do eixo embrionário, a partir da região mediana, até a plúmula. Na figura 33 ainda se observa o eixo parcialmente ligado aos cotilédones. Na figura 34 nota-se o primeiro par de primórdios, enquanto na figura 35 já se evidenciam perfeitamente quatro primórdios. Neste último caso nota-se a presença de um possível quinto primórdio.

#### 2.2.4 — *Observações sobre a formação e sobre o desenvolvimento da unidade de dispersão*

Os frutos drupáceos são poucos comuns entre as Leguminosas, e mesmo assim são pouco estudados. A necessidade de se identificarem neste trabalho as partes que constituem o envoltório do embrião (pelo menos saber-se o que é endocarpo, e o que é tegumento seminal) conduziu a estas observações.

O ovário de *Andira humilis* apresenta geralmente 4 a 6 óvulos campilótopos (figura 36). Durante o desenvolvimento um dos óvulos cresce mais, sendo que os demais abortam, mesmo que já tenham iniciado o seu desenvolvimento (figuras 37 e 42). Em certos casos, mais de um óvulo pode se desenvolver (figuras 38 e 43). Nos está-

gios representados nas figuras 37 e 38, o fruto e o tegumento da semente já apresentam um grau de diferenciação e tamanho razoável; entretanto, a cavidade da semente é preenchida apenas por um líquido (endosperma?). Apenas na parede interna do tegumento (figuras 46, 48 e 51) ocorre uma camada de endosperma de consistência gelatinosa, acelular. Ao redor do embrião em crescimento, o endosperma se apresenta celular (figuras 41 e 44). Quanto ao embrião, a partir do estágio representado nas figuras 41 e 44, ele cresce sempre envolvido por endosperma celular (figuras 39 e 45), até preencher totalmente a cavidade da semente (figura 40). O endosperma vai sendo consumido paulatinamente.

Durante este processo de desenvolvimento ocorrem várias modificações no tegumento da semente. A figura 46 mostra sua estrutura numa semente de um estágio pouco anterior ao representado nas figuras 37 e 42. A epiderme é bem regular, ao contrário do tecido interno; neste correm grupos de células com conteúdo granuloso, que se cora fortemente com safranina. Uma película de endosperma acelular, forra internamente a cavidade da semente. Na figura 48 está representado o tegumento de uma semente num estágio correspondente à figura 38. A epiderme apresenta uma cutícula delgada, e no tecido interno, que é bem mais desenvolvido, ocorrem aglomerados de células fortemente coráveis, com conteúdo granuloso, além de cordões de células alongadas, estreitas. Na epiderme do tegumento correm estômatos (figuras 47 e 50). Deve-se salientar que na maioria das Papilionáceas, nos primeiros estágios do desenvolvimento da semente, o tegumento já apresenta característica epiderme em paliçada (PITOT, 1935b; STERLING, 1954). Isto entretanto, não ocorre em *Andira humilis*. Observaram-se somente em alguns casos, durante certas fases do desenvolvimento, regiões do tegumento cujas células epidérmicas eram mais alongadas que aquelas que ocorrem normalmente. Isto entretanto não evolui para epiderme em paliçada. A figura 49 mostra o tegumento de uma semente quase adulta (estágio correspondente ao da figura 40); notam-se algumas diferenças entre os tecidos internos: ocorrem células de paredes espessas e de paredes delgadas. Há ainda células com inclusões granulosas, agora em maior número. Nesta fase os cotilédones ainda não apresentam amido. A partir deste estágio até a maturação completa, surge uma compressão dos tecidos

dos do tegumento da semente entre o endocarpo e o embrião, compressão que é maior nos polcos. Os tecidos internos do tegumento da semente ficam então com uma disposição alongada na direção paralela ao eixo longitudinal do fruto.

Quanto ao fruto, o que se verifica é que na fase de ovário recém-fertilizado (figura 36), praticamente não existe distinção entre os tecidos. Entretanto na periferia já aparecem duas a três fileiras de células que se coram fortemente, como no exocarpo adulto. Nos estágios representados nas figuras 37 a 40, as três partes do pericarpo já podem ser individualizadas. Deve-se notar, entretanto, que nestes estágios o endocarpo já é constituído por duas regiões bem distintas, o que pode ser verificado nas figuras 43 e 45. A região mais externa, escura, corresponde à futura região fibrosa; a região mais interna dará origem ao tecido de células grandes, que no fruto adulto fica bem reduzido em relação à parte fibrosa.

### 3 — *Caracteres quantitativos dos frutos e embriões*

#### 3.1 — *Metodologia*

##### 3.1.1 — *Pêso fresco de frutos e embriões*

Para a determinação do pêso fresco de frutos e embriões utilizaram-se amostras de duas populações bem distintas, pois os frutos foram colhidos em anos e localidades diferentes. Cada amostra era constituída de 250 frutos colhidos ao acaso na população, entre aqueles que se achavam em perfeito estado. Para os embriões foram utilizadas amostras diferentes daquelas utilizadas para a determinação dos pêsos dos frutos, embora da mesma população. Os frutos após a coleta, eram colocados em sacos plásticos, e pesados logo após a chegada ao laboratório.

Cada fruto ou embrião foi pesado individualmente em balança analítica, com aproximação de 0,1g. Com êstes pêsos foram obtidos os seguintes dados para cada amostra: média ( $\bar{x}$ ); erro padro da média ( $s_{\bar{x}}$ ); desvio padrão da amostra ( $s$ ) e coeficiente de variabilidade ( $V$ ). Foi feita ainda a classificação das freqüências dos pêsos, o que permitiu a apresentação dos dados através dos histogramas das freqüências relativas. Para a classificação das freqüências adotaram-se

12 classes, com intervalo de 1g para os embriões e de 2,5g para os frutos. Esta classificação foi a que melhor se ajustou aos dados, permitindo a comparação entre as duas amostras.

### 3.1.2 — Conteúdo de água dos embriões

— O conteúdo de água foi determinado a partir de alíquotas de 25 embriões retirados ao acaso de amostras das várias populações. De cada embrião determinava-se o peso fresco e o peso seco. O peso seco foi obtido após secagem dos embriões em estufa a 70°C, até obtenção de variações de peso inferiores a 0,05% do peso inicial. Para cada amostra determinou-se o peso fresco médio (PF<sub>m</sub>) e o peso seco médio (PS<sub>m</sub>). O conteúdo de água pode ser referido então como porcentagem do peso fresco ou do peso seco:

$$C.A. = \frac{PF_m - PS_m}{PF_m} \times 100 \text{ ou } C.A. = \frac{PF_m - PS_m}{PS_m} \times 100$$

Este tipo de cálculo dá apenas uma estimativa aproximada do conteúdo de água, mas suficiente tendo em vista a utilização do dado, ou seja, a comparação com dados obtidos da mesma maneira para outras espécies, citados na literatura.

## 3.2 — Resultados

### 3.2.1 — Peso fresco de frutos e embriões

Os resultados obtidos, representados na figura 52, mostram o seguinte:

- a) ampla faixa de variação: 30g para os frutos, e 12g para os embriões; conseqüentemente, aparecem altos valores de coeficiente de variabilidade (maiores do que 30%);
- b) pesos médios (tanto de frutos como de embriões) praticamente eqüivalentes nas duas populações estudadas;
- c) distribuição assimétrica das freqüências, com predominância das classes mais baixas;
- d) a população com frutos maiores apresenta embriões com pesos menores. Este contraste, embora não significativo, poderia ser

explicado pelo fato de que em frutos maiores é mais freqüente a ocorrência de duas ou mais sementes num fruto (e portanto, dois embriões). Estes embriões, naturalmente são de menor tamanho, e foram incluídos na amostragem sem discriminação.

Deve-se salientar que ocasionalmente se encontram frutos excepcionalmente grandes ou anormalmente pequenos, embora os pesos dos frutos muito grandes se distanciem muito mais da faixa dos pesos mais freqüentes, do que os pesos dos frutos muito pequenos. A figura 53 mostra êsses casos extremos, comparados com frutos de vários tamanhos encontrados normalmente nas várias amostras. Êsses casos extremos se referem a frutos maduros, contendo embriões perfeitos e viáveis.

### 3.2.2 — *Conteúdo de água dos embriões*

Os resultados se encontram na tabela 1. Verifica-se que os embriões de frutos recém-colhidos apresentam elevado conteúdo de água, que decresce rapidamente após a estocagem dos frutos em condições ambientes. Embora o conteúdo de água de embriões de frutos estocados durante um ano não seja estritamente comparável aos demais dados (localidades diferentes), verifica-se que êsses embriões após um ano de estocagem apresentam ainda um conteúdo de água elevado, embora seja aproximadamente a metade do conteúdo de água inicial verificado para outra amostra.

TABELA 1

*Conteúdo de água de embriões de ANDIRA HUMILIS*

AMOSTRA	% do PS <sub>m</sub>	% do PF <sub>m</sub>
Embriões recém-colhidos (Itapetininga)	112,7	52,9
Embriões estocados 15 dias (Itapetininga)	79,9	44,4
Embriões estocados 1 ano (Felixlândia)	68,4	40,6
Embriões + endocarpo, estocados 15 dias	56,0	35,9

Observação: os dados das três primeiras linhas se referem ao conteúdo de água dos embriões isolados. A estocagem refere-se à unidade de dispersão, que contém o embrião.

Como os dados da literatura se referem sempre ao conteúdo de água das sementes e não ao de embriões, e como não é possível deter-

minar-se o conteúdo de água das sementes de *Andira humilis* (em virtude de sua própria organização), fez-se uma determinação do conteúdo de água do embrião envolvido pelo endocarpo, que é o conjunto que persiste como unidade de dispersão.

#### 4 — Comentários

Os estudos sobre a anatomia de sementes de Leguminosas já não bastante antigos, mas têm sido concentrados preferencialmente em espécies de interesse econômico, e mesmo assim, naquelas da flora temperada boreal (MATTIROLO e BUSCALIONI, 1892; PAMMEL, 1899; NETOLITZKY, 1926; HAYWARD, 1938; MARTIN, 1946; CORNER, 1951). Além desses trabalhos de maior fôlego, de caráter quase que exclusivamente morfológico, existem algumas contribuições sobre anatomia, ligadas a problemas de germinação de algumas espécies (cf. BARTON, 1965a). Faltam na literatura botânica informações relativas à estrutura de sementes de Leguminosas tropicais, especialmente em relação àquelas de frutos drupáceos (concentradas na subfamília *Lotoideae*, tribo *Dalbergieae*) e de sementes gigantes (“overgrown seeds” de CORNER, 1951). *Andira humilis* apresenta interesse quanto ao estudo estrutural de sua semente e de sua unidade de dispersão, justamente por possuir todos os caracteres dessas sementes pouco estudadas de Leguminosas.

A maioria das Leguminosas apresenta um tegumento seminal estereotipado, com três regiões bem distintas e características (PITOT, 1935a): epiderme constituída por uma fileira de células alongadas, colunares (camada de Malpighi ou paliçada); uma região subepidérmica, formada por uma ou mais camadas de células de formato característico (osteoscleritos), e uma zona interna, de espessura e forma celular bastante variáveis (estrato profundo).

As *Lotoideae* (Leguminosas Papilionáceas) além desse padrão geral, apresentam feições características comuns que as distinguem das demais Leguminosas (*Mimosoideae* e *Caesalpinioideae*): a presença de uma contra-paliçada externamente à fenda hilar; a presença de uma “barra de traqueídes” abaixo dessa fenda, e a ocorrência de

dois feixes vasculares recorrentes no tecido sub-hilar. *Vicia graminea* Sm. (*Lotoideae*), uma das poucas espécies brasileiras estudadas (SALGADO-LABOURIAU, 1968b), apresenta todos êsses padrões estruturais muito marcados. Essas características, que constituem a norma estrutural das Papilionáceas, encontram-se ausentes em *Andira humilis*.

Segundo PITOT (1935b), no desenvolvimento do tegumento da semente das Leguminosas, as características estruturais (principalmente a camada de Malpighi) aparecem nos primeiros estágios. Em *Phaseolus lunatus* Linn. (Papilionácea) a epiderme do óvulo quatro dias após a fecundação já mostra as características da camada de Malpighi (STERLING, 1954). Em *Andira humilis* não ocorre essa diferenciação precoce nas células epidérmicas do óvulo. Excepcionalmente, em frutos em estágio já bem avançado do desenvolvimento, podem ocorrer regiões no tegumento da semente em que as células epidérmicas são mais alongadas. Entretanto, o próprio crescimento do fruto e da semente acaba por desorganizar qualquer indício de estrutura regular do tegumento. Há pois, aqui, uma diferenciação totalmente diversa na ontogênese dos tegumentos, desde o início.

De acôrdo com CORNER (1951), a semente das Leguminosas têm um tamanho específico, definido pela diferenciação da paliçada num certo estágio do desenvolvimento do fruto e da semente; como resultado, a vagem se ajusta à semente. Em alguns casos, a semente cresce e preenche a cavidade do legume, *sem diferenciação* das características da testa das sementes das Leguminosas. Essas sementes são, portanto, órgãos cujo tamanho é limitado pelo tamanho do fruto, e sua principal característica é a ausência de diferenciação da testa, que permanece embrionária. Corner designa tais sementes como "overgrown seeds", e pelo que expõe, depreende-se que a perda de diferenciação do tegumento da semente é um fenômeno que independe da compressão do mesmo contra o fruto. Isto foi verificado perfeitamente em *Andira humilis*, em que há, nos estágios finais do desenvolvimento do fruto e da semente, compressão da testa pelo embrião em desenvolvimento. Mas nos estágios anteriores, sem sofrer qualquer compressão, a testa não apresenta a diferenciação característica.

A esta peculiaridade do tegumento da semente, comum a outras espécies dotadas de "sementes gigantes", soma-se o fato, bastante curioso, de ocorrerem estômatos na epiderme seminal jovem, em *Andira humilis*. Este tipo de ocorrência é pouco freqüente (cf. NETOLITZKY, 1926), sendo que para Leguminosas só encontramos referência para o gênero *Inocarpus* Forst. (1) (CORNER, 1951). MAHESHWARI (1950) cita três casos de ocorrência de estômatos em óvulos.

O embrião de *Andira humilis*, segundo a classificação de MARTIN (1946), enquadra-se no tipo "investido", que é característico das *Caesalpinioideae* e de algumas *Lotoideae* com "overgrown seeds". Na maioria das *Lotoideae* (Papilionáceas), entretanto, o embrião é do tipo "curvo".

Caracteres de sementes das Leguminosas têm sido utilizados para tentativas de esclarecimento de relações filogenéticas, de sorte que as informações novas sobre o fruto e a semente de *Andira humilis*, aqui mobilizadas, ultrapassam o quadro restrito de dados puramente descritivos. Assim se verificarmos a distribuição das "overgrown seeds" nas Leguminosas, notaremos que elas ocorrem tanto nas *Mimosoideae* como nas *Caesalpinioideae*, e também nas *Lotoideae*, sendo que nesta última subfamília concentram-se nos seguintes gêneros (CORNER, 1951): *Aldina* Endl. (tribo *Swartzieae*); *Andira* Lam. (tribo *Dalbergieae*); *Arachis* Linn. (tribo *Hedysareae*); *Castanospermum* A. Cunn. (tribo *Sophoreae*), e *Inocarpus* Forst. (tribo *Dalbergieae*). Segundo Corner, ainda, é provável a ocorrência de "overgrown seeds" nos gêneros *Dalbergia* Linn. f., *Derris* Lour. e *Dipteryx* Schreb. (tribo *Dalbergieae*).

Corner considera a semente das *Rosaceae* como uma semente de Leguminosa sem diferenciação da testa, tal como se encontra no gênero *Bauhinia* Linn. (*Caesalpinioideae*). A diferença entre as sementes de Rosáceas e as de Leguminosas sem diferenciação da testa seria o grande tamanho das Leguminosas, o que entre as Rosáceas só se

---

(1) — Segundo TAUBERT (1894), este gênero é colocado na tribo *Dalbergieae* (a mesma que contém o gênero *Andira* Lam.), subtribo *Anomalae*. HUTCHINSON (1964) situa o gênero *Inocarpus* Forst. na tribo *Cadieae*, que para este autor é uma das mais primitivas.

encontra nas *Chrysobalanoideae*. HUTCHINSON (1964) observa que as *Caesalpinioideae* provavelmente derivam das *Rosaceae-Chrysobalanoideae* através do gênero *Bauhinia* (sem levar em consideração caracteres das sementes). E é justamente no gênero *Bauhinia* que ocorrem espécies que mostram a existência de uma transição gradual no padrão de elaboração da testa. Neste gênero, o trajeto do feixe vascular no tegumento da semente difere das demais Leguminosas (CORNER, 1951). No que se refere às Papilionáceas, verifica-se que quanto à elaboração da testa, a tribo *Swartzieae* é a mais primitiva (CORNER, 1951). Este autor inclusive sugere que se considere esse grupo isolado, entre as *Cesalpinioideae* e as *Lotoideae*, com base nos caracteres da semente, que são de transição entre as duas subfamílias. A primitividade das *Swartzieae* entre as *Lotoideae* é referida por HUTCHINSON (1964), sendo que em alguns autores gêneros desta tribo são incluídos entre as *Caesalpinioideae*.

No âmbito dessas relações a tribo *Dalbergieae*, embora apresente espécies com sementes sem diferenciação da testa, não é considerada uma tribo primitiva. *O que se verifica através da comparação da estrutura da semente de ANDIRA HUMILIS com a de outras Leguminosas e algumas Rosáceas, mostra que os caracteres "fruto drupáceo", "overgrown seed", "forma do embrião" e "relações de crescimento entre o embrião e o tegumento", são caracteres que se combinam de maneira diversa, o que recomenda cautela no seu uso como indícios de relações filogenéticas.*

Se se admitir a possibilidade de convergências evolutivas quanto a caracteres de sementes, é de se notar que o desaparecimento do hilo e da diferenciação típica da testa podem estar ligados a fatores seletivos referentes ao balanço hídrico das sementes, em frutos carnosos indeiscentes. Nesse contexto deve ser considerado como caráter de importância, o conteúdo de água da semente.

Alguns dados existentes na literatura mostram que o conteúdo de água das sementes das *Lotoideae* (Papilionáceas) cuja semente tem a estrutura tradicionalmente descrita, ou de frutos secos, é extremamente baixo quando comparado com *Andira humilis* (tabela 2).

TABELA 2

Conteúdo de água de diversas sementes de Papilionáceas

	% do peso fresco	% do peso seco
<i>Andira humilis</i> Mart. ex Benth.	52,9	112,7
<i>Phaseolus vulgaris</i> Linn. (1)	15,5	
<i>Phaseolus lunatus</i> Linn. (1)	15,7	
<i>Arachis hypogaea</i> Linn. (1) (2)	5,1 — 8,2	
<i>Vicia graminea</i> Sm. (3)		13,0
<i>Vicia villosa</i> Roth., <i>Vicia sativa</i> Linn. (4), <i>Trifolium repens</i> Linn., <i>Trifolium pratense</i> Linn. e <i>Lupinus arboreus</i> Linn. (5)		13,0 — 14,0

Obs.: (1) cf. STOCKING (1956); (2) cf. CRAFTS, CURRIER e STOCKING (1949); (3) cf. LABOURIAU (1967); (4) cf. JONES (1928); (5) cf. HYDE (1954).

Uma interpretação possível para esse contraste seria a existência de uma conexão entre o conteúdo de água e a organização do tegumento seminal, pelo menos entre as *Lotoideae*. Além da estrutura tradicionalmente considerada, com forte barreira à difusão de água, e a válvula higrométrica do hilo (HYDE, 1954), existiria um outro tipo morfo-fisiológico com barreira insignificante, cuja sobrevivência ao dessecamento estaria, então, condicionada a um alto conteúdo inicial de água. Esta observação é confirmada pelo fato de que os embriões (mesmo dentro dos frutos) de *Andira humilis* chegam a perder praticamente 50% do conteúdo de água inicial, quando estocados durante um ano, mesmo no clima da cidade de São Paulo, onde não prevalecem umidades relativas baixas.

Evidentemente, sem o controle hídrico, o que deve assegurar a longevidade da semente é o alto conteúdo de água.

Uma linha possível de verificação desta interpretação — o que talvez conduza à descoberta de novos tipos de organização de sementes de Leguminosas Papilionáceas quanto ao balanço hídrico — consiste em estudos comparativos de morfologia e de balanço hídrico de sementes desta família, principalmente nas espécies mais restritas a "habitats" tropicais de estação seca moderada: Florestas e Cerrados.

Tipos muito especializados e variados seriam de se esperar em climas sujeitos a períodos de seca erráticos e freqüentemente prolongados, como na Caatinga. Nêste sentido, o presente estudo de *Andira humilis* sugere a continuação dêste tipo de trabalho, para se obter a base de indução de uma interpretação geral dessa correspondência complexa entre forma e função.

Afora os problemas relacionados com a estrutura da unidade de dispersão, outros fatos merecem ser investigados. Assim, é necessário que se verifique com precisão, se realmente ocorrem em várias espécies de *Andira* (inclusive nesta) substâncias com propriedades inseticidas, insetífugas ou vermífugas. Tendo em vista a ocorrência de rotenona em espécies dos gêneros *Derris* Lour. e *Lonchocarpus* H. B. K. (tribo *Dalbergieae*) (KRUKOFF e SMITH, 1937), uma investigação da possível ocorrência de rotenona ou de substâncias similares em *Andira humilis* apresentaria interêsse não só para a taxonomia química dêsse grupo, mas também porque ocorrem insetos predadores de frutos e de sementes, que provàvelmente são específicos nesta e em outras espécies de *Andira*. Levantar-se-ia assim o problema da especificidade de ação de tais substâncias inseticidas ou insetífugas em relação aos insetos fitófagos, os únicos que oferecem possibilidades de serem característicos da fauna dos Cerrados, e não de formações abertas em geral (VANZOLINI, 1963).

E' de se notar ainda, que a floração errática em anos sucessivos, em populações naturais de *Andira humilis*, levanta o problema de se verificar se esta é uma particularidade fenológica da espécie, ou se é uma situação mais geral nos Cerrados.

*Eu suma:* os estudos sôbre a estrutura da unidade de dispersão de *Andira humilis* colocam à mostra problemas de anatomia comparada de sementes, que abrem uma perspectiva de uso no equacionamento de problemas de evolução das Leguminosas tropicais e de ecologia dos Cerrados, revelando um sistema que não se enquadra no protótipo tradicional das *Leguminosae-Lotoideae*. A compreensão dêsse sistema exige novas investigações em objetos afins, para uma interpretação espontânea, e talvez, para a descrição de um nôvo tipo de situação ecológica quanto à reprodução sexuada de uma espécie, resultante de uma interação entre o seu patrimônio hereditário e o ambiente em que sua vida é possível.

### III — ESTUDO DO ÓLEO DO FRUTO

#### 1 — Metodologia

##### 1.1 — Extração e estocagem

Pedaços de frutos (sem embriões), depois de pesados foram colocados num liquidificador com o solvente a ser usado, para trituração. A massa obtida foi posta num Soxhlet, fazendo-se a extração durante duas horas. Ensaíram-se como solventes: hexano, clorofórmio e éter etílico, verificando-se a maior conveniência de emprêgo do hexano, por produzir extratos menos contaminados com pigmentos e outras impurezas. Após a extração o hexano foi evaporado em corrente de ar sem aquecimento. O óleo obtido foi então colocado em ampolas, borbilhado com Nitrogênio durante dez minutos e guardado a 0°C nas ampolas fechadas. No caso de frutos velhos, a extração foi feita a partir de pedaços do endocarpo de frutos que ficaram expostos ao ar durante um ano.

##### 1.2 — Determinação de alguns índices do óleo (1)

Os índices de Iodo (método de Hanus), de saponificação e de refração foram determinados segundo as especificações da "American Oil Chemist's Society" (AOCS, 1960). A densidade foi determinada segundo as especificações da "Association of Official Agricultural Chemists" (AOAC, 1955). O índice de refração foi determinado num refratômetro de Abbe, marca Zeiss-Opton.

##### 1.3 — Determinação da composição quantitativa e qualitativa

A análise do óleo de *Andira humilis* foi feita em cromatógrafo de gás "CG" modelo 12-P, equipado com detector de condutividade térmica e registrador "Sargent SR". As condições de operação foram:

*Coluna:* 1/4" de diâmetro, 2m de comprimento (em alguns casos, 3m).

fase estacionária (F): DEGS (dietilenoglicolsuccinato).

suporte (S): Chromosorb W

---

(1) — As determinações de alguns índices usuais, bem como as análises com cromatografia de gás, foram realizadas nos Laboratórios da Colgate-Palmolive Ltda., que gentilmente permitiu a utilização de seu equipamento.

relação F/S: 20:80

*gás de arraste:* Hidrogênio, com fluxo de 50ml/min, pressão de 45 lb/pol<sup>2</sup>.

*temperatura da coluna:* isotérmica, entre 200°C e 210°C.

Para a análise cromatográfica foram usados os ésteres metílicos dos ácidos graxos, preparados segundo METCALFE e SCHMITZ (1961).

A determinação quantitativa dos componentes foi feita a partir dos cromatogramas, da seguinte maneira: determina-se a distância de retenção ( $d$ ) e a altura ( $h$ ), de cada pico; o produto  $d \times h$  corresponde à área de um retângulo ( $\Delta S$ ). A porcentagem de cada componente é então assim calculada:

$$\% \text{ do componente } x = \frac{(\Delta S)_x \cdot 100}{\sum \Delta S}$$

Este método é o mais simples e favoravelmente comparável com os demais (CARROL, 1961; HAMMARSTRAND, 1966).

Quanto à parte qualitativa, é necessário que sejam feitas algumas considerações. Segundo CIOLA (1963), para a identificação inequívoca dos componentes de uma amostra pela cromatografia de gás, faz-se necessária a utilização de dois princípios fundamentais:

a) análise da amostra com adição de uma substância provavelmente constituinte da mistura (padrão), ou a determinação do volume de retenção e retenção relativa dos componentes e dos produtos prováveis;

b) separação da substância e ulterior identificação.

As condições de análise utilizadas neste trabalho (decorrentes do tipo de coluna utilizada) permitem a separação de ésteres metílicos de ácidos graxos saturados e insaturados, sendo que a separação se dá de tal maneira que em primeiro lugar são eluídos os compostos de menor número de átomos de Carbono. Quando ocorrem componentes saturados e insaturados com o mesmo número de átomos de Carbono, os saturados são eluídos em primeiro lugar. Nestas condi-

ções, portanto, só é possível estabelecer-se o número de átomos de Carbono de cada componente, e se ele é ou não saturado. O estabelecimento inequívoco da estrutura de cada componente só é possível isolando-se a substância e determinando-se certas propriedades físicas e químicas características. Neste trabalho, usando-se apenas a cromatografia de gás, fez-se uma tentativa preliminar para identificação dos componentes do óleo de *Andira humilis*, fundamentada nos seguintes dados:

a) cromatogramas de misturas de amostra do óleo de *Andira* com amostra de óleo de composição conhecida, e comparação com os cromatogramas das amostras isoladas. A não correspondência dos picos nos cromatogramas mostra que existem componentes com tempos de retenção diferentes, o que, por sua vez, significa diversidade de tais componentes.

b) comparação da retenção relativa dos componentes da amostra do óleo de *Andira* com a retenção relativa dos componentes das amostras de óleos de composição conhecida. A mesma retenção relativa indica que os componentes podem ser os mesmos.

c) correlação do logaritmo decimal da retenção relativa com o número de átomos de Carbono, com base no fato de que os ácidos graxos (e seus ésteres), constituem uma série homóloga (JAMES, 1952; IVERSON, FIRESTONE e EISNER, 1965; ETTRE, 1967). Para facilitar a representação gráfica, a retenção relativa foi multiplicada por 10.

Na falta de padrões puros utilizaram-se, para as comparações, amostras de óleo de babaçu, de óleo de oliva, de óleo de linhaça e de sebo animal, que além de apresentarem certos ácidos característicos em grande proporção, têm suas respectivas composições químicas abundantemente descritas na literatura (ECKEY, 1954; MEARA, 1957; MENSIER, 1957; SHORLAND, 1963; SWERN, edit., 1964; KIRSCHENBAUER, 1964). A retenção relativa foi determinada em relação ao ácido palmítico.

Todos os cromatogramas apresentados foram copiados a nanquim a partir de cromatogramas originais numerados, que se encontram arquivados no Laboratório de Perfumes da Colgate-Palmolive Ltda.

#### 1.4 — *Caracterização do componente principal*

Em virtude da grande porcentagem do componente principal do óleo, tornou-se importante a sua identificação de maneira mais rigorosa. Para êsse fim procedeu-se do seguinte modo:

a) *Isolamento do componente principal* — Isto foi feito no cromatógrafo analítico, nas mesmas condições já descritas, através de cromatogramas preparativos. O aparelho utilizado foi o mesmo já citado, sendo que a saída de gases foi aquecida (dispositivo do próprio aparelho). A técnica utilizada foi a seguinte:

- a<sub>1</sub> — injeção da amostra no aparelho (10ul);
- a<sub>2</sub> — quando o registro do cromatograma mostra que o componente principal começa a ser eluído, adapta-se na saída de gases do cromatógrafo um coletor de vidro para recolhê-lo (figura 54). O coletor foi construído de tal maneira que a retirada da fração isolada se faz facilmente através de uma pipeta Pasteur. Deve-se salientar que na coleta desprezam-se as frações correspondentes às partes iniciais e finais dos picos, a fim de evitar possíveis contaminações da fração, com componentes contíguos.
- a<sub>3</sub> — repetição da operação até obtenção da quantidade desejada. Para o presente caso, cinco cromatogramas fornecem cêrca de 20ul, o que é suficiente para o fim a que se destina.

b) *Análise do isolado por cromatografia de gás*, comparando-se com o cromatograma da amostra bruta que serviu de matéria-prima, a fim de se verificar a pureza do isolado (o cromatograma do isolado deve apresentar um único pico).

c) *Obtenção de um padrão puro* do suposto constituinte principal do óleo de *Andira*, por cromatografia preparativa a partir de óleo de composição conhecida (no presente caso, óleo de oliva).

d) *Obtenção dos espectros de absorção no infravermelho* para cada uma das frações isoladas. Espectros idênticos indicam que as frações são idênticas.

Os espectros de absorção no infravermelho foram obtidos em pastilha de NaCl, num espectrofotômetro "Perkin-Elmer" modelo 221, do Departamento de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.

## 2 — Resultados

### 2.1 — Algumas características do óleo

A tabela 3 apresenta os valores de quatro dos índices mais usuais. A título de comparação foram postos na referida tabela, dados relativos ao óleo de oliva e obtidos nas mesmas condições, além de dados referidos na literatura. Foi escolhido o óleo de oliva como termo de referência, por causa da grande similaridade observada com os índices do óleo de *Andira humilis*. Os resultados das análises cromatográficas explicam essa similaridade, como será adiante demonstrado.

A inspeção dessas informações logo evidencia que os resultados obtidos com o óleo de *Andira* situam-se ou muito próximos, ou mesmo dentro da faixa de variação dos dados obtidos para o óleo de oliva.

TABELA 3

	<i>Andira humilis</i>	Oliva (1)	Oliva (2)
Índice de Iodo	82,8 — 85,6	84,9	80 — 88
Índice de saponificação	171,1 — 176,1	189,7 — 193,2	188 — 196
Índice de refração — 25°C	1,467 — 1,469	1,468	1,466 — 1,468
Densidade — 25/25°C	0,912	0,911	0,909 — 0,915

Obs.: (1) — Dados originais

(2) — Dados da AOCS (1960).

### 2.2 — Análise cromatográfica

O cromatograma típico dos ésteres metílicos de ácidos graxos do óleo de *Andira humilis* está representado na figura 55. Notam-se seis picos perfeitamente individualizados (números 1 a 6). Observa-se entretanto, que no início do cromatograma ocorrem picos pouco evidentes, que podem ser melhor observados quando se opera sem atenuação do registro (figura 56, picos *a — e*).

O óleo de *Andira humilis* apresenta portanto, seis componentes principais, além de outros que ocorrem apenas em traços.

### 2.2.1 — *Dados qualitativos*

A figura 57 mostra os cromatogramas de óleo de babaçu, de óleo de *Andira humilis* e da respectiva mistura. Verifica-se que no óleo de *Andira* ocorrem dois componentes que não ocorrem no óleo de babaçu, correspondentes aos picos 5A e 9. Os demais componentes do óleo de *Andira* têm o mesmo tempo de retenção que determinados componentes do óleo de babaçu. Pela posição relativa dos picos infere-se que o pico 5A deve, teoricamente, corresponder a um ácido C<sub>16</sub> insaturado, ou C<sub>17</sub>, pois êle se localiza entre o ácido palmítico (C<sub>16</sub> saturado) e o ácido esteárico (C<sub>18</sub> saturado). O pico número 9, que ocorre após o ácido linoleico (C<sub>18:2</sub>), deve ser um ácido C<sub>18:3</sub> ou então com maior número de átomos de Carbono.

A figura 58 mostra a comparação entre o óleo de *Andira humilis* e sebo. Existe total correspondência dos picos do cromatograma do óleo de *Andira* com determinados picos do cromatograma do sebo. O pico número 7, correspondente ao ácido palmitoleico (C<sub>16:1</sub>), corresponde ao componente 5A da figura 57 e que não ocorre no óleo de babaçu. O pico número 11 (pico número 9 na figura 57) corresponde ao ácido linolênico (C<sub>18:3</sub>), que também não aparece no cromatograma do óleo de babaçu.

Os cromatogramas de óleo de linhaça, de óleo de *Andira* e da respectiva mistura são representados na figura 59 (nestes casos foi usada uma coluna de 3m). A comparação é feita levando-se em conta apenas três componentes, aquêles que ocorrem em maior porcentagem no óleo de linhaça. Esta comparação é importante pelo fato de que os ácidos linoleico e linolênico não ocorrem em quantidade apreciável nos óleos utilizados nas comparações anteriores. Verifica-se neste caso, que os componentes representados pelos últimos picos no cromatograma do óleo de *Andira*, correspondem respectivamente aos ácidos oleico (C<sub>18:1</sub>), linoleico (C<sub>18:2</sub>) e linolênico (C<sub>18:3</sub>).

Os cromatogramas do óleo de *Andira* e do óleo de oliva são representados na figura 60. Verifica-se que, além da correspondência

nos tempos de retenção dos componentes ocorre grande similaridade do ponto de vista quantitativo.

O gráfico da figura 62 mostra que os pontos obtidos sobre as retas traçadas a partir de componentes de óleos-padrão indicam a presença no óleo de *Andira humilis*, de componentes do seguinte tipo: C12, C14, C14:1, C16, C16:1, C18, C18:1, C18:2, e C18:3. Nota-se que os pontos correspondentes aos prováveis C18:1 e C18:2 não caem perfeitamente sobre o ponto 18 da escala das abcissas em virtude de um atraso no tempo de retenção, o que pode ocorrer quando um dos componentes está em grande proporção (IVERSON, FIRESTONE e EISNER, 1965). Não foram levados em consideração os dados daqueles dois componentes eluídos em primeiro lugar, em virtude dos baixos valores de retenção relativa, mais sensíveis a pequenas variações das condições de operação. Além disso, a regressão linear pode apresentar desvios no caso de membros mais baixos da série homóloga (ETTRE, 1967).

Pelas informações acima obtidas verifica-se que os componentes principais do óleo de *Andira humilis*, em número de seis, têm tempo de retenção e retenção relativa correspondente aos ésteres metílicos dos seguintes ácidos graxos:

- |                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| 1 — ácido palmítico    | 4 — ácido oleico      |
| 2 — ácido palmitoleico | 5 — ácido linoleico   |
| 3 — ácido esteárico    | 6 — ácido linolênico. |

Os componentes menores (figura 56, a — e) apresentam tempo de retenção e retenção relativa correspondente aos ésteres metílicos dos seguintes ácidos graxos:

- |                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| a — ácido caprílico | d — ácido mirístico     |
| b — ácido cáprico   | e — ácido miristoleico. |
| c — ácido láurico   |                         |

Deve-se acrescentar que a composição do óleo de frutos velhos é praticamente a mesma que a de frutos frescos (figura 61).

---

NOTA — Análises cromatográficas em condições mais precisas (realizadas quando este trabalho já estava prestes a ser publicado) mostraram a ocorrência provável do ácido araquídico (C<sub>20</sub>) em pequenas quantidades ( $\pm 1\%$ ), aparecendo nos cromatogramas entre o ácido linoleico e o ácido linolênico.

2.2.2 — *Dados quantitativos*

A porcentagem de cada componente está indicada na tabela 4. No caso dos componentes menores foram feitas 10 determinações, e no de componentes principais, 25. Deve-se notar que os constituintes menores na sua totalidade, normalmente não ultrapassam 1%.

TABELA 4

<i>Pico</i>	<i>Ácido provável</i>	<i>Faixa de variação de %</i>
a	caprílico	traços
b	cáprico	0,1 — 0,2
c	láurico	0,1 — 0,5
d	mirístico	0,1 — 0,3
e	miristoleico	0,1 — 0,2
1	palmitico	7,0 — 10,9
2	palmitoleico	0,5 — 2,0
3	esteárico	1,1 — 3,4
4	oleico	65,9 — 75,1
5	linoleico	2,1 — 6,1
6	linolênico	7,5 — 16,0

2.3 — *Caracterização do componente principal*

A figura 63 mostra os cromatogramas de amostras de óleo de oliva e de óleo de *Andira humilis*, e das respectivas frações correspondentes ao componente principal. A presença de apenas um pico no cromatograma das frações isoladas indica a pureza dessas frações.

As figuras 64 e 65 mostram os espectros de absorção no infravermelho, das frações isoladas. Esses espectros são idênticos, o que prova claramente que o maior componente do óleo de *ANDIRA HUMILIS* é o ácido oleico.

3 — *Comentários*

As sementes de Leguminosas são bem conhecidas como produtoras de óleo, que freqüentemente se concentra nos cotilédones (amendoim, e soja, entre outras). Em *Andira humilis* o óleo se con-

centra no mesocarpo do fruto, e não nos cotilédones. Verifica-se, por outro lado, que as referências à ocorrência de óleo no pericarpo de frutos de Leguminosas praticamente não existem (cf. MEARA, 1957; SHORLAND, 1963). Isto em parte é explicável, pois as Leguminosas geralmente apresentam frutos secos, sendo bem poucas aquelas de pericarpo espesso e carnoso. Em algumas outras famílias, entretanto, a ocorrência de óleo no pericarpo é bastante comum, principalmente nas *Palmae*, *Lauraceae* e *Oleaceae*. Em muitas espécies ocorrem lipídeos tanto no pericarpo como na semente, podendo a composição ser bem diferente nos dois casos (GUNSTONE, 1958; SHORLAND, 1962). Parece que existe, entretanto, maior afinidade taxonômica entre os lipídeos das sementes do que entre os dos frutos (GUNSTONE, 1958).

Na composição química do óleo de *Andira humilis* chama a atenção a alta porcentagem do ácido oleico (aproximadamente 70% do total). Embora este seja o ácido graxo de maior distribuição (SHORLAND, 1962), como componente de óleo de pericarpo de frutos ele raramente ultrapassa 70% do total, como acontece em *Olea europaea* Linn., fam. *Oleaceae* (oliva). Em sementes, entretanto, são freqüentes as ocorrências de ácido oleico em concentrações maiores do que 70%, principalmente em algumas *Juglandaceae*, *Betulaceae* (em *Corylus avellana* Linn. chega a 91%), *Olacaceae* (em *Coula edulis* Baill. há 95%), *Theaceae*, *Rosaceae*, *Anacardiaceae*, *Acanthaceae*, etc. (MEARA, 1957).

Apresenta assim, o óleo de *Andira humilis*, duas peculiaridades interessantes: sendo óleo de uma Leguminosa, ocorre no pericarpo; e como óleo de fruto, tem uma porcentagem extremamente alta de ácido oleico.

Tratando-se de um primeiro estudo sobre este óleo, foi dada maior atenção aos seus constituintes principais (aqueles que ocorrem em quantidades superiores a 1% do total). Quanto aos constituintes menores, embora alguns tenham sido mencionados, é possível que em condições de análise mais apuradas, outros possam ser detectados, não devendo ser excluída a possibilidade de ocorrência de ácidos graxos mais raros. Se, de uma forma geral, os ácidos graxos que aparecem com maior freqüência são os saturados e insaturados com nú-

mero par de átomos de Carbono, deve-se lembrar que até há bem pouco tempo não se sabia da ocorrência natural de ácidos graxos de número ímpar de átomos de Carbono. Entretanto, a partir do advento da cromatografia de gás, foi bem estabelecida essa ocorrência, tanto em animais como em plantas (cf. SHORLAND, 1963; STUMPF, 1965), embora em pequenas quantidades. É possível que a prevalência de ácidos de número par de átomos de Carbono seja uma consequência dos mecanismos que operam preferencialmente em plantas e animais (cf. SHORLAND, 1962; ZILL e CHENIAE, 1962; STUMPF, 1965; MUDD, 1967), e que levariam sempre à formação de ácidos com êsse tipo de estrutura.

A pesquisa dos componentes menores de óleos vegetais (graxos) e de óleos de outros órgãos que não frutos e sementes tem sido negligenciada (SHORLAND, 1962). Deve-se considerar, entretanto, que essa negligência está ligada ao fato de que estudos sobre lipídeos, e mais precisamente, óleos vegetais, estão ligados à indústria. Aí existe maior interesse pela quantidade do óleo (daí a prevalência de estudos em frutos e sementes), o que exclui, via de regra, a consideração pelos constituintes menores, pelo menos nas matérias graxas. Para óleos essenciais, a atitude da indústria é completamente diferente, e isto se deve a que as propriedades organolépticas desses óleos são fortemente dependentes de uma mistura em que os componentes menores freqüentemente desempenham papel importante.

A composição química do óleo de *Andira humilis*, extremamente semelhante à do óleo de oliva, leva imediatamente à especulação em torno da possibilidade de sua exploração como planta produtora de óleo, ou de ácido oleico. Entretanto, a verificação dessa perspectiva econômica só pode ser feita através de outro tipo de pesquisa, agora tecnológica. A descoberta de uma planta útil envolve etapas sucessivas, que vão desde a coleta de campo até estudos tecnológicos sistematizados. Os resultados de cada etapa conduzem a pesquisa às etapas seguintes, que só assim se justificam como esforço de finalidade prática. Entretanto, mesmo que não se encontre uma planta economicamente útil, pode-se encontrar nessa pesquisa uma planta de particular interesse científico.

Isto, é claro, se aplica também a *Andira humilis*. Considerada sempre apenas como uma planta típica e ecológicamente interessante da flora dos Cerrados, com o desenvolvimento econômico de regiões que incluem essa flora, passou a ser vista como planta daninha, invasora de pastagens. Passou-se, inclusive, a procurar meios de erradicá-la (GUAZZELI e RIOS, 1966). Entretanto, existe a possibilidade de ser uma planta útil. Isto ilustra o fato de que o conceito de planta daninha é extremamente frágil: uma planta de multiplicação rápida é daninha até que se encontre meios de torná-la útil (1).

Esta observação deve ser ampliada para o âmbito dos Cerrados em geral, onde em lugar de se procurar a utilização de algumas de suas espécies reconhecida ou potencialmente úteis, tem-se procurado sua erradicação, com adaptação de espécies estranhas a esse ambiente. É óbvio que essa adaptação sempre há de requerer investimentos, tanto de investigação de técnicas de cultura como de seleção. Diante dessa consideração, seria desejável um esforço no sentido de investigação de possíveis plantas úteis desta flora (cf. LABOURIAU e VANZOLINI, 1964; GOTTLIEB, MEDITSCH e MAGALHÃES, 1966), como uma outra via de sua recuperação econômica, a baixo custo de investimento.

Os dados obtidos para esta espécie, e as considerações acima, abrem perspectivas para vários tipos de trabalho, principalmente:

- a) pesquisa de plantas do Cerrado produtoras de óleo, principalmente em famílias onde essa ocorrência é freqüente.
- b) estudo da composição química dos óleos de frutos e de sementes (e eventualmente de outros órgãos) de plantas dos Cerrados.

Esses estudos poderão propiciar a descoberta de novas espécies de interesse econômico; além disso, os dados obtidos poderão fornecer novos subsídios à taxonomia química e à fitoquímica, bem como constituir interessante fonte de problemas bioquímicos.

---

(1) — *Ulex europaeus* Linn. (Leg. Lotoideae) é outro exemplo. Introduzida para sebes no Rio Grande do Sul, tornou-se terrível invasora, e constitui problema sério dos criadores de gado do Pantanal matogrossense. Entretanto, a hemaglutinina anti-H de suas sementes (BOYD, 1962), poderá, eventualmente, torná-la muito útil.

#### IV — CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA GERMINAÇÃO DA SEMENTE

Os objetivos que determinaram as observações incluídas nesta parte prendem-se principalmente ao estabelecimento de algumas das condições características da germinação da semente de *Andira humilis*, com a finalidade principal de ampliar o conhecimento da ecologia da espécie em questão, mais do que contribuir para a resolução de problemas da fisiologia da germinação de sementes.

Isto se explica: em trabalhos em que o objetivo principal é o estudo intrínseco da fisiologia da germinação, a espécie é apenas um meio, e deve ser escolhida de maneira a proporcionar as maiores facilidades em se atingir êsse objetivo. Daí a necessidade de escolha de uma espécie na qual a obtenção de sementes não constitua problema. Isto implica no contrôle da produção de sementes, ou na existência de populações sem problemas de produção, e que estejam ao alcance do pesquisador. Além disso deve ser levada em consideração a facilidade no manuseio das sementes. Um material dentro dêste padrão facilita a execução de experiências com amostras que permitem um tratamento estatístico adequado, bem como garante a possibilidade de contrôle de homogeneidade das amostras.

Evidentemente, à luz dessas considerações, *Andira humilis* não é uma espécie ideal para estudos de germinação; pelo contrário, é bastante imprópria, pelos seguintes motivos: desconhecimento do mecanismo de floração e conseqüente produção de sementes; dificuldade em se obterem grandes quantidades de frutos de uma população; localização das populações, e finalmente, o tamanho dos frutos e embriões.

Entretanto, alguns dados sôbre a germinação nesta espécie podem contribuir decisivamente para o conhecimento de sua ecologia, constituir informação adicional sôbre uma planta bem típica dos Cerrados e, eventualmente, indicar a ocorrência de fenômenos de interesse da fisiologia da germinação em geral.

Êstes estudos se referem quase que totalmente ao comportamento das sementes em condições controladas. Procurou-se verificar os efeitos primários sôbre a germinação das sementes, dos fatores: tegu-

mentos, temperatura e luz, além de fazer-se uma avaliação preliminar do período de viabilidade das sementes. A esses dados fisiológicos, juntam-se outros, de cunho morfológico, referentes especificamente ao processo de germinação.

## 1 — *Metodologia*

### 1.1 — *Dados morfológicos*

As observações quanto à morfologia externa dos embriões durante o processo germinativo em condições ótimas foram feitas analisando-se a maioria dos embriões de um grupo de sementes postas para germinar. Representou-se a seqüência dos estágios por desenhos de um ou dois embriões determinados, pois como as observações eram externas, os embriões não eram sacrificados. No caso das observações referentes ao eixo embrionário, sacrificavam-se vários embriões em cada observação. Cada estágio, portanto, foi desenhado a partir de um embrião diferente, mas bem representativo. Todas as observações foram feitas em material fresco, inteiro ou cortado à mão, e desenhados os vários aspectos com auxílio de câmara clara universal, ou de câmara clara comum adaptada à lupa.

### 1.2 — *Dados fisiológicos*

#### 1.2.1 — *Material biológico utilizado*

Foram empregados frutos provenientes de várias populações, principalmente de Prata (MG), Paraopeba (MG), Felixlândia (MG) e Itapetininga (SP). Para cada série de tratamentos de uma experiência utilizaram-se sementes da mesma população, retiradas ao acaso.

#### 1.2.2 — *Tratamento das sementes*

As experiências de germinação foram realizadas, na maioria dos casos, com trinta sementes por tratamento, dispostas em lotes de 10 por placa de Petri de 15cm de diâmetro por 2cm de altura. Em alguns casos foram utilizadas caixas plásticas transparentes, quadradas, de 11,5cm de lado por 3,5cm de altura, em virtude de sementes muito grandes na amostra. As placas ou caixas eram guarnecidas com papel de filtro analítico, mantido sempre úmido.

### 1.2.3 — *Equipamento de temperatura constante*

Utilizaram-se câmaras de temperatura constante de dois tipos. Para experiências em que a precisão de temperatura não era absolutamente crítica (por exemplo, determinação preliminar dos limites da faixa ótima de temperatura), foram utilizadas estufas do tipo bacteriológico marca "FANEM" modelo 002-3, pertencentes ao Depto. de Botânica da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (obtidas através de convênio entre a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — CAPES, e o Banco Interamericano do Desenvolvimento — BID). Para as primeiras experiências deste trabalho foram utilizadas estufas do tipo bacteriológico pertencentes à Secção de Fisiologia Vegetal do Instituto Biológico. Estas câmaras e estufas mantêm constante a temperatura acima da temperatura ambiente, com oscilações de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Para a obtenção das isotermas de germinação foram usadas câmaras de temperatura constante "Precision Scientific" modelo 565. Estas câmaras têm ajuste de temperatura entre  $0^{\circ}\text{C}$  e  $50^{\circ}\text{C}$ , com precisão de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , e pertenciam ao Laboratório de Fisiologia do Desenvolvimento do Instituto de Botânica de São Paulo (obtidas da Fundação Rockfeller, através do Conselho Nacional de Pesquisas). A constância da temperatura nas câmaras foi controlada através de termômetro de máxima e mínima colocado ao lado das placas com sementes. O ar nessas câmaras é mantido em homogeneidade térmica por meio de ventilador interno de funcionamento contínuo.

### 1.2.4 — *Equipamento para ensaios fotoblásticos*

Foram empregadas as câmaras "Precision" Scientific, providas internamente de lâmpada incandescente de 15 watts. A continuidade da iluminação foi controlada indiretamente através de termômetro de máxima e mínima, pois o calor da lâmpada influi sobre a temperatura da câmara. Para os tratamentos na obscuridade, as câmaras de temperatura constante foram colocadas em câmaras escuras individuais (v. descrição das instalações em LABOURIAU, 1967). A observação das sementes na obscuridade foi feita com auxílio de uma lanterna elétrica provida de filtro de segurança verde. Este filtro consta de uma camada líquida de 2cm de espessura de solução aquosa

saturada de  $\text{CuCl}_2$ . Esta solução só permite a passagem de radiação de comprimento de onda entre 500 e 560  $\mu$  (LABOURIAU, MORHY, KAYANO e SCATTONE, 1968).

1.2.5 — *Observação do curso da germinação*

As placas ou caixas devidamente marcadas eram retiradas das câmaras aproximadamente à mesma hora, observadas rapidamente, sendo removidas as sementes germinadas.

Entre os critérios existentes para avaliação da germinação (LANG, 1965), adotou-se o critério botânico, que considera germinada a semente da qual emergiu a radícula (ou a plúmula, no caso de sementes em que esta emerge primeiro).

1.2.6 — *Cálculo do tempo médio de germinação ( $t$ ) e do erro padrão do tempo médio de germinação ( $s_t$ )*

O tempo médio de germinação foi calculado através da expressão:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=0}^{i=g} P_i \cdot t_i}{G}$$

- onde:  $n_i$  = número de sementes germinadas no tempo  $t_i$   
 $t_g$  = tempo máximo de germinação  
 $t_0$  = tempo mínimo de germinação  
 $P_i$  = porcentagem de germinação correspondente a  $n_i$  (não acumulada)  
 $G$  = germinabilidade (máxima porcentagem de germinação atingida).

Este índice (LABOURIAU, 1967) representa uma generalização do índice utilizado por WENT (1957), que se refere ao tempo para 50% de germinação da amostra. De fato, quando a ogiva de frequência acumulada é simétrica em torno do ponto de inflexão e quando a germinabilidade atinge 100%, então  $t = t_{50\%}$ . Entretanto, nem esta simetria, nem a germinabilidade de 100% são circunstâncias gerais, de sorte que  $t$  é um índice mais geral do que  $t_{50\%}$ . Por outro lado, o

índice  $t$  apresenta uma relação simples com um índice (C.V. — coeficiente de velocidade) proposto por Kotowski (1926, *in* LABOURIAU, 1967):

$$\frac{1}{t} = \frac{\text{C.V.}}{100}$$

O erro padrão do tempo médio de germinação é dado pela expressão:

$$s_{\bar{t}} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{i=g} P_i (t_i - \bar{t})^2}{G - \frac{100}{N}}}}{\sqrt{\frac{GN}{100}}}$$

onde  $N$  é o número de sementes da amostra e o restante da notação é a mesma adotada anteriormente (LABOURIAU, 1967).

## 2 — Resultados

### 2.1 — Características morfológicas do embrião durante o processo germinativo

O processo germinativo das sementes em geral é iniciado assim que êsses órgãos encontram determinadas condições, freqüentemente características da espécie. Ocorre então na semente uma série de transformações metabólicas que, após certo tempo, culminarão com o crescimento e emergência de uma das partes do embrião (germinação observável). Essas alterações iniciais do metabolismo vão determinar o crescimento do eixo embrionário, principalmente a alongação da radícula. Entretanto, pelo menos na fase intraseminal dêsse crescimento, nem sempre os estágios do processo germinativo podem ser acompanhados por alterações morfológicas externas (KOLLER,

MAYER, POLJAKOFF-MAYBER e KLEIN, 1962). Mesmo em alguns casos em que ocorre um certo intumescimento causado pela embebição dos envoltórios, êsse intumescimento pode ser ilusório (falsa germinação), ocorrendo apenas um simples fenômeno físico-químico de hidratação da semente morta.

*Andira humilis* apresenta situações características quanto à morfologia externa e interna dos embriões durante o processo germinativo, tanto em temperaturas em torno da faixa ótica, como em temperaturas próximas do mínimo e do máximo.

O embrião isolado apresenta as características externas representadas nas figuras 66 e 67, e internamente o aspecto representado na figura 32 (eixo embrionário). Após 24 horas em condições ótimas a região que contém o eixo embrionário se apresenta um pouco avolumada (figuras 68 e 69), enquanto que a radícula já apresenta pequeno crescimento, o que é verificado pela aparência mais alongada do eixo embrionário em relação ao aspecto inicial (figura 79). Ao fim de 48 horas a região que contém o eixo embrionário apresenta-se bastante avolumada, com fendilhamento dos tecidos superficiais externos (figura 70). Internamente, a radícula já está a ponto de emergir (figura 80). Nota-se um certo alargamento da parte do eixo embrionário subjacente à plúmula. No terceiro dia ocorre a emergência da radícula (figura 71), enquanto a plúmula e a região contígua do eixo embrionário continuam a expandir-se (figura 81). As figuras 72 a 78 mostram os vários estágios até a emergência da plúmula, e as primeiras fases do crescimento do epicótilo. Os estágios intermediários entre a emergência da radícula e a emergência da plúmula, do ponto de vista da morfologia do eixo embrionário, são representados nas figuras 82 a 84. Nota-se um progressivo crescimento da plúmula e da região imediatamente abaixo, culminando com o rompimento dos tecidos dos cotilédones e a subsequente emergência da plúmula.

Em temperaturas baixas para a germinação desta espécie (próximas de 20°C), ou em condições de temperatura não controlada (com grandes oscilações), observa-se o retardamento da emergência da radícula, a lentidão do intumescimento da região que contém o eixo embrionário, e o desenvolvimento de tecido suberoso na superfície

desta zona. Entretanto, após certo tempo, a radícula emerge, e desenvolve rapidamente um tecido suberoso superficial.

Em temperaturas próximas à máxima observou-se que muitas embriões formam, na região que contém o eixo embrionário, grande quantidade de súber. Em certos casos, ocorre emergência normal após certo tempo. Em outros casos, após algum tempo nessas condições de temperatura alta, quando os embriões eram transferidos para temperaturas próximas da ótima, observou-se imediata germinação *por emergência da plúmula em vez da radícula* (figura 85). Fazendo-se cortes longitudinais sucessivos, verificou-se a presença de uma radícula desenvolvida, apresentando inclusive uma ramificação (figuras 86 a 88). Por outro lado, verificou-se que mesmo nos embriões em que a primeira parte que emerge, é a radícula, após a germinação esta pode ficar completamente recoberta por um tecido que externamente se apresenta suberoso.

Deve-se salientar ainda, que a maioria dos embriões são atacados por um fungo, o que não ocorre nas temperaturas abaixo de 40°C, pelo menos no início. Este fungo, que aparece rapidamente na região do eixo embrionário, juntamente com o imediato recobrimento da radícula pelo tecido já mencionado, dificulta a observação da germinação nas temperaturas altas.

## 2.2 — *Dados fisiológicos*

### 2.2.1 — *Comportamento de frutos intactos semeados em canteiros*

Esta experiência preliminar (e que serviu de ponto de partida para a realização deste trabalho) teve como finalidade, apenas, testar o comportamento da semente em condições semi-naturais. Para isso utilizaram-se dois lotes de 20 frutos cada um, coletados em Prata (MG), em 1964. Os frutos de um dos lotes foram enterrados em canteiro, a 5cm de profundidade, na mesma semana da colheita. O outro lote foi estocado durante um ano ao abrigo do tempo (num saco de papel grosso, após a secagem natural do mesocarpo), e depois, tratado da mesma maneira. Os canteiros foram regados sempre pelo menos uma vez por semana, abundantemente. Para esta experiência

o critério adotado significando germinação foi a emergência da parte aérea da plântula acima da superfície do solo (evidentemente, a germinação propriamente dita ocorre algum tempo antes). Os resultados obtidos acham-se representados na figura 89. Ao completar-se um ano após o plantio de cada lote, os frutos “não germinados” foram desenterrados. Verificou-se que no lote dos frutos que foram plantados logo após a colheita havia mais duas sementes germinadas, tendo emergido apenas a raiz, que alcançava cerca de 10cm. No lote de frutos estocados durante um ano, havia apenas um nas condições acima descritas. Todos os demais frutos, de ambos os lotes, estavam com o embrião decomposto, e muitos deles também com o endocarpo destruído.

Verifica-se, portanto, que nestas condições a germinabilidade atinge cerca de 40%. É possível que a diferença entre as duas amostras ocorra em virtude da perda de viabilidade das sementes estocadas durante um ano. Nas duas amostras, entretanto, o tempo para germinação varia entre 7 a 10 meses. Note-se que o plantio foi feito no fim da estação quente.

### 2.2.2 — *Efeito dos envoltórios (endocarpo e tegumento da semente)*

A experiência foi realizada à temperatura de 35°C (dentro da faixa de temperatura ótima, como será visto adiante). Os tratamentos (25 “sementes” cada), foram os seguintes:

- a) embriões isolados;
- b) frutos sem a parte carnosa, e endocarpo escarificado lateralmente;
- c) frutos sem a parte carnosa, e endocarpo intacto.

Os resultados são representados na figura 90. Verifica-se que os embriões isolados atingem 90% de germinação em 10 dias, enquanto que nos frutos escarificados, a germinação (manifestada pela ruptura do endocarpo na região de emergência, e pela própria emergência da radícula) é lenta, e ocorre em baixa porcentagem. Neste lote, após 55 dias (v. seta na figura 90), isolaram-se os embriões que ainda não haviam germinado, verificando-se que uma parte ainda é capaz

de germinar rapidamente. Entretanto, cerca de 50% desses embriões já não são capazes de germinar, mesmo isolados e em condições ótimas. Deve ocorrer, portanto, um efeito deletério sobre parte dos embriões, causado talvez pelo tempo excessivo em condições ótimas de temperatura, mas sob efeito de outros fatores limitantes para a germinação (dificuldade de emergência da radícula, deficiência nas trocas gasosas, etc.). Nos frutos intactos, após seis meses, a maioria dos embriões está em decomposição.

### 2.2.3 — *Alguns efeitos da temperatura na germinação de embriões isolados*

#### 2.2.3.1 — *Curvas de porcentagem acumulada de germinação em função do tempo*

Pela observação da figura 91 tem-se uma idéia geral da germinação dos embriões isolados de *Andira humilis*, sob a influência de algumas diferentes temperaturas escolhidas. As isotermas podem ser comparadas de duas maneiras: quanto à máxima porcentagem atingida (germinabilidade) e quanto ao tempo consumido para isso. Quanto à germinabilidade, podemos distinguir três grupos de isotermas: o grupo das isotermas de 35°C a 40°C (vistas em detalhe na figura 92), onde a germinabilidade atinge valores ao redor de 90%; o grupo que inclui as isotermas de 25°C e 30°C, onde a germinabilidade se situa ao redor de 80%, e um grupo de isotermas onde a germinabilidade não ultrapasa 40% (20°C, 43°C e 44°C). Quanto à velocidade de germinação estimada pela escala de tempo, também é possível discriminar três grupos: o primeiro (35°C a 40°C) atinge 50% de germinação até o 5º dia; o segundo atinge 50% entre o 7.º e o 12.º dia (25°C e 30°C), e o terceiro, não atinge 50% de germinação (a porcentagem de germinação neste terceiro grupo no 10º dia é inferior à de todas as demais temperaturas).

Tais gráficos permitem identificar à primeira vista a faixa ótima de germinação como situando-se entre 35°C e 40°C, além de determinar os limites da faixa total de temperatura para germinação como sendo 20°C e 44°C. Entretanto, esses dados exprimem apenas informações globais: não é possível saber-se se a faixa de temperatura ótima pode ser diminuída, nem se pode afirmar que as isotermas vizi-

nhas são significativamente distintas ou não. É necessário verificar-se quais as isotermas que diferem significativamente quanto ao tempo médio de germinação e quais aquelas que se identificam quanto a esse caráter. É claro que essa verificação só pode ser feita com isotermas comparáveis, ou seja, com níveis de germinabilidade próximos (cf. LABOURIAU, 1967, para a extensão do critério de comparabilidade de LANG, 1965).

### 2.2.3.2 — *Significância das diferenças dos tempos médios de germinação*

Computaram-se os valores de  $t$  e  $s_t$  para as isotermas de 11 experimentos. A tabela 5 apresenta esses valores, bem como o intervalo de confiança a 95%. Esses dados permitiram elaborar o gráfico da figura 93. Pode-se então definir grupos de isotermas menos heterogêneas quanto à germinabilidade e quanto ao tempo médio de germinação (tabela 6).

Verifica-se portanto que as temperaturas entre 35°C e 40°C definem uma sucessão de isotermas que possuem em comum: a) um nível próximo de germinabilidade (portanto, cineticamente comparáveis); b) valores equivalentes de  $t$ ; c) valores baixos de  $t$ . *Estas características definem a faixa de 35°C a 40°C como a faixa ótima de germinação para a amostra utilizada.*

Verifica-se também a equivalência entre as isotermas de 43°C e 44°C, embora não sejam comparáveis às demais. Observou-se ainda que as temperaturas de 18°C e 45°C, embora não permitam a germinação, não são letais aos embriões isolados, pois quando retirados dessas temperaturas e colocados na faixa ótima eles germinam, ainda que a germinabilidade decresça bastante, principalmente nas amostras que estiveram a 45°C. Deve-se salientar que nesta amostra, excepcionalmente, a temperatura de 40°C situou-se na faixa ótima, pois normalmente nesta temperatura a germinabilidade não atinge 80% (verificado em três outras amostras). Com base nos resultados e considerações apresentadas, pode-se concluir que:

- a) a faixa ótima de temperatura situa-se entre 35°C e 39°C;
- b) entre 25°C e 39°C, normalmente, a germinabilidade é comparável;

TABELA 5

T (°C)	t (dias)	$s_t$	Intervalo de confiança de t a 95%	Germinabilidade %
18	—	—	—	—
20	18,1	1,6	14,9 — 21,3	13,4
25	11,9	1,1	9,7 — 14,1	80,0
30	9,0	0,8	7,4 — 10,6	80,0
35	5,0	0,3	4,4 — 5,6	90,0
36	6,1	0,6	4,9 — 7,3	90,0
37	4,7	0,4	3,9 — 5,5	93,3
38	4,7	0,5	3,7 — 5,7	90,0
39	4,5	0,2	4,1 — 4,9	96,7
40	4,7	0,3	4,4 — 5,0	86,7
43	7,6	1,4	4,8 — 10,4	40,0
44	6,8	0,9	5,0 — 8,6	30,0
45	—	—	—	—

TABELA 6

GRUPOS DE ISOTERMAS COMPARÁVEIS	
Quanto à germinabilidade (%)	Quanto à velocidade ( $t \pm s_t$ )
20°C	20°C
25°C a 40°C	25°C e 30°C
	35°C a 40°C
43°C e 44°C	43°C e 44°C

- c) os limites extremos da faixa de temperatura para a germinação de *Andira humilis* localizam-se em 20°C e 44°C. A amplitude da faixa de temperatura para germinação é, por conseguinte, de 24°C;
- d) a faixa ótima de temperatura dista 5°C da temperatura máxima e 15°C da temperatura mínima;
- e) as temperaturas supra-ótimas tem maior efeito sobre a germinabilidade, enquanto que as temperaturas sub-ótimas têm maior efeito sobre a velocidade de germinação.

### 2.2.3.3 — Germinação de amostras diversas quanto à procedência e tempo de estocagem, a diferentes temperaturas

Utilizando-se o índice  $1/t$  (inverso do tempo médio de germinação), construiu-se o gráfico da figura 94, a partir de amostras diferentes, mas comparáveis quanto à germinabilidade (só foram utilizados dados de temperaturas em que a germinabilidade foi superior a 80%). Desta maneira, os índices mais elevados indicam melhor germinação. Verifica-se que as várias amostras têm um padrão de comportamento comum, situando-se os maiores índices acima de 35°C e abaixo de 40°C. Os maiores índices obtidos foram a 38°C e 39°C, indicando estas temperaturas como as melhores para germinação. Estes resultados confirmam a posição da faixa ótima de temperatura, inferida das isotermas da amostra de Felixlândia, e demonstram que amostras de populações diferentes e com tempo de armazenamento diferentes apresentam diferenças quanto à cinética da germinação, sendo que a germinabilidade é comparável. Nas amostras de Prata (MG), na temperatura de 40°C não se obteve germinabilidade acima de 80%.

Devem ser salientados os resultados obtidos para duas amostras provenientes da mesma população (Prata, MG, coleta de 1964), mas colocadas para germinar em épocas diferentes. Os resultados possibilitariam verificar a existência ou não do fenômeno de pós-maturação, frequente em sementes de muitas espécies (cf. STOKES, 1965). Como pode ser verificado pelas próprias curvas de porcentagem acumulada de germinação das duas amostras, a várias temperaturas (figura 95), a diferença entre o tempo de armazenamento dos lotes colocados para germinar praticamente não afeta a germinabilidade. Quanto à cinética, as isotermas indicam um pequeno aumento na velocidade de germinação das sementes estocadas por maior lapso de tempo, exceto no ensaio feito à temperatura de 40°C.

Pode-se concluir que em *Andira humilis* não ocorre um processo marcante de pós-maturação nos embriões, pois mesmo em sementes recém-colhidas a germinação dos embriões atinge níveis superiores a 90%, com tempo médio baixo. É possível, entretanto, que em condições naturais, e tratando-se da unidade de dispersão, possa ocorrer um processo de pós-maturação.

A eventual existência de um processo de pós-maturação que tenha influência apenas na cinética da germinação só poderá ser estabelecida através de experiências com amostras de várias populações, com pelo menos quatro tempos de armazenamento diferentes (recém-colhidas, seis meses, um ano e dois anos, por exemplo), e com 250 a 500 sementes por tratamento. Tendo em vista os resultados preliminares obtidos, êste estudo não se considerou justificado no presente trabalho.

#### 2.2.4 — *Efeitos fotoblásticos sôbre a germinação de embriões isolados*

Os resultados encontram-se na tabela 7.

TABELA 7  
Porcentagem de germinação após 10 dias

<i>Temperatura</i>	<i>Luz</i>	<i>Obscuridade</i>
20°C	—	—
38°C	80%	76%
43°C	12%	32%

*Obs.:* 25 sementes por tratamento.

Deve-se acrescentar que a 20°C ocorre germinação em ambos os tratamentos, em porcentagem bastante baixa, após o vigésimo dia. A 38°C a velocidade de germinação é praticamente idêntica em ambos os tratamentos. As porcentagens para 43°C são definitivas no décimo dia. Isto permite concluir que a 20°C e a 38°C a luz não influi nem na germinabilidade nem na cinética da germinação. Quanto à diferença observada a 43°C, pode ser interpretada de duas maneiras:

- a) diferença realmente existente, do tipo quantitativo;
- b) diferença determinada por diversos motivos imponderáveis: diferenças de germinabilidade que ocorrem em virtude do pequeno tamanho da amostra, e da própria germinabilidade baixa e irregular, normal nesta temperatura; deficiência na observação (nesta temperatura, como foi visto, a germinação não é facilmente detectável; com luz verde a observação se torna mais difícil ainda).

O que se pode concluir com segurança é que *não existe um efeito fotocblástico do tipo "tudo ou nada" sôbre a germinação de embriões isolados de ANDIRA HUMILIS.*

#### 2.2.5 — Avaliação do período de viabilidade

A falta de amostras de frutos de *Andira humilis* de várias procedências, e com idades superiores a três anos, impede um esclarecimento definitivo dêste problema. Nas observações realizadas, a amostra mais velha em que ocorreu germinação tinha 33 meses. Embriões da mesma "safra", aos quatro anos, não germinaram. Isto possibilita uma primeira estimativa do período de viabilidade entre 3 e 4 anos (isto para embriões de frutos estocados à umidade ambiente, em São Paulo). E' possível que em condições controladas, ou condições climáticas diferentes, ocorram situações distintas. Ao que tudo indica, entretanto, a semente de *Andira humilis* coloca-se, quanto à longevidade, no limite das classes das microbióticas (até 3 anos) e das mesobióticas (3 a 15 anos), segundo a classificação de Ewart, *in* BARTON (1965b).

### 3 — Comentários

A análise dos resultados relativos à germinação da semente de *Andira humilis* precisa levar em consideração dois tipos de fatores: aquêles inerentes à própria constituição da unidade de dispersão, e os fatores externos, sendo que neste último caso foi dada ênfase à temperatura.

Geralmente, entre as Leguminosas é que se encontra a maioria das sementes de tegumento impermeável (BARTON, 1965a). Essa impermeabilidade à penetração de água é que permite que certas sementes permaneçam dormentes no solo durante muito tempo (HYDE, 1954). Em várias espécies estudadas por Hyde, quando a semente atinge seu desenvolvimento total, o tegumento atinge um estado de impermeabilidade que coincide com a estabilização do conteúdo de água da semente ao redor de 13-14% do pêsco sêco. A partir dêste estágio as trocas gasosas se dão através do hilo, sendo que êle se abre apenas para perder água. Êste mecanismo, descrito para *Trifolium repens* Linn., *Trifolium pratense* Linn., e *Lupinus arboreus*

Linn. (HYDE, 1954), ocorre também em *Vicia graminea* Sm. (LABOURIAU, 1967) devendo-se acrescentar que são tôdas Leguminosas Papilionáceas. Evidentemente, nestes casos, a impermeabilidade da testa aliada ao baixo conteúdo de água (e conseqüentemente, baixas taxas metabólicas), contribui para a ocorrência de períodos de viabilidade relativamente longos. BARTON (1965b), entre 46 espécies que permanecem viáveis por mais de 50 anos, relaciona 36 Leguminosas. Sementes de *Lupinus arcticus* Wats. germinam com 10.000 anos! (PORSILD, HARINGTON e MULLIGAN, 1967). A dormência existente nestes casos é quebrada artificialmente, ou ocorre naturalmente quando a semente é submetida a aumentos graduais de umidade relativa (HYDE, 1954; BARTON, 1965a).

*Andira humilis* não se enquadra nesse padrão de Leguminosas Papilionáceas. Enquanto as sementes acima citadas mantêm a longevidade à custa da impermeabilidade do tegumento e do baixo conteúdo de água, é muito provável que a longevidade em *Andira humilis*, ao contrário, dependa do alto conteúdo de água inicial. Êste conteúdo de água não é mantido constante, pois seu decréscimo no decorrer de um ano de estocagem em São Paulo, indica que os tegumentos que envolvem o embrião não restringem bem a perda de água. Isto concorda com as considerações de LANG (1965), de que as sementes mais sensíveis à perda de água encontram-se entre as espécies tropicais e subtropicais. Em *Citrus grandis* Hassk. (Rutaceae), por exemplo, cujo conteúdo de água inicial é de mais de 120% do pêso sêco (semelhante ao de *Andira humilis*), um decréscimo que leve o conteúdo de água a 52%, diminui a germinabilidade (BARTON, 1943).

Os resultados obtidos para *Andira humilis* em condições seminaturais, com frutos inteiros, indicam a existência de um mecanismo natural de rompimento das barreiras mecânicas e de difusão representadas pelo pericarpo, e que são efetivos numa parte dos frutos. Êsses mecanismos naturais evidentemente não operam em condições de laboratório, impedindo a germinação de embriões envoltos pelo endocarpo intacto, mesmo em temperatura ótima. Êsse impedimento deve ser causado em parte por deficiência de trocas gasosas através do endocarpo intacto; além disso deve ocorrer um certo impedimento

mecânico pois, mesmo em frutos escarificados, a porcentagem de germinação é baixa.

Sem dúvida, na natureza, a decomposição ou a desorganização rápida do endocarpo deve propiciar as condições para a germinação. Os dados existentes sobre a germinação de *Andira humilis* em condições semi-naturais, além dos contidos neste trabalho, restringem-se às observações de RIZZINI (1965) e de RIZZINI e HERINGER (1966), que mencionam ocorrência de germinação a partir do 29º e do 32º dia, chegando até 8 meses. Infelizmente não são indicados os detalhes da experiência, no que se refere aos envoltórios do embrião.

Com referência aos efeitos da temperatura sobre a germinação, várias considerações podem ser feitas. A situação dos pontos cardiais de temperatura (mínima, ótima e máxima) coloca as sementes de *Andira humilis* em posição um pouco diversa daquela das sementes de plantas de regiões temperadas. Estas, muitas vezes apresentam uma larga faixa de variação de temperaturas de germinação, geralmente entre 0°C e 30°C (LANG, 1965). Como exemplo típico dêsse comportamento em Leguminosas Papilionáceas de clima temperado, temos *Vicia graminea* Sm., que ocorre na América do Sul atingindo o Brasil meridional até Santa Catarina, e aparecendo em áreas isoladas em Minas Gerais; sua faixa de germinação vai de 1°C a 33°C (LABOURIAU, 1967). O ótimo de temperatura para a germinação de *Andira humilis* encontra-se entre os mais elevados conhecidos, pois LANG (1965) cita como exemplos de ótimos elevados: *Paspalum notatum* Flueg. — *Gramineae* (35°C a 40°C), *Saccharum aegyptiacum* Willd. — *Gramineae* (37°C) e *Amaranthus retroflexus* Linn. — *Amaranthaceae* (42°C). Quanto aos limites extremos, o mínimo está dentro da faixa de 10°C a 20°C, característica do mínimo de plantas tropicais; o máximo é elevado, pois este ponto cardinal de germinação raramente excede 40°C (LANG, 1965). Dentre os tipos de comportamento quanto aos pontos cardiais de temperatura, estabelecidos para plantas daninhas européias (Ellenberg, 1950; Lauer, 1953, in LANG, 1965) a semente de *Andira humilis* seria do tipo de *faixa estreita, com intervalo ótimo elevado* (mínimo cerca de 20°C, ótimo entre 25°C e 40°C).

O gráfico da figura 93 permite o traçado de dois arcos de hipérbole característicos (figura 96), cujo formato define o comporta-

mento cinético médio da germinação das sementes da espécie em relação à temperatura. Este critério aplicado a outra espécie (*I'icia graminea* Sm.), com base nos dados de LABOURIAU (1967), permite a obtenção de dois ramos longos de hipérbole, aproximadamente simétricos em relação a faixa ótima (figura 97). Verifica-se que as hipérbolas obtidas para *Andira humilis* apresentam ramos muito desiguais. Comparando-se as curvas para as duas espécies (figuras 96 e 97) compreende-se que a condição de um mínimo e um ótimo altos, combinados com os limites máximos impostos pela termolabilidade das proteínas condicionam a impossibilidade de ocorrerem hipérbolas de ramos simétricos, em *Andira humilis*.

E' possível que êsses tipos de curvas cinéticas de germinação definam padrões característicos de comportamentos de sementes, principalmente se considerarmos que as duas espécies aqui referidas pertencem a regiões climáticas bem distintas. Isto talvez possibilite a utilização de um nôvo critério de classificação do comportamento de sementes, quanto à temperatura. Para tanto é necessário o estudo de várias espécies cujas sementes possam definir êsses padrões.

A germinação à temperatura alta, com inibição da emergência da radícula, indica a existência de limitações diferentes para o desenvolvimento dos vários órgãos da plântula. Este fato, conhecido para outras espécies (LANG, 1965), será tratado com maior detalhe na parte referente à plântula.

Pelo que foi abordado neste capítulo, só se pode dar uma interpretação parcial do comportamento ecológico das sementes de *Andira humilis* nos Cerrados, em condições naturais. No contexto ecológico dos Cerrados, é notório que as barreiras de difusão da semente e as condições de temperatura devem ser, pelo menos em parte, fatores limitantes dessa germinação. Entretanto, o grau de influência dêsses fatores, só pode ser verificado através de um trabalho dirigido mais no sentido ecológico, ou seja, aproximando-se as condições experimentais das que prevalecem no Cerrado.

E' claro que os resultados aqui obtidos revelam básicamente o comportamento de uma espécie típica do Cerrado, comportamento que sem dúvida é adaptado a determinadas condições dessa formação. Entretanto, o alcance ecológico das observações realizadas re-

fere-se quase que unicamente a esta espécie, até que o estudo de várias outras permita chegar-se a algumas generalizações. Estes resultados abrem, porém, perspectivas para várias pesquisas de interesse específico, e possivelmente geral:

a) verificação da relação entre o conteúdo de água dos embriões e sua germinação;

b) estudos sobre as alterações citológicas e histológicas em torno da radícula, durante o processo germinativo (a radícula rompe os tecidos dos cotilédones, antes de emergir);

c) determinação do comportamento de frutos e de embriões isolados, em situações de Cerrado e próximas às de Cerrado, com controle de algumas variáveis (temperatura, suprimento hídrico, etc.);

d) elaboração de um critério que permita definir graficamente os padrões de comportamento de sementes em relação à temperatura.

#### V — A PLÂNTULA — ESTUDO COMPARADO DA PLANTA JOVEM COM A PLANTA ADULTA

O objetivo principal dos estudos que constituem esta parte do trabalho foi a verificação das modificações morfológicas que ocorrem no período de transição entre a plântula e uma planta em fase de estabelecimento no seu meio ambiente. Além disso, foi feito um estudo comparativo do balanço hídrico dessas plantas jovens com plantas adultas.

Quanto à morfologia, alguns aspectos foram tratados superficialmente, embora fôsse reconhecido o interesse por um estudo mais detalhado. Assim, a orientação adotada foi a de estudar com mais pormenores o órgão essencialmente ligado à transpiração, ou seja, o folíolo.

Alguns problemas de maior interesse, como a morfogênese e histogênese das folhas, além da vascularização da plântula, foram abordados como um levantamento inicial que poderá servir como ponto de partida para futuros estudos mais pormenorizados.

## 1 — *Morfologia*

### 1.1 — *Metodologia*

De um modo geral as técnicas foram as mesmas descritas em II, 2.1. Para o estudo das estruturas da raiz e do caule, utilizaram-se cortes feitos à mão livre, corados com verde iodo acético e carmim de Grenacher (DOP e GAUTIE, 1909). Para o estudo da vascularização da plântula, as peças foram diafanizadas em solução de hipoclorito de sódio a 50% em água, desidratadas, coradas com safranina e conservadas em xilol.

Para estudar a venação foliar, os folíolos foram preparados segundo técnica utilizada por HANDRO (1964). A fotografia da rede total de nervuras foi obtida utilizando-se a própria preparação como se fôsse um "negativo". A densidade dos estômatos foi determinada segundo técnica descrita por LABOURIAU, OLIVEIRA e SALGA-DO-LABOURIAU (1961), calculando-se a média ( $\bar{x}$ ), o desvio padrão ( $s$ ), o erro padrão da média ( $s_x$ ) e o coeficiente de variabilidade ( $V$ ):

### 1.2 — *Resultados*

#### 1.2.1 — *Alguns aspectos do desenvolvimento da plântula*

Após a germinação, quando as plântulas são mantidas em temperaturas acima de 30°C, a raiz apresenta rápido crescimento, atingindo em 10 dias cerca de 10cm. Normalmente, ao redor do 10º dia após a germinação, emerge a plúmula. Os estágios sucessivos da plântula estão representados nas figuras 98 a 103. Note-se que nos primeiros estágios o meristema apical fica recoberto por vários catáfilos sobrepostos. Em baixa luminosidade os entrenós ficam alongados, e os catáfilos, conseqüentemente, muito espaçados (figuras 101 e 103). As duas primeiras folhas têm um número de folíolos que varia de planta para planta: geralmente de 3 a 7, ocorrendo também folhas uni ou bifolioladas. Deve-se salientar que as folhas novas são sempre avermelhadas, tanto as das plântulas como as que aparecem nas folhas adultas.

Dois fatos interessantes foram registrados com referência ao crescimento do epicótilo. Quando após a germinação em temperatu-

ra ótima, os embriões são removidos para placas de Petri mantidas em temperatura ambiente relativamente baixa, o crescimento da raiz torna-se lento, mas não é interrompido, podendo alcançar cerca de 15cm em três meses. Não ocorre, entretanto, a emergência da plúmula. Neste caso, um corte longitudinal da região do eixo embrionário mostra que a plúmula praticamente não se alterou após a ocorrência da germinação (figura 104). Observou-se porém, a ocorrência de numerosos tricomas de vários tipos, nos bordos e ápices dos primórdios foliares (figura 105). Em condições normais, ocorrem tricomas em pequeno número, e de constituição mais delicada.

Embriões germinados em temperatura ótima, e posteriormente enterrados, no início da estação fria, em geral não apresentam desenvolvimento da plúmula. Em alguns casos a plúmula emerge, mas tal crescimento cessa logo que o epicótilo emerge do solo. A raiz continua crescendo e ultrapassa 20cm de comprimento em dois meses (figura 106). Na parte do epicótilo que fica enterrada nota-se a ocorrência de gemas bem desenvolvidas, na axila dos catáfilos (figura 108). A figura 107 mostra as relações vasculares entre epicótilo, raiz e cotilédones, observando-se ramos de feixes vasculares que se dirigem a cada um dos cotilédones.

Mais um fato, de extrema importância, foi observado com respeito à plântula: embriões germinados no laboratório, e nos quais apenas a radícula havia sido emitida, foram removidos das condições favoráveis de temperatura e umidade, mas mantidos em placas de Petri a seco e à temperatura ambiente durante 8 meses (fevereiro a outubro de 1968). As raízes (algumas já ramificadas) ficaram recobertas de súber, não havendo outras alterações externas. Após esse período, as plântulas foram recolocadas em condições favoráveis, e as raízes emitiram novas ramificações, havendo em seguida a emergência da plúmula, retomando as plântulas o seu desenvolvimento. Esta interrupção e subsequente retomada do desenvolvimento não ocorre em plântulas em que já emergiu a plúmula. As plântulas neste caso, morrem.

Estas observações mostram que as plântulas de sementes recém germinadas podem suportar um longo período desfavorável sem perecer.

### 1.2.2 — *Algumas características estruturais da plântula*

*Epicótilo* — Um corte longitudinal através da plúmula, um a dois dias após sua emergência, mostra a existência de vários catáfílos envolvendo o meristema apical (figura 109). Já neste estágio se observam gemas laterais (figura 110). Num epicótilo de uma plântula após 10 dias da germinação, e tendo cerca de 0,5cm de comprimento, uma série de cortes transversais iniciada pouco acima da base, no sentido base-ápice, mostra as situações representadas na seqüência das figuras 111 a 141. Destacam-se os seguintes fatos:

a) ocorrência de 6 gemas laterais (figuras 114, 117, 122, 124 e 128 (2 gemas). Algumas dessas gemas apresentam primórdios foliares.

b) atividade do meristema marginal em alguns catáfílos, em determinadas regiões, isolando grupos de células (figuras 121 a 124). Pela posição e pelo estágio que representam, não foi possível determinar a significação dessa proliferação de células.

c) os primórdios de elementos foliformes mais internos (sombreados nas figuras 131 a 139) apresentam nítida divisão apical em três partes, indicando claramente que produzirão folhas compostas, ou pelo menos, catáfílos com o ápice subdividido. O elemento foliforme mais interno é visto em detalhe na figura 142. Os demais catáfílos apresentados nesta série, principalmente os mais externos, não apresentam subdivisão no ápice.

d) a filotaxia é nitidamente alterna.

e) a estrutura nodal é trilacunar, que é a mais comum entre as Rosales (SINNOT, 1914).

Um dos catáfílos que apresentam subdivisão apical é visto na figura 143, em detalhe. Nota-se uma estrutura de folha nos estágios iniciais de diferenciação dos tecidos.

No estágio de desenvolvimento do epicótilo representado nesta série, ele apresenta somente estrutura primária, tendo apenas procâmbio. A partir deste estágio, o procâmbio dá origem ao sistema vascular, que já apresenta início de estrutura secundária quando ocorre o desdobramento da primeira folha (figura 145).

**Raíz** — A estrutura primária da raiz é representada na figura 144. É uma raiz poliarca, geralmente heptarca ou octarca, isto é, com 7 a 8 polos de xilema. Pode, entretanto, haver variações para mais ou para menos. O rápido desenvolvimento da raiz faz com que, nas plântulas com 4 a 5 dias após a germinação, já ocorra início de estrutura secundária.

**Fôlha** — Logo após o desdobramento, os folíolos são vermelhos e delicados. Apresentam aspectos anatômicamente interessantes, principalmente levando-se em consideração a estrutura da fôlha adulta. O diagrama do folíolo em corte transversal (figura 148) mostra a existência de camadas subepidérmicas de células com antocianina, o que confere cor vermelha às fôlhas. Tanto as células desta camada, como as mais internas, contêm cloroplastos. Na região da nervura central destacam-se grupos de células em diferenciação, notando-se já alguns elementos vasculares completamente formados (detalhe na figura 150). Inferiormente à região dos feixes vasculares existe uma fileira de células contendo grãos de amido. Na face inferior do folíolo, há tricomas sempre orientados com o ápice no sentido do bordo. Na face superior os tricomas se limitam à região da nervura mediana. A figura 149 mostra o corte transversal, em detalhe, da região entre a nervura central e o bordo. Os elementos condutores são limitados superior e inferiormente por células aclorofiladas (na figura, em pontilhado). A cutícula é pouco espessa; os tricomas são curtos, pluricelulares, e ficam sempre deitados sobre a epiderme. A epiderme inferior (figura 151) apresenta estômatos em vários estágios de desenvolvimento, ocorrendo poucos totalmente formados. Os tricomas (figura 152) apresentam células basais pequenas e uma célula apical grande, o que dá a impressão de que eles são unicelulares quando a epiderme é observada em vista frontal. A epiderme superior é representada na figura 153, notando-se a ausência de estômatos e tricomas.

### 1.2.3 — *Características morfológicas das plantas jovens*

As plantas jovens, tanto as de dois meses como aquelas de sete, apresentam praticamente as mesmas características, variando apenas o grau de crescimento: o comprimento da raiz aos dois meses atinge geralmente 50cm, e aos sete pode chegar a 1 metro. Ocorrem ainda diferenças quanto ao crescimento em espessura do caule e da raiz, e

pequenas diferenças quanto à estrutura foliar. O aspecto de uma planta aos sete meses é representado na figura 154. Até esta idade aparecem geralmente quatro fôlhas, sendo que outras só aparecerão na estação chuvosa seguinte.

*Raíz* — Sua estrutura, aliás, típica de raíz, está representada em diagrama na figura 146 (planta de 7 meses, região do corte indicada na figura 154) na qual se observa ainda, protoxilema. A região que constitui o cortex é formado por parênquima, fibras do floema e escleritos.

*Caule* — Representado em corte transversal na figura 147, sua estrutura revela pequenas variações de planta para planta, principalmente quanto ao desenvolvimento da periderme.

*Fôlha* — Num folíolo de uma planta de dois meses, um corte transversal mostra que as células incolores que se dispunham acima e abaixo dos feixes vasculares (figura 149), deram origem a fibras (figura 156), o que dá em conjunto o aspecto representado na figura 155. Isto provavelmente torna esta fôlha heterobárica. Ainda na figura 156 observa-se a presença de um parênquima lacunoso pouco conspícuo. Não ocorre mais antocianina nas células subepidérmicas. Na epiderme inferior já existe grande número de estômatos formados completamente (figuras 156 e 157). O número de tricomas diminui, observando-se inclusive cicatrizes de tricomas que caíram. A epiderme superior tem o mesmo aspecto encontrado na fôlha adulta, somente que as paredes das células são menos espessas. A nervura central nesta fase já se encontra totalmente envolvida por um anel de esclerênquima.

#### 1.2.4 — *Anatomia foliar da planta adulta*

*Venação* (figura 158) — É do tipo broquidódromo (Ettingshausen, 1861, in FELIPPE e ALENCASTRO, 1966), ocorrendo pequenas variações. O detalhe da venação menor mostra que ocorrem poucas terminações livres (figura 159).

*Epidermes* — A epiderme superior (figura 161) apresenta células mais ou menos regulares, de secção poligonal, com paredes bem espessas. A epiderme inferior (figura 164) apresenta numerosos es-

tômatos, poucos tricomas, e disposição das células variada e irregular. Os tricomas estão situados sobre as nervuras.

*Estrutura em corte transversal* — A região entre a nervura principal e o bordo está representada nas figuras 166 e 167. Pelo diagrama (figura 166), observa-se nitidamente as traves de fibras, e a grande espessura da cutícula. Pelo estudo da estrutura em detalhe (figura 167), verifica-se que o parênquima clorofiliano é do tipo paliçádico compacto, sem vestígio de parênquima lacunoso. As células desse parênquima têm paredes bem espessas em relação à células normalmente encontradas em parênquima clorofiliano, apresentando, inclusive, indícios de lignificação. A cutícula chega a ser mais espessa que o diâmetro das células epidérmicas. Os estômatos são relativamente aprofundados em virtude do grande desenvolvimento da cutícula (figuras 162 e 163). Os tricomas estão sempre próximos ou até em conexão com os escleritos subjacentes às nervuras, apresentando como que um “pé” embutido na epiderme (figura 160).

A região da nervura central está representada em diagrama na figura 165, vendo-se um detalhe na figura 168. Pelo diagrama verifica-se que o conjunto de elementos vasculares é limitado externamente por um anel de esclerênquima. Os elementos vasculares se distribuem de maneira quase que circular. O detalhe da nervura central (figura 168) mostra que ela é constituída geralmente por células de paredes espessas, de vários tipos, excluindo-se o floema secundário. Destacam-se: fibras do anel externo de esclerênquima; parênquima de células espessadas na região central da nervura; grandes escleritos isolados, na região inferior do anel de esclerênquima, e células contendo grãos de amido, entre os elementos lenhosos.

#### 1.2.5 — *Densidade de estômatos*

Os resultados acham-se na tabela 8. As diferenças existentes não têm grande significação, pois no caso da amostragem de folhas de plantas jovens é provável que tenham sido consideradas algumas folhas em diferentes estágios de desenvolvimento. O que é importante, é que tôdas as médias se aproximam do número mais comum de estômatos para folhas de condições mesofíticas, ou seja, 400/mm<sup>2</sup> (EAMES e MACDANIELS, 1947).

TABELA 8

Número de estômatos por mm<sup>2</sup>

	x	s <sub>x</sub>	s	V (%)
Fôlha adulta	496	8,7	86	17,4
Fôlha de 7 meses	413	8,1	83	20,0
Fôlha de 2 meses	370	8,9	88	23,8

1.3 — *Comentários*

Os trabalhos sôbre desenvolvimento de plântulas de espécies dos Cerrados são escassos, talvez pelo fato de que até recentemente as pesquisas sôbre plantas dessa formação não tivessem sido voltadas para o problema da germinação. Esse interêsse evidentemente aumentou, em virtude da comprovação de que, em muitas espécies, é freqüente a germinação de sementes em condições naturais (LABOURIAU, VÁLIO, SALGADO-LABOURIAU e HANDRO, 1963; LABOURIAU, VÁLIO e HERINGER, 1964; VÁLIO e MORAES, 1966). Até então, a multiplicação de plantas dos Cerrados através de sementes era encarada ou como “uma pura exceção” (WARMING, 1908, pg. 99), ou então, seria restrita a Cerrados novos ou em estabelecimento, mas ausente nos Cerrados velhos, bem estabelecidos (FERRI, 1960). Assim, os únicos trabalhos que tratam de plântulas, aparecem a partir de 1965, e são os de RIZZINI (1965) e de RIZZINI e HERINGER (1966). Dêstes trabalhos, o mais detalha do é o de RIZZINI (1965), em que várias espécies são estudadas do ponto de vista da morfologia externa e crescimento durante os dois primeiros anos de vida, além de anotações sôbre a germinação.

Algumas das informações contidas neste trabalho já haviam sido obtidas por RIZZINI (1965), em *Andira humilis*: o hábito de germinação hipógeo e a persistência dos cotilédones em plantas de até dois anos. O exame detalhado de outras características, entretanto, pôde mostrar a existência de novas situações.

Assim, nas fases iniciais da vida da plântula, ocorrem dois fatos de grande repercussão fisio-ecológica: a possível inibição da gema apical em temperaturas baixas (não emergência da plúmula), e a produção de muitas gemas laterais na parte subterrânea do epicó-

tilo, antes do desdobramento da primeira fôlha. É possível que as exigências de temperatura para o crescimento do epicótilo e da radícula sejam distintas, e também diferentes das condições termométricas ótimas para a germinação. Isto, sem dúvida, aumentaria o número de fatores limitantes à ocorrência de plantas oriundas de germinação de sementes em condições naturais, pois haveria necessidade, para o desenvolvimento ótimo, de seqüências de ótimos talvez bem diferentes. Estas situações ecológicas de uma seqüência precisa de condições de temperatura são conhecidas em muitas espécies de clima temperado (cf. WENT, 1948).

Se êste fato fôsse verdadeiro, explicar-se-ia em parte a inibição de gemas apicais da planta na estação fria, e também a produção de fôlhas novas somente no início da estação chuvosa (que nos Cerrados coincide com o início da estação quente). Como sempre ocorrem fôlhas novas nas plantas adultas após a estação fria, poder-se-ia também pensar numa quebra de dormência das gemas causada pelo frio, como ocorrem muitas espécies. Isto, entretanto, é pouco provável, pois plantas germinadas no verão produzem fôlhas imediatamente. Contudo, êstes são problemas que permanecem abertos.

É perfeitamente plausível que o hábito de *Andira humilis*, de produção de ramos subterrâneos em maior número que ramos aéreos, seja uma consequência de dois fatos principais: a ocorrência de grande número de gemas laterais no epicótilo, já nos primeiros estágios, e o desenvolvimento de gemas situadas lateral e subsuperficialmente, como decorrência da supressão da dominância dos meristemas que ficam expostos a condições adversas. Desta maneira, somente em condições especiais seriam emitidos ramos aéreos. RIZZINI e HERINGER (1966) mostram que a ausência de caule aéreo bem desenvolvido em várias espécies dos Cerrados é relativamente comum, podendo esta ausência ser de dois tipos: a) espécies em que o hábito é exclusivamente de ramos subterrâneos, nunca ocorrendo caule aéreo; b) espécies em que o hábito mais encontrado é o de ramos subterrâneos, mas que em certas condições (Cerrados protegidos, por exemplo), podem desenvolver ramos aéreos. No primeiro caso, êsses caracteres seriam geneticamente determinados, pois as plantas sempre produzem êste tipo de ramificação subterrânea.

No segundo caso, o hábito seria uma consequência das devastações periódicas que sofrem os Cerrados. Neste último caso, os autores citados incluem *Andira humilis*. Entretanto, se é verdadeiro que *Andira humilis* não forma ramos subterrâneos imediatamente após a germinação (como aquelas espécies que só produzem ramos subterrâneos), também não se pode admitir que a formação destes ramos, em *Andira humilis*, seja oriunda apenas de causas traumáticas de origem antrópica (fogo, corte, etc.). O fato de que plantas de 5 anos de idade (figura 31), crescendo em condições favoráveis, não ultrapassam 30cm de altura (o ramo principal não atinge 10cm), além da ocorrência de plantas de *Andira humilis* em Cerrado protegido durante 25 anos (1), e que não atingem 30cm de altura — tudo isto indica que, muito provavelmente, em certas populações êsse caráter seja determinado geneticamente. É possível, entretanto, que em certas populações ocorra uma norma de reação mais ampla.

Tais problemas, entretanto, só podem ser resolvidos pela cultura dessas plantas em diferentes condições, acompanhando-se o seu desenvolvimento. Sem dúvida, seria interessante a cultura de espécies que apresentassem formas diferentes, a fim de verificar se essas formas se mantêm em cultura.

Um outro aspecto interessante é a persistência dos cotilédones em plantas de até 6 anos. A persistência de cotilédones, ocorre em outras espécies dos Cerrados, como *Pouteria torta* (Mart.) Radlk. (*Sapotaceae*) e *Annona crassiflora* Mart. (*Annonaceae*), além de *Simmondsia chilensis* (Link.) Schne. (*Buxaceae*), dos desertos mexicanos (cf. RIZINI, 1965). Foi observado êste fato também para *Couepia ovatifolia* Benth, *Rosaceae-Chrysobalanoideae* da Restinga (DAU, 1968). Nas três primeiras espécies citadas, onde foi observada a persistência dos cotilédones por dois anos, verificou-se que também após a germinação, a raiz cresce de 15-30cm sem que ocorra a emergência da parte aérea. É presumível que as reservas dos cotilédones sejam consumidas nesta primeira fase, o que se verifica em *Andira humilis*. O papel desempenhado pelos cotilédones daí por

---

(1) — Trata-se de uma área de Cerrado pertencente à Estação de Biologia e Piscicultura do Ministério da Agricultura em Emas (Pirassununga, São Paulo), protegida contra devastação e fogo, e utilizada por pesquisadores do Depto. de Botânica da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da U.S.P.

diante, é uma interrogação. É sem dúvida, um problema que merece ser estudado em detalhe.

A ocorrência de fôlhas tão escleromorfas em *Andira humilis*, característica que já se manifesta perfeitamente aos sete meses de idade, sugere a possibilidade de se utilizar esta espécie para mais uma tentativa de verificação experimental da hipótese do escleromorfismo oligotrófico (ARENS, 1956, 1958 e 1963). Esta hipótese, aventada para espécies lenhosas, foi testada de maneira inconcludente por BEIGUELMAN (1962). HANDRO (1966) fez uma tentativa com uma planta escleromorfa de porte herbáceo, sendo que os resultados demonstraram que na espécie estudada (*Gomphrena prostrata* Mart. —*Amaranthaceae*), um suprimento hídrico regular e uma nutrição mineral balanceada não afetam o caráter escleromorfo. Outras tentativas não foram feitas em virtude da dificuldade de se fazer esse trabalho experimental em laboratório, com plantas lenhosas. A facilidade de cultura de *Andira humilis* em laboratório sugere o emprego desta espécie em mais uma tentativa de solução para este problema ainda aberto.

## 2 — *Balanço hídrico da planta jovem e da planta adulta*

### 2.1 — *Metodologia*

#### 2.1.1 — *Material utilizado e época das observações*

As observações foram realizadas em Cerrado protegido existente na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba (Horto Florestal), em Paraopeba, Estado de Minas Gerais. As plantas adultas faziam parte da população do Cerrado local. As plantas jovens foram obtidas da seguinte maneira: plântulas oriundas de sementes germinadas em laboratório, em São Paulo, com cerca de 5 dias eram plantadas em saquinhos plásticos contendo solo do Cerrado de Paraopeba. Após 15 dias, quando as primeiras fôlhas começavam a se desdobrar, as plantinhas foram levadas ao Cerrado supramencionado, e plantadas próximas às plantas adultas, retirando-se o saco plástico. Esse plantio foi feito no mês de dezembro, em plena estação chuvosa. No mês de fevereiro seguinte fizeram-se as observações referentes à estação chuvosa, e no mês de agosto do mesmo ano, as referentes à

estação seca. Portanto, na estação chuvosa as plantas jovens tinham cerca de dois meses e meio de idade, e na estação seca, cerca de sete meses. As épocas de plantio e das observações em relação a pluviosidade de Paraopeba, durante o período das observações, estão indicadas na figura 169. Deve-se salientar que a região apresenta estações chuvosa e seca bem distintas (VÁLIO, MORAES, MARQUES e CAVALCAINTE, 1966a). Os dados pluviométricos foram fornecidos pela própria Estação Florestal.

### 2.1.2 — *Dados meteorológicos*

*Temperatura e umidade relativa:* foram determinadas por um psicrômetro de Assman, marca “Wilh. Lambrecht”. Os dados de umidade relativa foram obtidos através de um ábaco psicrométrico segundo D. Sonntag, fornecido com o aparelho. O aparelho foi colocado à sombra, próximo das plantas em estudo.

*Evaporação:* foi determinada por processo gravimétrico descrito por LABOURIAU e SALGADO-LABOURIAU (1961), com auxílio de uma balança de torção “Hartmann & Braun”, modelo Wjm 500. O peso do evaporímetro cheio nunca ultrapassou a carga máxima permitida para a faixa de maior sensibilidade da balança. A evaporação foi determinada sempre concomitantemente com a transpiração das folhas. Os resultados obtidos foram expressos em  $\text{mg}/\text{dm}^2/\text{min}$ .

*Velocidade do vento:* foi obtida através de um anemômetro colocado próximo das plantas em estudo. Os valores foram expressos em  $\text{m}/\text{seg}$ .

*Radiação solar:* foi determinada com auxílio de um intensímetro de Robitzsch, marca “R. Fuess”, colocado no solo, próximo das plantas em estudo, e expressa em  $\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ .

### 2.1.3 — *Dados sobre o solo*

*Temperatura:* foram tomadas as temperaturas do solo na superfície, a 15cm, a 30cm, a 50cm e a 1m de profundidade, com auxílio de termômetros “R. Fuess” apropriados.

*Conteúdo de água no solo:* foram colhidas amostras de solo superficial (até 10cm), de 50cm e de 1m de profundidade, e coloca-

dos em pesafiltros. Posteriormente, no laboratório, determinou-se o conteúdo de água mediante secagem em estufa a 100°C, com três repetições. O conteúdo de água é expresso em porcentagem do peso seco.

*Capacidade de campo*: determinada segundo a mesma técnica empregada por VÁLIO, MORAES, MARQUES e CAVALCANTE (1966a).

#### 2.1.4 — *Dados fisiológicos*

*Transpiração*: foi empregado o método das pesagens rápidas de folhas isoladas; no caso de *Andira humilis* pesaram-se os folíolos. As pesagens foram feitas em balança de torção “Jung-Heidelberg”, simultaneamente para plantas jovens e adultas, e também simultaneamente com as pesagens do evaporímetro. Isto permite expressar os valores do quociente transpiração/evaporação em porcentagem. As vantagens deste processo são expostas por LABOURIAU, OLIVEIRA e SALGADO-LABOURIAU (1961), e o processo tem sido adotado nos mais recentes trabalhos sobre balanço hídrico de plantas dos Cerrados (VÁLIO, MORAES, MARQUES e CAVALCANTE, 1966a, 1966b; VÁLIO, MORAES, MARQUES, MATOS e de PAULA, 1966a, 1966b).

Quanto às possíveis críticas ao método das pesagens rápidas, não se pretende discutí-las aqui (1). O que se levou em consideração foi o seguinte: a) todos os trabalhos até agora realizados sobre balanço hídrico de plantas dos Cerrados, bem como de outras formações vegetais do Brasil, empregaram este método; portanto, somente este método permite comparação com os dados já existentes; b) se existem dúvidas quanto à eficácia do método na avaliação dos dados absolutos da transpiração, o mesmo não se pode dizer quanto ao estabelecimento do comportamento diário da planta.

A transpiração, para efeito de construção da curva de andamento diário, foi determinada a intervalos de duas horas durante o dia, e três horas durante a noite, pesando-se, de cada vez, um folíolo di-

---

(1) — Uma discussão detalhada das críticas ao método das pesagens rápidas encontra-se em COUTINHO (1962).

ferente durante três minutos, a intervalos de um minuto. O ponto na curva de andamento constitui a média desses três minutos. Uma segunda fôlha era pesada logo após a primeira, com intervalos de três minutos, até a estabilização da perda de pêso. Com êstes dados foram construídos os gráficos de velocidade de fechamento hidroativo dos estômatos (dados apresentados como transpiração relativa) Isto permite o cotejo dos dados de duas fôlhas diferentes, praticamente à mesma hora, possibilitando verificar se existem discrepâncias de comportamento.

Além disso, para maior segurança, uma terceira fôlha era pesada nas horas intemediárias, durante três minutos. Êstes dados foram utilizados somente para maior contrôle, não sendo apresentados neste trabalho. As determinações de áreas foliares foram feitas segundo LABOURIAU, OLIVEIRA e SALGADO — LABOURIAU (1961).

*Deficit de saturação foliar:* foi calculado empregando-se o índice de Stocker:

$$D. S. = \frac{\text{pêso saturado} - \text{pêso fresco}}{\text{pêso saturado} - \text{pêso sêco}} \times 100$$

O pêso saturado foi determinado segundo VÁLIO, MORAES MARQUES e CAVALCANTE (1966a).

*Conteúdo de água foliar:* foi determinado pela expressão:

$$C. A. = \frac{\text{pêso frêsko} - \text{pêso sêco}}{\text{pêso sêco}} \times 100$$

levando-se em conta as considerações feitas por BEZERRA DE OLIVEIRA, VÁLIO, FELIPPE e CAMPOS (1962) e LABOURIAU, FELIPPE e VÁLIO (1962).

*Abertura estomática:* não é possível a utilização de técnicas pométricas, pois a fôlha é heterobárica (veja V, 1. 2. 4). A própria técnica de infiltração por líquidos é difícil em fôlhas com esta estrutura (COUTINHO, 1962), embora já tenha sido aplicada em

*Andira humilis* (FERRI, 1944; FERRI e COUTINHO, 1958; COUTINHO e FERRI, 1960). Entretanto os resultados aqui obtidos foram muito variáveis e duvidosos, pelo que se abandonou a referida técnica. Apenas as curvas de fechamento hidroativo dos estômatos servem para a avaliação do grau de abertura estomática.

2 — Resultados

2.2.1 — Estação chuvosa

2.2.1.1 — Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos são apresentados na figura 170, juntamente com os dados fisiológicos. A velocidade de vento variou entre 0-3m/seg. A ocorrência de ventos foi extremamente inconstante, não se justificando a colocação dos dados em gráfico, nem sua utilização na interpretação dos resultados fisiológicos. Foi observado orvalho à noite, a partir de 23-24 horas.

2.2.1.2 — Dados de solo

As variações de temperatura do solo comparadas com a temperatura do ar estão representadas na figura 171. Verifica-se que somente nas camadas superficiais (até 15cm) o solo sofre influência marcante da temperatura do ar, ultrapassando durante a maior parte do período a temperatura das camadas mais profundas. Os dados sobre conteúdo de água e capacidade de campo são apresentadas na tabela 9.

TABELA 9

PROFUNDIDADE	CONTEÚDO DE ÁGUA		CAPACIDADE DE CAMPO
	estação chuvosa	estação seca	
até 10 cm	26,0%	14,8%	65,0%
50 cm	26,9%	24,5%	
1 m	27,4%	30,1%	

2.2.1.3 — Dados fisiológicos

Os dados de balanço hídrico estão representados nas figuras 170 e 172. Deve ser observado o seguinte:

a) a curva de transpiração mostra que na planta adulta ocorre um máximo às 14 horas, e na planta jovem, às 16 horas. Até 10-11 horas a curva de transpiração não acompanha a curva de evaporação. A partir das 11 horas a transpiração aumenta, decrescendo à tarde, sendo praticamente nula no período noturno. O máximo de transpiração da planta adulta corresponde ao máximo de evaporação, o que não se dá com a planta jovem, cujo máximo de transpiração ocorre 1-2 horas depois do máximo de evaporação. Os valores de transpiração são mais altos na planta jovem.

b) as curvas de transpiração relativa (T/E) das duas plantas são aproximadamente concordantes. Os valores mais altos foram encontrados pela manhã (6-9 horas), geralmente acima de 50%. Os valores mínimos durante o dia ocorrem às 10 e às 18 horas.

c) os valores de deficit de saturação foliar foram baixos para as duas plantas, quase nunca ultrapassando 10%. O deficit máximo para a planta jovem ocorre entre 12-14 horas, enquanto que a planta adulta se mantém nos níveis mais elevados das 10 às 14 horas. Esses deficits mais elevados coincidem aproximadamente com os valores maiores de transpiração.

d) o conteúdo de água foliar na planta adulta apresenta valores baixos (78-95%), com pouca variação. Os valores mais baixos geralmente coincidem com os valores mais altos do deficit de saturação. Nas plantas jovens o conteúdo de água é bem maior, crescendo durante o dia. Deve-se salientar que, no caso das plantas jovens, ocorrem valores discrepantes, presumivelmente pelo fato de terem sido utilizadas folhas em diferentes estágios de desenvolvimento, apesar do critério utilizado para obtenção de folhas comparáveis. Isto reduz o valor do dado na interpretação do comportamento diário dessas plantas.

e) a transpiração relativa (T/E) de folhas diferentes, durante as observações, em pesadas sucessivas da mesma folha, e que teoricamente deve refletir o comportamento hidroativo dos estômatos, mostra o seguinte (figura 172):

e<sub>1</sub> — tanto as plantas adultas como as jovens transpiram livremente às 8 horas (valores iniciais altos, e fechamento estomático lento). A velocidade de fechamento é maior na planta jovem;

$e_2$  — ocorre restrição de transpiração em ambas as plantas às 10 horas (valor inicial de T/E menor que 10%, e constante);

$e_3$  — aumento de T/E da planta jovem a partir das 12 horas, sem entretanto alcançar os valores atingidos às 8 horas. A planta adulta também aumenta a T/E às 12 horas, decrescendo nas horas seguintes;

$e_4$  — fechamento rápido dos estômatos das plantas jovens nas horas mais críticas (12-16 horas).

### 2.2.2 — *Estação seca*

#### 2.2.2.1 — *Dados meteorológicos*

Os dados meteorológicos são apresentados na figura 173. O vento foi de ocorrência inconstante; sua velocidade variou entre 0-3,5 m/seg. Foi observado orvalho à noite, a partir das 24 horas.

#### 2.2.2.2 — *Dados de solo*

As variações de temperatura estão representadas na figura 174. Não foi possível determinar a temperatura a 1m durante o período todo, em virtude da pouca consistência do solo (sêco), que impedia que o termômetro fôsse recolocado corretamente no mesmo local. Como as variações a essa profundidade são mínimas (veja 2.2.1.2), pode-se admitir para o período todo a temperatura observada inicialmente. Deve-se notar que ainda a 15cm a temperatura varia bastante no decorrer do período, mas praticamente é sempre mais baixa que nas profundidades de 50cm e 1m (o contrário do que ocorre na estação chuvosa). Os dados sobre conteúdo de água e capacidade de campo são apresentados na tabela 9.

#### 2.2.2.3 — *Dados fisiológicos*

Os valores de balanço hídrico estão representados nas figuras 173 e 175. Deve ser salientado o seguinte:

a) a curva de transpiração mostra que na planta adulta o máximo ocorre às 10 horas, cai bruscamente às 12 horas, ficando no mesmo nível até as 18 horas, quando cai praticamente a zero. A

planta jovem tem os valores mais altos nas primeiras horas da manhã, atingindo valores bem baixos às 12 horas. Os valores de transpiração são geralmente mais baixos nas plantas jovens. À noite, a transpiração é praticamente nula;

b) as curvas de T/E das plantas jovens e das adultas são concordantes. Os valores mais altos (acima de 70%) ocorrem pela manhã, decrescendo rapidamente. Às 12 horas os valores já atingem aproximadamente 20% na planta adulta e 10% na planta jovem, mantendo-se nesses níveis até a manhã seguinte.

c) os valores de deficit de saturação foliar mantêm-se sempre baixos na planta adulta (3-6%). Na planta jovem o deficit aumenta entre 12-18 horas, chegando a 20%;

d) o conteúdo de água foliar é menor nas plantas adultas não sofrendo grandes variações. A variação nas plantas jovens não é uniforme.

e) a transpiração relativa de fôlhas diferentes, durante as observações, em pesadas sucessivas da mesma fôlha, mostra o seguinte (figura 175):

e<sub>1</sub> — ambas as plantas revelam valores iniciais altos às 8 horas (acima de 60%), mas a planta jovem fecha os estômatos rapidamente.

e<sub>2</sub> — às 10 horas ambas as plantas diminuem bastante a transpiração (valores entre 20 e 40%);

e<sub>3</sub> — ambas as plantas restringem drásticamente a transpiração a partir das 12 horas (valores, incluindo os iniciais, sempre menores do que 20%). Os valores mais baixos ocorrem sempre nas plantas jovens.

### 2.2.3 — *Comparação entre o comportamento das plantas na estação seca e na estação chuvosa*

Pela observação do gráfico da figura 176 pode-se verificar o seguinte:

a) a evaporação atingiu praticamente o mesmo valor máximo nas duas estações. Entretanto, na estação seca o valor máximo é mais ou menos constante durante 8 horas, enquanto na estação chuvosa ele incide geralmente durante 2 horas apenas;

b) a transpiração atinge valores mais altos na estação chuvosa, tanto nas plantas jovens como nas plantas adultas;

c) na estação chuvosa, valores altos de evaporação correspondem a valores altos de transpiração. Na estação seca essa correspondência se dá somente durante certo tempo;

d) na estação chuvosa os valores mais altos de transpiração ocorrem nas plantas jovens; na estação seca, nas plantas adultas;

e) as curvas de T/E mostram que na estação seca os valores de transpiração relativa são extremamente baixos durante dia, não acompanhando o andamento da evaporação. Na estação chuvosa, durante o dia, as curvas de T/E acompanham aproximadamente a curva de evaporação;

f) — na estação seca, a planta jovem tem valores de T/E menores do que a planta adulta; na estação chuvosa observa-se o inverso. Na estação chuvosa, de um modo geral, os valores de transpiração relativa são mais elevados que na estação seca;

g) os valores mais elevados de deficit de saturação foliar são encontrados sempre nas plantas jovens. Na estação seca as plantas adultas apresentam menores valores de deficit de saturação que na estação chuvosa. Nas plantas jovens, entretanto, o deficit é maior na estação seca.

*Em suma:* na estação chuvosa as plantas adultas apresentam pequena restrição da transpiração no início do dia, mas o máximo de transpiração coincide com o máximo de evaporação. As plantas jovens apresentam dois períodos de restrição, sendo que a máxima transpiração é atrasada em relação à máxima evaporação. As plantas jovens apresentam nítido mecanismo restrito por fechamento estomático rápido.

Na estação seca, ambas as plantas restringem a transpiração drasticamente durante o dia. Aparentemente as plantas jovens possuem mecanismo restritivo estomático mais eficiente, em virtude da maior velocidade de fechamento e maior eficácia na retenção de água (valores de T/E sempre mais baixos, mesmo nas horas em que tanto a planta adulta como a jovem estão com os estômatos aparentemente fechados).

### 2.3 — *Comentários*

Importa considerar quanto ao balanço hídrico, duas situações: o comportamento de plantas adultas no contexto dos resultados já conhecidos relativos à mesma espécie (e outras) nos Cerrados, e o comportamento de plantas jovens em relação ao de plantas adultas, nas condições do Cerrado de Paraopeba. É claro que os resultados dessas observações, no primeiro caso, têm um alcance limitado, em virtude das diferenças de condições existentes, e em parte, das técnicas utilizadas.

Conforme muito bem assinalam VALIO, MORAES, MARQUES e CAVALCANTE (1966a), a tônica nos trabalhos de balanço hídrico das plantas dos Cerrados tem sido considerar quase que exclusivamente os dois extremos do caminho de difusão de água do solo ao ar, através da planta: de um lado, o sistema subterrâneo, e do outro, o comportamento estomático. Isto serviu para estabelecer padrões de comportamento das plantas dos Cerrados: as permanentes, geralmente árvores e arbustos, e que têm um sistema radicular profundo e reações estomáticas lentas (FERRI, 1944, 1955); e a “vegetação de verão”, geralmente plantas de porte herbáceo, com sistema radicular superficial e reações estomáticas rápidas. Que os dados obtidos por estes autores são necessários, não se discute; discute-se porém, sua suficiência para a interpretação de certas situações.

Em princípio, uma descrição da difusão de água em função apenas de “estado” inicial e de “estado” final corresponde a uma descrição em termos de variação de sua energia livre. Esta descrição é necessária, mas não suficiente. Um ponto de vista cinético, como o adotado desde Gradman (1928, *in* VAN DEN HONERT, 1948) pretende considerar quel é a etapa de difusão de velocidade mais baixa (concepção catenária). E isso exige o conhecimento e a consideração de todos os trechos do caminho da água entre o solo e o ar, através do organismo vegetal. Todos os fenômenos cuja interpretação exige a consideração de velocidades de processos parciais escapam, assim, à metodologia tradicional de estudos de balanço hídrico nos Cerrados.

Entre os dados que, sem dúvida, devem contribuir para a compreensão de certos fenômenos, estão o conteúdo de água do solo e o conteúdo de água foliar. O primeiro dado (conteúdo de água do solo) encontra-se nos trabalhos de FERRI (1944) e de RACHID (1947), sendo que neste último caso, em unidade não comparável à do primeiro caso. O conteúdo de água foliar não foi determinado nessas investigações pioneiras. Na maior parte dos demais trabalhos sobre balanço hídrico de plantas dos Cerrados, faltam esses dados.

O valor do conteúdo de água foliar adquire maior importância em virtude da hipótese de que valores baixos poderiam constituir uma adaptação aos Cerrados, o que tornaria o funcionamento normal da folha compatível com a estação seca, sem um suprimento muito forte de água. Essa hipótese foi aventada por VÁLIO, MORAES, MARQUES e CAVALCANTE (1966a), tendo em vista valores relativamente baixos de conteúdo de água foliar encontrados em *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. (*Cembretaceae*), árvore muito típica dos Cerrados. Os poucos dados referentes a plantas dos Cerrado (tabela 10) não permitem ainda a verificação dessa hipótese, embora esses dados existentes se enquadram dentro dessa interpretação.

O estudo de plantas de tipo ecológico ainda mais extremado — as espécies típicas da Caatinga, que é uma região botânica caracteristicamente dominada por um regime pluviométrico extremamente errático — revela alguns fatos curiosos. A espécie que parece ser a mais tolerante de todas em relação à escassez de água, é certamente *Capparis yca* Mart. — *Capparideaceae* (SPIX e MARTIUS, 1823; RAWITSCHER, HUECK, MORELLO e PAFFEN, 1952). Esta planta, mesmo quando cultivada no Rio de Janeiro, continua a manter uma baixa hidratura foliar e um mecanismo muito sensível de restrição à transpiração, mesmo em condições de suprimento hídrico muitíssimo menos severas do que no seu habitat natural (LABOURIAU, BEZERRA DE OLIVEIRA e ZAUZA, 1961). Já o mesmo não acontece em outras espécies da Caatinga, como é o caso de *Spondias tuberosa* Arruda. (*Anacardiaceae*). Esta espécie, na Caatinga, fecha os estômatos por reação hidroativa e também por mecanismo fotoativo e, mesmo na estação úmida, só os tem abertos no período matinal (FERRI e LABOURIAU, 1952). No entanto, no Rio de Janeiro,

os estômatos nunca se fecham, nem mesmo à noite (BEZERRA DE OLIVEIRA e LABOURIAU, 1961). Esses exemplos indicam que na flora da Caatinga existem diversos padrões de comportamento hídrico mais ou menos estereotipados, sendo uns puramente fisiológicos e outros geneticamente selecionados, presumivelmente adaptativos, porém não mais controlados pelo meio. *Faltam ainda estudos desse tipo em plantas dos Cerrados.*

O comportamento de plantas adultas de *Andira humilis* no que se refere ao balanço de água, foi estudado em vários Cerrados, na mesma estação (em anos diferentes), mostrando comportamentos concordantes apenas na estação chuvosa, quando ocorre transpiração praticamente sem restrição: em Emas, Estado de São Paulo (FERRI, 1944), e em Paraopeba, Estado de Minas Gerais. Quanto ao comportamento na estação seca, verifica-se pela análise dos gráficos de andamento diário apresentados nos diversos trabalhos, que ocorrem todos os padrões possíveis de comportamento: ausência de restrição, restrição fraca e restrição forte (cf. FERRI e COUTINHO, 1958), e restrição drástica, em Paraopeba, em 1967.

Utilizando a técnica de infiltração por xilol (inadequada para a espécie) verificou-se que os estômatos de *Andira humilis*, em qualquer estação, estão sempre abertos (FERRI, 1944; cf. FERRI, 1955; FERRI e COUTINHO, 1958; COUTINHO e FERRI, 1960). Não ficou explicado o fato de como, numa hora em que ocorre restrição nítida da transpiração, os estômatos se apresentam abertos, ou pelo menos com infiltração nítida de xilol (v. FERRI e COUTINHO, 1958, fig. 4b e tabela 3). O comportamento de plantas adultas estudadas em Paraopeba na estação seca mostrou que, em certas horas de evaporação elevada, a transpiração relativa é muito baixa, e que nas primeiras horas do dia, o possível movimento hidroativo dos estômatos é lento. Pergunta-se então: a restrição apresentada representa realmente o resultado de um fechamento efetivo dos estômatos? Levando-se em consideração o baixíssimo conteúdo de água das folhas adultas de *Andira humilis* (a folha tem menos água que matéria seca), e aceitando-se como válidos os resultados que apresentam essa espécie com estômatos sempre abertas (ou mal fechados), poder-se-ia pensar num tipo de restrição causada apenas por uma retenção de

água, como decorrência da própria estrutura compacta do mosófilo e de seu baixo conteúdo de água. Isto sem dúvida conduziria à existência de um mecanismo adaptativo a condições em que a restrição à perda de água sem uma participação efetiva dos estômatos, seria uma condição de sobrevivência. Se existe possibilidade de um tal mecanismo ocorrer nas plantas adultas, o mesmo não deve ocorrer nas plantas jovens, nas quais os gráficos que representam o comportamento hidroativo dos estômatos mostram que, tanto na estação chuvosa como na estação seca as reações de fechamento estomático são rápidas (figuras 172 e 175), e realmente mais efetivas que nas plantas adultas (os valores de estabilização da transpiração são em geral mais baixos nas plantas jovens).

Levando-se em conta que o conteúdo de água é bem elevado nas plantas de 2 meses e decresce nas plantas de 7 meses (tabela 10), pode-se aventar a existência de dois padrões de comportamento nessa espécie: um de plantas jovens, caracterizado pelo alto conteúdo de água foliar, e por comportamento estomático rápido e efetivo; outro, de plantas adultas, caracterizado pelo baixo conteúdo de água foliar e possível deficiência nas restrições, determinada pelo comportamento estomático. O comportamento de folhas jovens de plantas adultas é outro problema que merece ser levantado: presumivelmente seu comportamento seria o de folhas de plantas jovens. A validade dessas interpretações só poderá ser verificada com estudos sistematizados de balanço hídrico de plantas jovens e adultas de outras espécies dos Cerrados. Não será surpreendente se vierem a ser descobertos diversos padrões de comportamento, operando nas mesmas condições de Cerrado.

Outro fato que deve ser mencionado é referente à profundidade de sistema subterrâneo e ao conteúdo de água do solo em diversos níveis. É lícito esperar-se que nem todas as plantas adultas estejam nas condições daquelas mencionadas por FERRI (1944), cujo sistema subterrâneo atinge o lençol freático. Nos demais casos estudados, essa verificação não foi feita. Quanto às disponibilidades de água para as plantas jovens, sabe-se que na primeira estação seca subsequente ao plantio, seu sistema subterrâneo foi observado até 1m de profundidade, nível em que o conteúdo de água nessa esta-

ção era até pouco superior ao teor de água superficial na estação chuvosa (v. tabela 9). Isto indica que a deficiência de água superficial no solo seria compensada em parte pelo rápido crescimento do sistema subterrâneo, no caso desta espécie. Este fato, aliado ao elevado conteúdo de água foliar e ao mecanismo de restrição estomática eficiente em folhas de plantas novas, mostra que *as plantas jovens de Andira humilis estão perfeitamente adaptadas a suportar as condições dos Cerrados no primeiro ano de vida, no que se refere ao balanço hídrico*. É viável também a suposição de que as condições de sobrevivência e de adaptação devam ser mais favoráveis para plantas oriundas de sementes que eventualmente germinem em condições naturais, pois como o desenvolvimento inicial do sistema radicular precede ao da parte aérea, é possível melhor exploração do solo antes de ocorrerem perdas substanciais de água pelas folhas.

TABELA 10

Conteúdo de água foliar (% do peso seco) em diversas espécies

	estação seca	estação chuvosa
<i>Andira humilis</i> (adulta)	72- 83	78- 95
<i>Andira humilis</i> (jovem)	105-141	154-406
<i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. (1) (2)	102-147	95-135
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. (3) (4)	96-125	95-135
<i>Hymenaea stibocarpa</i> Hayne (3) (4)	105-127	93-120

Obs.: (1) e (3) cf. VÁLIO, MORAES, MARQUES e CAVALCANTE (1966a, 1966b). (2) e (4) cf. VÁLIO, MORAES, MARQUES, MATOS e de PAULA (1966a, 1966b).

## VI — A SITUAÇÃO ECOLÓGICA DE *ANDIRA HUMILIS*: SÚMULA

O interesse ecológico de *Andira humilis* é uma decorrência de sua fidelidade aos Cerrados: essa espécie não ocorre em outras formações vegetais, mas está presente, quase sempre, nos Cerrados. Esta característica pode permitir que se discriminem as razões pelas quais ocorre essa especificidade ecológica, dentro do conjunto de aspectos que definem o Cerrado. Pelos dados até agora existentes, verifica-se que alguns problemas foram resolvidos, enquanto outros permanecem abertos.

Um fato bem estabelecido por observações de campo e dados de laboratório, é que aparentemente *não existem impedimentos essenciais intrínsecos para a reprodução sexuada em Andira humilis*. A floração e a frutificação abundantes, bem como a alta germinabilidade verificada numa faixa mais ou menos ampla de condições controladas, corroboram essa afirmativa. Isto significa que *as populações de Andira humilis não devem estar necessariamente condenadas à reprodução vegetativa, embora este comportamento seja o mais freqüente*. O que permanece, entretanto, como fato real, é aquê de que nunca foram observadas plântulas ou plantas oriundas de germinação de sementes nos Cerrados (o que a longa persistência dos cotilódones permitiria observar facilmente), embora esta ocorrência já tenha sido observada em mais de 100 espécies.

Os estudos experimentais feitos no laboratório e algumas observações de campo conduziram à discriminação de algumas características dessa espécie que são evidentemente de grande relevância para a reprodução sexuada de tais populações.

Podemos classificar as características que constituem fatores limitantes para a reprodução sexuada de *Andira humilis*, segundo sua sucessão cronológica de incidência, e segundo sua repercussão na germinação (quadro 1).

O conjunto dessas circunstâncias permite definir como provável exigência para a germinação de *Andira humilis*, que a semente atravessasse pelo menos uma estação seca após a maturação, antes de germinar. Deve-se considerar ainda que em muitos Cerrados ocorrem queimadas na estação seca. Não se sabe até que ponto as sementes contidas no endocarpo e eventuais plântulas resistiriam a tais condições drásticas. É possível, entretanto, que estas características que definem uma pequena probabilidade de germinar, signifiquem a ocorrência, nesta espécie, de um desperdício biológico em grau elevado. Isto não é, de modo algum, uma situação sem muitos paralelos.

Por outro lado, como a espécie não ocorre nas matas confrontantes com os Cerrados, está excluída a hipótese de que sementes de populações da mata pudessem germinar em condições ecológicas diferentes daquelas do Cerrado, o subseqüentemente invadir o Cerrado por multiplicação vegetativa.

QUADRO 1

ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO	FATORES LIMITANTES	
	De feitos qualitativos, eliminatórios	De efeitos quantitativos
<i>Floração</i>	1 — Não iniciação em certos anos. 2 — Predação de flôres antes da fecundação.	
<i>Desenvolvimento do fruto</i>	3 — Predação antes da maturação da semente.	4 — Maturação geralmente no fim da estação chuvosa. 5 — Tamanho e pêso dos frutos (dispersão difícil).
<i>Organização e fisiologia da unidade de dispersão</i>	6 — Predação de frutos adultos	7 — Resistência mecânica dos tegumentos. 8 — Vulnerabilidade das sementes em relação às perdas de água. 9 — Exigência de temperaturas elevadas para a germinação.

Uma hipótese que se poderia aventar é a de que a *germinação de Andira humilis* ocorreria apenas em alguns anos especiais, quando houvesse coincidência de uma série de circunstâncias favoráveis. Os desperdícios maciços de vários anos seriam “compensados” por uma “safra” abundante de novas plântulas. Evidências desse comportamento não existem ainda. Para isso faz-se necessária a observação “in loco” de várias populações em anos sucessivos, e das condições a que estão submetidas. Este tipo de trabalho, entretanto, é dos que reclamam a existência de estações biológicas nos Cerrados, principalmente na sua área nuclear.

Entretanto, uma indicação desse comportamento pode surgir através do contraste da hidratação e dos mecanismos de restrição à perda de água nas sementes e nas folhas:

	SEMENTE	FÓLHA
HIDRATURA	alta	baixa
MECANISMO DE RESTRIÇÃO À PERDA DE ÁGUA	ausentes ou, no máximo, passivos	presentes, e mais pronunciados nas plantas jovens.

Isto mostra que se fôr vencida a “barreira da germinação”, a plântula tem boas possibilidades de sobreviver, tanto mais que ainda existem outros caracteres adaptativos aos Cerrados:

1 — *Sistema radicular de crescimento rápido*: adaptativo a solos profundos, de grande dessecamento superficial estacional, e de movimento vertical de água lento.

2 — *Numerosas gemas dormentes do sistema subterrâneo*: adaptação à destruição de gemas aéreas (dessecamento, fogo, etc.).

3 — *Grande desenvolvimento do sistema subterrâneo*: adaptação a solos quimicamente pobres, e à falta eventual de água.

4 — *Compartimentação e compactação da estrutura foliar*: adaptação à perdas de água, limitadas a pequenas frações do volume foliar.

É possível que o fato ecológico de alcance mais geral para os Cerrados, obtido através do estudo de *Andira humilis*, tenha sido o de levantar a possibilidade de que *alguns dos aparentes paradoxos ecológicos dos Cerrados nas relações planta-meio, se explicariam encarando-se o clima como um ciclo plurianual, ao invés de anual*, o que poderia afetar diferentemente as espécies dessa formação.

Há dados que mostram uma evolução semelhante no estudo climatológico da Caatinga, em que o maior progresso feito foi quando se passou da preocupação com as médias para a preocupação com as irregularidades. A Caatinga pode ser definida ecológica e geomorfologicamente, mais pelas irregularidades que pelas regularidades (in BEZERRA DE OLIVEIRA e LABOURIAU, 1961).

Nêsse conjunto de perspectivas, o comportamento de *Andira humilis* pode se constituir num dos padrões existentes nos Cerrados. *Sòmente o estudo de outras espécies “fiéis” dos Cerrados poderia promover o conhecimento de novos padrões que definissem um bom*

*número de sistemas biológicos. Essas informações viriam preencher lacunas existentes no conhecimento da situação ecológica dos Cerrados. E este conhecimento é, sem dúvida, no que se refere à Botânica, a base científica para uma ocupação racional e efetiva do Brasil Central*

## VII — AGRADECIMENTOS

Agradeço às várias pessoas e instituições que de diversas maneiras contribuíram para a realização deste trabalho:

Ao Prof. Dr. Mário Guimarães Ferri, diretor do Depto. de Botânica da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, pelo apoio na realização deste trabalho, e pela sua revisão crítica; aos meus colegas, Licenciados Nanuza Luiza de Menezes, Walkyria Rossi Monteiro e José Fernando B. de Mello Campos, pelas sugestões e revisão dos tópicos de anatomia; aos hoje Licenciados (na época dos trabalhos, meus alunos) Edna Freymuller, Zoé Maria de Oliveira, Antonio Gildo Bianchi, Clemens Schrage, Giovanni Strixino, e ainda, à minha esposa, pelo auxílio nos trabalhos de campo, na parte de balanço hídrico; aos Drs. Leopold Rodés e Issao Kayano, da Coigate-Palmolive Ltda., pelo interesse, sugestões e pelo agenciamento de meu estágio naquela indústria; ao Dr. Karl Silberschmidt, da Secção de Fisiologia Vegetal do Instituto Biológico, pela utilização de câmaras de temperatura constante; ao pessoal da Estação Florestal, em Paraopeba, especialmente nas pessoas de seu diretor, Eng. Agro. Inael Máximo da Silva e do Sr. Wilson do Nascimento pela colaboração prestada; ao Licenciado Oswaldo A. Serra, do Depto. de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, pelo auxílio na obtenção dos espectros no infravermelho; à Secção de Fotomicrografia do Instituto Biológico, especialmente às Srtas. Ivani Kotait e Sônia Maria Rebouças, pela reprodução da maioria das figuras; ao Sr. Hellmuth Herrman Schlick, pela reprodução de algumas fotografias; ao Dr. George Eiten, pela revisão do inglês; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo auxílio concedido através de uma bolsa, no início dos trabalhos, e posteriormente, proporcionando os meios para as viagens para a realização dos trabalhos de balanço hídrico e coleta de material.

Ao meu pai, botânico Oswaldo Handro, meu agradecimento pelo incentivo, pelo interesse no esclarecimento do problema da identidade da espécie estudada, e pela tradução de textos em alemão.

Ao Prof. Dr. Luiz Gouvêa Labouriau, que me iniciou na pesquisa, orientou este trabalho e o reviu criticamente, além de colocar à minha disposição o seu Laboratório, meu agradecimento especial.

## VIII — RESUMO

Estudos básicos sobre a nossa flora nativa são importantes por duas razões principais: possibilitam ampliar conceitos fundamentais de ecologia e de fisiologia, até hoje calcados no comportamento de plantas da zona temperada boreal, e permitem a obtenção de informações sobre plantas nativas úteis, no sentido da substituição de uma economia coletora por um sistema de aproveitamento racional. Dentre os estudos básicos na formação *Cerrado*, destacam-se aqueles ligados à fisiologia ecológica e do desenvolvimento. Entre estes, destaca-se particularmente a germinação de sementes, que pode fornecer subsídios que possibilitem o aproveitamento de algumas espécies dessa formação. Estreitamente ligados ao problema da germinação, encontram-se a estrutura e composição do fruto e da semente, e o comportamento da planta nas primeiras fases da vida.

*Andira humilis* Mart. ex. Benth., planta característica dos Cerrados, foi escolhida para abordagem desses problemas por apresentar várias características relevantes: a) embora seja uma Leguminosa, seu fruto é uma drupa; b) não foi ainda observada a ocorrência de germinação de sementes desta espécie em condições naturais; c) é fortemente atacada por insetos fitófagos no período da frutificação; d) a temperatura ótima de germinação é elevada; e) os cotilédones são persistentes por mais de dois anos, após a germinação; f) ocorrência de um sistema de reprodução vegetativa, por brotamento de ramos subterrâneos. Com base nos dados existentes e nos problemas indicados, fez-se o estudo desta espécie visando atingir dois objetivos principais: a) contribuir para a melhor compreensão da sua ecologia; b) encontrar aspectos que tenham interesse intrínseco para estudos de evolução, morfologia, fisiologia e fitoquímica. Foram estudados em detalhe os seguintes aspectos: anatomia e ontogênese do fruto e da semente, distribuição de frequência dos pesos de frutos e embriões, composição química e principais índices do óleo do mesocarpo, germinação de embriões isolados, desenvolvimento morfológico das plântulas e plantas jovens, e balanço hídrico comparado das plantas jovens e adultas. Os principais resultados obtidos foram:

1 — Os cotilédones são persistentes em plantas de até 6 anos de idade, sendo que as alterações mais evidentes são a perda do conteúdo amiláceo, e o recobrimento superficial por súber.

2 — A semente não apresenta a estrutura descrita para a maioria das *Loioideae* (Papilionáceas), pois a testa permanece sem diferenciação. O conteúdo de água das sementes é superior a 100% do peso seco, ao contrário das Papilionáceas de semente típica, onde esse valor raramente ultrapassa 15%.

3 — Os pontos cardiais termométricos para a germinação de embriões isolados são: mínima 19-20°C, ótima 35-40°C, máxima 44°C. O melhor índice obtido entre as várias amostras foi a 39°C: tempo médio de germinação de  $4,5 \pm 0,2$  dias com intervalo fiducial de 4,1 a 4,9 dias, a 95% de confiança, e germinabilidade ao redor de 97%.

4 — Após a emissão da radícula, a plântula pode permanecer viva em condições ambientes sem suprimento hídrico até 6 meses, retomando o desenvolvimento quando colocada em umidade elevada. Isto, entretanto, não é possível após a emergência da plúmula.

5 — Em condições do Cerrado de Paraopeba (MG), na estação chuvosa as plantas jovens (2 meses) e adultas não restringem a transpiração. Na época seca fazem-no de maneira bastante marcada.

6 — Ocorre grande quantidade de óleo no mesocarpo do fruto (mas não nos cotilédones). Foi feita a análise do óleo por cromatografia de gás e determinados os principais índices, sendo que os resultados abaixo mostram que o óleo é bastante semelhante ao óleo de oliva: *índice de iodo* (método de Hanus): 82,8-85,66; *índice de saponificação*: 171,1-176,1; *índice de refração a 25°C*: 1,467-1,469; *densidade 25/25°C*: 0,912. A composição provável em ácidos graxos é a seguinte: caprílico (traços); cáprico (0,1-0,2%); láurico (0,1-0,5%); mirístico (0,1-0,3%); miristoleico (0,1-0,2%); palmítico (7,0-10,9%); palmitoleico (0,5-2,0%); esteárico (1,1-3,4%); oleico (65,9-75,1%); linoleico (2,1-6,1%); linolênico (7,5-16,0%) e araquídico (1%). O componente principal foi identificado inequivocamente como sendo ácido oleico, através de espectrofotometria diferencial no infravermelho de duas amostras obtidas por cromatografia de fase vapor micropreparativa, sendo uma proveniente do óleo de *Andira* e a outra de óleo de oliva comercial.

Como fato de maior interesse ecológico, ficou bem estabelecido que não existem impedimentos essenciais intrínsecos para a reprodução sexuada da espécie, o que significa que as populações de *Andira humilis* no Cerrado não estão necessariamente condenadas à multiplicação vegetativa, embora este comportamento deva ser o mais freqüente. Entretanto, é possível que a ocorrência de germinação em condições naturais se dê apenas em alguns anos especiais, nos quais haveria coincidência de sucessivas circunstâncias favoráveis. Isto conduz a um problema de alcance ecológico mais geral, ou seja, a verificação da possibilidade de que alguns dos aparentes paradoxos dos Cerrados, nas relações planta-meio, se tornem explicáveis encarando-se o clima como um ciclo plurianual e não como um ciclo anual, conforme é o hábito corrente.

#### IX — SUMMARY

This paper is a contribution towards exploring unstudied ecological and physiological systems of native Brazilian plants. This type of study is a necessary first step in view of the scarcity of detailed information on tropical systems in these research areas, as well as a basic foundation for the rational utilization of useful species of the "Cerrado" (1) flora.

Problems referring to the seed (structural features of the dispersal unit, physiology and ecology of germination) and to the physiological ecology of the seed-

(1) — The "Cerrado" is a xeromorphic vegetation of savannas, woodlands and scrubs that covers a large area of Central Brazil.

ling are especially important for a better understanding of the factors controlling ecesis and survival of particular species in the "Cerrado" environment.

*Andira humilis* Mart. ex Benth. was selected on account of the following characteristics: a) it is a typical "Cerrado" species and restricted to this vegetation type; b) its fruit deviates from the usual type in the family *Leguminosae*, being a drupe; c) the fruits are heavily attacked by insects; d) the estimated optimal temperature for seed germination is high; e) the cotyledons are persistent for at least two years after seed germination; f) there is a very conspicuous vegetative multiplication through buds developed in underground branches; g) evidence for occurrence of seed germination in the conditions of the "Cerrado" were not found. These features make this species adequate for a precise investigation of many open questions pertaining to the ecology of the "Cerrado", as well as for comparison with species of the same family occurring in other contrasting ecological conditions; this comparison naturally has evolutionary interest.

The following aspects were considered in detail: anatomy and ontogeny of the fruit and the seed; the fresh weight of fruits and embryos; chemical composition of the oil found in the mesocarp; germination of isolated embryos; structural features of developing seedlings and young plants; water balance of young plants compared with adult plants at the same site.

The most relevant results obtained were the following:

1 — Cotyledons were found to persist at least 6 years. The main modifications in the cotyledon after germination were a pronounced loss of starch and development of a superficial cork layer.

2 — The structure of the seed coat is very different from the elaborate type described for other *Lotoideae*, being undifferentiated. The water content of ripe embryos is more than 100% of its dry weight (whereas the usual situation in other *Lotoideae* embryos is a water content rarely more than 15% of the dry weight).

3 — Cardinal temperatures for germination of isolated embryos are: minimum, 19°-20°C; optimal range, 35°-40°C; maximum, 44°C. At 39°C the average germination time has a clear minimum of 4.5 days, with the standard error of the mean 0.2 days. The 95% confidence interval of average germination time at 39°C is 4.1 to 4.9 days. At 39°C the germinability was found to be 97%.

4 — After radicle emergence the seedling can survive, without developing further, for at least for 6 months without any water. After watering, development continues. After plumule emergence this water deficit resistance is lost.

5 — In "Cerrado" conditions (Paraopeba, Minas Gerais, Brasil) during the rainy season, both two month seedlings and adult plants show no restriction of transpiration. In the dry season, at same site, both young plants (less than one year old) and adult plants show a very pronounced restriction of transpiration.

6 — A great deal of oil is found in the mesocarp, but is entirely absent in the cotyledons. The study of this oil by vapor-phase chromatography shows a

composition similar to olive oil. This is confirmed by the usual oil indices: iodine value (Hanus): 82.8-85.6; saponification value: 171.1-176.6; refractive index (25°C): 1.467-1.469; density (25/25°C): 0.912. The probable composition in fatty acids is the following: caprylic, traces; capric, 0.1-0.2%; lauric, 0.1-0.5%; myristic, 0.1-0.3%; myristoleic, 0.1-0.2%; palmitic, 7.0-10.9%; palmitoleic, 0.5-2.0%; stearic, 1.1-3.4%; oleic, 65.9-75.1%; linoleic, 2.1-6.1%; linolenic, 7.5-16%; arachidic, 1%. The main component was unequivocally identified as oleic acid through differential infra-red spectrophotometry of two pure samples (standard from olive oil) obtained by microperaparative vapor-phase chromatography.

From an ecological point of view, germination studies clearly establish that there are no intrinsic blocks for the sexual reproduction of this species in "Cerrado" conditions. Therefore, the populations of *Andira humilis* are not bound to an exclusive vegetative system of propagation, although this system is very frequent. It is quite possible that seed germination in "Cerrado" conditions occurs only in certain years, in which there is a favorable sequence of events. This brings up a more general problem, namely the necessity of considering the critical steps in development of "Cerrado" plants on a plurianual basis instead of the traditional single climatic year basis.

#### X — REFERÊNCIAS

- AOAC, 1955 — Official methods of analysis of the Association of official Agricultural Chemists, xvi + 1008 pgs., ilustr., AOAC, Wash.
- AOCS, 1960 — Official and tentative methods of the American Oil Chemist's Society. American Oil Chemist's Society, Chicago, Ill.
- ARENS, K. 1956 — O Cerrado como vegetação oligotrófica, pgs. 308-319, 2 figs., in Compt. Rend. XVIII.<sup>e</sup> Congrès Internat. Géographie. Rio de Janeiro, Tome 1.<sup>er</sup>, xxi + 381 pgs., IBGE, Rio de Janeiro (publicado em 1959).
- ARENS, K., 1958 — O Cerrado como vegetação oligotrófica. Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr. Univ. S. Paulo 224, Botânica 15: 59-77, 2 figs.
- ARENS, K., 1963 — As plantas lenhosas dos Campos Cerrados como flora adaptada às deficiências minerais do solo, pgs. 285-303, in Simpósio sobre o Cerrado, 424 pgs., ilustr., Edit. Univ. S. Paulo, São Paulo.
- BARTON, L. V., 1943 — The storage of *Citrus* seeds. Contrib. Boyce Thompson Inst. 13: 47-55, 2 tabs.
- BARTON, L. V., 1965a — Dormancy in seeds imposed by seed coat, pgs. 727-745, 5 figs., in Handbuch der Pflanzenphysiologie (W. Ruhland, ed.), vol. XV/2, Springer-Verlag, Berlin.
- BARTON, L. V., 1965b — Longevity in seeds and in propagules of Fungi, pgs. 1059-1085, 3 figs., 8 tabs., in Handbuch der Pflanzenphysiologie (W. Ruhland, ed.), vol. XV/2, Springer-Verlag, Berlin.

- BEIGUELMA, B.** 1962 — Cerrado: vegetação oligotrófica. *Ciência e Cultura*, 14: 99-107, 5 tabs.
- BENTHAM, G.** 1837 — De Leguminosarum Generibus Commentationes. *Ann. Wien. Mus.* 2: 63-142.
- BENTHAM, G.**, 1859-1862 — Leguminosae, 350 pgs. + 127 pranchas, in *Flora Brasiliensis*. (C. P. Martius e A. Eichler, eds.), vol. XV/1, Monaco.
- BEZERRA DE OLIVEIRA, J. G. e L. G. LABOURIAU**, 1961 — Transpiração de algumas plantas da Caatinga aclimatadas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, I — Comportamento de *Caesalpinia pyramidalis* Tul., de *Zizyphus joazeiro* Mart., de *Jatropha phyllacantha* Muell. Arg. e de *Spondias tuberosa* Arruda. *An. Acad. brasil. Ciên.* 33: 351-373, 1 fig. 7 grafs., 8 tabs.
- BEZERRA DE OLIVEIRA, J.G., I. F. M. VÁLIO, G. M. FELIPPE e S. M. CAMPOS**, 1962 — Balanço d'água do hemiparásito *Struthantus vulgaris* Mart.: I — Estudo comparativo com seu hospedeiro *Erythrina speciosa* Andr. na estação chuvosa (São Paulo, SP, Brasil). *An. Acad. brasil. Ciên.* 34: 527-544, 27 figs., 3 tabs.
- BOYD, W. C.**, 1962 — Introduction to immunochemical specificity. viii + 158 pgs., ilustr., Interscience Publ., John Wiley & Sons, New York, London.
- BURKART, A.** 1952 — Las Leguminosas Argentinas silvestres y cultivadas. xv + 569 pgs., ilustr., Acme Agency, Buenos Aires.
- CARROL, K. K.**, 1961 — Quantitative estimation of peak areas in gas-liquid chromatography. *Nature* 191: 377-378, 1 tab.
- CIOLA, R.**, 1963 — Cromatografia de gás. iii + 125 pgs., ilustr., Laboratório de Pesquisas da Refinaria e exploração de petróleo União S. A., Capuava, São Paulo.
- COMPTE RENDUS DU XVIII.º CONGRÈS INTERNATIONAL DE GEOGRAPHIE**, 1956, (1959) — Tome 1.º, xxi + 381 pgs., ilustr., IBGE, Rio de Janeiro.
- CORNER, E. J. H.**, 1951 — The Leguminous seed. *Phytomorphology* 1: 117-150, 29 figs.
- COUTINHO, L. M.**, 1962 — Contribuição ao conhecimento da ecologia da Mata Pluvial Tropical. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* 257, Botânica 19: 5-219, 145 figs., 11 tabs.
- COUTINHO, L. M. e M. G. FERRI**, 1960 — Transpiração e comportamento estomático de plantas permanentes de Cerrado em Campo do Mourão (Est. do Paraná). *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* 247, Botânica 17: 117-130, 5 figs., 1 tab.
- CRAFTS, A. S., H. B. CURRIER e C. R. STOCKING**, 1949 — Water in the physiology of plants. xxi + 240 pgs., ilustr., *Chronica Botânica*, Waltham, Mass. U.S.A.
- DAU, L.**, 1968 — (comunicação pessoal).

- DOP, P. e A. GAUTIÉ*, 1909 — Manuel de technique botanique. ix + 534 pgs., illustr., J. Lamane & cie., Paris.
- EAMES, A. J. e L. H. MACDANIELS*, 1953 — An introduction to plant anatomy, xvii + 427 pgs., ilustr., McGraw-Hill Book Co., New York.
- ECKEY, E. W.*, 1954 — Vegetable fats and oils, ix + 836 pgs., ilustr., Reinhold Publ. Corp., New York.
- ETTRE, L. S.*, 1967 — The interpretation of analytical results; qualitative and quantitative analysis, pgs. 373-406, in The practice of gas chromatography (L. S. Ettre e A. Zlatkis, eds.), xv + 591 pgs., ilustr., Interscience Publ., New York.
- FELIPPE, G. M., e F. M. M. R. de ALENCASTRO*, 1966 — Contribuição ao estudo da nervação foliar das *Compositae* dos Cerrados: I — Tribus *Helenieae, Heliantheae, Inuleae, Mutisieae e Senecioneae*. An. Acad. brasil. Ciên. 38 (Supl.): 125-157, 123 figs.
- FERRI, M. G.*, 1944 — Transpiração de plantas permanentes dos Cerrados. Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr. Univ. S. Paulo 41, Botânica 4: 155-224, 21 figs., 7 tabs. 28 grafs.
- FERRI, M. G.*, 1955 — Contribuição ao conhecimento da ecologia do Cerrado e da Caatinga. Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr. Univ. S. Paulo 195, Botânica 12: 1-170, 100 figs., 18 tabs.
- FERRI, M. G.*, 1956 — A Botânica no Brasil, pgs. 149-200, in As Ciências no Brasil (F. de Azevedo, ed.) vol. II, Ed. Melhoramentos, São Paulo.
- FERRI, M. G.*, 1960 — Nota preliminar sobre a vegetação de Cerrado em Campo do Mourão (Paraná). Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr. Univ. S. Paulo 247, Botânica 17: 107-115.
- FERRI, M. G.*, 1963 — Histórico dos trabalhos botânicos sobre o Cerrado, pgs. 15-50, in Simpósio sobre o Cerrado, 424 pgs., ilustr. Edit. Univ. de São Paulo, S. Paulo.
- FERRI, M. G., e L. G. LABOURIAU*, 1952 — Water balance of plants from the Caatinga. I — Transpiration of some of the most frequent species of the Caatinga of Paulo Afonso (Bahia) in the rainy season. Rev. Brasil. Biol. 12: 301-312, 15 figs.
- FERRI, M. G. e L. M. COUTINHO*, 1958 — Contribuição ao conhecimento da ecologia do Cerrado. Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação em Emas (Est. de São Paulo), Campo Grande (Est. de Mato Grosso) e Goiânia, (Est. de Goiás). Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr. Univ. S. Paulo 224, Botânica 15: 103-150, 19 figs., 5 tabs.
- FOSTER, A. S.*, 1949 — Practical plant anatomy. xi + 228 pgs. ilustr., D. van Nostrand Co., Inc., New York.
- GOTTLIEB, O. R., J. O. MEDITSCH e M. T. MAGALHÃES* 1966 — Com vistas ao aproveitamento do Cerrado como ambiente natural: composição química de espécies arbóreas. An. Acad. brasil. Ciên. 38 (Supl.): 303-314, 6 grafs., 2 esqs., 1 tab.

- GUAZZELLI, R. J. e G. P. RIOS**, 1966 — Teste de herbicidas em mata-barata (*Andira* sp.). *Pesq. Agropec. brasil.* 1:329-332, 3 quadros.
- GUNSTONE, F. D.**, 1958 — An introduction to the chemistry of fats and fatty acids. x + 161 pgs., Chapman & Hall, Ltd., London.
- HAMMARSTRAND, K.**, 1966 — Gas chromatographic analysis of fatty acids. 24 pgs., ilustr., Varian Aerograph, California.
- HANDRO, O.**, 1968 — (comunicação pessoal).
- HANDRO, W.**, 1964 — Contribuição ao estudo da venação e anatomia foliar das Amarantáceas dos Cerrados. *An. Acad. brasil. Ciên.* 36: 479-499, 56 figs.
- HANDRO, W.**, 1966 — Escleromorfismo foliar e nutrição mineral em *Gomphrena prostrata* Mart. *An. Acad. brasil. Ciên.* 38 (Supl.): 225-142, 28 figs. 4 tabs.
- HAYWARD, H. E.**, 1938 — The structure of economic plants, x + 674 pgs., ilustr., The MacMillan Company, New York.
- HOEHNE, F. C., M. KUHLMANN e O. HANDRO**, 1941 — O Jardim Botânico de São Paulo. 656 pgs., ilustr. Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo, São Paulo.
- HUTCHINSON, J.**, 1964 — The genera of flowering plants (Angiospermae). xi + 516 pgs., Clarendon Press, Oxford.
- HYDE, E. O. C.**, 1954 — The function of the hilum in some *Papilionaceae* in relation to the ripening of the seed and the permeability of the test. *Ann. Bot., N. S.* 18: 241-256, 9 figs., 2 tabs.
- INDEX KEWENSIS**, 1895 - 1960 — 2 vols. + 13 suplementos. Clarendon Press, Oxford.
- IVERSON, J. L., D. FIRESTONE e J. EISNER**, 1965 — Evaluation of methods for identifying fatty acids esters separated by gas chromatography. *Journal of the AOAC* 48: 482-489, 2 figs., 1 tab.
- JAMES, A. T.**, 1952 — Gas-liquid partition chromatography: the separation of volatile aliphatic Amines and the homologues of pyridine. *Bioch. Journal* 52: 242-247, 4 figs., 4 tabs.
- JOHANSEN, D. A.**, 1940 — Plant microtechnique. xi + 523 pgs., ilustr., McGraw-Hill Book Co, Inc., New York, London.
- JONES, J. P.**, 1928 — A physiological study of dormancy in vetch seed., *Mem. nº 120*, Cornell Univ. Agric. Exp. Sta: 1-50, 11 figs.
- KIRSCHENBAUER, H. G.**, 1964 — Grasas y aceites — Química y tecnología. trad. P. G. Bracho, 309 pgs., ilustr., Cia Edit. Continental, México D. F.
- KOLLER, D., A. M. MAYER, A. POLJAKOFF-MAYER e S. KLEIN**, 1962 — Seed germination. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 13: 437-464.
- KRUKOFF, B. A. e A. C. SMITH**, 1937 — Rotenone-yielding plants of South America. *Am. J. Bot.* 24: 573-587, 5 figs.
- LABOURIAU, L. G.**, 1966 — Revisão da situação da ecologia vegetal nos Cerrados. *An. Acad. brasil. Ciên.* 38 (Supl.): 5-38.

- LABOURIAU, L. G.**, ed., 1966 — II Simpósio sobre o Cerrado. An. Acad. brasil. Ciên. 38 (Supl.), 348 pgs. ilustr.
- LABOURIAU, L. G.**, 1967 — Sobre a fisiologia da germinação das sementes de *Vicia graminea* Sm. Tese de livre-docência em Fisiologia Vegetal apresentada à Universidade Rural do Brasil.
- LABOURIAU, L. G.**, **J. G. BEZERRA DE OLIVEIRA** e **G. V. ZAUZA**, — 1961 — Transpiração de algumas plantas da caatinga aclimatadas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, II — Comportamento de *Caçaporis yco* Mart. An. Acad. brasil. Ciên. 33: 375-385, 12 figs., 4 tabs.
- LABOURIAU, L. G.**, **J. G. de OLIVEIRA** e **M. L. SALGADO-LABOURIAU**, 1961 — Transpiração de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Toledo. I — Comportamento na estação chuvosa, nas condições de Caeté, Minas Gerais, Brasil. An. Acad. brasil. Ciên. 33: 237-258, 14 figs. 2 graf., 7 tabs.
- LABOURIAU, L. G.**, **G. M. FELIPPE**, e **I. F. M. VÁLIO**, 1962 — Transpiração de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Toledo. II — Comportamento na estação seca, nas condições de Caeté, Minas Gerais, Brasil. An. Acad. brasil. Ciên. 34: 497-526, 15 figs., 5 tabs.
- LABOURIAU, L. G.**, **I. F. M. VÁLIO**, **M. L. SALGADO-LABOURIAU** e **W. HANDRO**, 1963 — Nota sobre a germinação de sementes de plantas dos Cerrados em condições naturais. Rev. Brasil. Biol. 23: 227-237, 16 figs.
- LABOURIAU, L. G.**, **I. F. M. VÁLIO** e **E. P. HERINGER**, 1964 — Sobre o sistema reprodutivo de plantas dos Cerrados. I. An. Acad. brasil. Ciên. 36: 449-464, 59 figs.
- LABOURIAU, L. G.** e **P. E. VANZOLINI**, 1964 — Plano de implantação de um centro de experimentação e pesquisas tecnológicas do Cerrado para a Universidade de Brasília. 27 pgs., São Paulo.
- LABOURIAU, L. G.**, **L. MORHY**, **I. KAYANO** e **Z. SCATTONE**, 1968 — Estudos sobre a biossíntese do mentol em *Mentha piperita* Linn. (inédito, comunicação pessoal).
- LANG, A.**, 1965 — Effects of some internal and external conditions on seed germination, pgs. 848-893, 9 figs., 9 tabs., in Handbuch der Pflanzenphysiologie (W. Ruhland, ed.), vol. XV/2, Springer-Verlag, Berlin.
- LOEFGREN, A.**, 1890 — Contribuição para a flora paulista. Região campestre. Bol. Comm. Geog. Geol. do Est. S. Paulo 5: 157-205.
- MAHESHWARI, P.** 1952 — An introduction to the embryology of Angiosperms. x + 453 pgs., ilustr., McGraw-Hill Book Co., Inc., New York.
- MALME, G. O.**, 1924 — Beitrage zur Kenntnis der Cerrados-Baume von Mato Grosso. I — Leguminosae. Ark. Bot. 18: (17): 26 pags., 5 pranchas.
- MARTIN, A. C.** 1946 — The comparative internal morphology of seeds. Amer. Midl. Nat. 36: 513- 660, 67 pranchas, 4 figs.
- MATTOS, N. F.**, 1968 — Contribuição ao estudo do gênero *Andira* Lam. no Brasil (inédito, comunicação pessoal).

- MATTIROLO, O., e L. BUSCALIONI**, 1892 — Ricerche anatomo-fisiologiche sui tegumenti seminali delle *Papilionaceae*. Mem. Real. Accad. Sci. Torino, serie 2, 42: 223-318, 359-445, 5 pranchas.
- MEARA, M. L.**, 1957 — The fats of higher plants, pgs. 10-49, 16 tabs., in Handbuch der Pflanzenphysiologie (W. Ruhland, ed.), vol. VII, Springer-Verlag, Berlim.
- MELCHIOR, H.**, 1964 — A. Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien. II band, 666 pgs, ilustr., Gebruder Bortraeger, Berlim.
- MELHEM, T. S.**, 1968a — (comunicação pessoal).
- MELHEM, T. S.**, 1968b — Pollen grains of plants of the Cerrado. XX — *Leguminosae-Lotoideae*: Tribe *Dalbergiaceae*. An. Acad. brasil. Ciên. 40: 77-89, 35 figs., 1 tab.
- MENSIER, P. H.**, 1957 — Dictionnaire des huiles vegetales. viii + 763 pgs., ed. Paul Lechevalier, Paris.
- METCALFE, L. D., e A. A. SCHMITZ**, 1961 — The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. Anal. Chem. 33: 363-364, 2 tabs.
- MORS, W. B. e C. T. RIZZINI**, 1966 — Useful plants of Brasil. xiii + 166 pgs., ilustr., Holden-Day, Inc. San Francisco.
- MUDD, J. B.**, 1967 — Fat metabolism in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 18: 229-252, 1 figs.
- NETOLITZKY, F.**, 1926 — Anatomie der Angiospermen-Samen, iv + 364 pgs., ilustr., in Handbuch der Pflanzenanatomie (K. Linsbauer, ed.), vol. X, Gebruder Borntraeger, Berlim.
- PAMMEL, L. H.**, 1899 — Anatomical characters of the seeds of *Leguminosae*, chiefly genera of Gray's Manual. Trans. Acad. Sci. of St. Louis, 9: 91-263 + 29 pranchas (VII-XXXV), 7 tabs.
- PIO CORRÊA, M.**, 1926 — Dicionario das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. vol. I, xiii + 747 pgs., ilustr., Imprensa Nacional, Rio de Janeiro.
- PITOT, A.**, 1935a — Le tégument des graines de Légumineuses. Bull. Soc. Bot. France 82: 307-308.
- PITOT, A.**, 1935b — Le developpment du tégument des graines de Légumineuses. Bull. Soc. Bot. France 82: 311-314, 2 figs.
- PORSILD, A. E., C. R. HARRINGTON e G. A. MULLIGAN**, 1967 — *Lupinus arcticus* Wats. grown from seeds of Pleistocene age. Science 158 (3797): 113-114, 1 fig.
- RACHID, M.**, 1947 — Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão dos Campos Cerrados de Emas. Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo 80, Botânica 5: 5-135, 66 figs., 8 fotos, 34 tabs.
- RAWITSCHER, F., M. G. FERRI e M. RACHID**, 1943 — Profundidade dos solos e vegetação em Campos Cerrados do Brasil Meridional. An. Acad. brasil. Ciên. 15: 267-294, 8 figs., 5 tabs. 8 fotos.

- RAWITSCHER, F. K., K. HUECK, J. MORELLO e K. H. PAFFEN, 1952** — Algumas observações sobre a ecologia da vegetação das Caatingas. An. Acad. brasil. Ciên. 24: 287-301, 4 figs., 5 tabs.
- I REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE O CERRADO, 1963** — Bol. Depto. Pesq. Exp. Agrop. 15: 1-154.
- RIZZINI, C. T., 1963** — A flora do Cerrado, pgs. 125-177, in Simpósio sobre o Cerrado, 424 pgs., ilustr., Edit. Univ. S. Paulo, São Paulo.
- RIZZINI, C. T., 1965** — Experimental studies on seedling development of Cerrado woody plants. Ann. Missouri Bot. Gard. 52: 410-426, 7 figs.
- RIZZINI, C. T. e E. P. HERINGER, 1961** — Underground organs of plants from some Southern Brazilian Savannas, with special reference to the xylopodium. Phytion 17: 105-124, 39 figs., 1 foto.
- RIZZINI, C. T. e E. P. HERINGER, 1962** — Studies on the underground organs of trees and shrubs from some Southern Brazilian Savannas. An. Acad. brasil. Ciên. 34: 235-247, 28 figs.
- RIZZINI, C. T. e E. P. HERINGER, 1966** — Estudo sobre os sistemas subterrâneos difusos de plantas campestres. An. Acad. brasil. Ciên. 38: (supl.): 85-112, 15 figs.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L., 1968a** — (comunicação pessoal).
- SALGADO-LABOURIAU, M. L., 1968b** — Sobre a anatomia de *Vicia graminea* Sm. An. Acad. brasil. Ciên. (no prelo).
- SASS, J. E., 1951** — Botanical microtechnique. xi + 228 pgs., ilustr., The Iowa State College Press, Iowa, U.S.A.
- SHORLAND, F. B., 1962** — The comparative aspects of fatty acid occurrence and distribution, pgs. 1-102, 33 tabs., in Comparative biochemistry (M. Florkin & H.S. Mason, eds.), vol. III, Academic Press, New York e London.
- SHORLAND, F. B., 1963** — The distribution of fatty acids in plant lipids, pgs. 253-303, 2 figs., 28 tabs., in Chemical plant taxonomy (T. Swain, ed.), Academic Press, New York e London.
- SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1963** — 424 pgs., ilustr., Edit. Univ. São Paulo, São Paulo.
- SINNOT, E. W., 1914** — Investigation on the phylogeny of the Angiosperms. Am. J. Bot. 1: 303-322, + 6 pls.
- SPIX, J. B. e C. F. P. MARTIUS, 1823 (1938)** — Viagem pelo Brasil, trad. L. F. Lahmeyer (1938), vol. II, 567 pgs., ilustr., Imprensa Nacional, Rio de Janeiro.
- STERLING, C., 1954** — Development of seed coat of Lima Bean (*Phaseolus lunatus* L.). Bull. Torrey Bot. Club 81: 271-287, 22 figs.
- STOCKING, R. C., 1956** — The state of water in cells and tissues, pgs. 15-21, 1 fig., 2 tabs., in Handbuch der Pflanzenphysiologie, (W. Ruhland, ed.), vol. III, Springer-Verlag, Berlin.

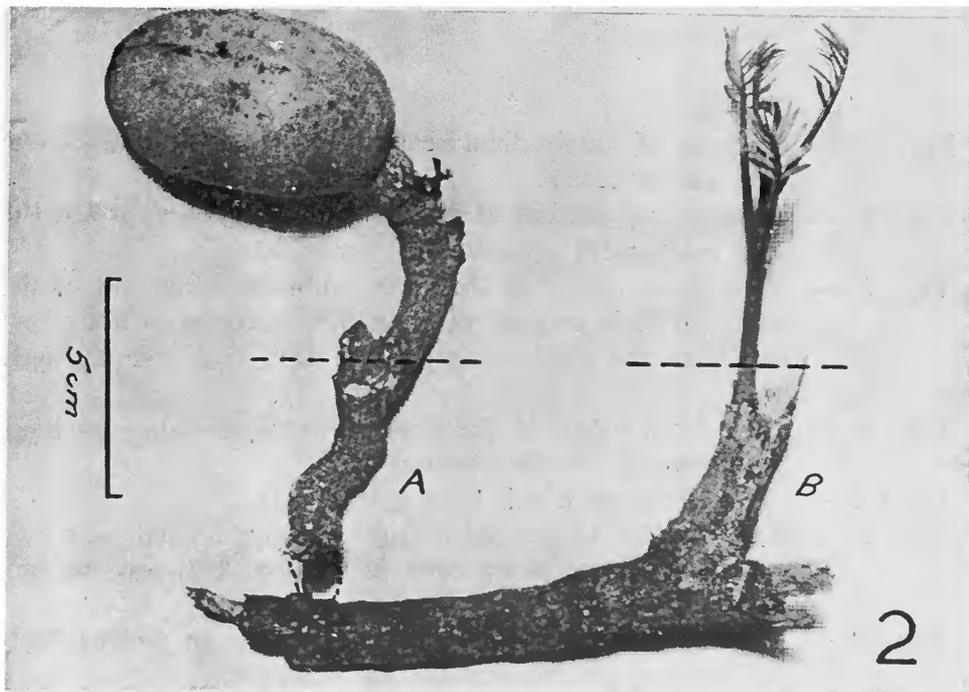
- STOKES, P.**, 1965 — Temperature and seed dormancy, pgs. 746-803, 9 figs., 13 tabs., in *Handbuch der Pflanzenphysiologie* (W. Ruhland, ed.), vol. XV/2, Springer-Verlag, Berlin.
- STRASBURGER, E.**, 1924 — Handbook of practical botany (trad. W. Hillhouse), xxviii + 533 pgs., ilustr., The MacMillan Co., New York.
- STUMPF, P. K.**, 1965 — Lipid metabolism, pgs. 322-345 in *Plant Biochemistry* (J. Bonner & J. E. Varner, eds.), Academic Press, New York.
- SWERN, D.** (ed.), 1964 — Bayley's industrial oil and fat products, xiii + 1103 pgs., ilustr., Interscience Publ., New York.
- TAUBERT, P.**, 1894 — *Leguminosae*, pgs. 70-388, ilustr., in *Die natürlichen Pflanzenfamilien* (A. Engler e K. Prantl, eds.), vol. III/3, Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- URBAN, I.**, 1906 — Vitae itineraquae collectorum botanicorum, notae collaboratorum biographicae, Florae Brasiliensis ratio edendi chronologica, Systema, Index Familiarum, 268, pgs., in *Flora Brasiliensis* (C. F. P. Martius e A. Eichler, eds.), vol. I/1, Monaco.
- VÁLIO, I. F. M. e V. MORAES**, 1966 — Sobre o sistema reprodutivo de plantas dos Cerrados. II. An. Acad. brasil. Ciên. 38 (supl.): 219-224, 13 figs., 6 tabs.
- VÁLIO, I. F. M., V. MORAES, M. MARQUES e P. CAVALCANTE**, 1966a — Sobre o balanço d'água de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc., nas condições de Cerrado, na estação seca. An. Acad. brasil. Ciên. 38 (supl.): 243-259, 11 figs., 7 graf., 3 tabs.
- VÁLIO, I. F. M., V. MORAES, M. MARQUES e P. CAVALCANTE**, 1966b — Estudo comparativo do balanço d'água de *Hymenaea stigonocarpa* Mart., e *Hymenaea stilbocarpa* Hayne, nas condições de Cerrado na estação seca. An. Acad. brasil. Ciên. 38 (supl.): 261-276, 11 figs., 4 graf., 3 tabs.
- VÁLIO, I. F. M., V. MORAES, M. MARQUES, M. E. R. MATOS e J. E. de PAULA**, 1966a — Sobre o balanço d'água de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. nas condições de Cerrado, na estação chuvosa. An. Acad. brasil. Ciên. 38 (supl.): 277-289, 6 graf., 3 tabs.
- VÁLIO, I. F. M., V. MORAES, M. MARQUES, M. E. R. MATOS e J. E. de PAULA**, 1966b — Estudo comparativo do balanço d'água de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. e de *Hymenaea stilbocarpa* Hayne, nas condições de Cerrado, na estação chuvosa. An. Acad. brasil. Ciên. 38 (supl.): 291-301, 5 graf., 3 tabs.
- VAN DEN HONERT, T. H.**, v948 — Water transport in plants as a catenary process, Disc. Faraday Soc. 3: 146, in *Studies on Rates of Physiological Processes in Plants, 1955-1956*. California Institute of Technology, Division of Biology, Pasadena, California.
- VANZOLINI, P. E.**, 1963 — Problemas faunísticos do Cerrado, pgs. 305-321, in *Simpósio sobre o Cerrado*, 424 pgs., ilustr., Edit Univ. S. Paulo, São Paulo.

- WARMING, E.**, 1908 — Lagoa Santa — Contribuição para a geographia phyto-biológica .(trad. A. Loefgren), 282 pgs., ilustr., Imprensa Official, Bello Horizonte, Minas Gerais, Brasil.
- WENT, F. W.**, 1948 — Thermoperiodicity, pgs. 145-157, 6 figs., 1 pl., *in* Vernalization and Photoperiodism (A. E. Murneek e R. O. Whyte, eds.), Chronica Botanica Co., Waltham, Mass., U.S.A.
- WENT, F. W.**, 1957 — The experimental control of plant growth, xvii + 343 pgs., ilustr., + xxv pls., Chronica Botanica Co., Waltham, Mass., U.S.A.
- WARNER, R. E.**, 1967 — (comunicação pessoal).
- ZILL, L. P. e G. M. CHENIAE**, 1962 — Lipid metabolism. An. Rev. Plant Physiol. 13: 225-264, 11 figs.

***FIGURAS***  
***(figures)***

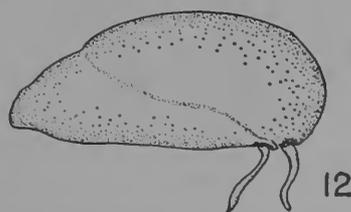
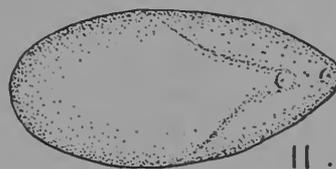
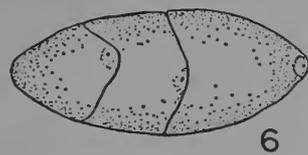
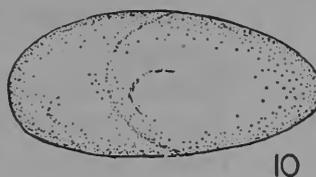
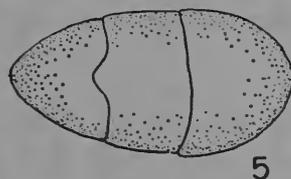
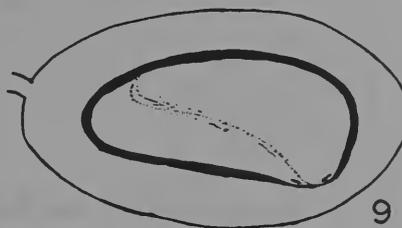
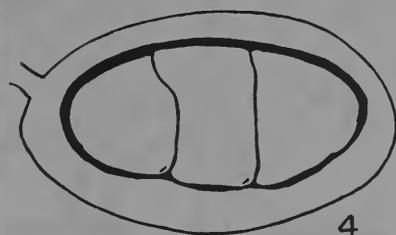
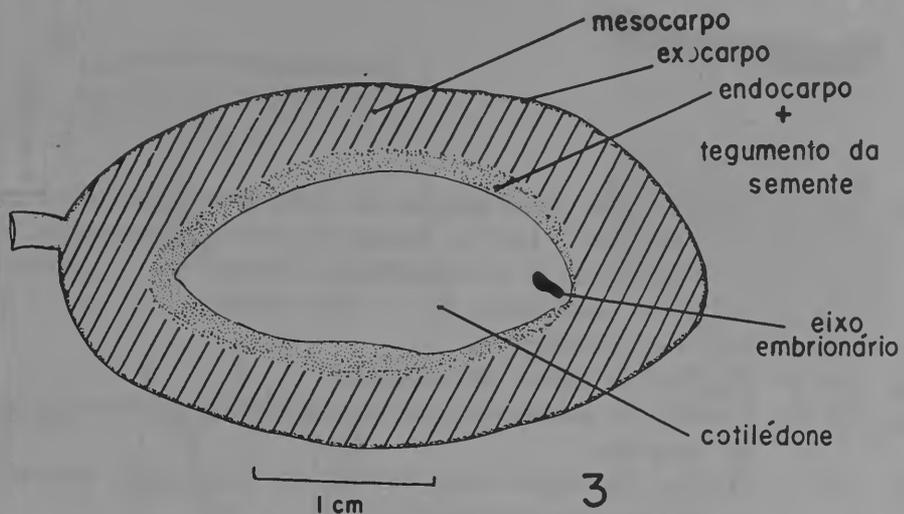
- Fig. 1 — Aspecto freqüente de uma planta na época da frutificação, aparecendo apenas um ramo com frutos. Parte dos ramos vegetativos aéreos estão encobertos por gramíneas.
- Fig. 2 — A: ramo com um único fruto, excepcionalmente grande. B: ramo aéreo nôvo, vegetativo, originado a partir de um ramo subterrâneo. Note-se a posição em relação à superfície do solo (linha pontilhada).

- Fig. 1 — Aspect of plant at fruiting time; only the fruits are visible. The vegetative parts are hidden by the grasses.
- Fig. 2 — A: Branch with one exceptionally large fruit. B: New shoot developed from an underground stem.



- Fig. 3 — Corte longitudinal de um fruto adulto, em diagrama.
- Fig. 4 — Corte longitudinal (diagrama) de um fruto com três sementes: ocorre uma película de tegumento seminal isolando os embriões.
- Fig. 5 — Vista superior dos embriões retirados do fruto, mantidos na sua posição original; em conjunto, têm o formato de um único embrião.
- Fig. 6 — Vista inferior do conjunto, notando-se a região que contém o eixo embrionário sempre do mesmo lado.
- Fig. 7 e 8 — Dois embriões germinados.
- Fig. 9 — Corte longitudinal de um fruto (diagrama), em que ocorre uma semente com dois embriões. Note-se a ausência de tegumento seminal entre os embriões, que são soldados.
- Fig. 10 — Embriões retirados do fruto, em vista superior; apenas um sulco delimita externamente os dois embriões.
- Fig. 11 — Embriões em vista inferior.
- Fig. 12 — Embriões após a germinação.

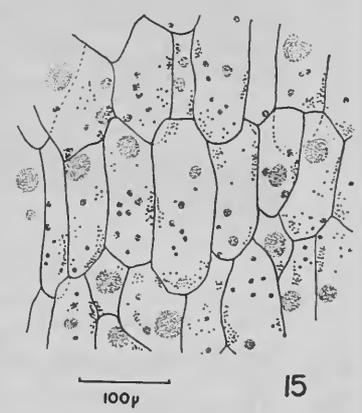
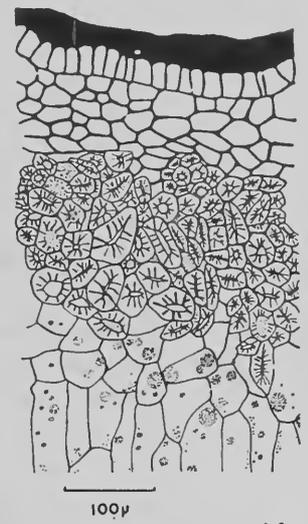
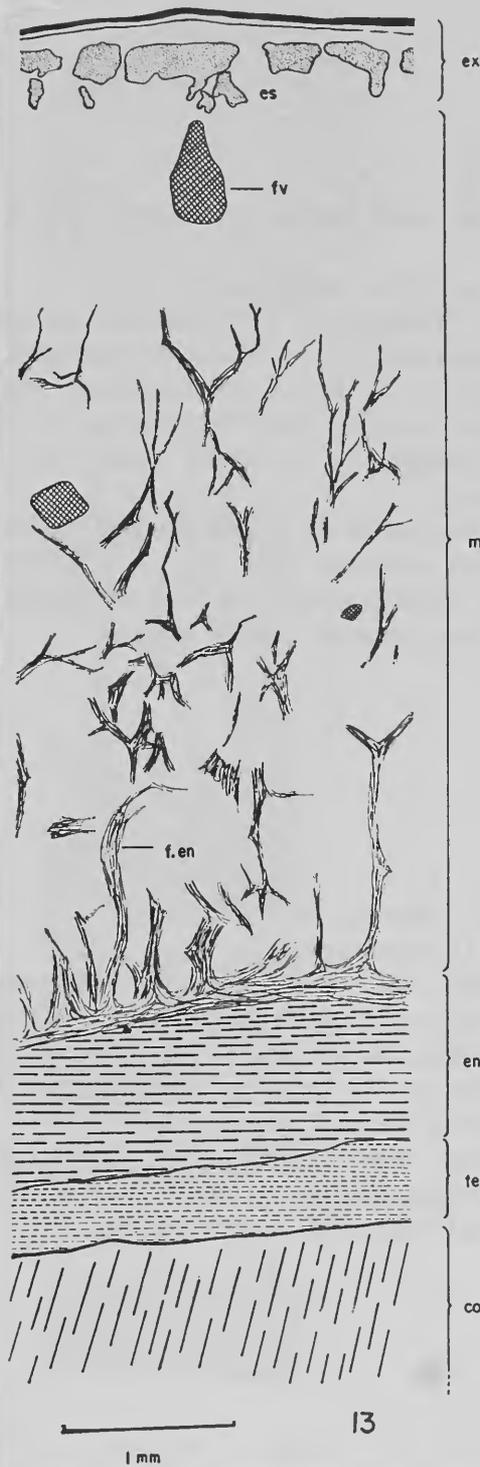
- Fig. 3 — Diagram of longitudinal section of mature fruit with one seed (usual case).
- Fig. 4 — Longitudinal section of mature fruit with three seeds; the seed integument separates the embryos.
- Fig. 5 — View from above of the three embryos taken out of the fruit. In their original position they make up a body that simulates the single embryo of a fruit that contains only one.
- Fig. 6 — View from below of the three embryos, showing the three points where are the embryo axes.
- Fig. 7, 8 — Two embryos which have germinated.
- Fig. 9 — Longitudinal section of a fruit showing a seed with two embryos. There is no seed integument between the embryos in this case.
- Fig. 10 — Embryos taken out of the fruit (view from above); only an external groove delimits the embryos.
- Fig. 11 — View from below of these two embryos.
- Fig. 12 — The same two embryos after germination.



2 cm

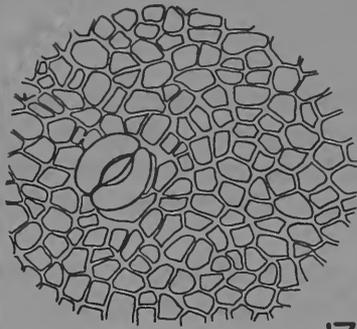
- Fig. 13 — Diagrama de uma secção do corte transversal do fruto e da semente. (*ex* — exocarpo; *me* — mesocarpo; *en* — endocarpo; *te* — tegumento seminal; *co* — cotilédone; *es* — escleritos; *fv* — feixe vascular; *f. en* — fibras do endocarpo).
- Fig. 14 — Detalhe da região do exocarpo.
- Fig. 15 — Detalhe do parênquima do mesocarpo, notando-se as gotas lipídicas.
- Fig. 16 — Detalhe da região mais interna do mesocarpo, notando-se as fibras do endocarpo.

- Fig. 13 — Transection of the fruit and seed. (*ex* — exocarp; *me* — mesocarp; *te* — seed integument; *co* — cotyledon; *es* — sclereids; *fv* — vascular bundle; *f. en* — fibers of endocarp).
- Fig. 14 — Exocarp (detail).
- Fig. 15 — Parenchyma of the mesocarp showing oil drops.
- Fig. 16 — Inner region of the mesocarp with fibers from the endocarp.



- Fig. 17 — Epiderme do fruto em vista frontal, notando-se um estômato.
- Fig. 18 — Estômato do fruto em corte transversal.
- Fig. 19 — Detalhe do conjunto “endocarpo + tegumento da semente”, em corte transversal (*a* — fibras do endocarpo que vão ao mesocarpo; *b* — fibras do endocarpo, vendo-se feixes de fibras cortados transversalmente; *c* — parte do endocarpo constituída de tecido frouxo; *d* — tegumento da semente).
- Fig. 20 — Detalhes de regiões observadas na figura anterior, salientando-se tegumento da semente (*d*): *d*<sub>1</sub> — epiderme; *d*<sub>2</sub> — tecido interno, correspondente ao “estrato profundo”; *d*<sub>3</sub> — camada que contacta com o embrião.

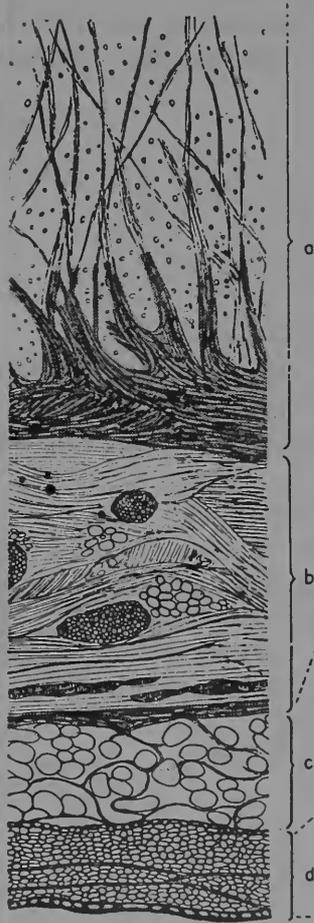
- Fig. 17 — Fruit epidermis, with stomate (surface view).
- Fig. 18 — Stomate of the fruit (transsection).
- Fig. 19 — Detail of the endocarp and seed integument (transsection). (*a* — fibers from the endocarp entering the mesocarp; *b* — inner fibers of the endocarp, showing some transverse bundles; *c* — part of the endocarp, a layer of spongy tissue; *d* — seed integument).
- Fig. 20 — Detail of certain regions shown in fig. 19. (*d*<sub>1</sub> — epidermis of the seed integument; *d*<sub>2</sub> — inner tissue or mesophyll; *d*<sub>3</sub> — internal epidermis of integument).



17



18



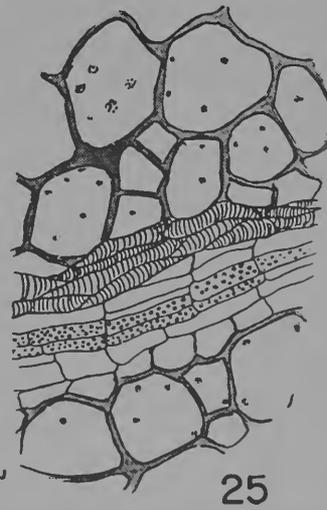
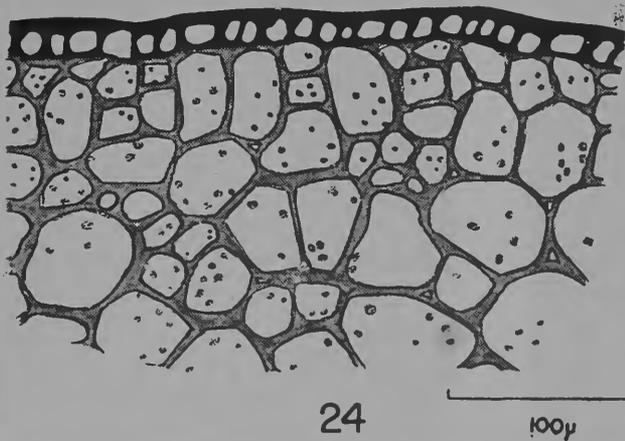
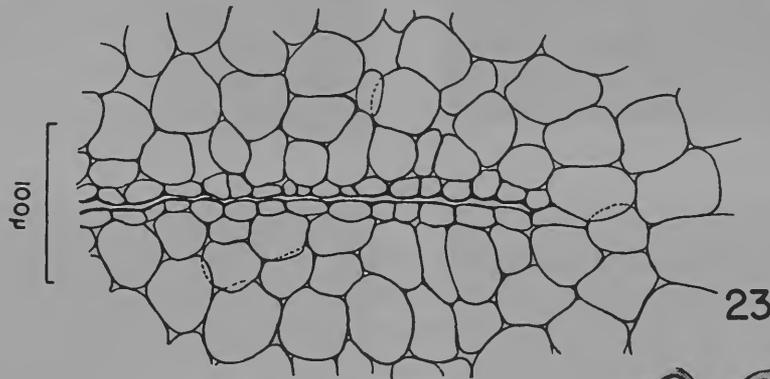
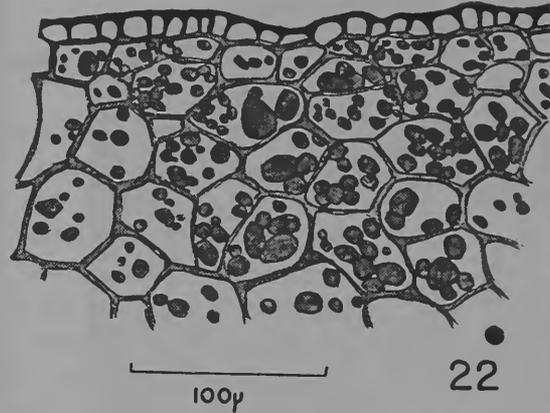
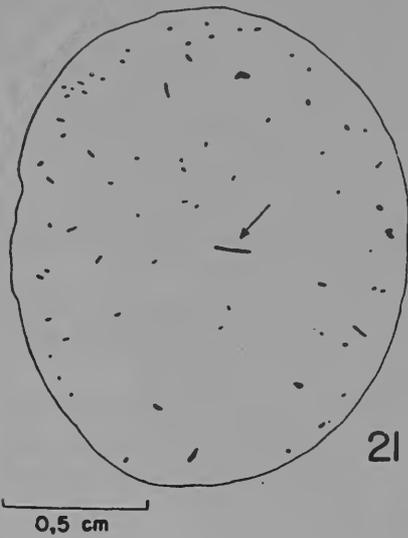
19



20

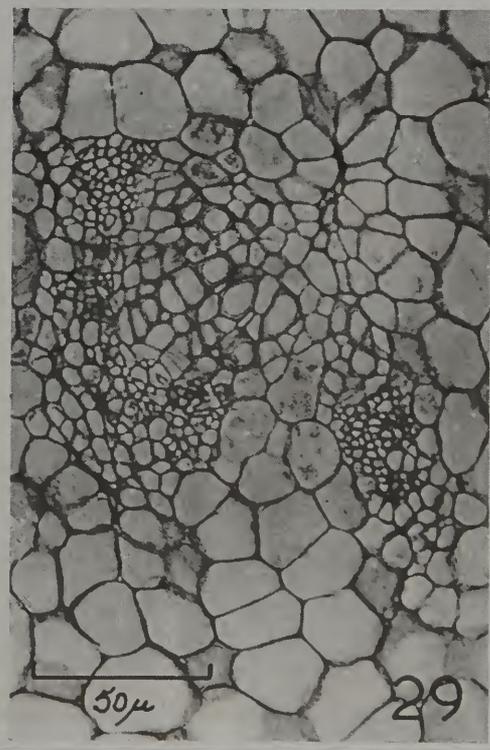
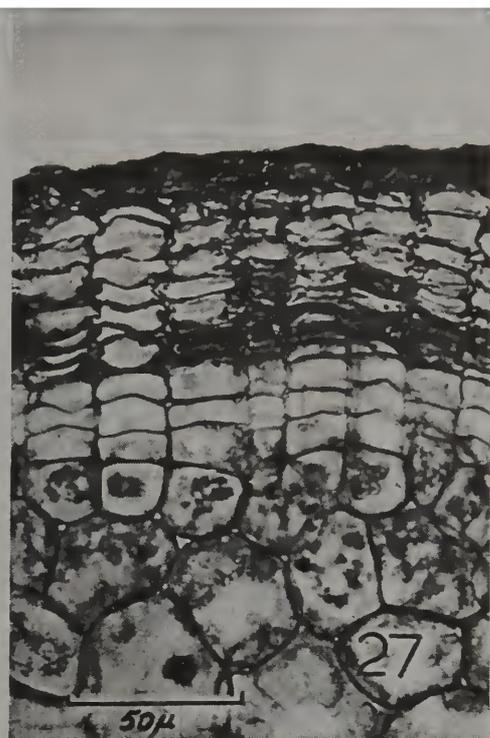
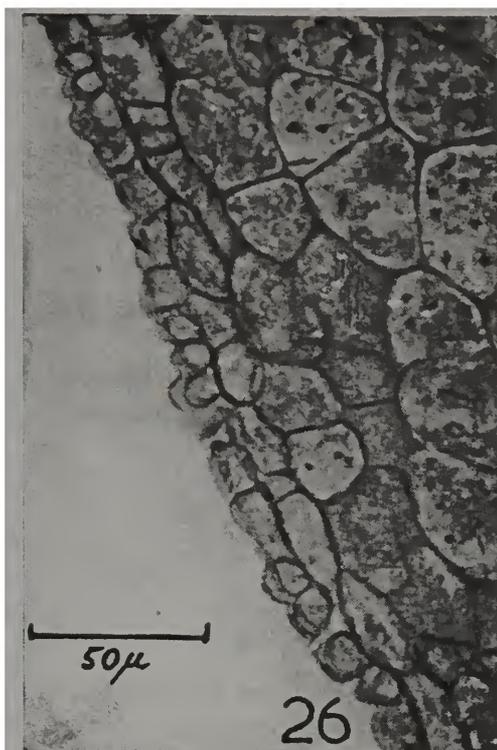
- Fig. 21 — Diagrama de um corte transversal do embrião, na região mediana, passando somente pelos cotilédones. Indicada pela seta, a pequena fenda mediana que separa os cotilédones. Note-se ainda a distribuição dos feixes vasculares.
- Fig. 22 — Detalhe da região periférica do cotilédone, em corte transversal, vendo-se células com grãos de amido.
- Fig. 23 — Detalhe da fenda mediana entre os cotilédones.
- Fig. 24 — Aspecto em corte transversal, da região periférica de um cotilédone persistente numa planta de dois anos. Note-se a presença de cloroplastos e a ausência de amido.
- Fig. 25 — Detalhe do cotilédone anterior, notando-se um feixe vascular acompanhado por células que contêm inúmeros cloroplastos.

- Fig. 21 — Median transection of embryo, showing the slit that separates the cotyledons, and the vascular bundles.
- Fig. 22 — Outer region of cotyledon (transection), showing cells with starch.
- Fig. 23 — The median slit between the cotyledons.
- Fig. 24 — Transection in a median region of a cotyledon from a plant two years old. There are chloroplasts, but starch is absent.
- Fig. 25 — Detail of the cotyledon in fig. 24, showing a vascular bundle and adjoining cells containing chloroplasts.



- Fig. 26 — Detalhe da região periférica de um cotilédone, em corte transversal.
- Fig. 27 — Detalhe da região periférica de um cotilédone persistente em planta de 2 anos. Note-se o felogênio e o súber, além de cloroplastos nas células.
- Fig. 28 — Detalhe da região interna de um cotilédone em corte transversal. Observem-se feixes vasculares, e células preenchidas com grãos de amido.
- Fig. 29 — Detalhe da região interna de um cotilédone persistente em planta de 2 anos, em corte transversal. Note-se a ausência de amido nas células, e cloroplastos próximos aos feixes vasculares.

- Fig. 26 — Transection of outer part of a cotyledon.
- Fig. 27 — Transection of outer part of a cotyledon from a two-years old plant, showing phellogen and cork.
- Fig. 28 — Inner part of a cotyledon (transection) showing vascular bundles and cells with starch.
- Fig. 29 — Inner part of a cotyledon (transection) of a two-years old plant.



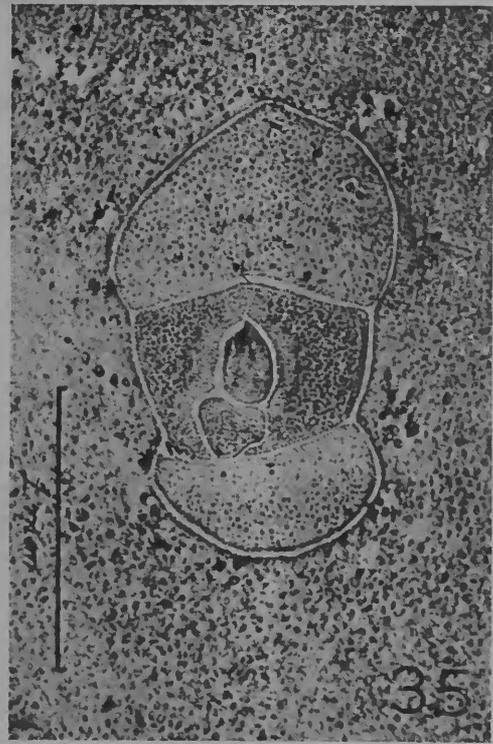
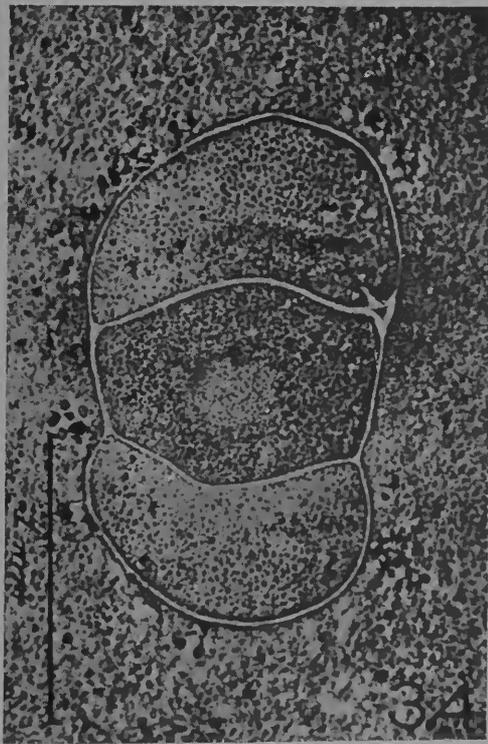
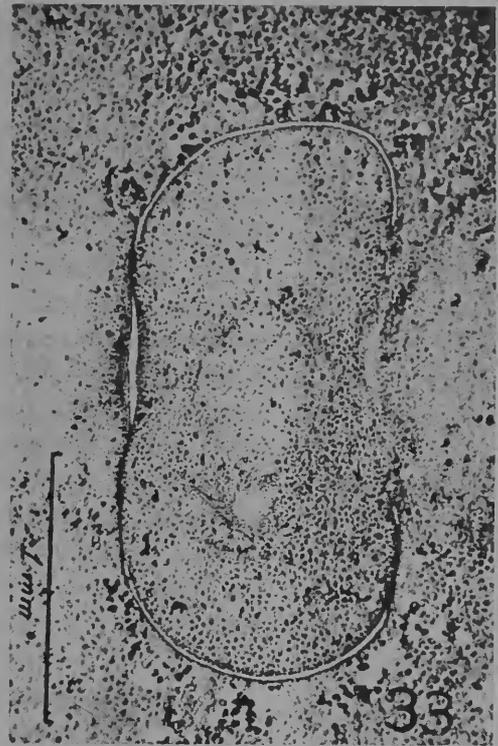
- Fig. 30 — Plantas de um ano e meio de idade, vendo-se parte do sistema radicular, e os cotilédones persistentes.
- Fig. 31 — Plantas com 5 anos de idade. Notam-se os cotilédones persistentes ,e a ausência de um ramo aéreo principal.

- Fig. 30 — Plant 18 month old showing the persistent cotyledons.
- Fig. 31 — Plants 5 years old showing persistent cotyledons. Note absence of central leader in the aerial part.



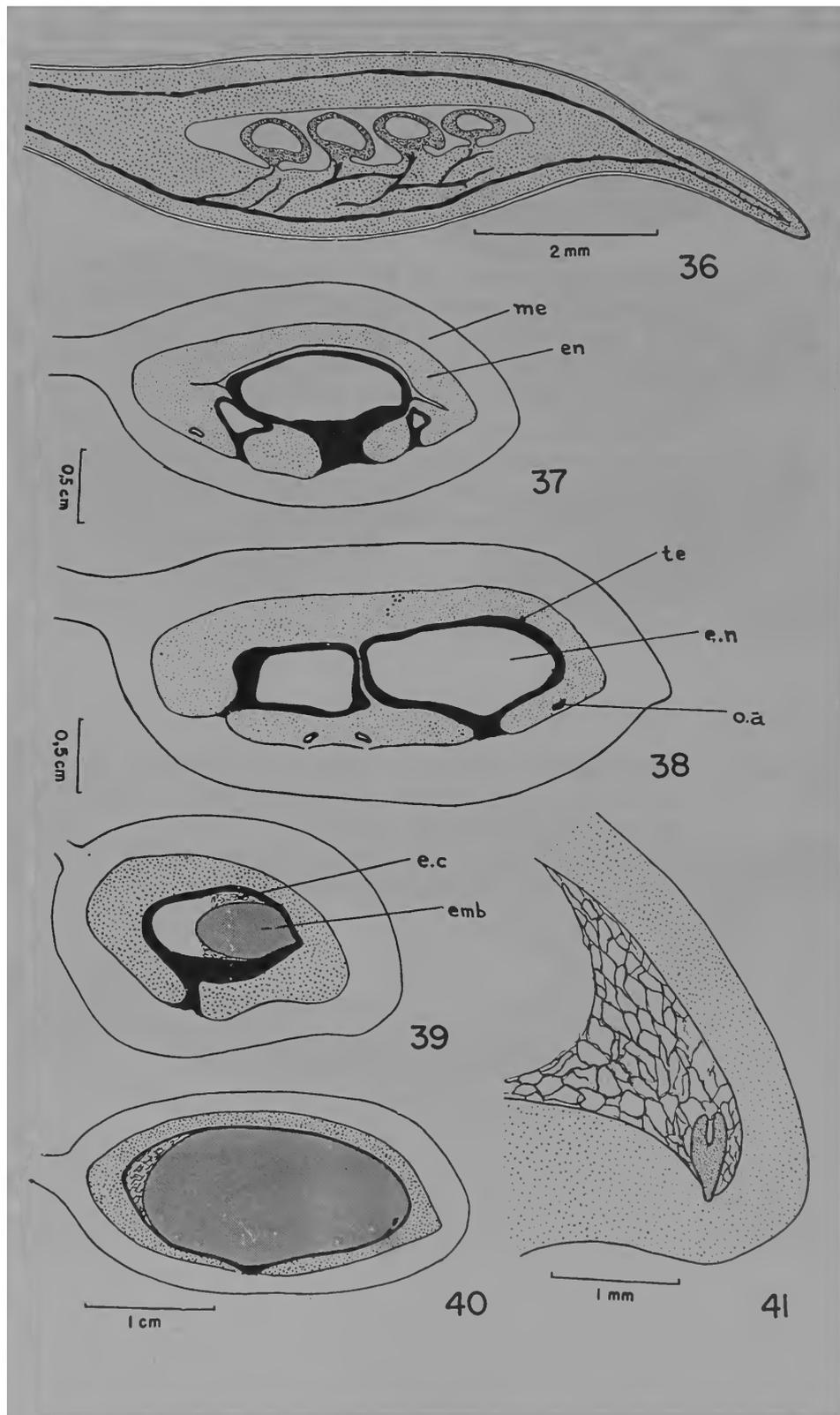
- Fig. 32 — Corte longitudinal do eixo embrionário.  
Fig. 33 — Corte transversal do eixo embrionário, abaixo do ponto de emergência dos primórdios foliares.  
Fig. 34 — Corte transversal do eixo embrionário, notando-se dois primórdios foliares.  
Fig. 35 — Corte transversal do eixo embrionário, vendo-se quatro (cinco?) primórdios foliares.

- Fig. 32 — Longitudinal section through the embryo axis.  
Fig. 33 — Transection of embryo axis. The section was cut beneath the point of leaf primordia.  
Fig. 34 — Transection of the embryo axis showing two leaf primordia.  
Fig. 35 — Transection of the embryo axis showing four (five?) leaf primordia.



- Fig. 36 — Corte longitudinal de um ovário, vendo-se o sistema vascular.
- Fig. 37 — Corte longitudinal de um fruto jovem, notando-se uma semente se desenvolvendo mais do que as outras.
- Fig. 38 — Corte longitudinal de um fruto com duas sementes em desenvolvimento; notam-se os vestígios de óvulos abortados.
- Fig. 39 — Corte longitudinal do fruto em desenvolvimento, mostrando o embrião preenchendo metade da cavidade da semente, e parcialmente envolto por endosperma.
- Fig. 40 — Corte longitudinal do fruto quase adulto, com o embrião tomando quase que totalmente a cavidade da semente; resta ainda um pouco de endosperma.
- Fig. 41 — Detalhe do embrião em fase muito jovem, e mcorte longitudinal, envolvido por endosperma.  
(*me* — mesocarpo; *en* — endocarpo; *te* — tegumento da semente; *e.n* — endosperma nuclear; *o.a* — óvulos abortados; *e.c* — endosperma celular; *emb* — embrião).

- Fig. 36 — Transection of ovary in old flower from which petals have fallen.
- Fig. 37 — Longitudinal section of the fruit early in development.
- Fig. 38 — Longitudinal section of the fruit with two seeds. At this stage the embryo begins its development (detail in figs. 41, 44).
- Fig. 39 — The embryo begins to fill the seed cavity, surrounded by endosperm.
- Fig. 40 — Old stage in fruit and seed development.
- Fig. 41 — Early stage in embryo development. Note V-shaped embryo in the endosperm.  
(*me* — mesocarp; *en* — endocarp; *te* — seed integument; *e.n* — nuclear endosperm; *o.a* — abortive ovules; *e.c* — cellular endosperm; *emb* — embryo).



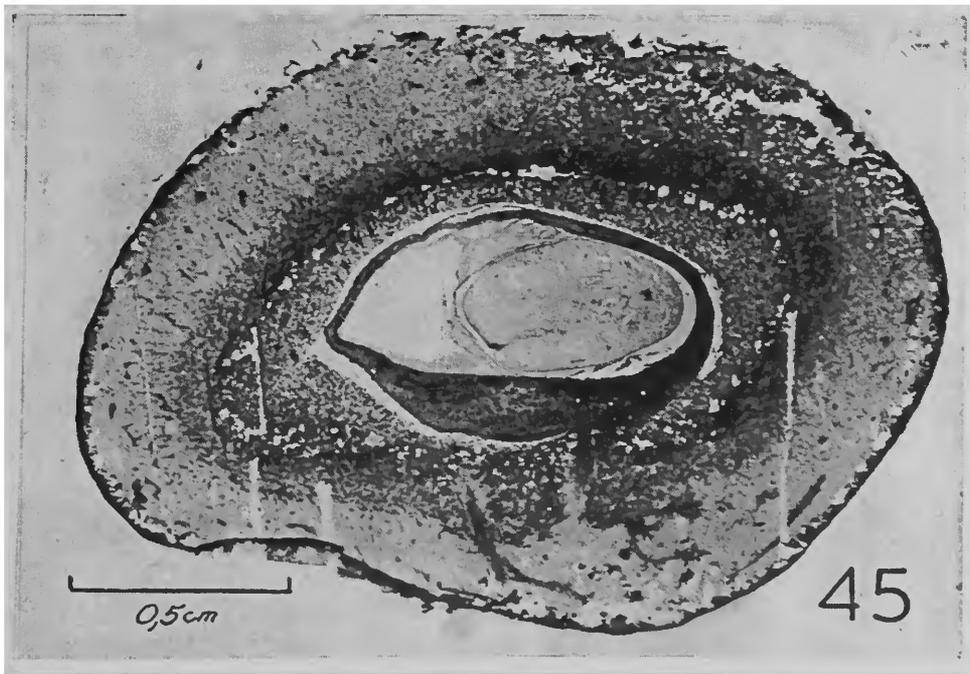
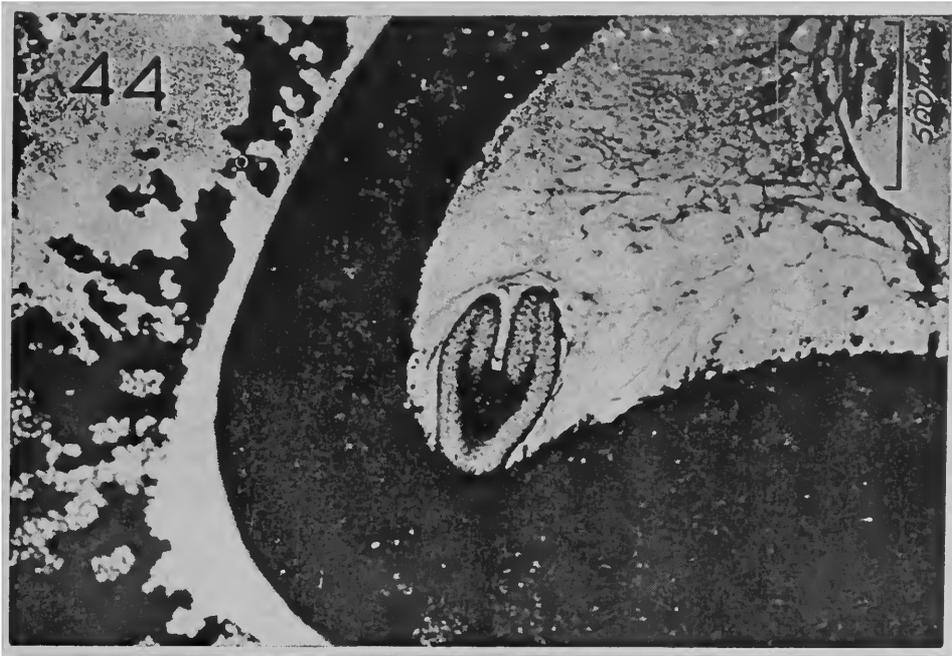
- Fig. 42 — Cortes longitudinais de um fruto jovem, mostrando as sementes nos primeiros estágios do desenvolvimento. Note-se que uma delas já é bem maior.
- Fig. 43 — Corte longitudinal de um fruto em estágio mais avançado que o anterior. Vêm-se duas sementes se desenvolvendo, sendo que o embrião, nesta fase, apresenta-se no estágio representado no figura 53. Note-se ainda, o futuro endocarpo subdividido em duas regiões: uma externa (escura) e uma interna (clara).

- Fig. 42 — Longitudinal sections of young fruit showing the seeds in the the initial stages of development. One seed is already bigger than the others.
- Fig. 43 — Longitudinal section of a fruit with two seeds.



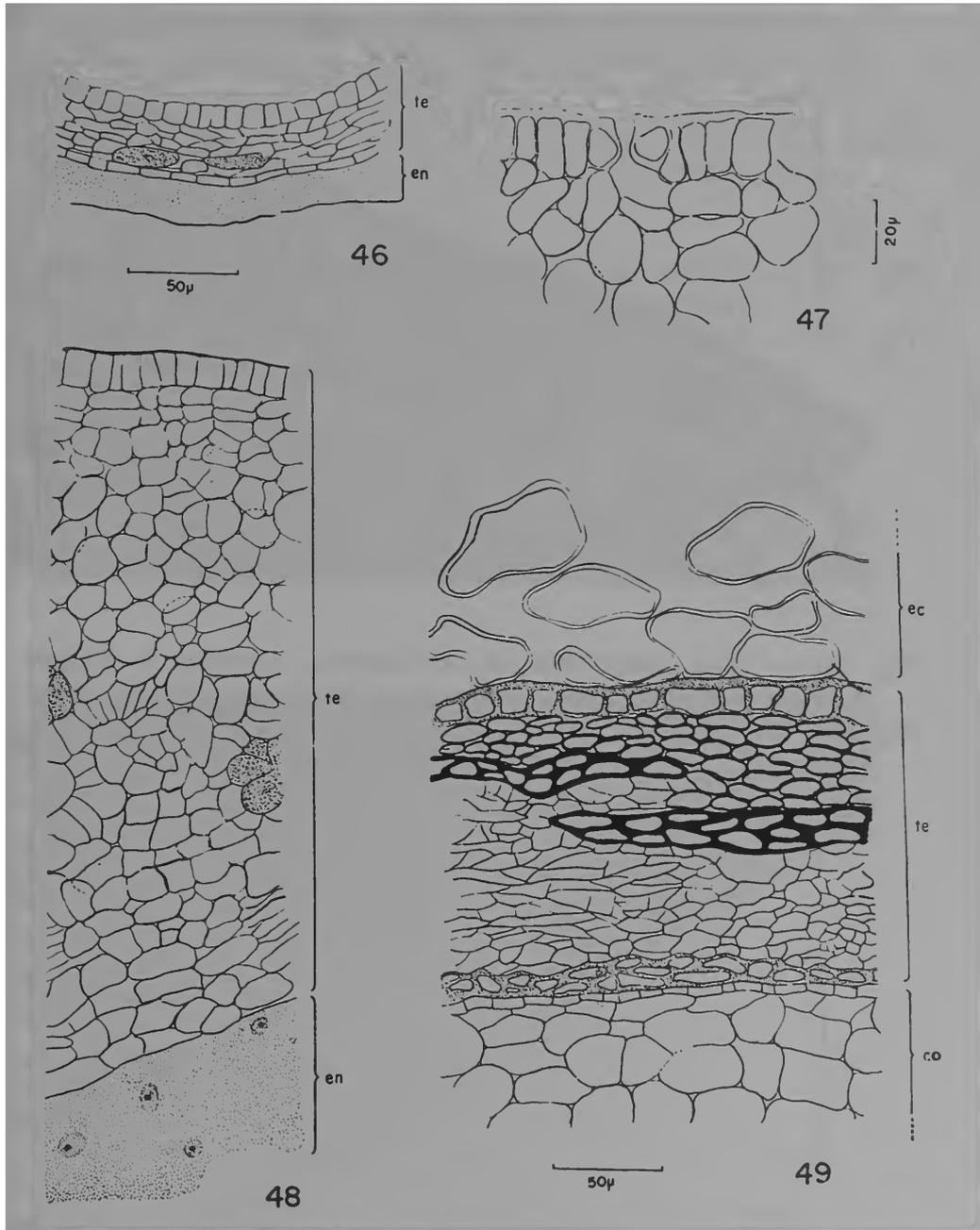
- Fig. 44 — Detalhe do embrião nos primeiros estágios do desenvolvimento, envolvido por endosperma (corte longitudinal).
- Fig. 45 — Fruto em corte longitudinal, mostrando o embrião em desenvolvimento, rodeado por endosperma, e preenchendo metade da cavidade da semente.

- Fig. 44 — Embryo early in development, surrounded by endosperm.
- Fig. 45 — Longitudinal section of a fruit with embryo filling half the seed cavity.



- Fig. 46 — Estrutura do tegumento da semente, em estágio muito jovem (*te* — tegumento da semente; *en* — endosperma).
- Fig. 47 — Estômato da semente, em corte transversal.
- Fig. 48 — Estágio intermediário no desenvolvimento da semente (*te* — tegumento; *en* — endosperma).
- Fig. 49 — Tegumento da semente quase adulta, em corte transversal (*ec* — parte do endocarpo; *te* — tegumento da semente; *co* — cotilédone).

- Figs. 46, 48, 49 — Three stages in the development of the seed integument (*te* — integument; *en* — endosperm; *ec* — endocarp; *co* — cotyledon).
- Fig. 47 — Transection of a stomate in the seed integument.



- Fig. 50 — Detalhe do tegumento da semente em desenvolvimento (corte transversal), vendo-se um estômato.
- Fig. 51 — Detalhe da parte interna do tegumento da semente em desenvolvimento (corte transversal), vendo-se a camada de endosperma.

- Fig. 50 — Seed integument in development, showing a stomate (transection).
- Fig. 51 — Inner layer of seed integument in development, showing the nuclear endosperm.

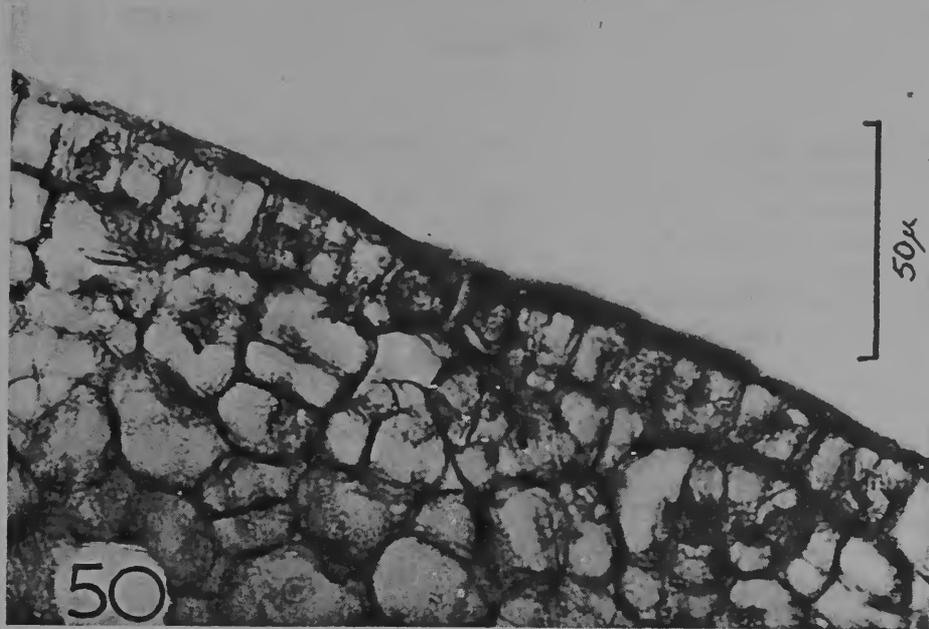


Fig. 52 — Distribuição de frequências do pêso fresco de frutos e embriões.

Fig. 52 — Distribution frequency of fresh weight of fruits and embryos.

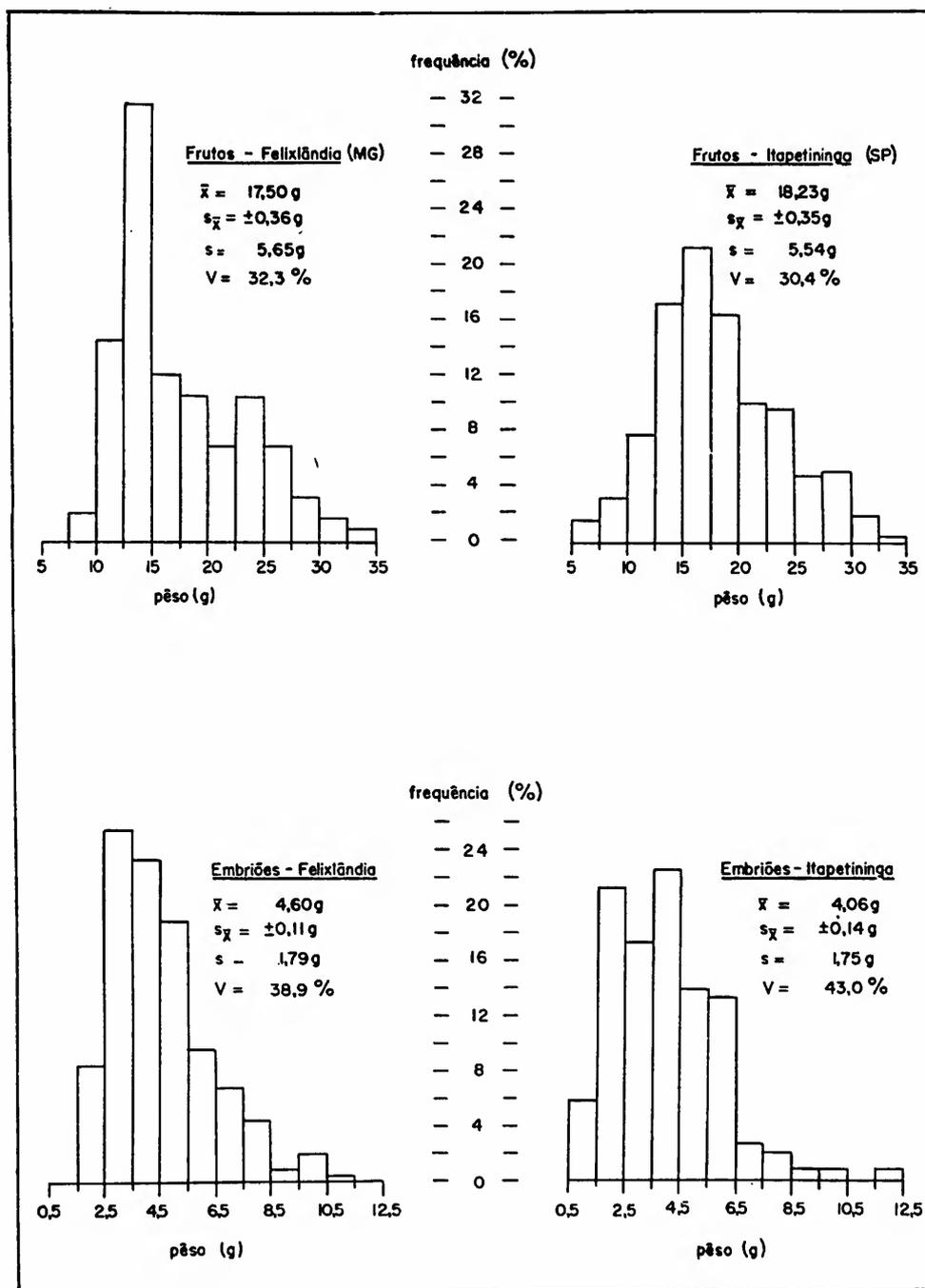


FIG. 52

- Fig. 53 — Frutos de diferentes tamanhos e pêsos, numa mesma população.
- Fig. 54 — Detalhe do tubo coletor adaptado à saída de gás do cromatógrafo.

- Fig. 53 — Variation of size and weight of ripe fruits in a single population.
- Fig. 54 — Detail of the adapted glass collecting tube in the chromatograph.

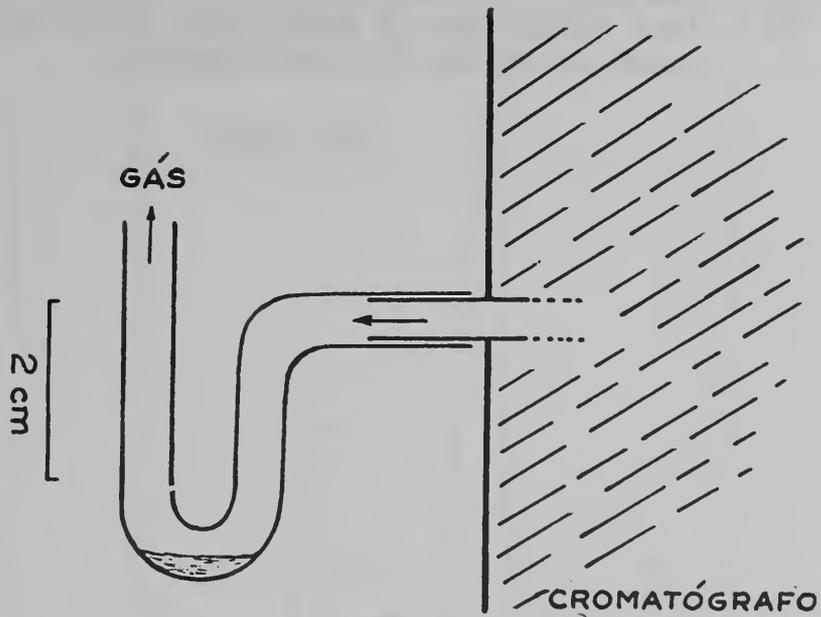
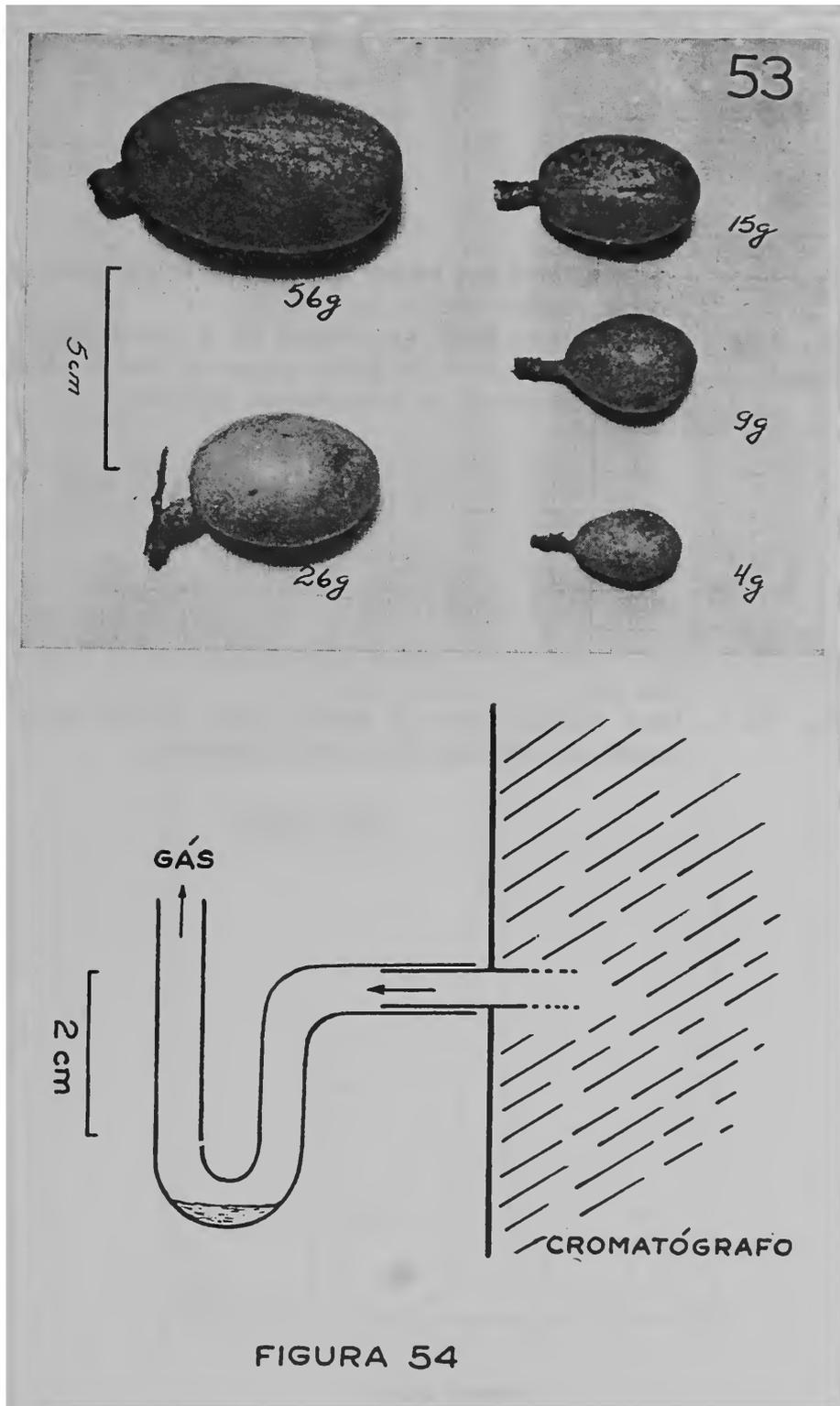


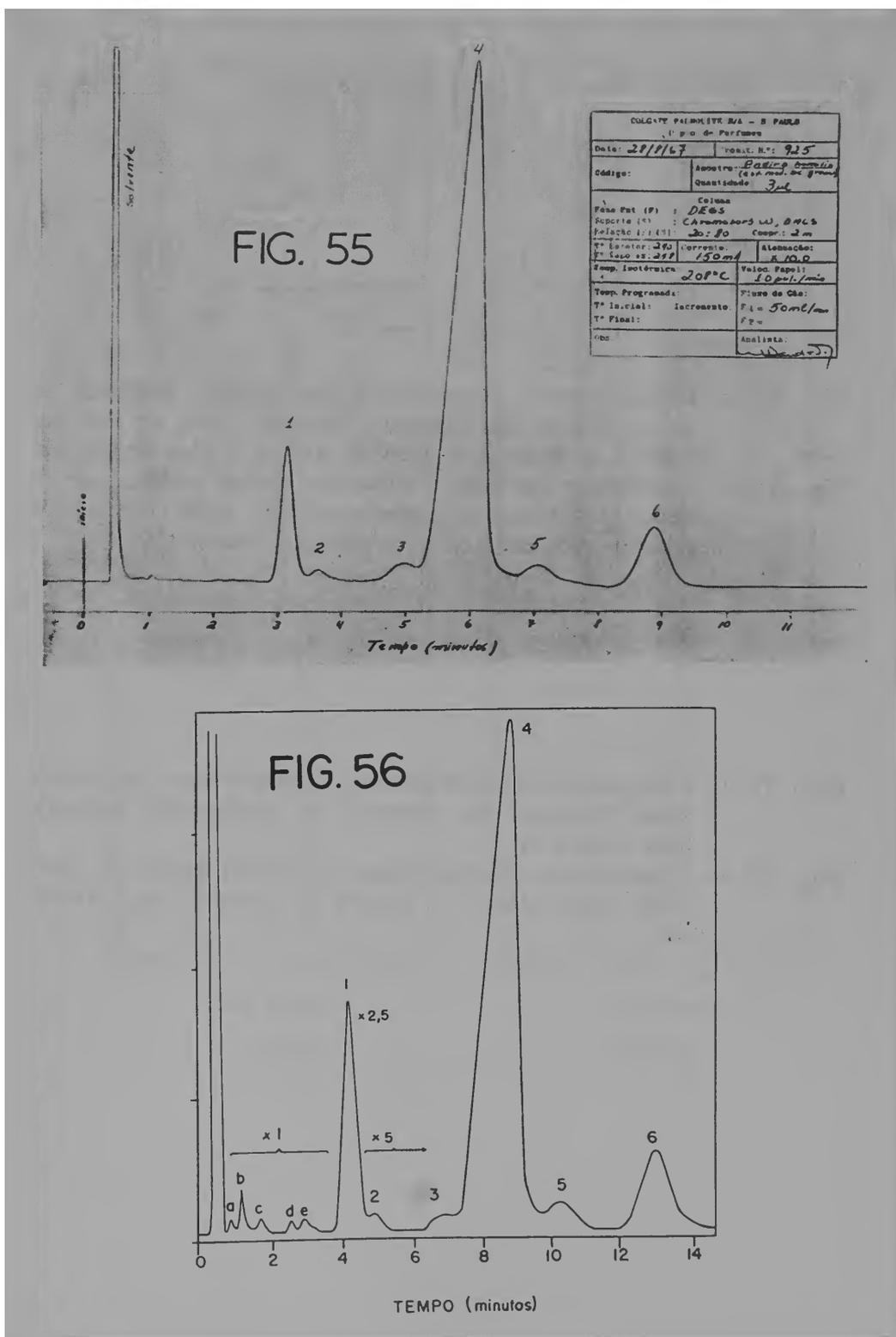
FIGURA 54

Fig. 55 — Cromatograma dos estéres metílicos de ácidos graxos do óleo de *Andira humilis*.

Fig. 56 — Cromatograma ideal (montagem de 2 cromatogramas) dos estéres metílicos de ácidos graxos de óleo de *Andira humilis*, mostrando os componentes menores.

Fig. 55 — Chromatogram of methyl esters of fatty acids from *Andira* oil.

Fig. 56 — Ideal chromatogram of methyl esters of fatty acids of *Andira* oil, showing the minor components.



- Fig. 57 — Cromatogramas comparativos dos estéres metílicos de ácidos graxos das seguintes amostras: óleo de Babaçu, mistura de Babaçu + óleo de *Andira*, e óleo de *Andira*.
- Fig. 58 — Cromatogramas comparativos dos estéres metílicos de ácidos graxos das seguintes amostras: sebo, mistura de sebo + óleo de *Andira*, e óleo de *Andira*.

- Fig. 57 — Comparative chromatograms of methyl esters of fatty acids from “babaçu” oil, “babaçu” + *Andira* oils (mixed), and *Andira* oil.
- Fig. 58 — Comparative chromatograms of methyl esters of fatty acids from tallow, + *Andira* oil (mixed) and *Andira* oil.

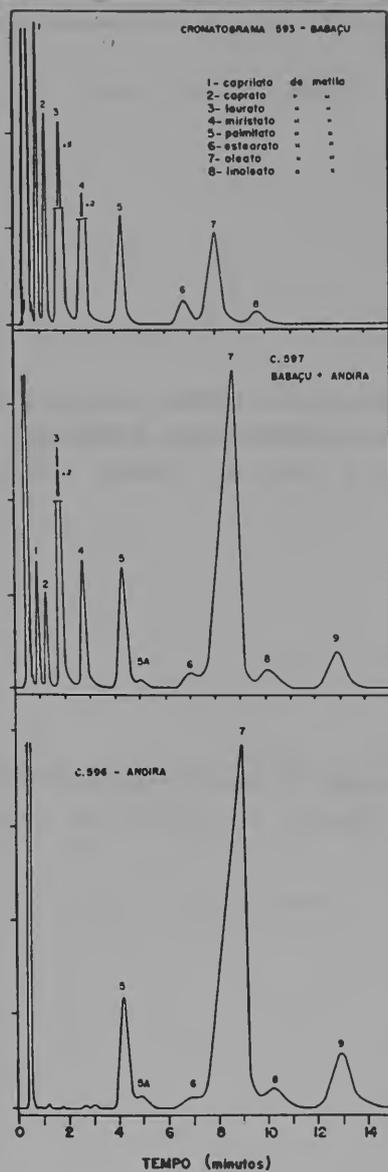


FIG. 57

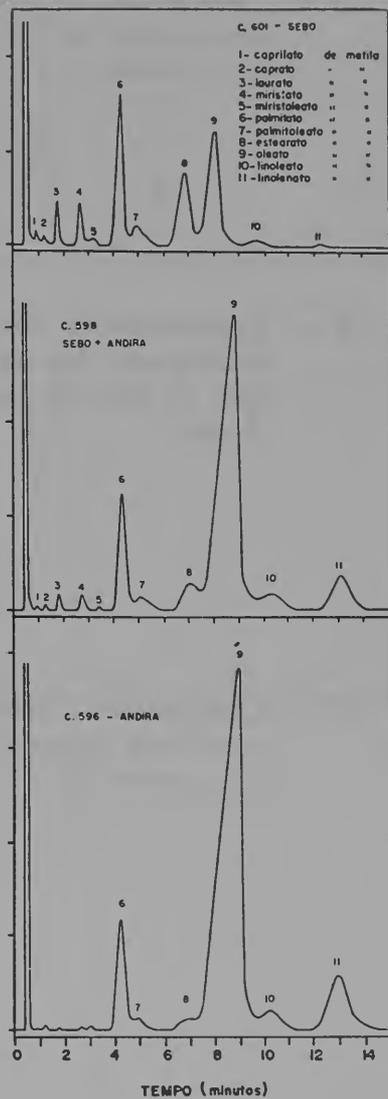


FIG. 58

Fig. 59 — Cromatogramas comparativos dos estéres metílicos de ácidos graxos das seguintes amostras: óleo de linhaça, mistura de óleo de linhaça + óleo de *Andira*, e óleo de *Andira*.

Fig. 59 — Comparative chromatograms of methyl esters of fatty acids from linseed oil, linseed + *Andira* oils (mixed) and *Andira* oil.

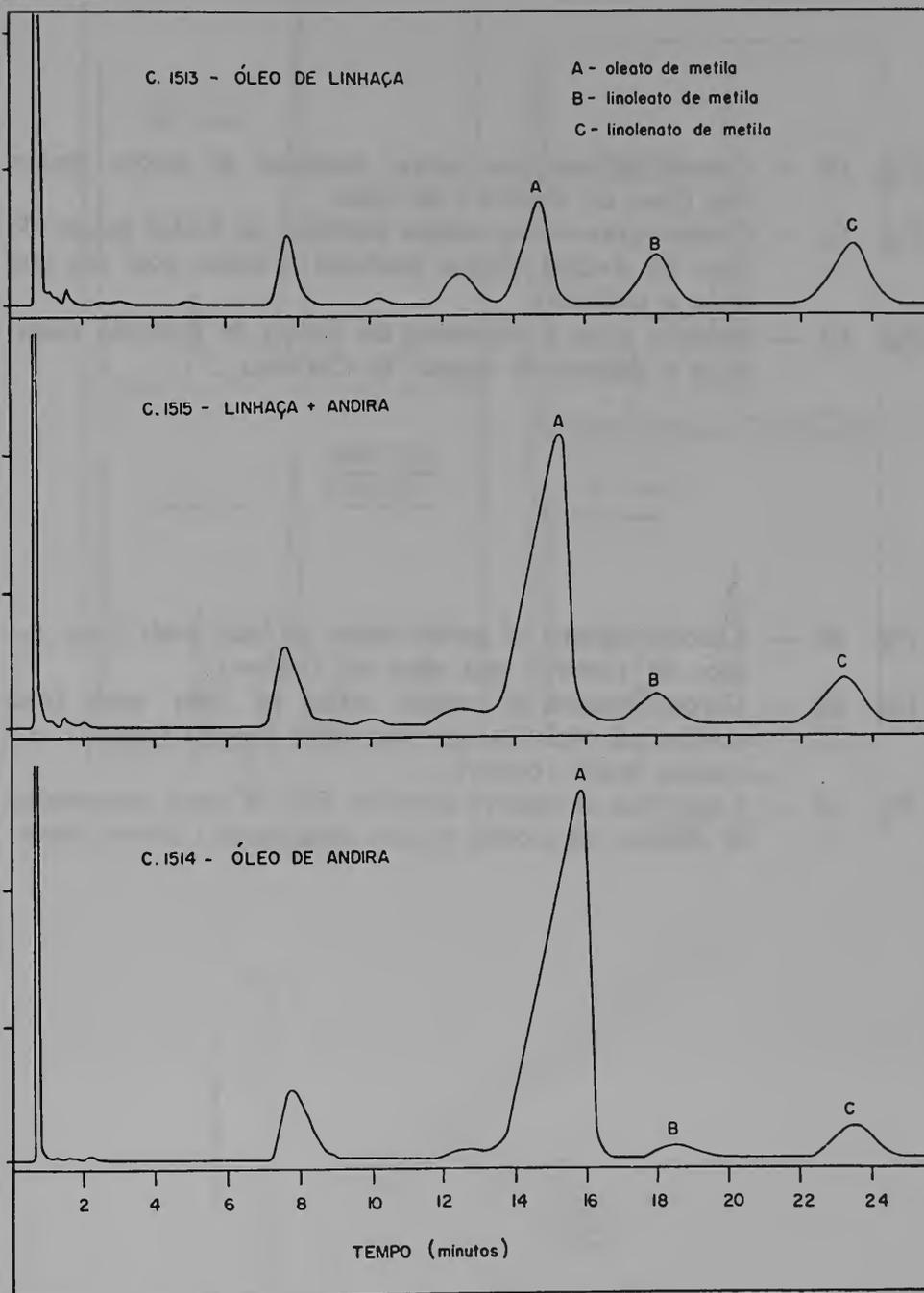


FIG. 59

- Fig. 60 — Cromatogramas dos estéres metílicos de ácidos graxos dos óleos de *Andira* e de oliva.
- Fig. 61 — Cromatogramas dos estéres metílicos de ácidos graxos do óleo de *Andira* (frutos maduros e frutos com um ano após a colheita).
- Fig. 62 — Relação entre o logarítmo do tempo de retenção relativa, e o número de átomos de Carbono.
- 
- Fig. 60 — Chromatograms of methyl esters of fatty acids from *Andira* oil (above) and olive oil (below).
- Fig. 61 — Chromatograms of methyl esters of fatty acids from *Andira* oil of fruits one year after harvest (above) and mature fruits (below).
- Fig. 62 — Logarithm of relative retention time of some components of *Andira* oil plotted against number of Carbon atoms.

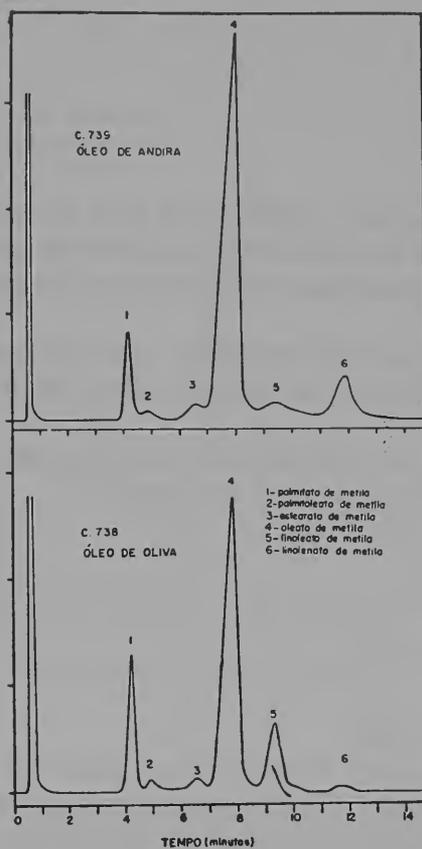


FIG. 60

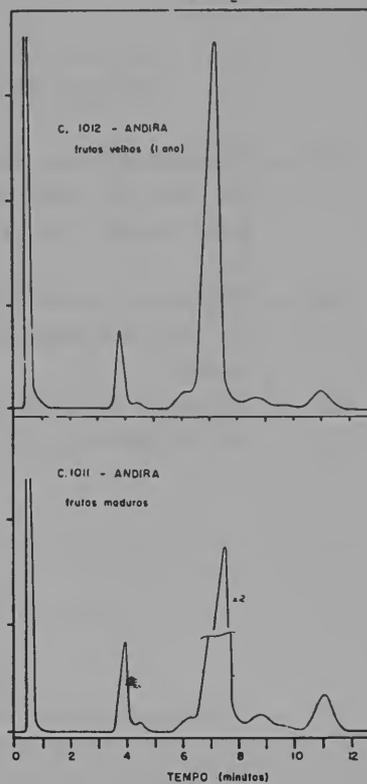


FIG. 61

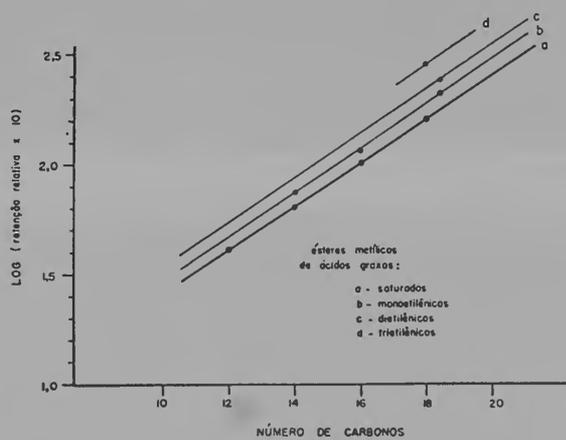


FIG. 62

- Fig. 63 — Cromatogramas dos estéres metílicos do óleo de oliva e do óleo de *Andira*, e do respectivo componente principal, isolado por cromatografia de fase vapor preparativa.
- Fig. 64 — Espectro de absorção no infravermelho, do éster metílico do componente principal do óleo de oliva (oleato de metila).
- Fig. 65 — Espectro de absorção no infravermelho do éster metílico do componente principal do óleo de *Andira*.

- Fig. 63 — Chromatograms of methyl esters of fatty acids of olive oil (left) and *Andira* oil (right), upper curves, and of its major component (the lower curves) isolated by preparative vapor-phase chromatography.
- Fig. 64 — Infrared absorption spectrum of the methyl ester of the major component from olive oil (methyl oleate).
- Fig. 65 — Infrared absorption spectrum of the methyl ester of the major component from *Andira* oil.

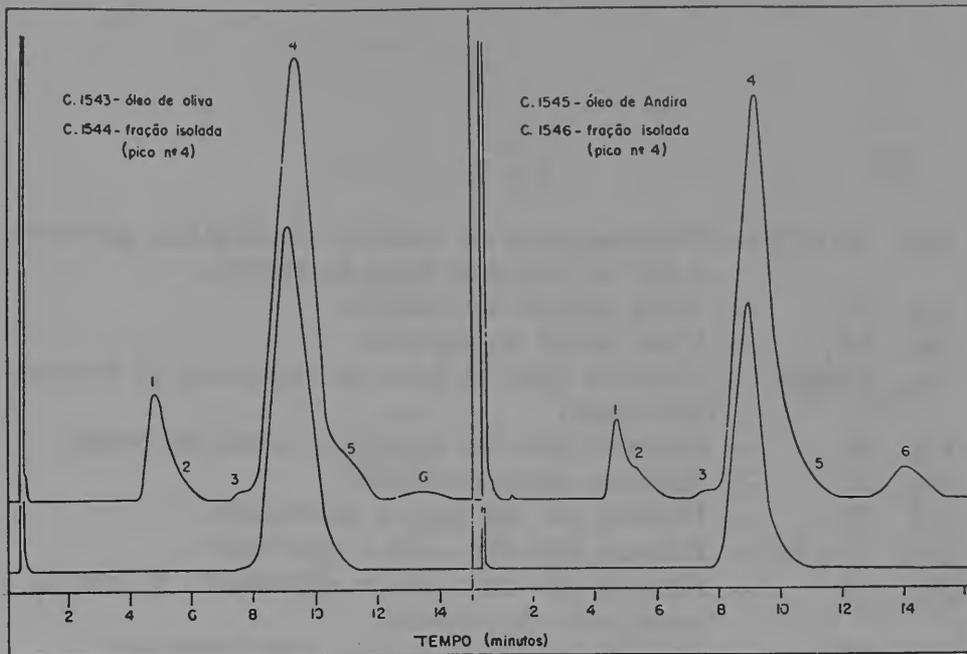


FIG. 63

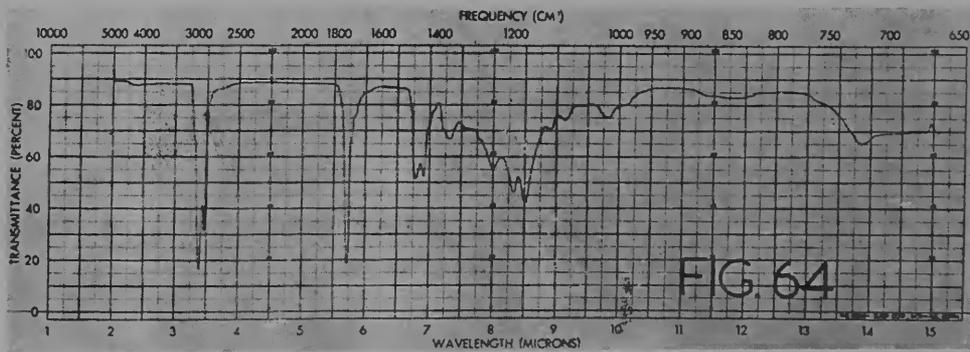


FIG. 64

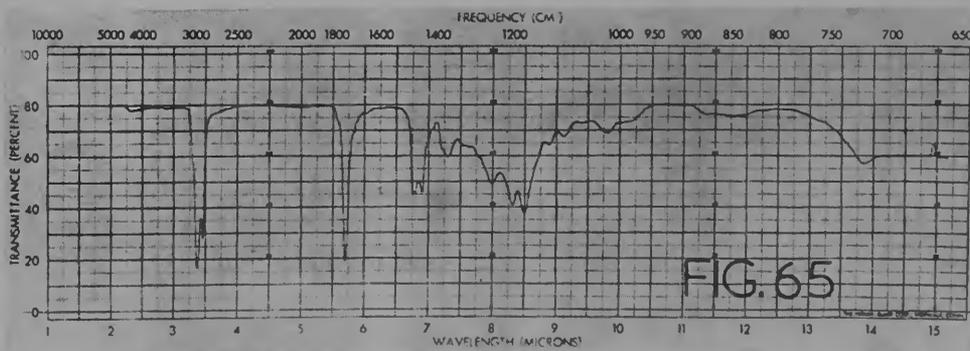
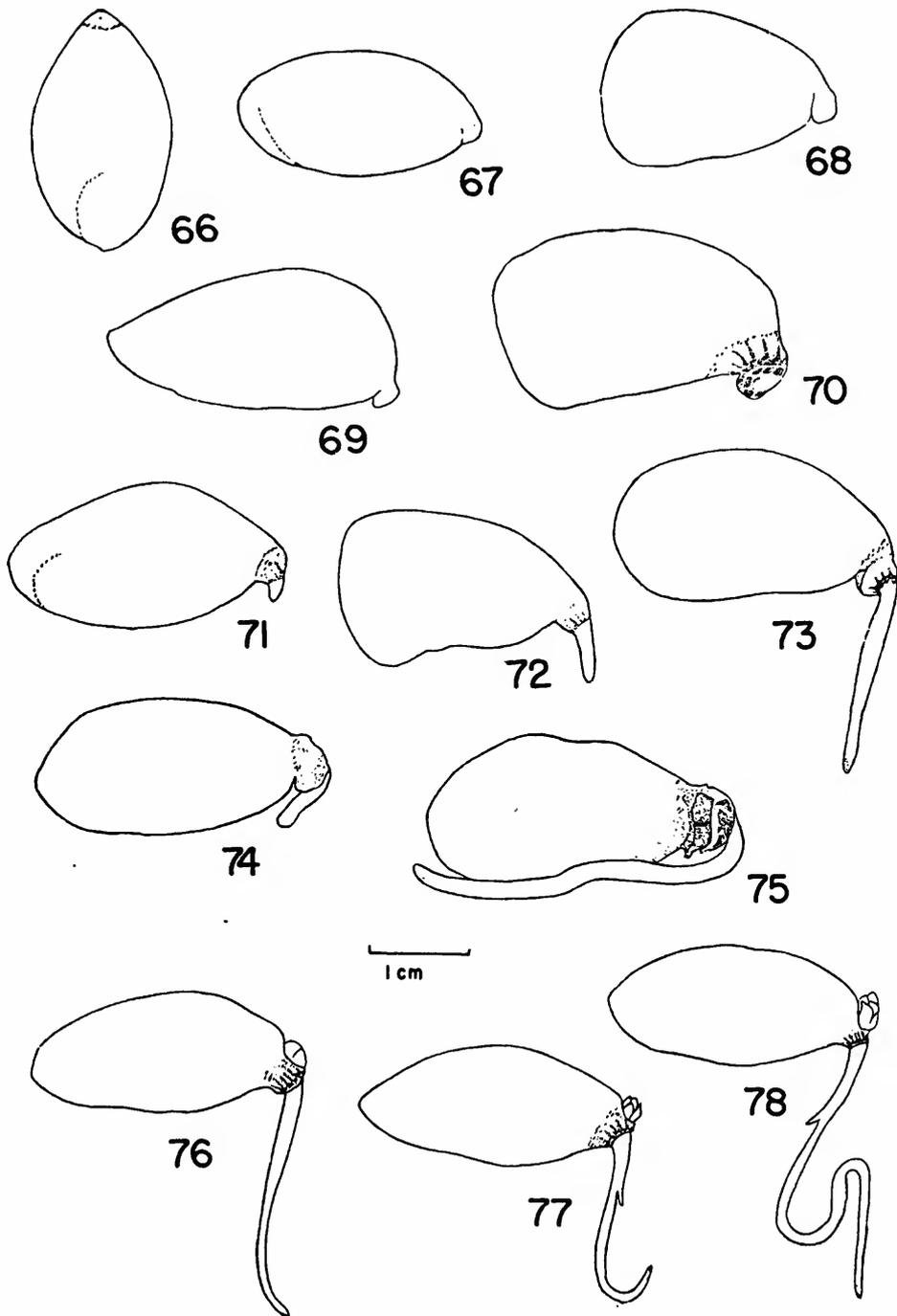


FIG. 65

- Figs. 66 a 78 — Vários aspectos do embrião, desde a fase de repouso até as primeiras fases da plântula.
- Fig. 66 — Vista inferior do embrião.
- Fig. 67 — Vista lateral do embrião.
- Fig. 68 e 69 — Embriões após 24 horas de embebição (à temperatura ótima).
- Fig. 70 — Embrião após 48 horas em condições ótimas.
- Fig. 71 — Embrião recém-germinado.
- Fig. 72 — Plântula um dia após a germinação.
- Figs. 73 e 74 — Plântula dois dias após a germinação.
- Fig. 75 — Plântula três dias após a germinação, notando-se a emergência da plúmula.
- Fig. 76 — Plântula quatro dias após a germinação.
- Fig. 77 — Plântula 5 dias após a germinação.
- Fig. 78 — Plântula 12 dias após a germinação.

Figs. 66-78 — Several aspects of embryo germination from resting age to early seedling stage.



Figs. 79 a 84 — Estágios sucessivos do eixo embrionário após a colocação do embrião em condições ótimas para a germinação.

Fig. 79 — 24 horas.

Fig. 80 — 48 horas.

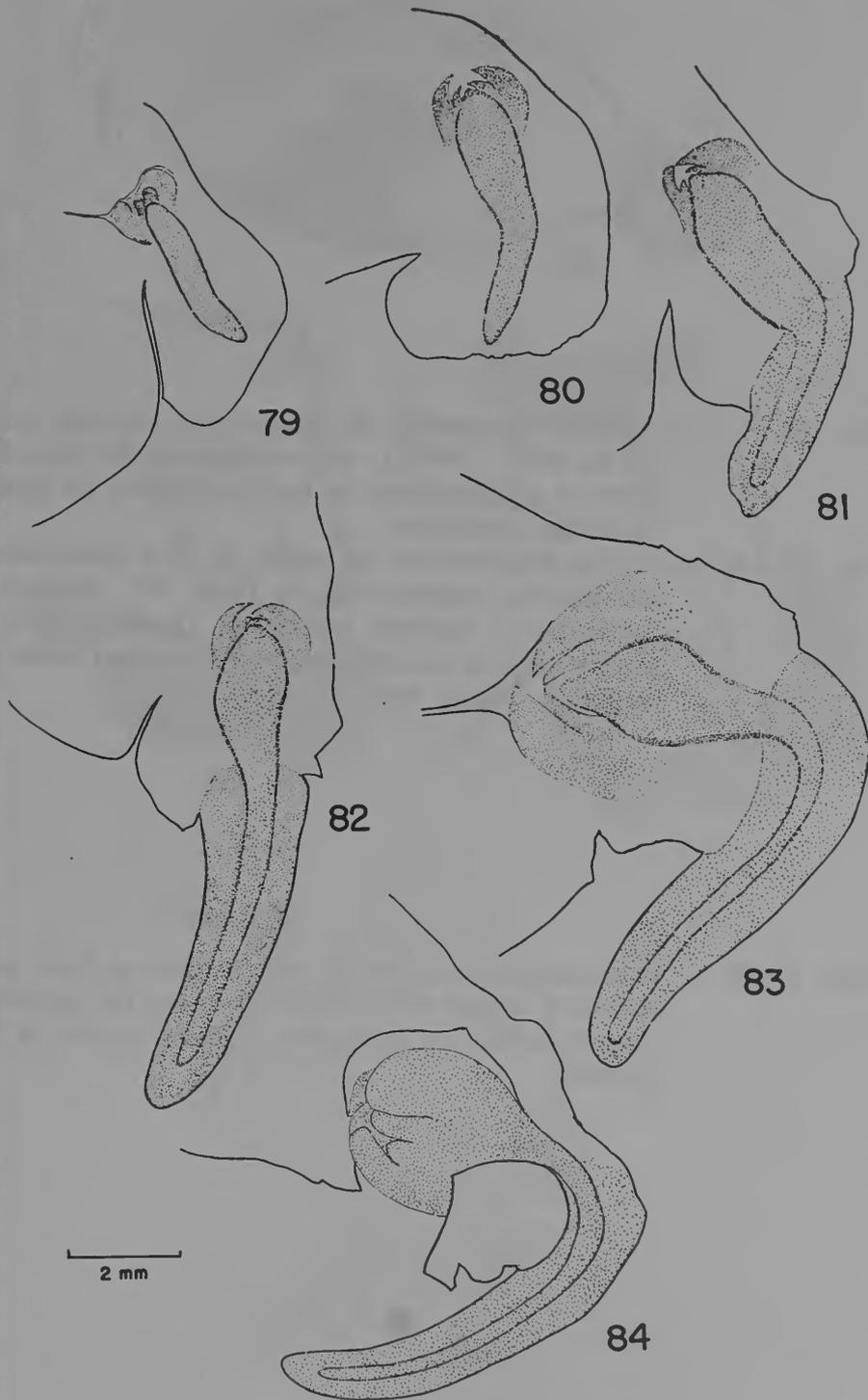
Fig. 81 — 72 horas.

Fig. 82 — 4 dias.

Fig. 83 — 5 dias.

Fig. 84 — 6 dias.

Figs. 79-84 — Successive daily stages of embryo axis development under optimal conditions.



- Fig. 85 — Embrião germinado em temperatura elevada, (cêrca de 43°C - 44°C), co memergência da plúmula. Note-se a quantidade de tecido suberoso na superfície dos cotilédones.
- Figs. 86 a 88 — Cortes longitudinais na região do eixo embrionário do embrião representado na figura 85. Note-se a presença da radícula ramificada (figura 87), e a região onde as ramificações foram cortadas transversalmente (figura 88).

Figs. 85-88 — Morphological aspects of germination at high temperatures (about 43°C-44°C) showing the branched radicle before its emergencê, and emergence of the plumule.



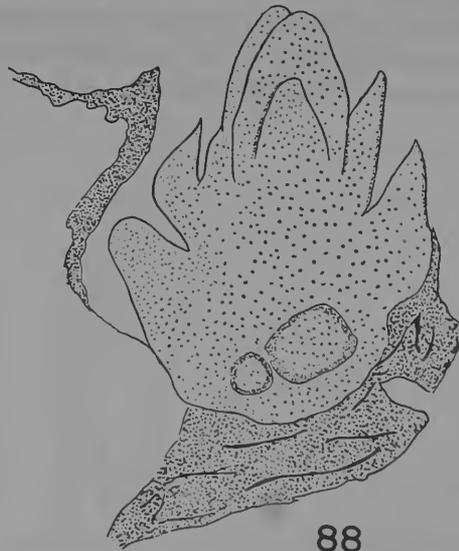
85



86



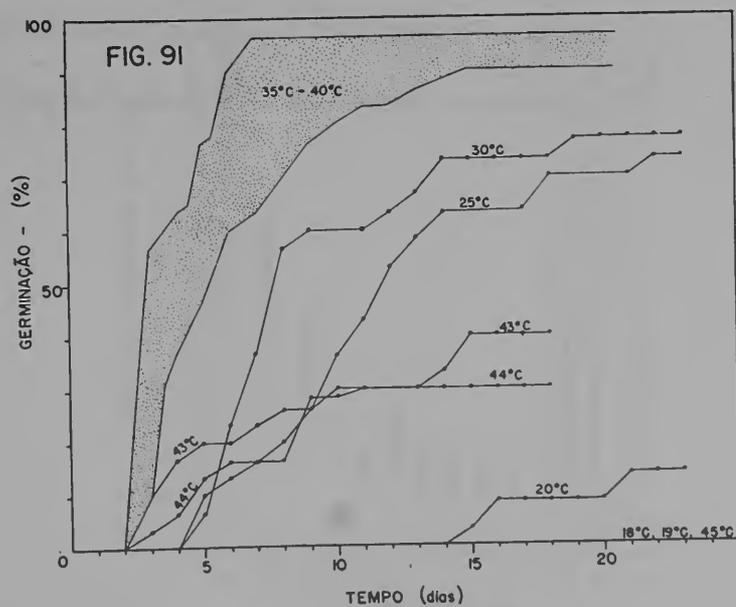
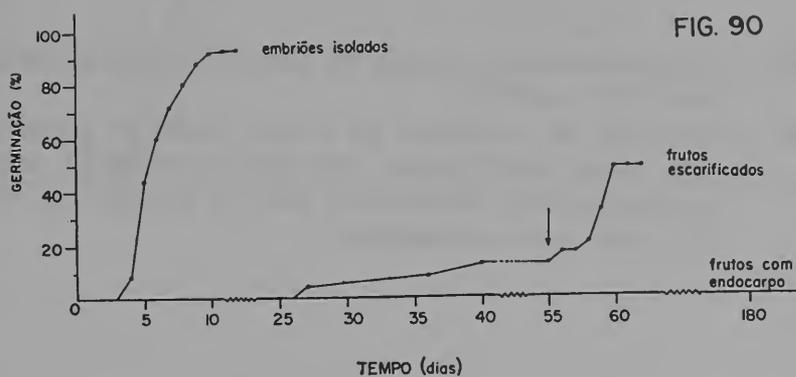
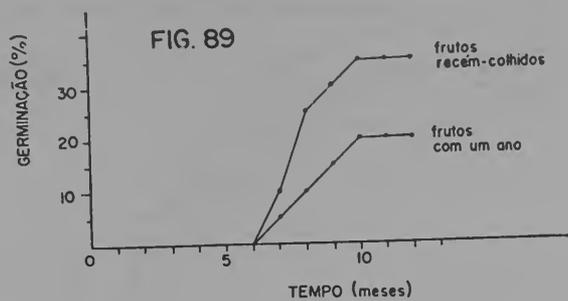
87



88

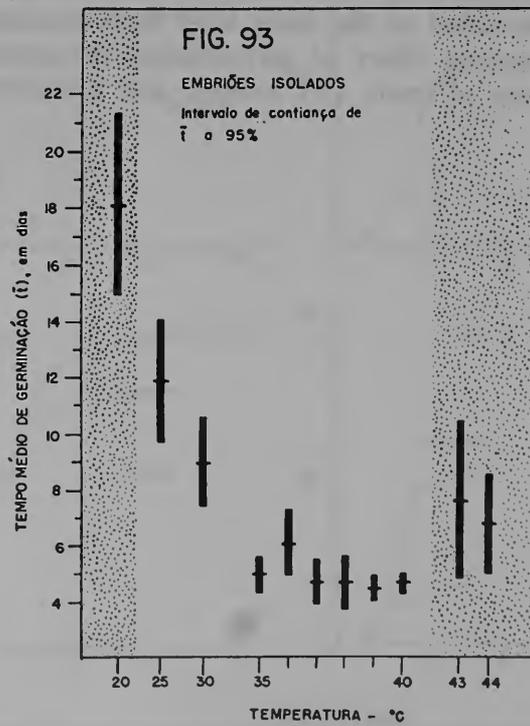
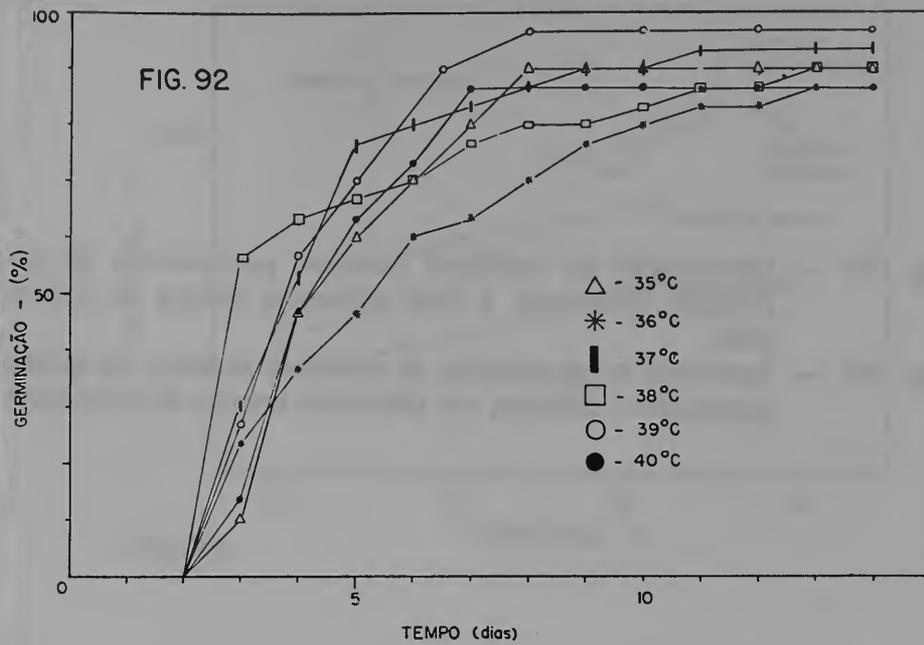
- Fig. 89 — Germinação de unidades intactas, em canteiros.  
Fig. 90 — Germinação em diferentes condições quanto aos envoltórios do embrião, à temperatura ótima.  
Fig. 91 — Isotermas de germinação de embriões isolados.

- Fig. 89 — Germination percentage of intact fruits in soil with time.  
Fig. 90 — Germination percentage at optimum temperature, under different conditions in relation to the integuments: isolated embryos, scarified endocarp and intact endocarp.  
Fig. 91 — Germination isotherms (percent germination at different temperature with time) of isolated embryos. For the range between 35°-40°C, see fig. 92.



- Fig. 92 — Isotermas de germinação de embriões isolados (faixa entre 35°C e 40°C).
- Fig. 93 — Intervalo de confiança do tempo médio de germinação, em várias temperaturas. Na região pontilhada, estão os resultados não comparáveis com os demais, em virtude da baixa germinabilidade.

- Fig. 92 — Germination isotherms of isolated embryos in the range 35°C to 40°C.
- Fig. 93 — 95% confidence interval of average time of germination.



- Fig. 94 — Germinação de embriões isolados, provenientes de populações diferentes, e com diferentes tempos de estocagem.
- Fig. 95 — Isotermas de germinação de embriões isolados, da mesma população e colheita, em diferentes tempos de estocagem.

- Fig. 94 — Germination of isolated embryos from different populations and with different storage times of fruits.
- Fig. 95 — Germination isotherms of isolated embryos (fruits all harvested at the same time from the same population) showing effect of germination temperature and storage time of fruits (33 months and 6 months).

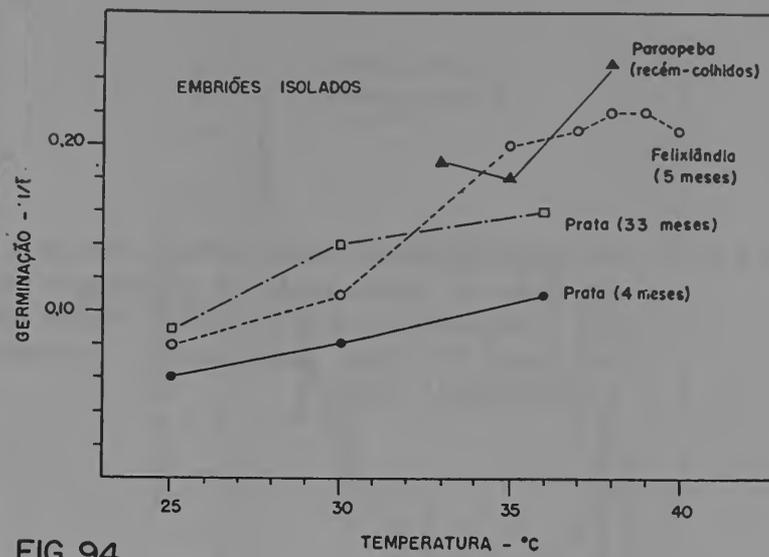


FIG. 94

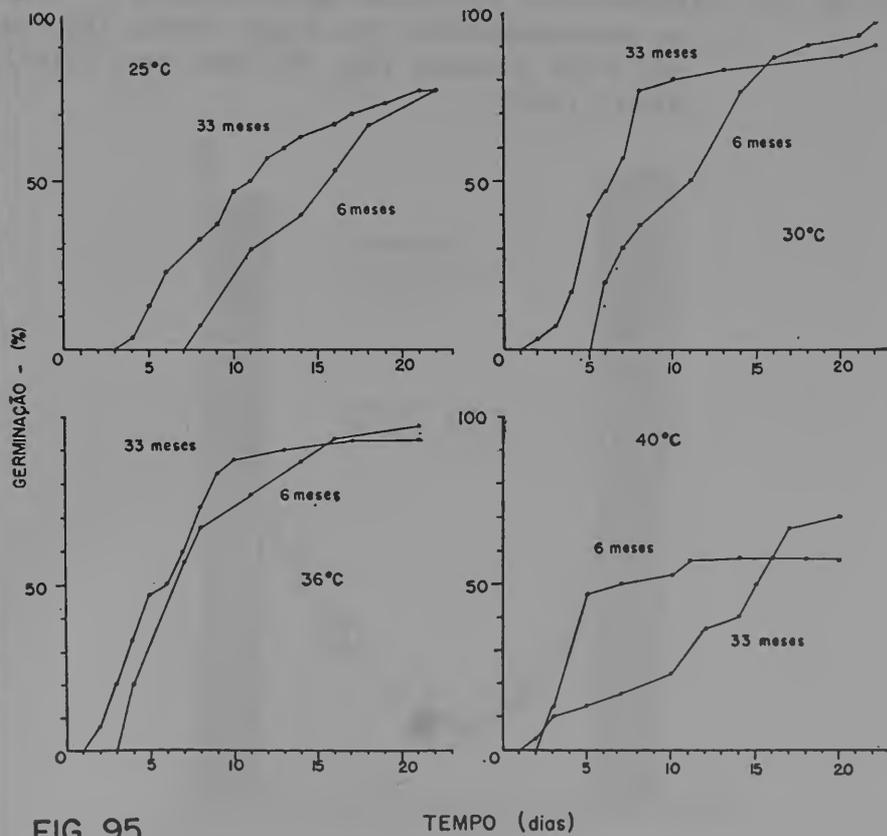
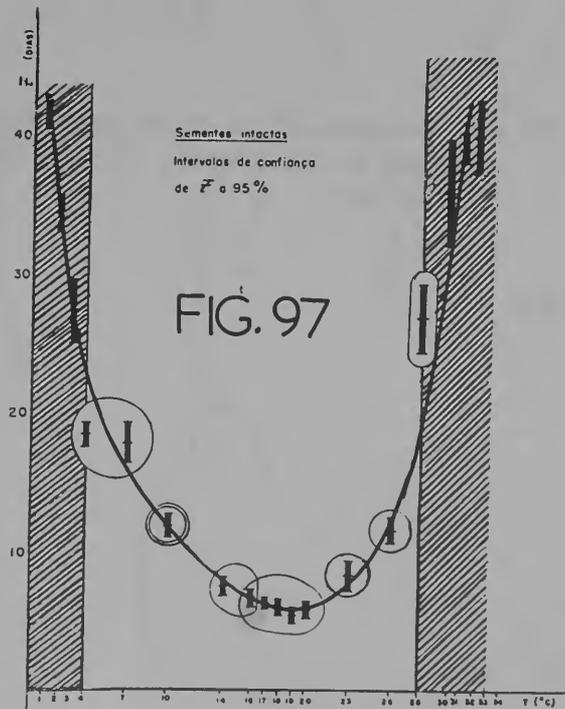
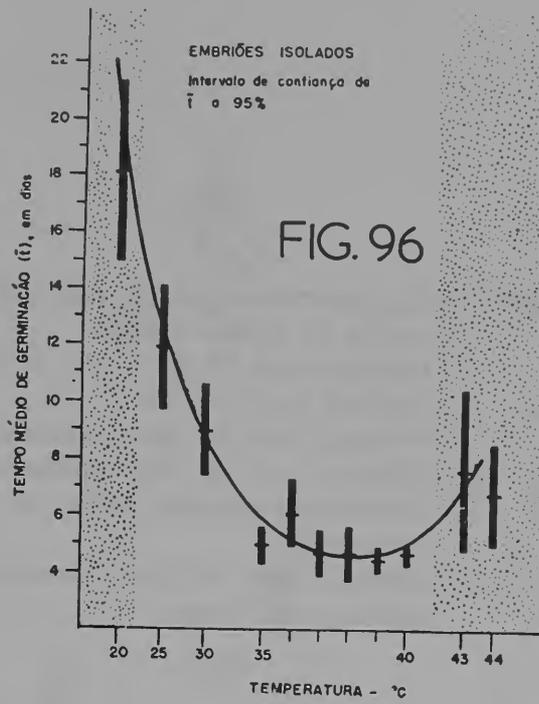


FIG. 95

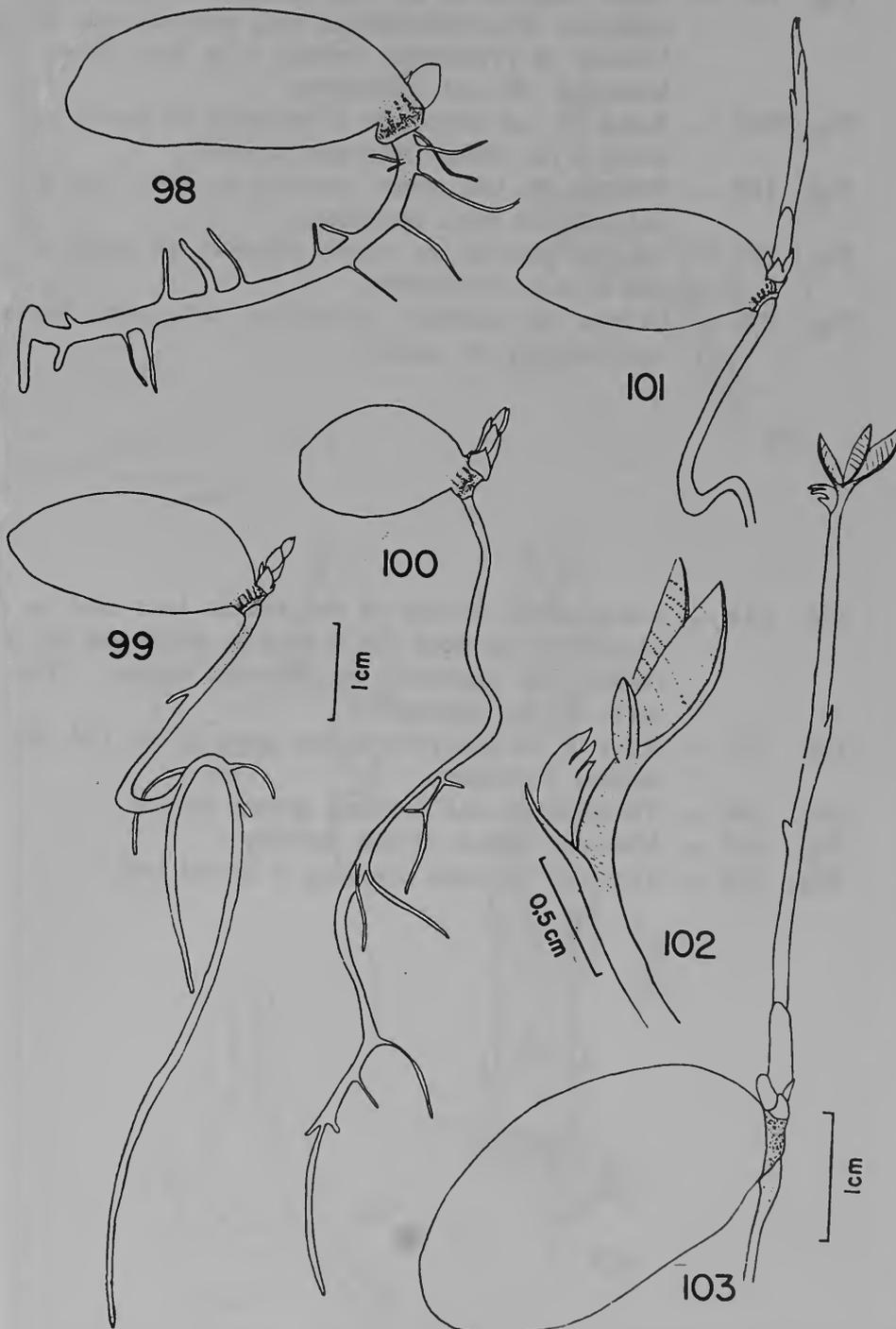
Figs. 96 e 97 — Arcos de hipérbole característicos obtidos a partir dos dados de tempo médio de germinação em relação a temperatura. Na figura 96, *Andira humilis*. Na figura 97, *Vicia graminea* Sm. (adaptado de LABOURIAU, 1967).

Figs. 96, 97 — Characteristic hyperbolic curves obtained for average germination times, for *Andira humilis* (fig. 96) and *Vicia graminea* (fig. 97, data from LABOURIAU, 1967).



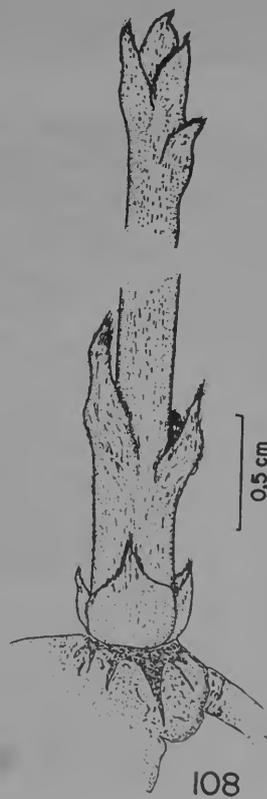
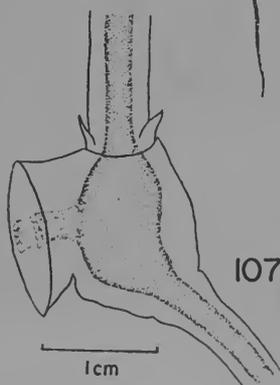
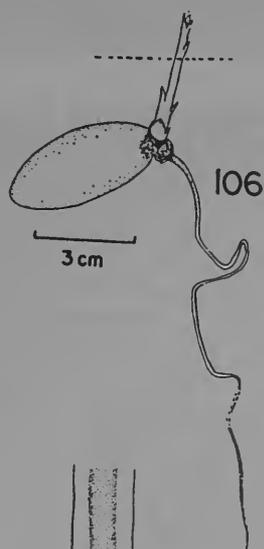
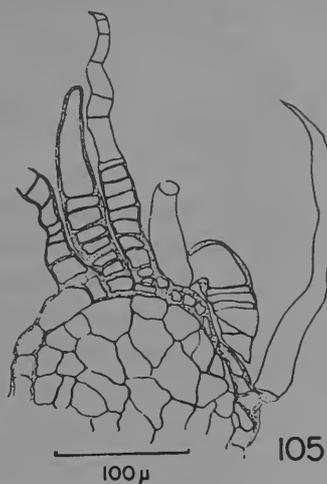
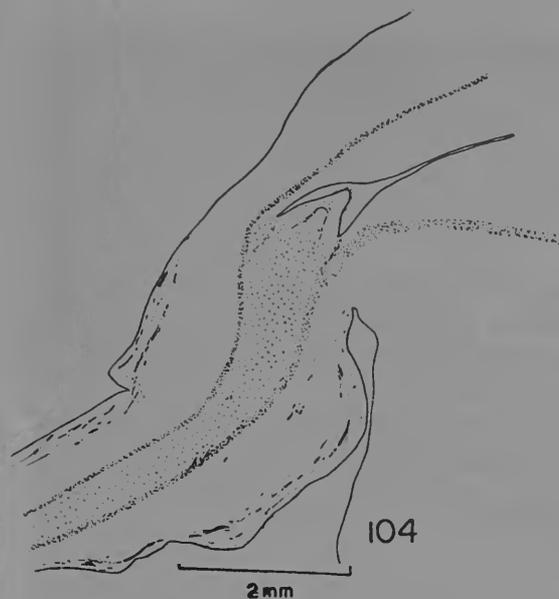
- Figs. 98 a 103 — Estágios sucessivos de plântula até o desdobramento da primeira fôlha.
- Fig. 98 — Plântula com 12 dias.
- Fig. 99 — Plântula com 17 dias.
- Fig. 100 — Plântula com 26 dias, crescida na luz.
- Fig. 101 — Plântula com 26 dias, crescida na obscuridade.
- Fig. 102 — Detalhe da primeira fôlha, no início do desdobramento.
- Fig. 103 — Plântula com 34 dias, crescida na obscuridade durante certo tempo.

- Figs. 98 a 103 — Successive stages of the seedling from the emergence of the plumule to the unfolding of the first leaf.



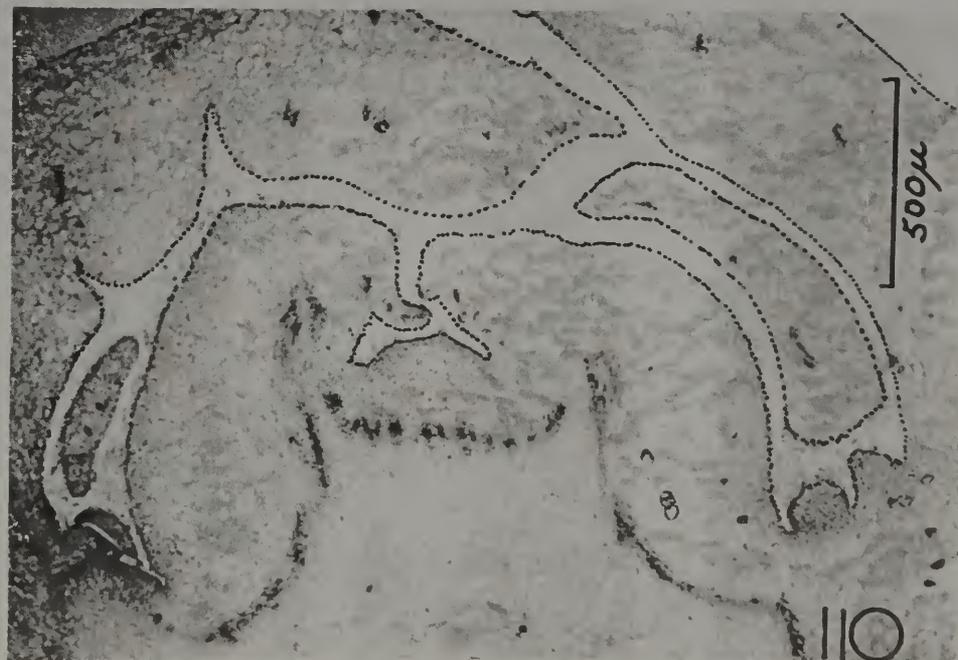
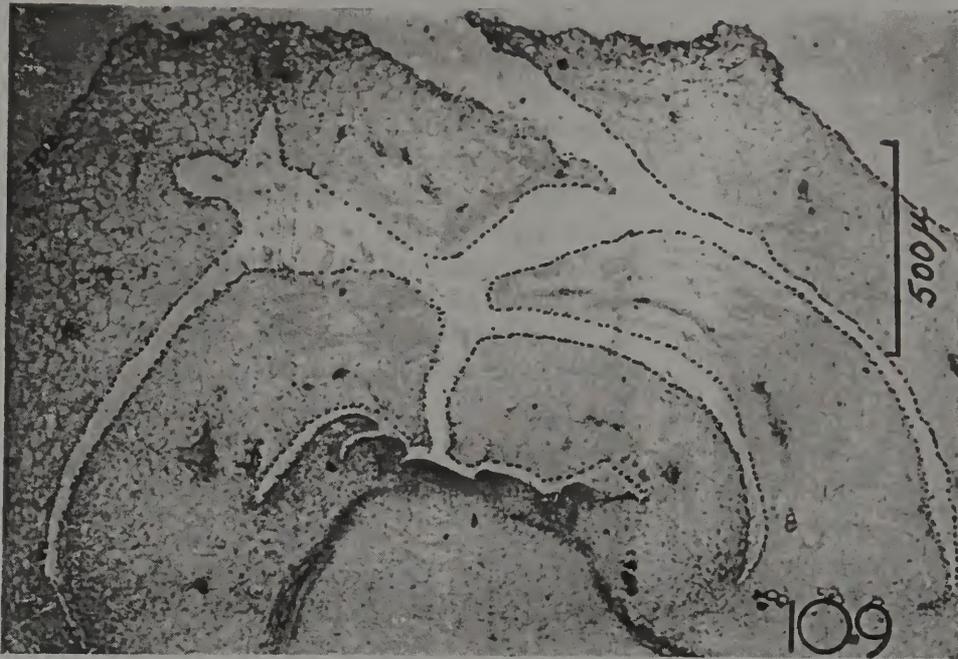
- Fig. 104 — Corte longitudinal de uma plântula de dois meses, na região do eixo embrionário, cuja plúmula não emergiu. Note-se os primórdios foliares e os dois feixes vasculares que vão aos cotilédones.
- Fig. 105 — Ápice de um primórdio foliar visto na figura 114, notando-se os vários tipos de tricomas.
- Fig. 106 — Plântula de três meses, crescida no solo, cuja altura é indicada em linha pontilhada.
- Fig. 107 — Sistema vascular da mesma plântula, na região de ligação com os cotilédones.
- Fig. 108 — Detalhe do epicótilo, notando-se uma gema lateral já sobressaindo do catáfilo.

- Fig. 104 — Longitudinal section of the radicle base and its attachment to the seed (in a seed in which the tip of the radicle had appeared two months earlier). The plumule did not emerge.
- Fig. 105 — Apex of the leaf primordium seen in fig. 104, showing several trichomes.
- Fig. 106 — Three-month old seedling, grown on soil.
- Fig. 107 — Vascular system of this seedling.
- Fig. 108 — Detail of epicotyl, showing a lateral bud.



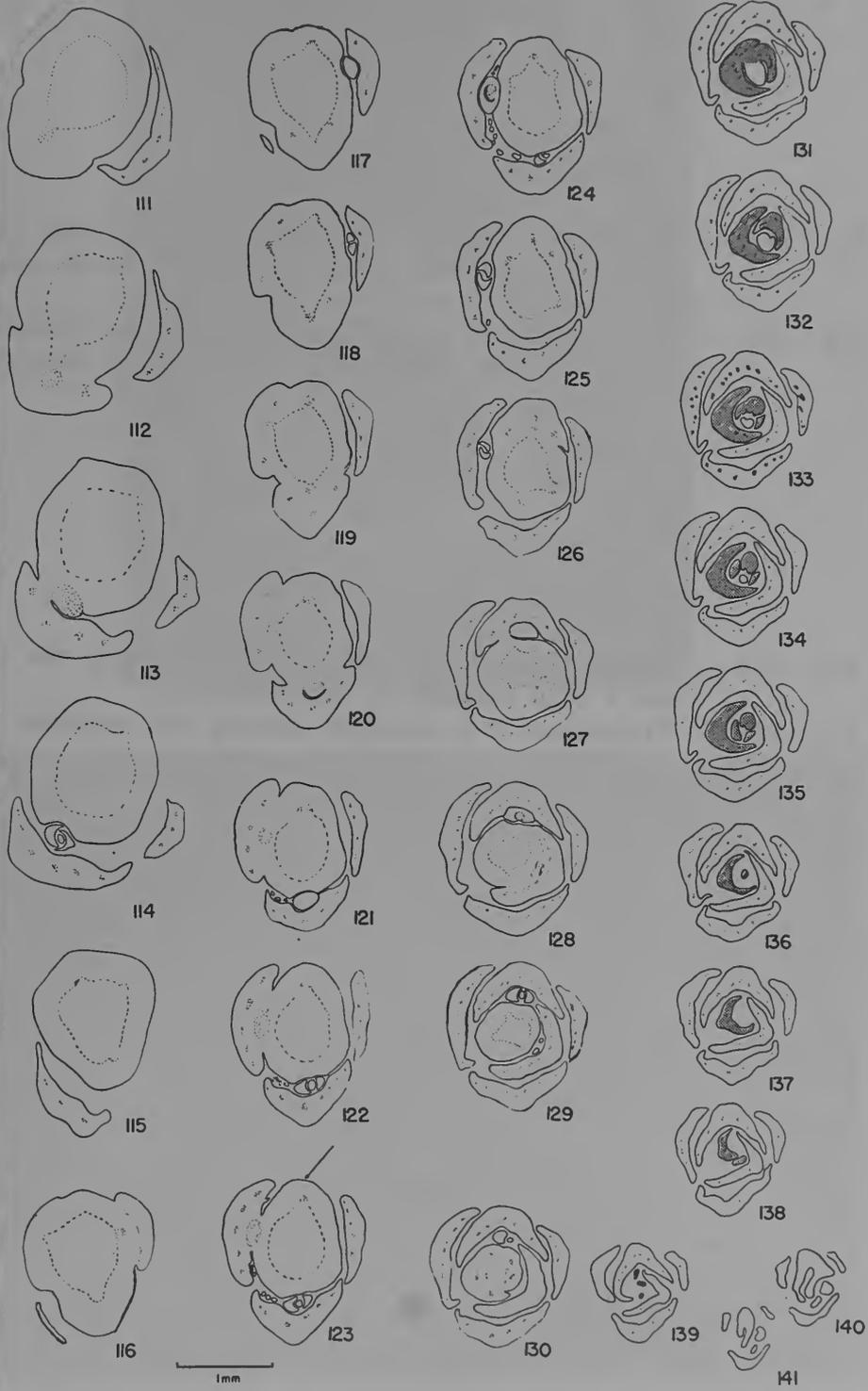
- Fig. 109 — Corte longitudinal da plúmula de uma plântula no estágio representado na figura 76. Note-se vários catáfilos, em diversos estágios, sem que ainda tenha se iniciado a elongação dos entrenós.
- Fig. 110 — Corte longitudinal da mesma plúmula anterior mostrando a presença de gemas laterais.

Figs. 109, 110 — Longitudinal sections through the shoot apex of the seedling seen in fig. 97, showing several cataphylls and lateral buds.



Figs. 111 a 141 — Cortes transversais sucessivos do epicótilo de uma plântula no estágio representado na figura 78. Em linha interrompida é representado o procâmbio nos catáfilos, e os meristemas ou cortes das gemas laterais. As figuras 123 a 127 mostram a seqüência da emergência de uma fôlha (ou catáfilo) indicada pela seta, possibilitando a verificação do tipo de traço foliar. As figuras 132 a 139 mostram dois catáfilos com o ápice subdividido (sombreados). Nas figuras 140 e 141, nota-se a divisão apical de outro catáfilo (o mais interno ainda íntegro na figura 139).

Figs. 111-141 — Successive transections of the epicotyl of the seedling seen in fig. 78. The dashed line represents the procambium of the axis. The dotted regions show the procambium of the cataphylls or leaf primordia, and lateral buds. The figures 123 to 127 show the emergence of a cataphyl (indicated by the arrow in fig. 123). The figures 132 to 139 show two cataphylls whose apices divide into three parts.



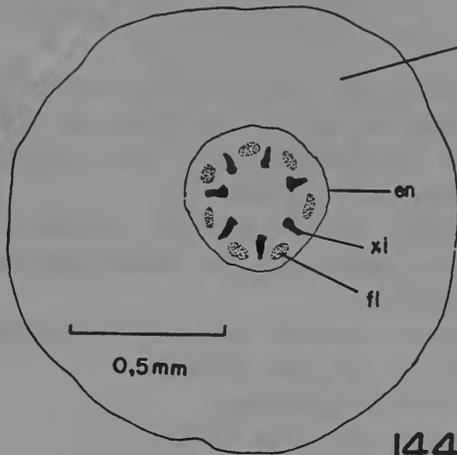
- Fig. 142 — Detalhe da região central representada na figura 134, vendo-se o primórdio já tri-dvidido, e o eixo do epicótilo, na região do meristema apical.
- Fig. 143 — Corte transversal de um catáfilo mais externo (sombreado nas figuras 140 e 141), vendo-se dois estômatos em formação.

- Fig. 142 — Detail of shoot apex (transection) showing the axis and a trifid cataphyll or leaf primordia.
- Fig. 143 — Transection of a cataphyll showing two estomates.

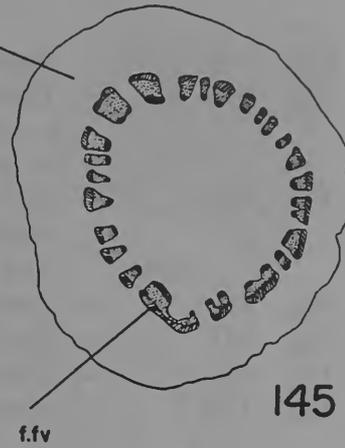


- Fig. 144 — Diagrama da raiz com estrutura primária, em corte transversal.
- Fig. 145 — Corte transversal do epicótilo, em diagrama, já com início de estrutura secundária.
- Fig. 146 — Corte transversal da raiz de uma planta de 7 meses, em diagrama.
- Fig. 147 — Corte transversal do caule de uma planta de 7 meses, em diagrama.
- Obs.: *ct* — cortex; *en* — endoderme; *xi* — xilema; *fl* — floema; *f.fv* — feixes fibrovasculares; *pd* — periderme; *es* — esclerênquima.

- Fig. 144 — Topographic structure of primary root (transection).
- Fig. 145 — Topographic structure of epicotyl (transection).
- Fig. 146 — Topographic structure of the root of 7-month old plant (transection).
- Fig. 147 — Topographic structure of the stem of 7-month old plant (transection).
- (*ct* — cortex; *en* — endodermis; *xi* — xylem; *fl* — phloem; *f.fv* — vessels and fibers bundles; *pd* — peridermis; *es* — sclerenchyma).

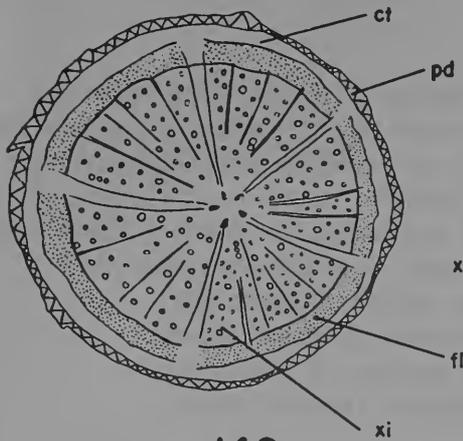


144

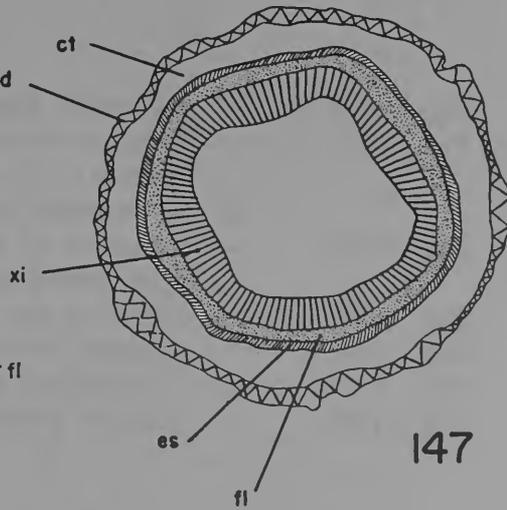


145

1 mm



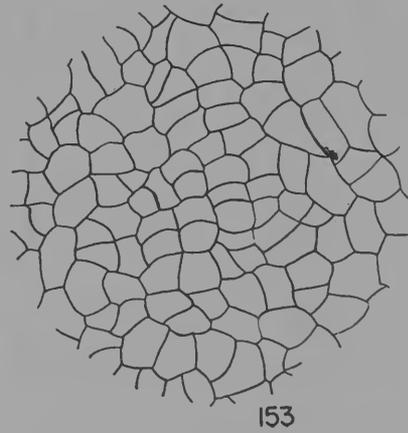
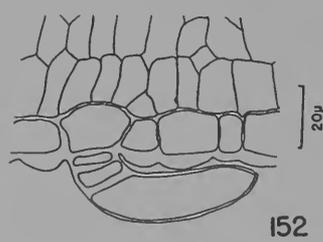
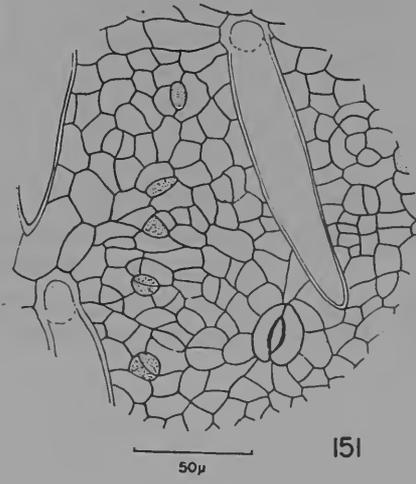
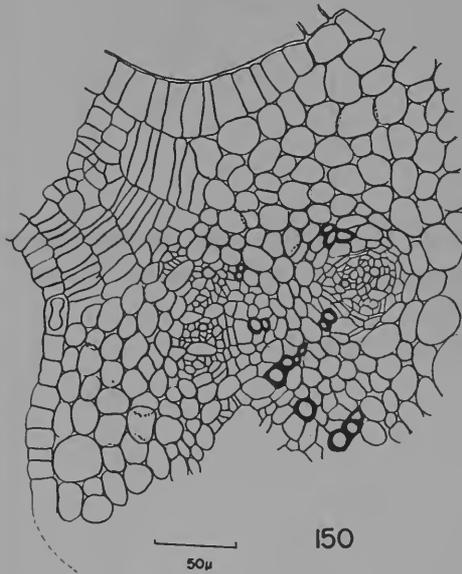
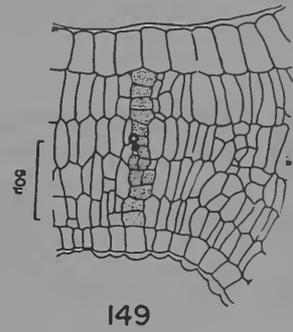
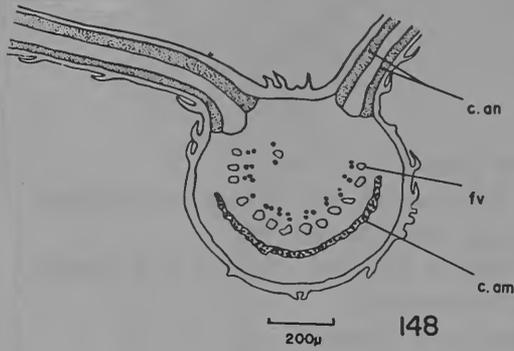
146



147

- Figs. 148 a 153 — Aspectos estruturais do folíolo recém-desdobrado.  
 Fig. 148 — Corte transversal do folíolo, em diagrama (*c.an* — células com antocianina; *fv* — feixe vascular; *c. am* — células com amido).  
 Fig. 149 — Detalhe da região entre a nervura central e o bordo, em corte transversal. As células pontilhadas são aclorofiladas.  
 Fig. 150 — Detalhe da nervura central, em corte transversal.  
 Fig. 151 — Epiderme inferior em vista frontal.  
 Fig. 152 — Tricoma em corte longitudinal.  
 Fig. 153 — Epiderme superior em vista frontal.

- Figs. 148 - 153 — Structural aspects of leaflet after unfolding.  
 Fig. 148 — General structure of the leaflet (topographic transection). (*c.an* — cells with anthocyanins; *fv* — vascular bundle; *c.am* — cells with starch).  
 Fig. 149 — Structure of the leaflet in detail (transection). The dotted cells are without chlorophyll.  
 Fig. 150 — Detail of the midrib (transection).  
 Fig. 151 — Abaxial epidermis (surface view).  
 Fig. 152 — Longitudinal section of a trichome.  
 Fig. 153 — Adaxial epidermis (surface view).



- Fig. 154 — Aspecto geral de uma planta de 7 meses.  
Fig. 155 — Diagrama do corte transversal do folíolo notando-se as traves de fibras (em pontilhado).  
Fig. 156 — Detalhe da região entre a nervura central e o bordo do folíolo, em corte transversal.  
Fig. 157 — Epiderme inferior em vista frontal.

- Fig. 154 — Seven-month old plant .  
Fig. 155 — Topographic transection of the leaflet; the dotted region shows the vascular bundles and surrounding fibers.  
Fig. 156 — Transection of mesophyll.  
Fig. 157 — Abaxial epidermis (surface view).

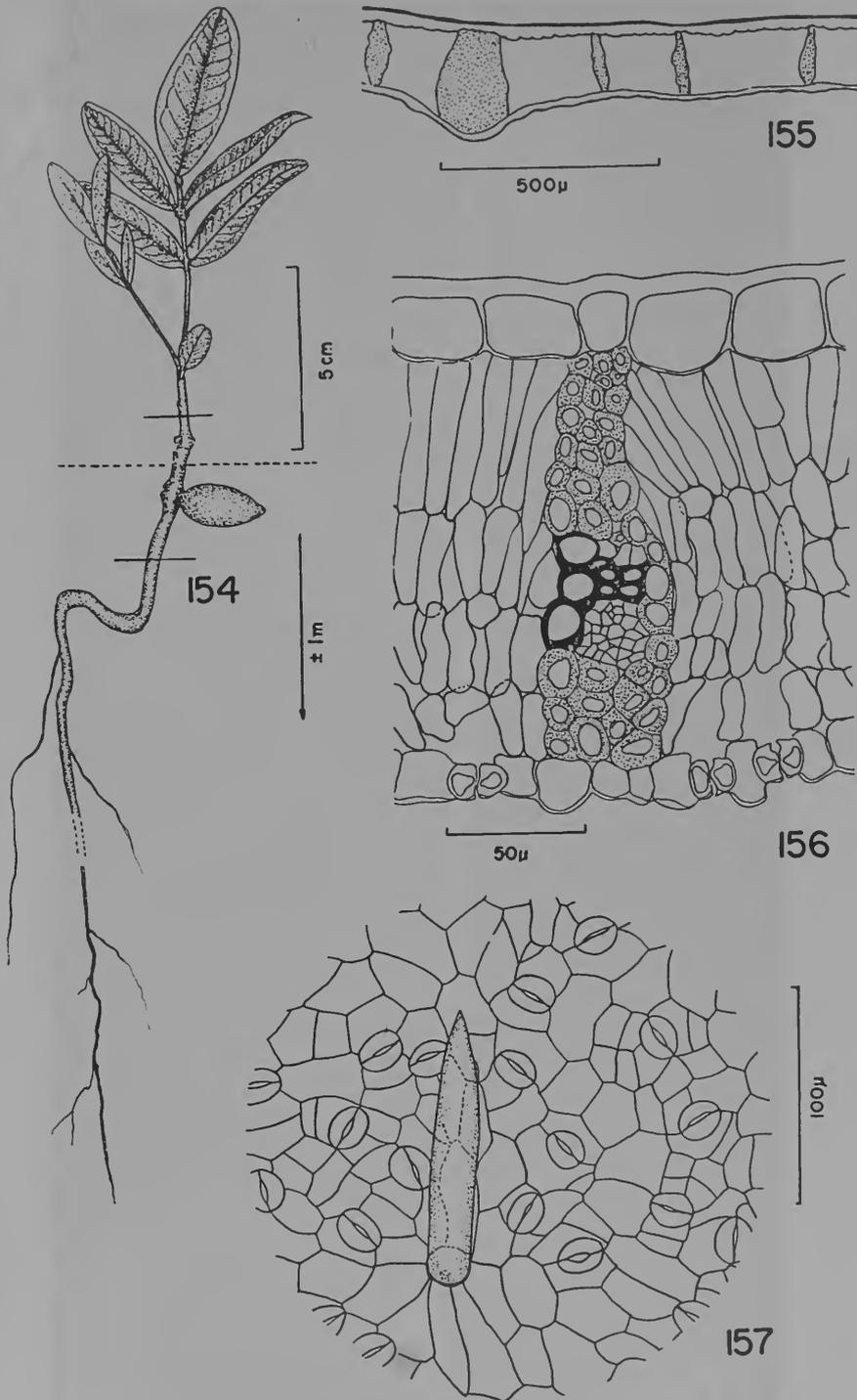
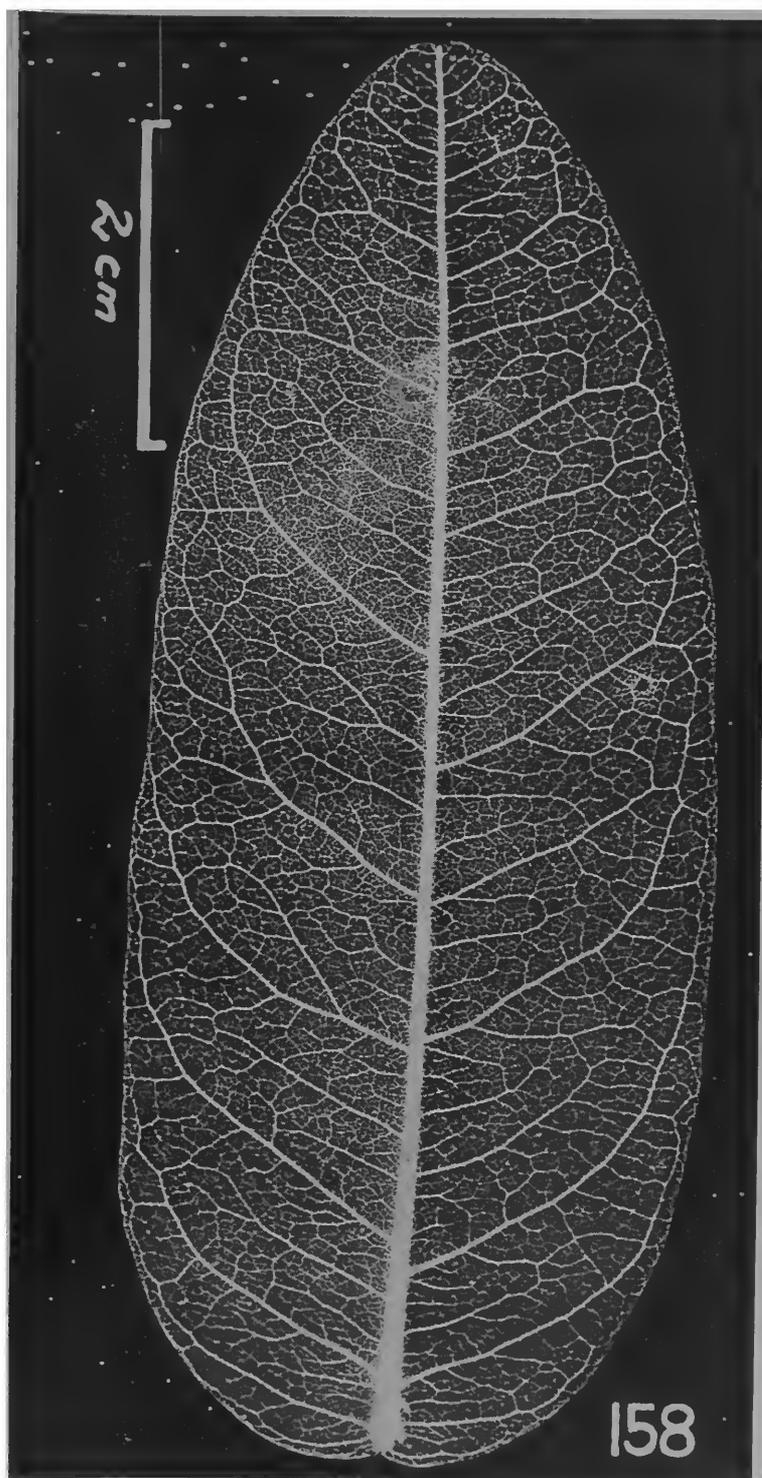


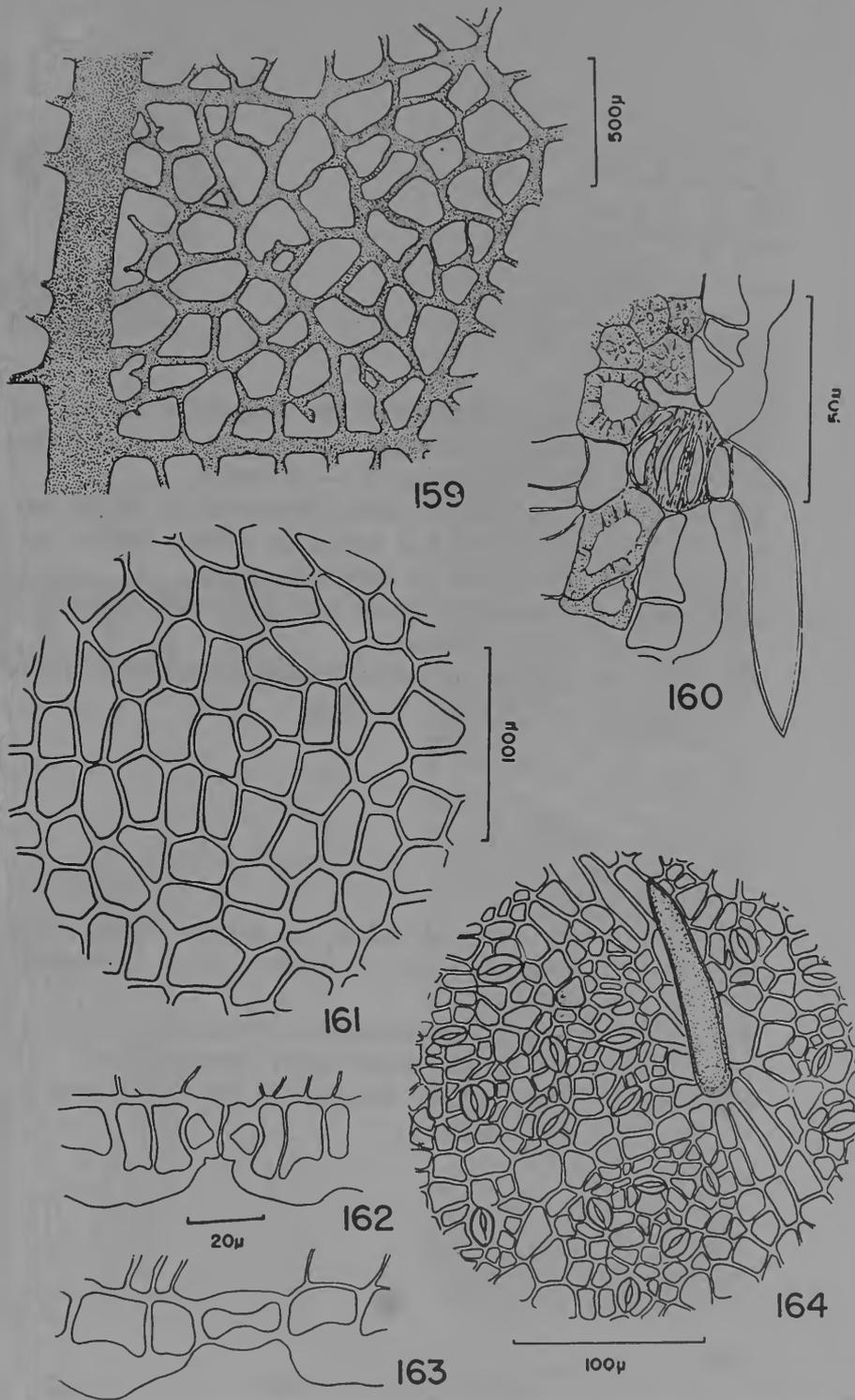
Fig. 158 — Aspecto geral da venação de um folíolo adulto.

Fig. 158 — Leaf venation of mature leaflet.



- Fig. 159 — Detalhe da venação menor da fôlha adulta.  
Fig. 160 — Tricoma em corte longitudinal.  
Fig. 161 — Epiderme superior em vista frontal.  
Fig. 162 — Estômato em corte transversal.  
Fig. 163 — Estômato em corte longitudinal.  
Fig. 164 — Epiderme inferior em vista frontal.

- Fig. 159 — Minor venation of mature leaflet.  
Fig. 160 — Longitudinal section of a trichome.  
Fig. 161 — Adaxial epidermis (surface view).  
Fig. 162 — Transection of a stomate.  
Fig. 163 — Longitudinal section of a stomate.  
Fig. 164 — Abaxial epidermis (surface view).



- Fig. 165 — Corte transversal de uma fôlha adulta, na região da nervura central, em diagrama (*xil* — xilema; *esc* — esclerênquima; *fl* — floema).
- Fg. 166 — Diagrama do corte transversal da região entre a nervura central e o bordo do folíolo adulto, notando-se em pontilhado as traves de fibras.
- Fig. 167 — Detalhe da região entre a nervura central e o bordo, em corte transversal.
- Fig. 168 — Detalhe da nervura central, em corte transversal.

- Fig. 165 — Structure of midrib in a mature leaflet (topographic transection). (*xil* — xylem; *esc* — sclerenchyma; *fl* — phloem).
- Fig. 166 — Topographic transection of mature leaflet.
- Fig. 167 — Detail of mature leaflet (transection).
- Fig. 168 — Detail of the structure of the midrib in a mature leaflet (transection).

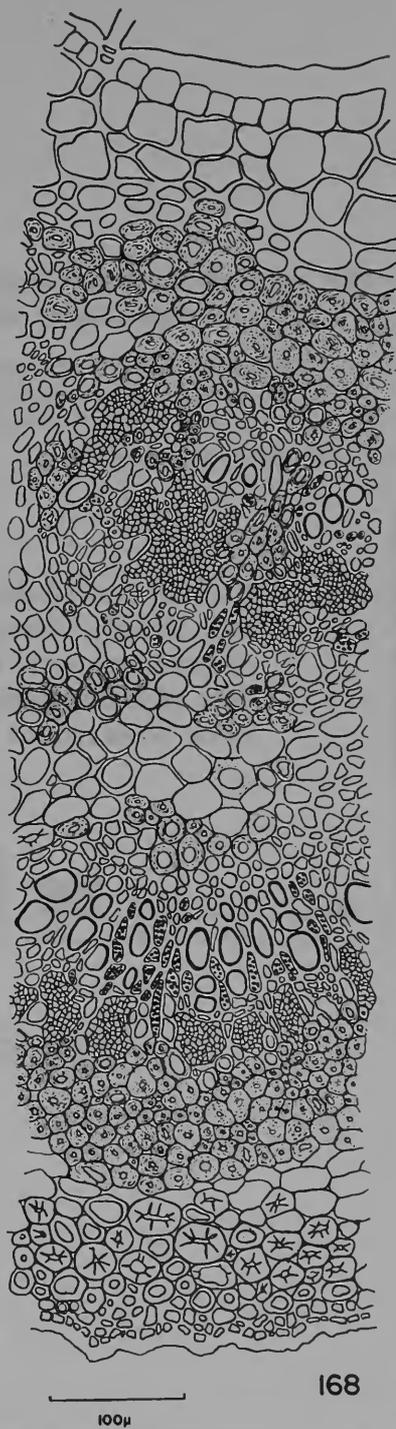
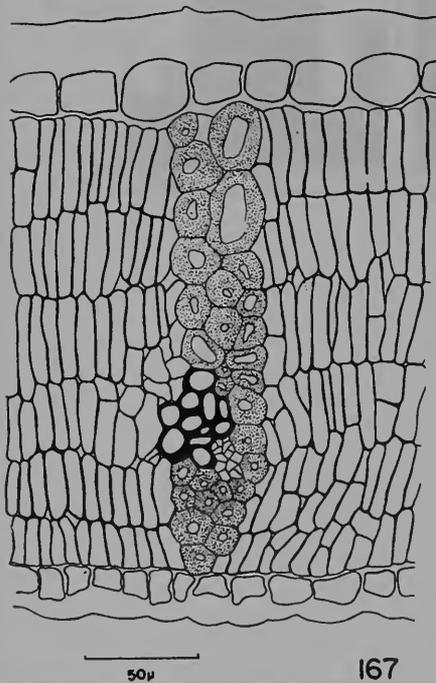
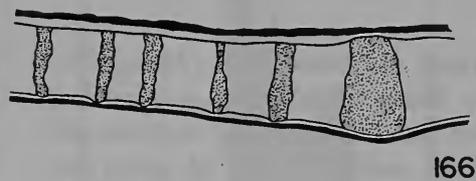
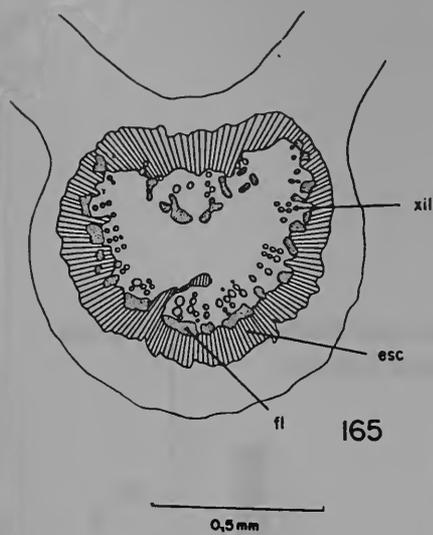


Fig. 169 — Relação entre a pluviosidade em Paraopeba e a época das experiências sôbre balanço hídrico.

Fig. 169 — Rainfall for 10-day periods in Paraopeba (Minas Gerais, Brazil), during the times in which water-balance observations were carried out. The arrows indicate the data of transplanting of the seedlings and of water balance observations.

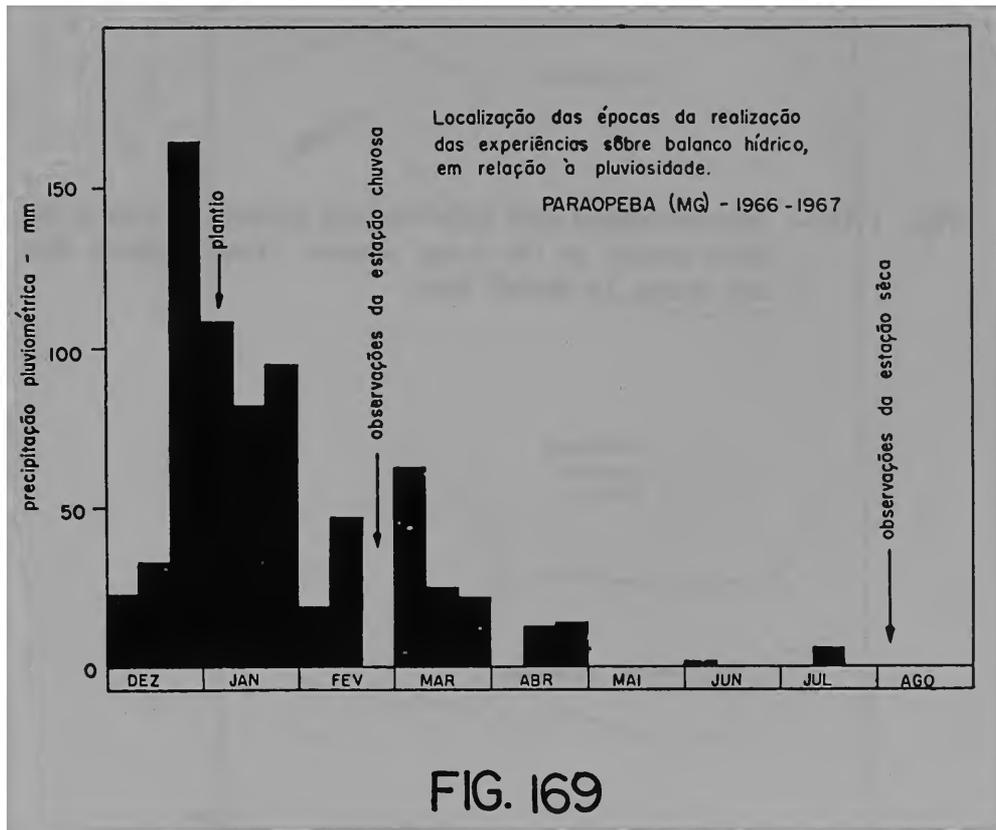


Fig. 170 — Andamento diário das condições meteorológicas e fisiológicas, na estação chuvosa.

Fig. 170 — Meteorological and physiological conditions over a 26-hour period in the rainy season. Young plants data are shown by dotted lines.

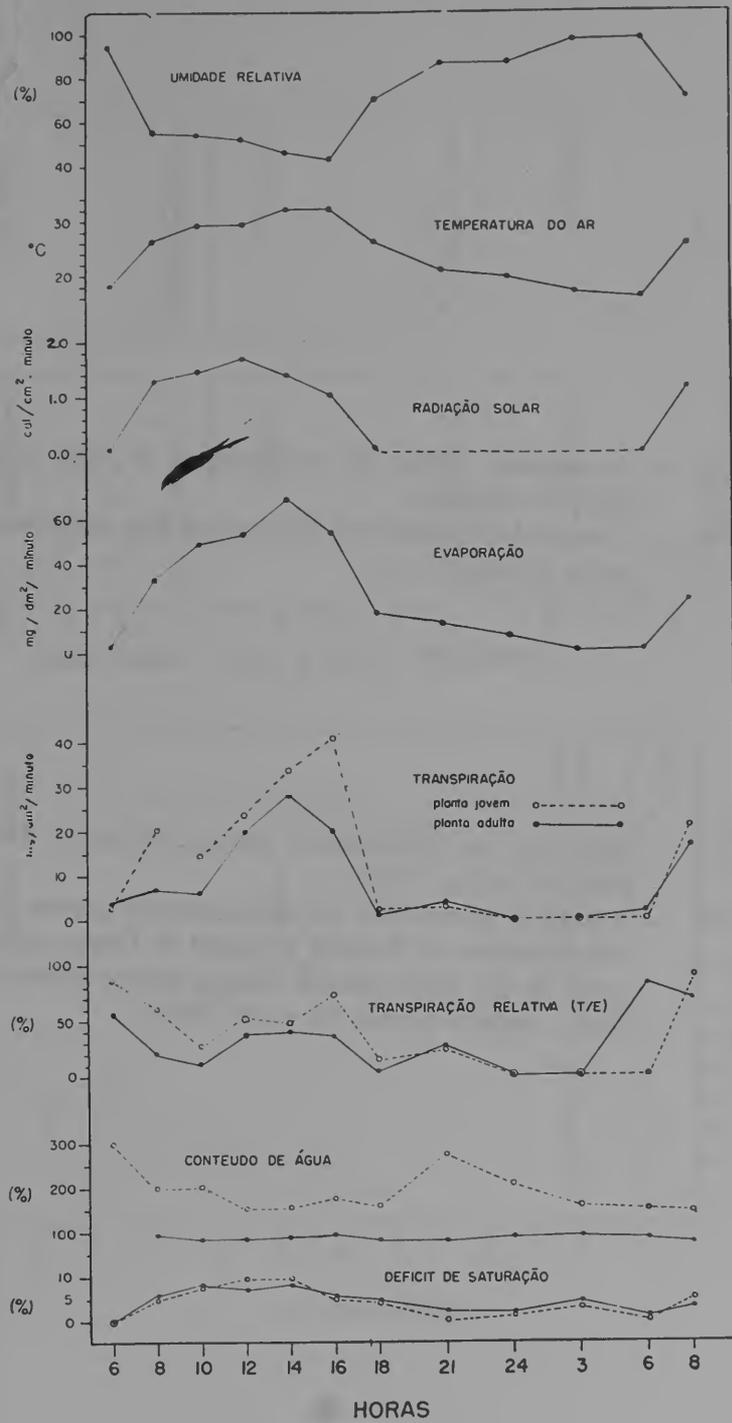


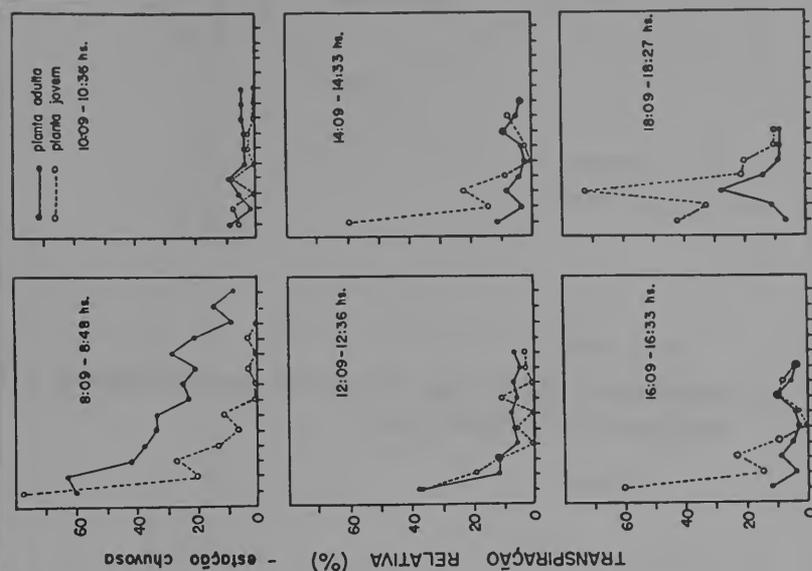
FIG. 170

Fig. 171 — Andamento diário da temperatura do solo e do ar, na estação chuvosa.

Fig. 172 — Curvas de fechamento hidroativo dos estômatos, na estação chuvosa.

Fig. 171 — Soil and air temperature during the same 26-hour period as in fig. 170.

Fig. 172 — Stomatal movement as indicated by curves of relative transpiration of leaflets weighed at three minutes intervals, in the rainy season (young plants shown by dotted lines, mature plants by solid lines).



TEMPO (3 em 3 m(n.))

FIG. 172

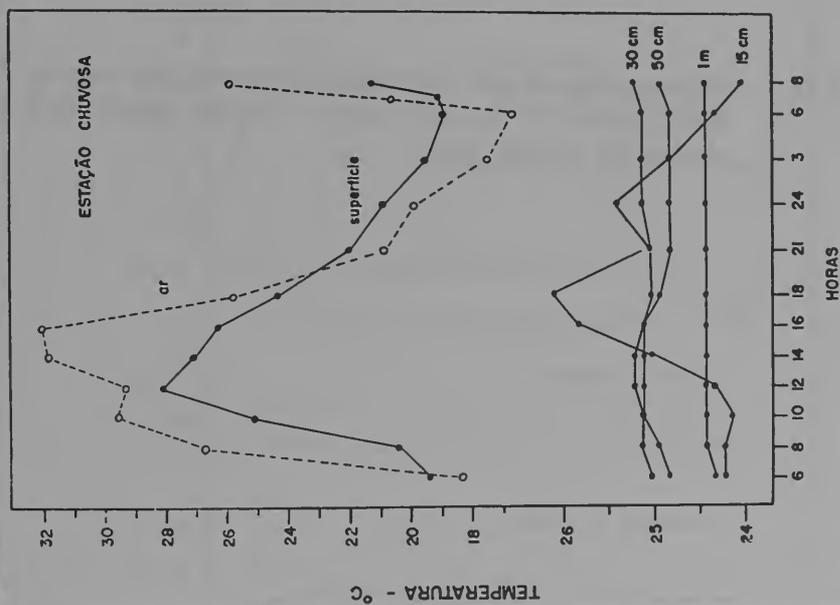


FIG. 171

Fig. 173 — Andamento diário das condições meteorológicas e fisiológicas, na estação seca.

Fig. 173 — Meteorological and physiological conditions over a 24-hour period in the dry season. Young plants data are shown by dotted lines.

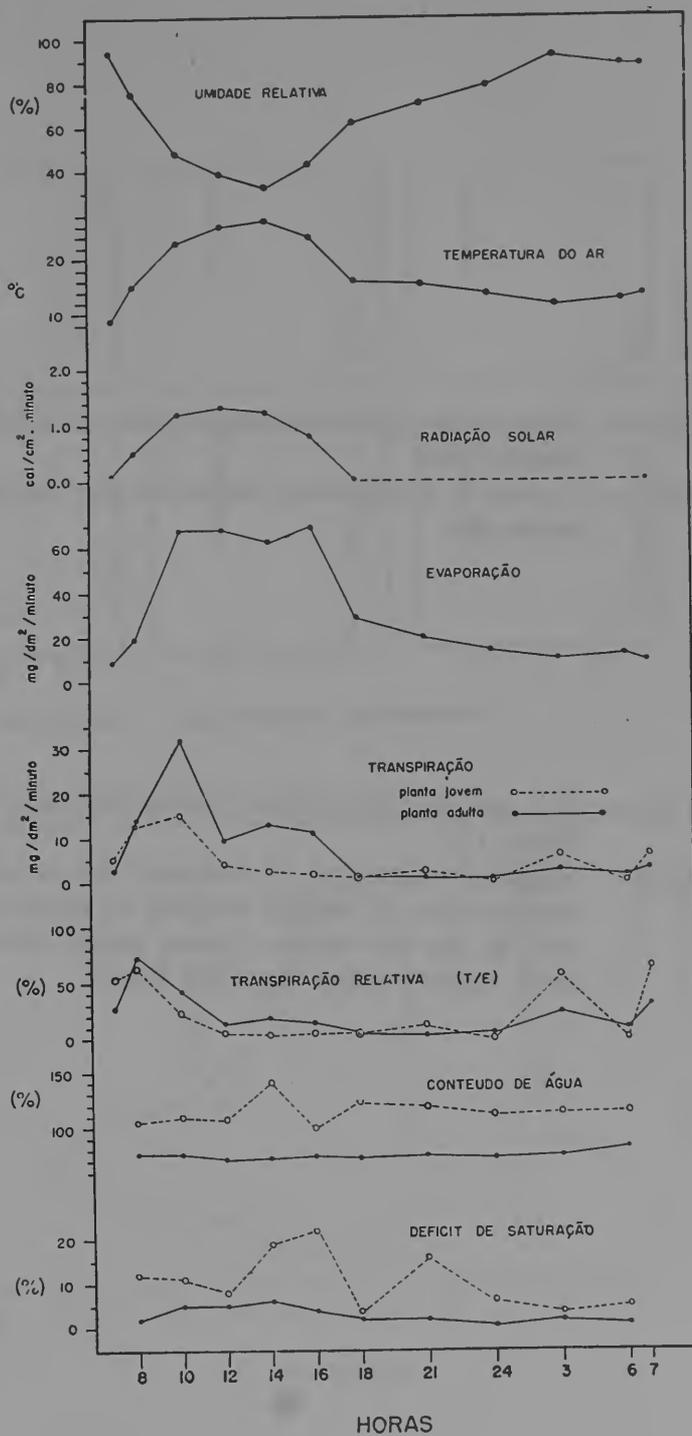


FIG. 173

Fig. 174 — Andamento diário da temperatura do solo e do ar, na estação sêca.

Fig. 175 — Curvas de fechamento hidroativo dos estômatos, na estação sêca.

Fig. 174 — Soil and air temperature during the same period as in figure 173.

Fig. 175 — Stomatal movement as indicated by curves of relative transpiration of leaflets weighed at three minutes intervals, in the dry season (young plants shown by dotted lines, mature plants by solid lines).

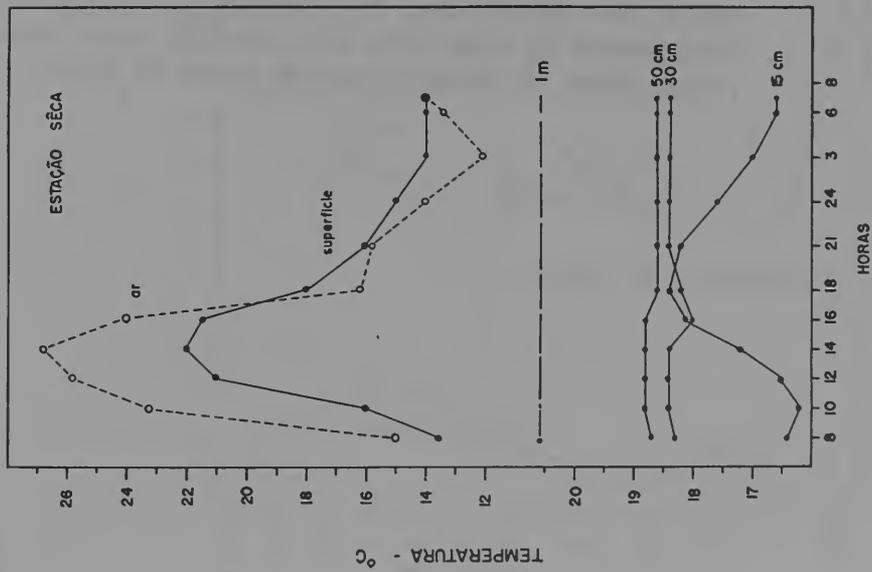


FIG. 174

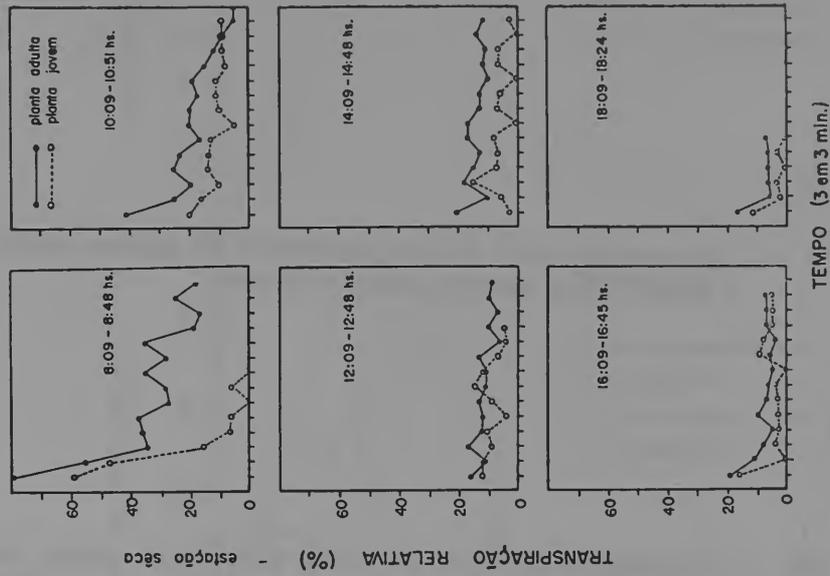


FIG. 175

Fig. 176 — Comparação entre o comportamento de plantas jovens e adultas, nas estações seca e chuvosa.

Fig. 176 — Comparative behavior of young and mature plants during the rainy and the dry seasons. For evaporation curves, rainy season data are shown by solid line, dry season data dotted line. For physiological conditions: rainy season by solid lines; dry season by dotted lines; young plants by triangles; mature plants by circles.

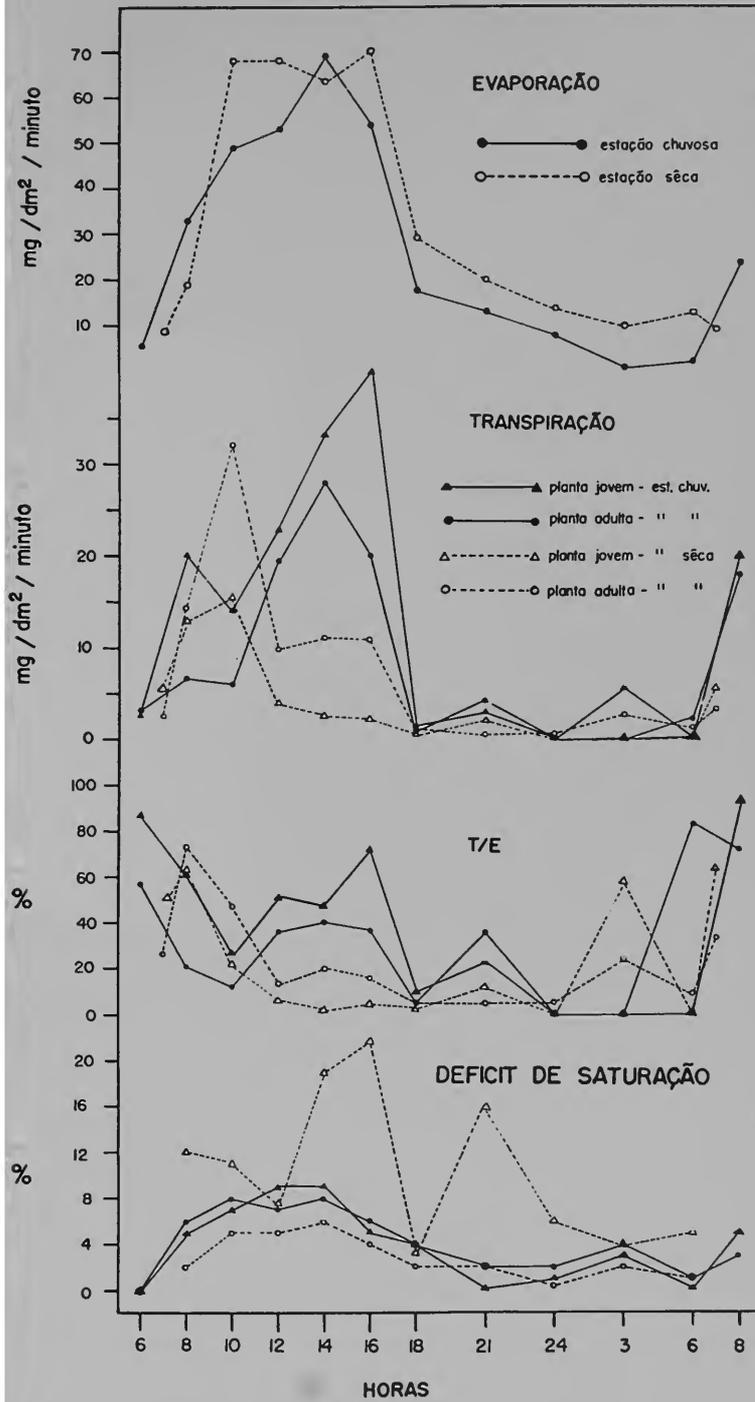


FIG. 176

