

BRUNO MORAES DE ANDRADE

**SISTEMA REPRODUTIVO E BIOLOGIA FLO-
RAL DE *Xylopia brasiliensis* SPRENG.,
EM LAVRAS - MG**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do grau de «MESTRE».

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1993

BRUNO MORAES DE ANDRADE

PROFESSOR

191

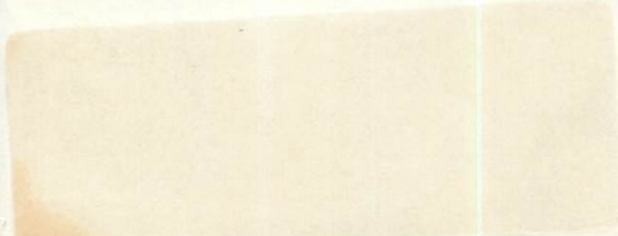
191

191

191

SISTEMA REPRODUTIVO E BIOLOGIA FLO-
RAL DE *Xylopiá brasiliensis* SPRENG.,
EM LAVRAS - MG

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricul-
tura de Lavras, como parte das exigências do curso
de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia, Lavras, Minas Gerais,
1963.



ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS, MINAS GERAIS

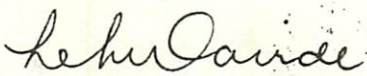
1963

SISTEMA REPRODUTIVO E BIOLOGIA FLORAL DE
Xylopa brasiliensis SPRENG., EM LAVRAS - MG

Aprovada: 09 de dezembro de 1993.


Antônio Resende Soares


Manuel Losada Gavilanes


Lisete Chamma Davide

Aos meus pais,

ROBERTO E NORMA

Ao meu avô,

ISMAEL (In Memoriam)

Às minhas irmãs

ANDRÉIA, LUCIANA, RENATA,

ROBERTA e SÔNIA

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, Senhor de todo o Universo, pela grandeza de suas obras e pela saúde e iluminação concedidas.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Ary Teixeira de Oliveira Filho, orientador dessa dissertação, pela orientação dedicada e competente, pela amizade, pela compreensão e pela confiança em mim depositada.

Ao Professor Antônio Resende Soares e Manuel Losada Gavilanes, pela disponibilidade e ajuda nos momentos mais difíceis.

Ao meu tio e Professor Marcos Laureano Teixeira, pelo seu apoio e incentivo, pois, sem eles, não estaria onde estou.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação da ESAL.

Aos funcionários do Viveiro Florestal da ESAL, pelos vários serviços prestados.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Florestais da ESAL, pela atenção e dedicação dispensadas.

Aos amigos André, Carlos, Edgar, Eugênio e Edson pela sincera amizade e apoio.

Aos funcionários da Biblioteca da ESAL, pelas correções das Citações Bibliográficas.

Às muitas pessoas que aqui estão anônimas, mas que sabem de minha gratidão, pela colaboração direta ou indireta na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

BRUNO MORAES DE ANDRADE, filho de Roberto de Andrade e Norma Suely Moraes de Andrade, natural de Nazareno, Estado de Minas Gerais, nasceu em 07 de novembro de 1966. Em 1986 ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras, onde se graduou em Agronomia em dezembro de 1990. Em 1991 iniciou um Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, a nível de mestrado, concluindo o mesmo em dezembro de 1993. No período de abril a outubro de 1993, o autor teve a oportunidade de desenvolver atividades profissionais junto a Empresa J. Rodrigues, no município de São José do Rio Claro - MT.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. REFERENCIAL TEÓRICO	04
2.1. Características da espécie	04
2.2. Sistema reprodutivo de espécies arbóreas	09
2.3. Sistemas reprodutivos e biologia floral	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Descrição da área e caracterização climática	19
3.2. Determinação do sistema de cruzamento	21
3.3. Observações complementares	22
3.3.1. Fenologia da reprodução	22
3.3.2. Estudo sobre a biologia floral	23
3.3.3. Maturação dos frutos e dispersão de sementes ..	24
3.4. Delineamento experimental	25

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Fenologia	27
4.1.1. Correlação com fatores climáticos	29
4.2. Biologia floral	30
4.3. Sistema de cruzamento	34
4.4. Maturação dos frutos e dispersão e germinação das sementes	40
5. CONCLUSÕES	42
6. RESUMO	43
7. SUMMARY	45
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Aspectos vegetativos e reprodutivo de <i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.....	07
2	Dados climatológicos de precipitação em mm.mês ⁻¹ e temperatura média.....	20
3	Diagrama fenológico da espécie <i>Xylopia brasiliensis</i> na região de Lavras-MG.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabelas

Página

1	Produção de frutos de <i>Xylopi</i> a <i>brasiliensis</i> em função do sistema de polinização	35
2	Análise de variância da produção de frutos (%) em <i>Xylopi</i> a <i>brasiliensis</i> . Valores transformados em arc sen $\sqrt{(x + 0,5)/100}$	36
3	Análise de variância da produção de frutos (%) em <i>Xylopi</i> a <i>brasiliensis</i> nos anos de 1991 e 1992. Valores transformados em arc sen $\sqrt{(x + 0,5)/100}$	37

Tabelas**Página**

4	Testes de Tukey para as médias de produção de frutos em percentagem (dados originais) para a espécie <i>Xylopia brasiliensis</i> nos anos de 1991, 1992 e conjunta	38
5	Testes de Tukey para as médias de produção de frutos em percentagem (dados originais) por árvore dentro do fator sistema de polinização	39

1. INTRODUÇÃO

* No Brasil, como em outros países de clima tropical, uma exploração puramente predatória vem sendo adotada para as florestas nativas. Este tipo de exploração, aliado ao desconhecimento do modo de reprodução e de regeneração das diferentes espécies, tem ocasionado uma deterioração da base genética e até mesmo a extinção de várias populações de espécies com grande potencial econômico.

O desconhecimento das particularidades genéticas das populações, das exigências culturais e da biologia reprodutiva das espécies florestais nativas é, em grande parte, responsável pelas afirmações feitas a respeito do baixo potencial de crescimento de muitas das espécies florestais que ocorrem no Brasil (FONSECA, 1982).

O Brasil se caracteriza atualmente como um país onde há uma necessidade premente de produzir mais para exportar mais. Os aumentos de produção na agricultura têm sido conseguidos mais às

custas da incorporação de novas áreas ao processo produtivo do que ao aumento da produtividade nas áreas já cultivadas. Este processo de abertura de novas fronteiras agrícolas tem ocasionado a eliminação total ou parcial de espécies nativas que podem vir a ter importância dentro do sistema de produção florestal.

*Apesar dos muitos estudos que vêm sendo realizados sobre diversas espécies nativas, quanto ao seu potencial tecnológico, raríssima ou nenhuma atenção tem sido dada aos estudos básicos visando conhecer a biologia destas espécies e a estrutura genética de suas populações. Tais estudos são imprescindíveis para o sucesso de plantios com as espécies nativas sobretudo nos programas de melhoramento e de conservação genética das mesmas.

O gênero *Xylopia*, da família Annonaceae, possui uma série de características de interesse florestal tais como boa regeneração natural, crescimento rápido, tronco retilíneo e boa desrama. A madeira possui um certo valor decorativo em razão do brilho e textura fina que possui (OLIVEIRA, 1988). Os frutos de algumas espécies podem substituir a pimenta-do-reino (PIO CORRÊA, 1978; RIZZINI & MORS, 1976).

A realização deste trabalho visa contribuir para a ampliação dos conhecimentos sobre *Xylopia brasiliensis* Spreng., em especial o seu sistema de cruzamento e biologia floral. Para isto, foram realizadas a descrição e caracterização do seu sistema reprodutivo e, também, aspectos gerais de sua biologia floral

para uma melhor compreensão do processo reprodutivo como um todo. Tais conhecimentos deverão fornecer valiosos subsídios para o desenvolvimento de técnicas apropriadas de manejo florestal para uma das espécies de grande potencial silvicultural que ocorre na região de Lavras - MG.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Características da espécie

Algumas espécies do gênero *Xylopia* apresentam frutos que podem substituir a pimenta-do-reino como condimento. Destacam-se *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. como própria dos cerrados do Brasil central e *X. brasiliensis* comum em florestas da Bahia até Santa Catarina (RIZZINI & MORS, 1976).

X. brasiliensis é conhecida por embira, embireira-branca, erva-doce, imbuí, pau-de-mastro, pindaíba e pindaíba-de-folha-pequena (PIO CORRÊA, 1978). KLEIN (1966) afirma que é uma espécie xerófito, característica das associações pioneiras situadas no alto das encostas, com solos de rápida drenagem e geralmente, bastante rasos, o que a torna apropriada para um reflorestamento no alto das encostas e topos de morros. No entanto, segundo DAVIDE*, na região de Lavras-MG, ela não é pioneira pois, a

* DAVIDE, A.C. (ESAL - MG). Comunicação pessoal, 1993.

espécie não apresenta produção constante de sementes (todo ano), a semente perde a viabilidade rapidamente, não formando banco de sementes no solo, as árvores adultas ocupam a classe superior da floresta e ela não renegera em clareiras e sim, nos sub-bosques da mata nativa ou de *Eucaliptus*.

BAITELLO et alii (1983/1985) e DIAS (1988) descrevem *X. brasiliensis* da seguinte maneira:

a) **Árvore:** com até 30 m de altura total, 16 m de tronco útil, 50 cm de diâmetro à altura do peito (1,3 m de altura), copa oblonga, ramos jovens finos, cinza tomentelos, córtex avermelhado típico.

b) **Folhas:** alternas, dísticas, inteiras, membranáceas a sub-coriáceas, estreito-lanceoladas, 5,5-9,5 cm de comprimento, 0,7-1,3 cm de largura, ápice acuminado, acume obtuso, base aguda, levemente acentuada; face superior glabérrima, nervura mediana impresso-sulcada; face inferior pubescente nas folhas jovens e glabrescente nas mais velhas; nervura mediana proeminente, margem revoluta, inúmeras pontuações translúcidas quando observadas contra a luz; pecíolo com 0,2-0,4 cm de comprimento, glabro a pubérulo (Figura 1-A).

c) **Inflorescências:** axilares, sub-fasciculadas, curto-pendunculadas, frequentemente trifloras, bractéolas em número de duas, minutas, seríceas e caducas (Figura 1-A).

d) **Flores:** hermafroditas; 3 sépalas, triangular-ovaladas, externamente pubérulas; 6 pétalas, carnosas, dispostas em duas séries; as externas lineares, oblongo-agudas, base dilatada, côncava, extremamente tomentosas, internamente tomentelas; as internas são lineares, sub-quadrangulares, com ápice agudo e base dilatada (Figuras 1-B, 1-C, 1-D, 1-E, 1-F e 1-G).

e) **Androceu:** cerca de 80 estames férteis e estaminódios escamiformes, menos numerosos; conectivo capitado e papiloso; locelos dispostos em 4 estratos, 2-4 em cada um (Figura 1-H).

f) **Gineceu:** apocárpico; 7-10 carpelos com 0,5 cm de comprimento; ovário piloso na face externa e glabrescente na interna; 4 óvulos, estiletos hirsutos na porção estigmática com 0,4 cm de comprimento, adnatos a uma camada de estaminódios (Figura 1-I).

g) **Frutos:** multifolículo formado à partir da agregação de pequenos carpídios, clavados, falcados ou não, tomentosos a glabérrimos e com 2,5 a 4,0 cm de comprimento (Figura 1-J).

h) **Sementes:** 2 a 4 por carpídio, ovaladas, testa negra, arilo carnoso e basal; com 6,5 mm de comprimento e 4,5 mm de largura.

Segundo REITZ et alii (1983) *X. brasiliensis* é uma árvore perenifolia de crescimento rápido, exigente quanto à luz, e que produz troncos retos e compridos. Relatam ainda que a madeira é moderadamente pesada ($0,700 \text{ g/cm}^3$), podendo ser empregada entre outras coisas em taboados, caibros e vigas internas.

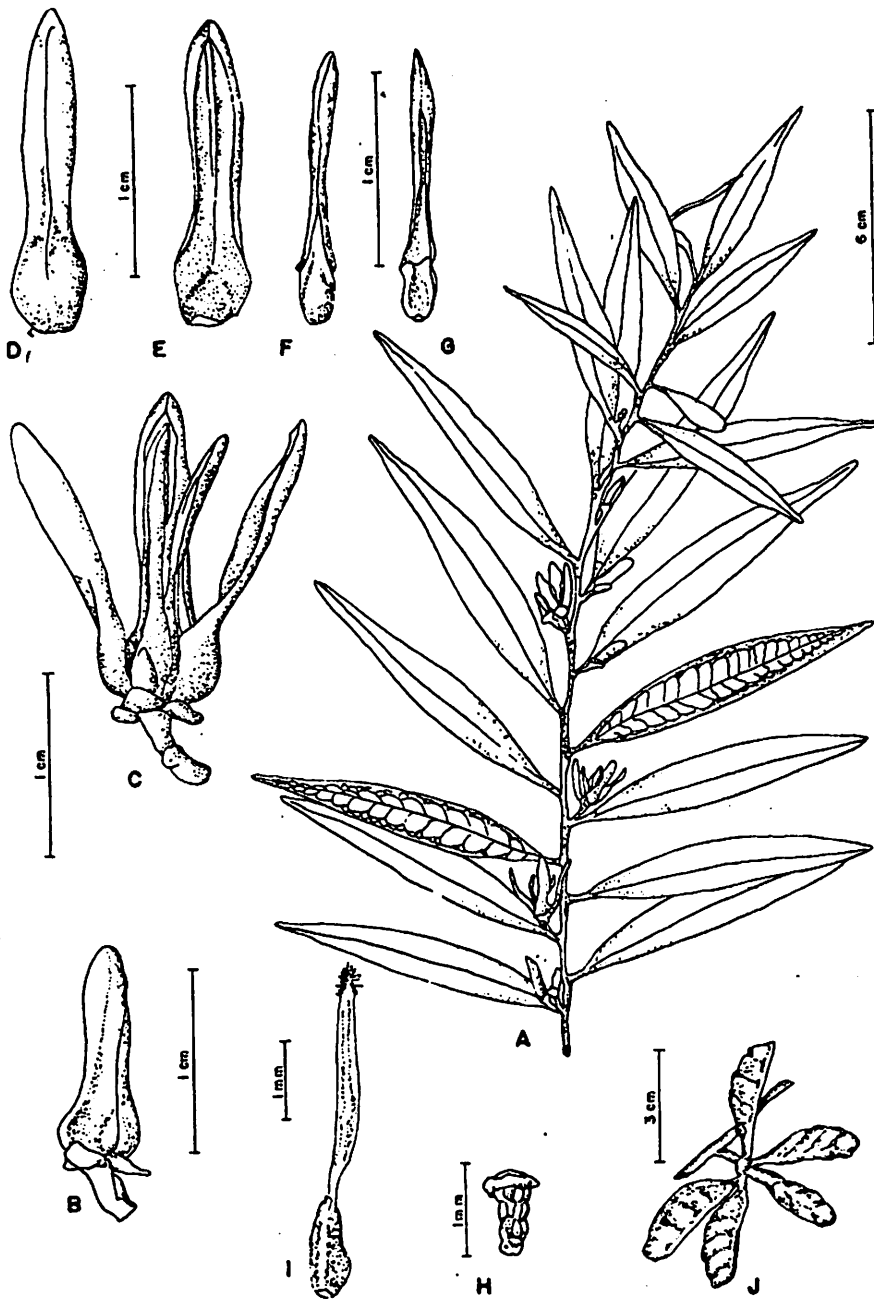


FIGURA 1. Aspectos vegetativos e reprodutivos de *Xylopia brasiliensis* Spreng. A) aspecto geral do ramo; B) botão floral; C) flor aberta; D) pétala externa em vista dorsal; E) pétala externa em vista ventral; F) pétala interna em vista dorsal; G) pétala interna em vista ventral; H) estame; I) carpelo; J) carpídios (DIAS, 1988).

NAKAOKA (1982) através de análise cromatográfica detectou a presença de 44 componentes no óleo essencial das folhas de *X. brasiliensis*. Dentre eles, identificou-se α -pineno e β -pineno que são componentes empregados como matéria prima para a síntese de substâncias de largo emprego na cosmetologia e na obtenção de produtos sintéticos como a cânfora e o terpineol.

DIAS (1988) esclarece que o grau de avanço do gênero *Xylopia* dentro das Annonaceae pode ser inferido em função do seu número básico de cromossomos. EHRENDORFER et alii (1968), EHRENDORFER (1982) e WALKER (1972) concluíram que o número básico de cromossomos para a família Annonaceae é $X = 7$, enquanto que para *Xylopia* é $X = 8$. Eles afirmaram ainda que além de poliplóides, as Annonaceae apresentam uma série aneuplóide, onde a progressão teria sido ascendente, 7 - 8 - 9. Desta forma, o gênero *Xylopia* estaria numa posição evolutiva intermediária em termos de número cromossômico.

Com relação à germinação de sementes, ANDERSEN (1986), trabalhando com *X. sericea*, verificou que as sementes desta espécie germinam após 10 meses, isto é, caem ao solo em fevereiro-março e germinam apenas em dezembro-janeiro.

Segundo ANDERSEN (1986) e BORGES et alii (1987) que trabalharam com *X. sericea*, as sementes possuem um tipo de dormência endógena. ANDERSEN (1986) só conseguiu germinação nos tratamentos conduzidos em solo, onde a dormência foi superada lentamente. A autora afirma, ainda, que o melhor meio de

propagação é o transplântio de mudas dos povoamentos para viveiro e sua posterior mudança para o campo, maneira pela qual foram plantadas as árvores de *X. brasiliensis* no viveiro florestal da ESAL, onde se conduziu este experimento.

BRAGA et alii (1986) trabalhando com inibidores de germinação em frutos e sementes de *X. brasiliensis*, não conseguiram a germinação das sementes a nível de laboratório. Eles verificaram que a regeneração natural da pindaíba só foi constatada em áreas sob cobertura florestal nativa ou implantada (*Eucaliptus* spp. e *Pinus* spp.). Estes autores observaram plântulas da espécie em dezembro-janeiro e constataram a "existência de substância(s) inibidora(s) de germinação nos frutos e nas sementes de pindaíba.

2.2. Sistema reprodutivo de espécies arbóreas

Um programa de melhoramento vegetal envolve em essência a utilização da variação via seleção procurando preservar a variabilidade para futuros ciclos seletivos. Nesse contexto, o conhecimento do sistema reprodutivo da espécie em questão é fundamental. A aplicação da genética em espécies florestais deve visar, basicamente, o conhecimento da estrutura genética das populações e esta estrutura pode ser entendida a partir de informações básicas sobre a biologia reprodutiva e dos estudos fenotípicos e genotípicos entre e dentro de populações. Os

conhecimentos básicos sobre a biologia reprodutiva das espécies, envolvendo os aspectos do sistema reprodutivo, biologia floral, modo de dispersão e comportamento das sementes no solo são imprescindíveis para o entendimento da espécie como um todo. A estrutura genética das populações de uma espécie, tanto em florestas nativas como implantadas, é função destes aspectos básicos, os quais ditam como a espécie deve ser encarada conforme os fins a serem propostos (KAGEYAMA & DIAS, 1982).

* Segundo FRANKEL (1977), o grau e distribuição da variabilidade genética, a percentagem de homozigose, a manutenção ou não da frequência alélica de uma geração para outra e o grau de correlação genética entre parentes dependem do sistema reprodutivo predominante em uma população. BAWA (1976) e JANZEN (1980) enfatizam que os sistemas de cruzamento e a distribuição e dispersão do pólen são fundamentais na iniciação e manutenção da diversidade genética das populações, já que a polinização é uma maneira pela qual as plantas podem regular o fluxo de genes.

Vários autores chamam a atenção para a existência de uma graduação no sistema de cruzamento, desde espécies totalmente auto-incompatíveis até totalmente autocompatíveis (BAWA, 1974; KRESS, 1983; SCHEMSKE, 1983 e KAGEYAMA & DIAS, 1982). Segundo FAEGRI & VAN DER PIJL (1979), pequenas alterações no sistema de polinização podem iniciar um processo de especiação ou manter populações cruzáveis separadas, mesmo que sejam simpátricas.

* Citando trabalhos anteriores, BAWA (1974) relata que, a princípio, a idéia predominante era de que as árvores das florestas tropicais poderiam ser predominantemente autopolinizadas já que suas flores não ocorriam em sincronia e a mobilidade de seus polinizadores era limitada a pequenas distâncias. Esta afirmação seria corroborada pela complexa estrutura da floresta tropical úmida onde o adequado movimento dos polinizadores entre as árvores poderia ser dificultado, resultando em árvores autopolinizadas e endogâmicas. Porém, este mesmo autor cita que trabalhos posteriores demonstram que as árvores da floresta tropical são predominantemente de polinização cruzada e JANZEN (1980) demonstrou que certos polinizadores podem fazer a polinização cruzada a longas distâncias a despeito de toda complexidade estrutural destas florestas. A respeito do relacionamento entre árvore e seus polinizadores, JANZEN (1980) ressalta as características principais da ecologia da polinização de espécies tropicais como a alta proporção de espécies polinizadas por animais, as grandes distâncias entre árvores de espécies de polinização cruzada obrigatória e o grande número de interações complexas entre plantas e seus polinizadores.

* Dando ênfase à dispersão de pólen e sementes, KAGEYAMA & CASTRO (1986) relataram que os dois processos de fluxo gênico não poderiam estar dissociados pois eles são indicadores do padrão evolutivo das espécies arbóreas. De acordo com esses autores, as espécies com distribuição agrupada na comunidade devem ter uma

distribuição de sementes a curta distância e "vice-versa". Se esta hipótese estiver correta, haveria uma gradação nas espécies arbóreas, desde aquelas com distribuição tipicamente agrupada e alcance curto de pólen e sementes, até aquelas com distribuição bastante dispersa e com longo alcance de pólen e sementes. Isto permitiria o estabelecimento de um critério para a separação de espécies em relação ao seu provável padrão de variabilidade genética. Desse modo, poderia haver espécies com uma estrutura genética muito similar àquelas tipicamente autógamas e, no outro extremo, espécies tipicamente alógamas (KAGEYAMA & CASTRO, 1986).

Estudando o sistema reprodutivo e o efeito do habitat no componente de adaptação em três espécies do gênero *Costus* (Zingiberaceae), SCHEMSKE (1983) efetuou autopolinização com pólen da mesma flor e também polinização cruzada, além de marcar ramos para obter dados de polinização natural e observou que a produção de sementes por fruto foi menor nas autopolinizadas em relação às de polinização cruzada e a produção de sementes por fruto das polinizadas artificialmente foi menor que as de polinização natural. O autor concluiu que a autopolinização reduziu a produção de sementes de 12 a 33% em relação à polinização cruzada, como consequência do efeito da endogamia.

KAGEYAMA & DIAS (1982) afirmaram que dentro das espécies florestais tropicais mais utilizadas há um predomínio quase total de espécies preferencialmente alógamas, e que uma das poucas espécies florestais autógamas é a *Leucaena leucocephala* Benth.

(Leguminosae). Esta observação tem sido confirmada por diversos trabalhos sobre biologia reprodutiva de espécies florestais dos trópicos (BAWA, 1976 e 1992; KAGEYAMA & DIAS, 1982; PEREIRA & PEDROSO, 1982 e PIRES & PIRES, 1987).

Contudo, o estudo mais abrangente foi, sem dúvida, o de BAWA (1974), que estudou espécies arbóreas em uma floresta tropical semidecídua na Costa Rica. De um total estimado de 130 espécies arbóreas na comunidade, 14% foram consideradas auto-compatíveis, 54% auto-incompatíveis, 22% dióicas e 10% monóicas. As inferências sobre auto-compatibilidade e auto-incompatibilidade foram baseadas em 34 de 88 espécies hermafroditas que ocorriam na área em estudo. Apesar do grau de polinização cruzada em espécies auto-compatíveis e monóicas não ser conhecido, pôde-se afirmar que pelo menos 76% das espécies tinham um modo xenógamo de reprodução e que variações intrapopulacionais em sistemas de cruzamento foram registradas em várias espécies. Este mesmo autor discutiu amplamente o significado evolutivo dos sistemas de cruzamento observados e sua variaçãc e esclareceu que a autopolinização pode ocorrer como uma alternativa à pressão de seleção ou como uma estratégia para garantir a reprodução.

Segundo GRANER (1965), muitas aberrações do processo sexual estão incluídas na denominação geral de apomixia, ou seja, um processo de reprodução assexual. De acordo com esse autor, a apomixia pode ser de vários tipos:

a) **Partenogênese com redução:** Neste processo, um ovo fertilizado desenvolve-se, estimulado por alguns agentes, num organismo com o número haplóide de cromossomos.

b) **Partenogênese sem redução:** Neste tipo de partenogênese, o ovo, sem sofrer a redução do número de cromossomos, desenvolve-se num indivíduo com o número diplóide de cromossomos.

Ambos os tipos de partenogênese ocorre tanto nas plantas como nos animais.

c) **Apogamia:** Este processo de reprodução assexual, mais ou menos raro, ocorre somente nos vegetais e consiste no desenvolvimento de um novo indivíduo de uma célula gametofítica qualquer que não a célula-ovo e pode também ser com ou sem redução do número de cromossomos.

d) **Embrionia adventícia:** Nas plantas acontece, muitas vezes, que uma célula do nucelo ou mesmo dos integumentos penetra no saco embrionário, aí desenvolvendo-se num indivíduo contendo o número diplóide de cromossomo. Pode haver o caso de vários embriões adventícios se formarem além do embrião resultante da fertilização, constituindo a poliembrionia, muito comum nas plantas frutíferas como laranja, manga e outras.

DOBZHANSKY (1970), também descreveu a apomixia e segundo este autor, na partenogênese uma célula-ovo desenvolve-se em um embrião e finalmente em um indivíduo adulto, sem fecundação. Em algumas plantas, o saco embrionário se desenvolve normalmente,

mas a meiose é suprimida, dando origem a um óvulo sem número diplóide de cromossomos, que se desenvolve sem fecundação (diplosporia). Noutra situação, o saco embrionário pode ser empurrado lateralmente e o embrião se desenvolve de um tecido somático diplóide (aposporia, embriogenia adventícia). Bastante curioso é o caso de certas plantas apomíticas (*Citrus*, *Rubus* e outros gêneros) em que a polinização das flores é necessária para a produção de sementes germináveis, sem contudo ocorrer a fecundação (pseudogamia) (DOBZHANSKY, 1970).

2.3. Relação entre sistema reprodutivo e biologia floral

Fenologia segundo LIETH (1974) é o estudo da ocorrência dos eventos biológicos repetitivos, das suas causas de ocorrência em relação às forças bióticas e abióticas e de inter-relações entre fases caracterizadas por esses eventos na mesma ou em diferentes espécies. O autor relatou ainda que, um aspecto de relevante importância no contexto da fenologia das espécies de florestas tropicais é a ocorrência de periodicidade de eventos.

As informações sobre a floração e frutificação são importantes e diretamente relacionadas aos aspectos que envolvem a reprodução das espécies na medida em que se considera os seguintes fatores: a) a época de ocorrência dos eventos; b) variação de ocorrência dos eventos entre árvores e na própria

árvore e c) as próprias características particulares de cada espécie (COSTA, 1988).

ASHTON (1978) afirmou que diversos mecanismos biológicos podem causar a floração, tais como a perda de folhas e mecanismos intrínsecos do tipo relógio biológico e genético. Contudo, ALVIM (1965) enfatizou que nas regiões tropicais, sujeitas a secas periódicas, a periodicidade do crescimento das plantas (envolvendo produção ou perda de folhas, crescimento do câmbio, floração e frutificação) está associada às condições climáticas, principalmente, à ocorrência das chuvas.

Com relação à alogamia, FAEGRI & VAN DER PIJL (1979) esclarecem que a determinação do sistema reprodutivo pelo estudo do comportamento da flor na sua antese é efetiva quando ocorre a dicogamia. Dessa forma, se a espécie mostrar o fenômeno da protandria ou da protoginia, pode-se desconfiar da existência de alogamia, muito embora possa ocorrer autofecundação entre flores de diferentes estágios no mesmo indivíduo. Estes mesmos autores definem antese como o início do período em que a flor expõe a antera e o estigma aos agentes polinizadores.

* Para as anonáceas dos gêneros *Xylopia*, *Guatteria* e *Duguetia*, GOTTSBERGER (1970) verificou que, embora estes três gêneros apresentem ligeira protoginia, é possível a ocorrência de autopolinização quando não se concretiza a polinização cruzada. Segundo o mesmo autor, em *Xylopia*, os estames mais externos vão se despreendendo no final da antese e preenchem a câmara de

polinização formada pela concavidade das pétalas internas, fazendo com que as anteras toquem os estigmas ainda receptivos, o que promove a autopolinização.

Os trabalhos de CRESTANA et alii (1982), que mostram a ocorrência de protandria em *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae), e os de CATHARINO et alii (1982) sobre uma provável protoginia em *Mimosa scabrela* Benth. (Leguminosae) são exemplos de uso do estudo do comportamento da flor na sua antese para a determinação do sistema reprodutivo.

Com relação à polinização, GOTTSBERGER (1989) afirmou que entre as Annonaceae três modos de polinização ocorrem os quais estão correlacionados com características florais especiais, sendo que o principal modo é a polinização por besouros (cantarofilia), seguido da polinização por trips e finalmente, por moscas. O autor relatou que um dos mais notáveis caracteres funcionais é a cavidade floral ou de polinização que é formada pelas pétalas fechadas sobre a parte central da flor durante a fase sexualmente ativa. Esta cavidade floral emite odores específicos que atraem os besouros para entrar nas flores, onde eles se abrigam da luz do dia e de predadores e encontram alimento (tecidos, pólen) e companheiros sexuais. GIBBS et alii (1977) esclarecem que os besouros chegam ao anoitecer e forçam a entrada por entre as pétalas fechadas e permanecem na flor durante a noite e o dia seguinte alimentando-se dos tecidos das pétalas e saindo posteriormente em busca de outras flores.

FAEGRI & VAN DER PIJL (1979) caracterizam a síndrome de cantarofilia como um grupo de polinização com poucos atrativos visuais, flores com forma não especial ou definida, pouco profundas, a base em forma de tigela, de cor esbranquiçada ou esverdeada, odor forte, inexistência de guias de nectário, acesso fácil ao pólen e néctar, tecidos comestíveis e o abrigo em câmaras. GOTTSBERGER (1988) acrescenta ainda que as Annonaceae polinizadas por besouros possuem flores com tecidos comestíveis e proteção estrutural dos elementos reprodutivos através do fechamento completo das pétalas mais internas, fazendo com que a câmara de polinização fique escura. Contudo, as inferências sobre o sistema reprodutivo a partir da antese e fenologia das espécies não são de forma alguma seguras.

ALLARD (1960) argumenta que os experimentos para determinar se uma espécie está sujeita à autopolinização ou à polinização cruzada devem consistir, em uma primeira etapa, no exame da estrutura floral e, a seguir, no isolamento de flores e observação se há ou não produção de sementes. A não produção de sementes a partir da autopolinização, enfatiza o autor, é uma indicação quase certa de que a espécie é alógama.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área e caracterização climática

Este estudo foi conduzido no viveiro florestal da ESAL, Lavras, Minas Gerais. O município de Lavras está situado à latitude de $21^{\circ}14'S$ e longitude de $45^{\circ}00'W$ e sua altitude média é de 919 metros. A região apresenta um clima Cwb de acordo com a classificação de Köppen, com uma temperatura média anual de $19,3^{\circ}C$, temperatura no mês mais frio de $15,8^{\circ}C$, no mês mais quente de $21,6^{\circ}C$ e precipitação média de 1411,5 mm (BAHIA, 1975). A Figura 2 apresenta a distribuição das chuvas e das temperaturas no período de setembro de 1991 a dezembro de 1992, sendo que os dados foram obtidos na Estação Climatológica de Lavras, situada a cerca de 1 km do local onde se realizou o experimento.

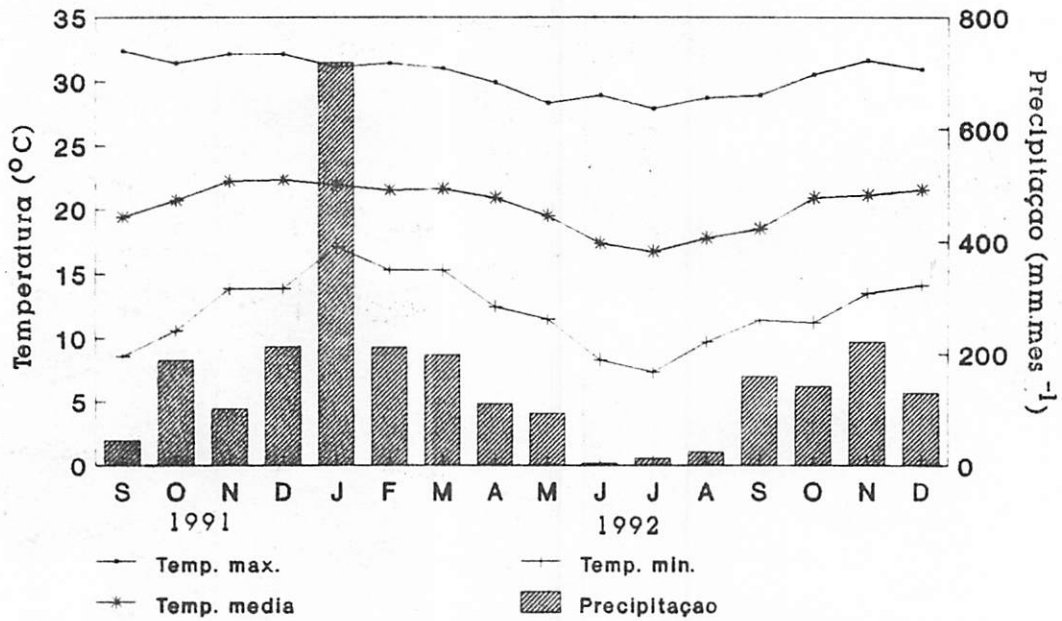


FIGURA 2. Dados climatológicos de precipitação em mm.mês^{-1} e temperatura média. Os pontos extremos no gráfico de temperatura expressam as máximas e mínimas do mês; os pontos intermediários correspondem às referidas médias do mês. Valores obtidos a partir de dados meteorológicos diários fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras - MG.

3.2. Determinação do sistema de cruzamento

Para realização deste trabalho foram utilizadas três árvores com 7 a 8 anos de idade plantadas na área do viveiro florestal. Os indivíduos selecionados apresentaram têm uma altura total de 10 a 12 m e estão distantes cerca de 7 m exceto um, que fica a cerca de 50 m dos demais.

A determinação do sistema de cruzamento foi realizada entre setembro de 1991 e dezembro de 1992. Para isso foram observadas árvores em pleno florescimento e levou-se em consideração o início da abertura das flores para que não ocorressem polinizações indesejáveis. A época do florescimento variou entre os anos; por isso, em 1991, foram feitas polinizações entre setembro e dezembro. Já em 1992, as polinizações iniciaram-se em outubro.

Para as observações e polinizações nas copas das árvores foram usadas escadas e torres de madeira previamente construídas para este fim.

Em cada árvore foram aplicados os seguintes tratamentos:

a) Polinização aberta - controle (PAB): algumas flores foram marcadas com linhas coloridas para verificar a polinização em condições naturais.

b) Polinização cruzada (PCR): as flores foram emasculadas e polinizadas manualmente logo após a antese, usando-se pólen de

outro indivíduo sendo em seguida protegidas com sacos plásticos para evitar a contaminação com pólen indesejável.

c) **Fechadas com filó (FFI)**: as flores foram emasculadas e isoladas em sacos de filó para testar a existência ou não de fecundação com pólen trazido pelo vento.

d) **Autopolinização com pólen da mesma árvore (AMA)**: as flores foram emasculadas e ensacadas com sacos plásticos no momento da antese e polinizadas manualmente com pólen da mesma árvore.

e) **Agamospermia (AGA)**: as flores foram apenas emasculadas e ensacadas com saco plástico no dia anterior à antese para verificar possíveis mecanismos de apomixia.

O número de flores manuseadas entre setembro/1991 e janeiro/1992 foi de 196 no tratamento PAB, 110 no PCR, 30 no FFI, 77 no AMA e 44 no AGA e entre outubro e dezembro/1992, foi de 134 no PAB, 85 no PCR, 51 no FFI, 67 no AMA e 92 no AGA.

3.3. Observações complementares

3.3.1. Fenologia da reprodução

Os dados fenológicos foram anotados semanalmente para os indivíduos selecionados. O período de abrangência das observações compreendeu a estação reprodutiva da espécie. As anotações foram

realizadas de 15 de setembro de 1991 a 03 de janeiro de 1993. As anotações foram referentes a botões florais e flores; tentou-se acompanhar o desenvolvimento de frutos imaturos e frutos maduros, mas como houve 100% de aborto de frutos nas árvores, isto não foi possível.

Considerou-se como período de floração, o espaço de tempo desde o aparecimento dos primeiros botões florais até a queda das últimas pétalas; o período de frutificação, desde o início do desenvolvimento dos frutos até a maturação completa e conseqüente dispersão das sementes que não houve devido aos abortos.

3.3.2. Estudo sobre a biologia floral

A nível de campo, as avaliações foram realizadas da seguinte forma:

- a) Antese: definida por FAEGRI & VAN DER PIJL (1979) como o início do período em que a flor expõe a antera e o estigma aos agentes polinizadores. Com o objetivo de determinar o período de receptividade do estigma, foram coletadas flores em vários estádios e examinadas sob lupa para verificar se havia alterações morfológicas entre elas. A presença de grãos-de-pólen aderidos à superfície estigmática foi registrada.
- b) Uma vez determinado o início da antese, foram marcadas 20 flores para determinar a sua longevidade.
- c) Foram realizadas observações durante vários dias a partir das

5 h e 30 min. para determinar o horário de abertura das flores e o tempo que permaneciam abertas.

d) Para identificação dos visitantes das flores, foram realizadas 4 a 5 observações diárias em diferentes horários e foram coletados os insetos encontrados nas flores para interpretação das relações flor-inseto. A identificação dos insetos foi realizada por especialistas no Museu de Zoologia da USP.

Para avaliar as características morfológicas, as flores foram coletadas para análise a fresco ou fixadas em álcool 50%.

A análise dos grãos-de-pólen carregados pelo insetos visitantes das flores foi realizada com auxílio de microscópio estereoscópico e microscópio óptico, e quando presentes, foram comparados aos grãos-de-pólen da espécie para verificar se realmente pertenciam à mesma.

Estas avaliações visaram complementar as informações sobre o sistema de cruzamento, para que se pudesse chegar a identificação e caracterização do processo de polinização da espécie.

3.3.3. Maturação dos frutos e dispersão das sementes

Os processos de maturação e abertura dos frutos foram observados a nível de campo, em árvores vizinhas às do experimento, visando avaliar as possíveis interações com os fatores bióticos e abióticos.

3.4. Delineamento experimental

a) Produção de frutos:

Os dados de produção de frutos por flores polinizadas foram submetidos a análise de variância segundo os seguintes modelos matemáticos:

$$Y_{ij} = m + t_i + r_j + e_{(ij)}$$

Onde:

Y_{ij} = efeito do tratamento i dentro da árvore j ;

m = média geral do experimento;

t_i = efeito do sistema de polinização i , sendo $i = (1, 2, 3, 4, 5)$;

r_j = efeito da árvore j , sendo $j = (1, 2, 3)$;

$e_{(ij)}$ = erro médio do ensaio.

$$Y_{ijk} = m + t_i + r_j + a_k + tr_{ij} + ta_{ik} + ra_{jk} + e_{(ijk)}$$

Onde:

Y_{ijk} = efeito do sistema de polinização i dentro da árvore j dentro do ano k ;

t_i = efeito do sistema de polinização i , sendo $i = (1, 2, 3, 4, 5)$;

r_j = efeito da árvore j , sendo $j = (1, 2, 3)$;

a_k = efeito do ano k , sendo $k = (1, 2)$;

tr_{ij} = efeito do sistema de polinização i na árvore j ;

ta_{ik} = efeito do sistema de polinização i na árvore j no ano k;

ra_{jk} = efeito da árvore j no ano k;

$e_{(ijk)}$ = erro médio do ensaio.

b) Transformação dos dados:

Para atender às condições exigidas para análise estatística, os dados referentes à produção de frutos foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{(x + 0,5)/100}$ (STEEL & TORRIE, 1980).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações referentes à fenologia e biologia floral, embora sejam dados que complementam a caracterização do sistema de cruzamento, são apresentados inicialmente para possibilitar uma melhor sequência na discussão.

4.1. Fenologia

X. brasiliensis em Lavras (MG) tem um período de floração de cerca de cinco meses (setembro a final de janeiro) desde a emissão dos primeiros botões florais até o término da floração (Figura 3). Esta observações estão de acordo com as de DIAS (1988) que constatou que a floração da espécie inicia-se em outubro e vai até meados de fevereiro em Campinas e contraria as observações de BAITELLO et alii (1983/85) e REITZ et alii (1978) que verificaram que *X. brasiliensis* floresce em agosto-setembro e janeiro-fevereiro, na Reserva Estadual da Cantareira (SP) e na região de Santa Catarina, respectivamente.

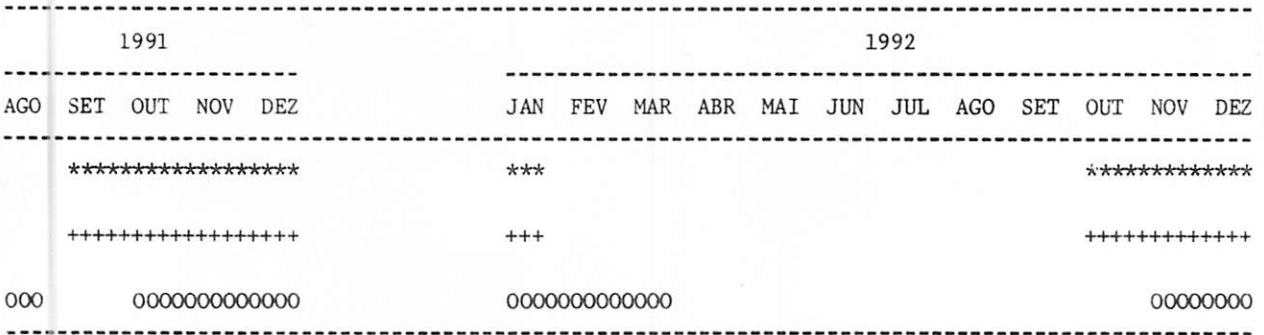


FIGURA 3. Diagrama fenológico da espécie *Xylopia brasiliensis*, na região de Lavras - MG: a) botões florais (***)
 b) flores (+++): c) frutos (OOO).

Uma característica marcante em *X. brasiliensis* é a sobreposição de eventos fenológicos. Nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro, pôde-se observar em um mesmo indivíduo botões florais, flores abertas e frutos em desenvolvimento ou totalmente desenvolvidos. Quando se iniciou o experimento em 15/09/1991 foram encontrados frutos do ano de 1990 em desenvolvimento nas árvores onde foram instalados os tratamentos. Não se conseguiu acompanhar o desenvolvimento e maturação dos frutos do ano de 1991 nas árvores onde se instalou o experimento porque ocorreu 100% de aborto dos frutos formados nos tratamentos PAB, PCR e AMA. Pensou-se como causa provável dos abortos, a ocorrência de duas chuvas torrenciais (202,0 e 134,8 mm) nos dias, 23 e 24 de janeiro de 1992, contudo não se encontrou correlação entre os mesmos com os fatores climáticos, especialmente temperatura, precipitação pluviométrica e Umidade Relativa do ar.

4.1.1. Correlação com fatores climáticos

A floração de *X. brasiliensis* ocorre dentro da estação chuvosa (setembro a final de janeiro) e a maturação completa dos frutos ocorre no final do período chuvoso. O que não é comum, pois segundo JANZEN (1967), em comunidade tropicais, a maioria das espécies floresce na estação seca.

As causas de sazonalidade nas espécies de certas comunidades de regiões tropicais têm sido discutidas. Para FRANKIE et alii (1974), esta sazonalidade é influenciada pelos fatores climáticos, principalmente temperatura e precipitação, adicionados a fatores ligados à própria diversidade das espécies e polinização. Para ALVIM (1965), em regiões tropicais sujeitas a secas periódicas, o fator principal é a chuva, o que é uma realidade para a espécie aqui estudada, no que se refere à floração.

4.2. Biologia floral

Antese:

O processo de abertura das flores é relativamente rápido. A maioria dos botões florais observados à partir das 5 h 30 min, abriram-se totalmente até as 8 h, porém observou-se a existência de flores que iniciavam o processo de abertura das pétalas antes do início das observações. Deve-se ressaltar que em dias nublados e úmidos, a antese iniciava-se mais tarde, o que é corroborado por FRANKEL & GALUN (1977), que verificaram uma correlação entre o momento de abertura da flor e as condições climáticas.

No momento da antese, os estigmas apresentavam-se receptivos, brilhantes e pegajosos; entretanto, as anteras neste período não estavam ainda liberando pólen, o que só ocorria no dia seguinte, quando os estigmas não apresentavam características

de receptividade. Esta particularidade, caracteriza a dicogamia do tipo protoginia para *X. brasiliensis*.

De acordo com FAEGRI & VAN DER PIJL (1979), a determinação do sistema reprodutivo pelo estudo do comportamento da flor é efetiva quando ocorre a dicogamia. Esta defasagem no tempo de receptividade dos elementos femininos e masculinos é considerada uma adaptação floral que favorece a polinização cruzada (FAEGRI & VAN DER PIJL, 1979; CRESTANA et alii, 1982 e CATHARINO et alii, 1982). Na espécie estudada esta importante particularidade é reforçada pela provável auto-incompatibilidade genética que minimiza a possibilidade de auto-fecundação. Na realidade, são dois lados atuando no sentido de favorecer o sistema alogâmico para esta espécie, como é discutido no item 4.3.

A flor de *X. brasiliensis* dura cerca de 3 (três) dias na planta após a sua abertura. À medida em que vai se tornando senescente as pétalas ficam mais recurvadas e enegrecidas, a antera sem pólen e finalmente, as pétalas caem juntamente com os estigmas e as anteras.

Visitantes:

Foram considerados como visitantes os insetos encontrados nas flores. As visitas às flores foram muito escassas no início do período de floração, ao contrário do que aconteceu na época de pico da floração (outubro - novembro - dezembro), quando houve grande concentração de insetos nas flores.

Os visitantes observados nas flores de *X. brasiliensis* pertenciam a 6 (seis) espécies de coleópteros (besouros), as quais pertencem a 3 (três) famílias distintas: Scarabaeidae - *Macroductylus pumilis* Burm., *M. suturalis* Mann., *Barybas* sp.; Anthicidae - *Acanthinus* sp.; Chrysomelidae - *Brachypnoca venustula* Lef. e *B. nana* Klug.

As espécies *M. pumilis* e *M. suturalis* utilizaram as flores como local de acasalamento e alimentação. Devido ao seu tamanho, a entrada dos mesmos na câmara de polinização era impossível, por isso, foram considerados apenas como predadores. O mesmo aconteceu com *Barybas* sp. sendo que, esta espécie não foi observada em cópula.

Os coleópteros *Acanthinus* sp. foram observados com frequência no interior das flores, mas nenhum grão-de-pólen foi encontrado aderido ao seu corpo, apenas resíduos de tecidos das pétalas; estes besouros, devido ao seu hábito, podem ser considerados como polinizadores eventuais. Já *B. venustula* e *B. nana* foram encontrados com frequência saindo das flores no final da tarde, com pequena quantidade de pólen e partes do tecido das pétalas aderidas ao corpo e assim, foram considerados como os prováveis polinizadores de *X. brasiliensis*. WEBBER (1981), GOTTSBERGER (1989) e FALCÃO et alii (1982), verificaram que besouros pertencentes à família Chrysomelidae eram também os prováveis polinizadores de *Annona sericea* Dun., *A. glabra* L. e *A. muricata* L., respectivamente, espécies que pertencem à mesma família de *X. brasiliensis*, Annonaceae.

As flores onde se constatou a presença dos coleópteros apresentavam-se total ou parcialmente predadas. O que é corroborado por FRANKEL & GALUN (1977), que esclarecem que vetores animais são estimulados pelo fornecimento de alimento (pólen e tecidos florais) e abrigo e, talvez, por atração sexual.

Pressupõe-se que os besouros das espécies *B. venutula* e *B. nana* teriam penetrado forçando as pétalas em estágio de pré-antese. Os aspectos referentes a visitas e polinização realizada por coleópteros são relatados por GIBBS et alii (1977), para a espécie *Talauma ovata* St. Hil. da família Magnoliaceae, considerada primitiva assim como a família Annonaceae. Esses autores esclarecem que os besouros chegam ao anoitecer e forçam a entrada por entre as pétalas fechadas e permanecem na flor durante esta noite e o dia seguinte, alimentando-se dos tecidos das pétalas. Durante a tarde do 2º dia as pétalas afrouxam-se de modo que pelo anoitecer, quando as anteras estão num estágio de caducidade, a corola está totalmente aberta. Neste estágio, os besouros cobertos de pólen, transferem-se para as flores que estão iniciando a antese, ou seja, flores com os estigmas receptivos.

GIBBS et alii (1977) afirmam ainda que a cantarofilia é um modo primitivo de polinização, e segundo GOTTSBERGER (1988), a cantarofilia especializada das Annonaceae surgiu no fim do Jurássico ou no início do Cretáceo, simultaneamente com a diversificação de flores típicas para besouros. Este autor esclarece ainda

que as flores polinizadas por coleópteros fornecem câmaras de polinização resultantes do envolvimento de pétalas nas quais estes insetos ficam por longos períodos de tempo, assim como acontece com a espécie em estudo. Nas câmaras escuras, os besouros ficam protegidos contra mudanças ambientais e predadores.

As características desta espécie, pertencendo a uma família primitiva, aliadas às particularidades das flores, pouco profundas, base em forma de tigela, fechadas, de cor esbranquiçada, odor forte, partes florais comestíveis, inexistência de guias de nectário e acesso fácil são apontados por FAEGRI & VAN DER PIJL (1979) como características que evidenciam a polinização por coleópteros. Estas evidências acrescentadas às observações já citadas, indicam seguramente a síndrome de cantarofilia para esta espécie.

4.3. Sistema de cruzamento

A Tabela 1 apresenta os resultados de formação de frutos em função do número de flores marcadas. Verifica-se que a polinização aberta (PAB) e a polinização cruzada (PCR) produziram um maior número de frutos, em relação aos demais tratamentos.

Deve-se ressaltar que a diferença no número de flores marcadas entre os tratamentos e entre os anos foi devida à grande predação das flores pelos besouros e à pequena quantidade de flores encontradas no ano de 1992 (Tabela 1).

TABELA 1. Produção de frutos de *Xylopia brasiliensis* em função do sistema de polinização.

Sistemas de polinização*	Totais		Frutos/flores (%)
	Nº de flores	Nº de frutos	

1991			
PAB	196	96	48,98
PCR	110	45	40,91
FFI	30	00	00,00
AMA	77	11	14,28
AGA	44	00	00,00

1992			
PAB	134	77	57,46
PCR	85	40	47,06
FFI	51	00	00,00
AMA	67	06	08,96
AGA	92	00	00,00

* PAB = polinização aberta (controle); PCR = polinização cruzada; FFI = fechada com filô; AMA = autopolinização com pólen da mesma árvore; AGA = agamospermia.

Embora em número reduzido, deve-se ressaltar a produção de 11 e 06 frutos nos anos de 1991 e 1992, respectivamente, no tratamento de autopolinização com pólen da mesma árvore (AMA). Deve-se ressaltar, que a produção de sementes por fruto pode diminuir em função do efeito da endogamia, conforme SCHEMSKE (1983) concluiu.

Os resultados das análises de variância para as médias de produção de frutos da espécie, contidos nas Tabelas 2 e 3, completam os dados da Tabela 1 e demonstram que estatisticamente há diferença altamente significativa, ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, entre os tratamentos.

Com relação ao fator árvore e à interação árvores x anos, não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F (Tabela 2 e 3). Isto é importante no contexto deste trabalho por mostrar uma tendência clara em termos de sistema reprodutivo da espécie.

Os tratamentos aplicados diferiram significativamente entre os anos, como é demonstrado pela significância do teste F ao nível de 1% para a interação sistema de polinização x anos. Isto, provavelmente, pode ser o resultado de uma maior competição por flores pelos besouros visto que, em 1992, houve menor produção de flores. E, também, pode ser devido a possíveis correlações existentes entre a resposta da planta aos tratamentos e fatores climáticos.

TABELA 2. Análise de variância da produção de frutos (%) em *Xylopia brasiliensis*. Valores transformados em $\text{arc sen } \sqrt{(x + 0,5)/100}$.

Causas de variação	GL	QM	F
Árvores	2	1,40	0,27 ns
Sistema de polinização	4	2499,10	485,26 **
Resíduo	23	5,15	
Total	29		

C.V. (%) = 9,67.

** - Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

ns - Não significativo ao nível de 5% pelo teste F.

TABELA 3. Análise de variância da produção de frutos (%) em *Xylopia brasiliensis* nos anos de 1991 e 1992. Valores transformados em arc sen $\sqrt{(x + 0,5)/100}$.

Causas de variação	GL	QM	F
Sistema de polinização (S)	4	2499,10	5432,83 **
Árvores (R)	2	1,40	3,04 ns
Anos (A)	1	2,83	6,15 *
S x R	8	2,17	4,72 *
S x A	4	23,28	50,61 **
R x A	2	0,70	1,52 ns
Resíduo	8	0,46	
Total	29		

C.V. (%) = 2,88.

ns - Não significativo ao nível de 5% pelo teste F.

* - Significativo ao nível de 5% pelo teste F.

** - Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

Os valores obtidos para os coeficientes de variação (C.V. = 9,67% e 2,88%) são considerados baixos, demonstrando boa precisão para o ensaio.

Houve diferença significativa dos tratamentos entre as árvores ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Mas, como se pode observar pelo teste de Tukey (Tabela 4), o único tratamento que teve resposta diferenciada entre as árvores foi o de autopolinização com pólen da mesma árvore (AMA). E, esta tendência poderá repetir-se com maior frequência ao se trabalhar com um número maior de indivíduos.

Este resultado não é isolado, como é demonstrado por BAWA (1974), que constatou a presença de um ou dois indivíduos

produzindo frutos em flores autopolinizadas em espécies preferencialmente alógamas, dentre elas, *Borreria guirosii* DC. (Rubiaceae), *Pterocarpus* sp. (Leguminosae) e *Luehea speciosa* Willd. (Tiliaceae). O autor afirma ainda, que as barreiras de auto-incompatibilidade em muitas espécies são fracas e porções (quantidades) variadas de autopolinização são possíveis. KAGEYAMA & DIAS (1982) alertam que deve-se lembrar que, mesmo dentro de uma mesma espécie, podem ocorrer gradações no sistema reprodutivo.

TABELA 4. Testes de Tukey para as médias de produção de frutos em percentagem (dados originais) por árvore dentro do fator sistema de polinização.

Sistema de polinização	Árvores		
	01	02	03
Polinização aberta	54,23 a*	53,96 a	51,63 a
Polinização cruzada	45,68 a	43,88 a	42,71 a
Autopolinização com pólen da mesma árvore	13,89 a	10,33 b	09,90 b
Fechada com filó	00,00 a	00,00 a	00,00 a
Agamospermia	00,00 a	00,00 a	00,00 a

* Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Estes aspectos apresentados podem refletir uma estratégia de sobrevivência da espécie quando ocasionalmente uma determinada semente venha a cair e germinar em local isolado de outros indivíduos da mesma espécie, ficando, desta forma, prejudicada a polinização cruzada. Um sistema reprodutivo alternativo seria importante nesses casos.

A nível de comparação entre percentagens médias de frutos produzidos por flores polinizadas, os tratamentos diferiram entre si, com exceção dos tratamentos FFI e AGA onde não houve produção, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 5). Deve-se ressaltar que o sistema de polinização PAB se

TABELA 5. Testes de Tukey para as médias de produção de frutos em percentagem (dados originais) para a espécie *Xylopia brasiliensis* nos anos de 1991, 1992 e conjunta.

Tratamento floral	Anos		Conjunta
	1991	1992	
Polinização aberta	48,98 a*	57,46 a	53,22 a
Polinização cruzada	40,91 b	47,06 b	43,98 b
Autopolinização com pólen da mesma árvore	14,28 c	08,96 c	11,62 c
Fechada com filó	00,00 d	00,00 d	00,00 d
Agamospermia	000,00 d	00,00 d	00,00 d

* Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

sobressaiu em relação aos demais. Isto é claramente evidenciado, visto que houve uma maior produção de frutos neste tratamento em relação aos demais.

* Os resultados apresentados e discutidos sugerem para *X. brasiliensis* um sistema de cruzamento preferencialmente alogâmico, o que coincide com os trabalhos de PIRES & PIRES (1987) em observações preliminares em *Xylopia* sp., no município de Viçosa - MG e o de COSTA (1988) com *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart., no município de Itirapina - SP.

4.4. Maturação dos frutos, dispersão e germinação das sementes

O fruto é um multifolículo constituído da agregação de pequenos carpídios, em número de 5 (cinco) por infrutescência, provenientes de uma mesma flor. Os carpídios são subcarnosos, deiscentes, de cor verde-avermelhado. Os frutos glabros por ocasião da deiscência são avermelhados internamente e amarronzados ou enegrecidos quando secos. Os frutos possuem de 2 a 4 sementes por carpídio.

* As sementes são ovóides, ariladas apicalmente e enegrecidas quando secas. O arilo possui uma cor amarronzada, é carnoso e suculento. Tudo indica que a cor bastante ressaltada do fruto, quando aberto, e o arilo funcionam como fatores de atração para os agentes dispersores, que como se observou em árvores vizinhas às do experimento, são principalmente pássaros. Este aspecto foi

abordado por PIRES & PIRES (1987), que ressaltaram que os frutos de *Xylopia* sp. são apreciados por pássaros, que devem promover a dispersão para áreas distantes da fonte. HOWE & SMALLWOOD (1982) afirmaram que a morfologia dos frutos e sementes indicam os agentes dispersores e que as sementes com arilo ou tegumento colorido normalmente são dispersadas por pássaros.

5. CONCLUSÕES

O sistema de cruzamento detectado foi o alogâmico, havendo uma pequena produção de frutos por autogamia, possivelmente como uma estratégia alternativa.

A polinização cruzada é favorecida tanto pela protoginia apresentada quanto pela provável auto-incompatibilidade genética.

O período de floração ocorreu durante a estação chuvosa (setembro a final de janeiro).

A síndrome de polinização detectada foi a de cantarofilia, sendo identificados como polinizadores efetivos os besouros das espécies *Brachynoca venustula* e *B. nana*.

6. RESUMO

Com o objetivo de avaliar o sistema reprodutivo de *Xylopia brasiliensis* Spreng., foram analisados aspectos do sistema de cruzamento, complementados pelas observações de fenologia e biologia floral, em três árvores plantadas no Viveiro Florestal da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) - MG (21° 14' S, 45° 00' W e 919m. de altitude), no período de setembro de 1991 a dezembro de 1992.

A espécie é bastante comum em florestas semidecíduas da Bahia até Santa Catarina. A floração está associada aos fatores climáticos, ocorrendo na estação chuvosa. As inflorescências são axilares, sub-fasciculadas, curto-pedunculadas, ocorrem em ramos novos e possuem de 2 a 5 flores. As flores são hermafroditas e protogínicas. O fruto é um multifolículo constituído da agregação de pequenos carpídios e pode substituir a pimenta-do-reino como condimento, conforme é citado por diversos autores.

Os insetos visitantes nas flores foram das seguintes espécies de coleópteros: *Macroductylus pumilis* Burm., *M. suturalis* Mann., *Barybas* sp., *Acanthinus* sp., *Brachypnoca venustula* Lef.e B. *nana* Klug. À exceção das espécies de *Brachypnoca*, não foi constatada a presença de pólen nas demais espécies apenas, partes dos tecidos florais. A presença dos besouros, aliada às particularidades das flores, caracterizam a síndrome da cantarofilia para esta espécie.

Para se detectar o sistema de cruzamento foram realizados experimentos de campo com os seguintes tratamentos: Polinização aberta (controle-PAB); polinização cruzada (PCR); flores emasculadas fechadas com sacos de filó (FFI); autopolinização com pólen da mesma árvore (AMA) e flores apenas emasculadas (AGA). Houve a formação de frutos principalmente nos tratamentos PAB e PCR e em pequena quantidade no tratamento AMA. Isto caracteriza para *X. brasiliensis* um sistema de cruzamento preferencialmente alogâmico, podendo existir uma estratégia alternativa para uma pequena produção de frutos por autogamia. A polinização cruzada foi favorecida tanto pela protoginia quanto pela provável auto-incompatibilidade genética.



7. SUMMARY

With the purpose of evaluating the reproductive system of *Xylopia brasiliensis* Spreng., aspects of breeding systems were assessed, complemented by the observations of phenology and floral biology on trees planted in the Forest Nursery at the Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) MG (21° 14'S, 45° 00' W and 919 m in height), over the period September, 1991 through December, 1992).

This species occurs as trees quite common in semi-deciduous forests from Bahia to Santa Catarina. Blossoming is associated to climatic factors, occurring in rainy season. The inflorescence are axillary. Sub-fasciculate, short-pedunculate occurs on young twigs and owns two to five blossoms.

The blossoms are both hermaphrodite and protogynical. The fruit is a multifollicule made up of clustering of small mericarps and is able to replace black pepper as spice, according to several authors' reports.

Visiting insects on the blossoms were of the following species of Coleoptera:

Macroductylus pumilis Burm., **M. Suturalis** Mann., **Barybas** sp., **Acanthinus** sp, **Brachynoca venustula** Lef. and **B. nana** Klug. With the exception of species of *Brachynoca*, the presence of pollen was not ascertained in the other species, only portions of floral tissues. The presence of beetles, allied to the details of the blossoms, characterize the syndrome of cantharophily for this species.

In order to detect breeding system, field trials were undertaken with the following treatments: open-pollinization (PAB-CONTROL); cross-pollinization (PCR), emasculated flowers closed with tulle bags (FFI) self pollinization with pollen of the same tree (AMA) and flowers only emasculated (AGA).

Fruit-setting was achieved mainly in the OPP and CRP and in a low amount in the STP treatment. That characterizes to *X. brasiliensis*, a breeding system preferentially allogamic, being possible to exist an alternative strategy for a small fruit-setting through selfing. Cross-pollinization was favored both by protogyny and probably self-incompatibility.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLARD, R.W. Princípios do melhoramento genético das plantas. São Paulo, Edgard Blücher, 1960. 381p.
2. ALVIM, P. de T. Periodicidade do crescimento das árvores em climas tropicais. Itabuna, CEPLAC, 1965. 16p.
3. ANDERSEN, V.U. Estudos da propagação da pimenteira (Xylopia sericea St. Hill. - Annonaceae). Viçosa, UFV Imprensa Universitária, 1986. 65p. (Tese MS).
4. ASHTON, P.S. The natural forest: plant biology, regeneration and tree growth. In: UNESCO. Tropical forest ecosystems. Paris, 1978. p.180-215.

5. BAHIA, V.G. **Gênese e classificação de um solo do município de Lavras - MG.** Piracicaba, ESALQ, 1975. 66p. (Tese Doutorado).
6. BAITELLO, J.B.; AGUIAR, O. T. de & PASTORE, J.A. Essências florestais da Reserva Estadual de Cantareira (São Paulo - Brasil). **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, 17/19:61-84, 1983/85.
7. BAWA, K.S. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. **Evolution**, Lawrence, 28(1):85-92, 1974.
8. _____. Breeding of tropical hardwood: an evaluation of underlying bases, current status and future prospects. In: BURLEY, J. & STYLES. B.T. **Tropical trees; variation, breeding and conservation.** London, Academic Press, 1976. p.43-59.
9. _____. Mating systems, genetic differentiation and speciation in tropical rain forest plants. **Biotropica**, St. Louis, 24(2b):250-5, 1992.

10. BORGES, E.E.L.; BRUNE, W.; CASSIA, R. de B. & OLIVEIRA, J.B.
Avaliação de inibidor em sementes de pimenteira (*Xylopia sericea* St. Hill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, Gramado, ABRATES, 1987. p.133. (Resumo).
11. BRAGA, F. de A.; DAVIDE, A.C.; VIEIRA, M. das G.G.C. & ROSADO, S.C. da S. Inibidores de germinação em frutos e sementes de pindaíba (*Xylopia brasiliensis* Spreng.). Lavras, ESAL, 1986. 29p.
12. CATHARINO, E. L. M.; CRESTANA, C. S. M. & KAGEYAMA, P.Y.
Biologia floral da bracaçatinga (*Mimosa scrabella* Benth.).
Silvicultura em São Paulo, São Paulo, 16(1):525-31, 1982.
13. COSTA, R.B. da. Avaliação do sistema reprodutivo de Anadenanthera falcata Benth., Vochysia tucanorum Mart. e Xylopia aromática Baill., em área de cerrado no município de Itirapina-Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ, 1988. 93p. (Tese MS).
14. CRESTANA, C.S.M.; SOUZA DIAS, I. & KAGEYAMA, P. Y. Biologia floral do guarantã (*Esenbeckia leiocarpa* Engl.). Silvicultura, São Paulo, 8(28):35-8, 1982.

15. DIAS, M.C. **Estudos taxonômicos do gênero Xylopia L.**
(Annonaceae) no Brasil extra-amazônico. Campinas, UNICAMP,
1988. 183p. (Tese MS).
16. DOBZANSKY, T. **Genética do processo evolutivo.** São Paulo,
EDUSP, 1970. 453p.
17. EHRENDORFER, F. Speciation patterns in woody Angiosperms of
tropical origin. In: BARIGOZZI, C. **Mechanisms of
speciation.** New York, Alan R., 1982. p.479-509.
18. _____; KRENDL, F.; HABELER, E. & SAUER, W. Chromosome
numbers and evolution in primitive Angiosperms. **Taxon,**
Utrecht, 17:337-53, 1968.
19. FAEGRI, K. & VAN DER PIJHL, L. **The principles of pollination
ecology.** 3. ed. Oxford, Pergamon Press, 1979. 244p.
20. FALCÃO, M.A.; LIERAS, E. & LEITE, A.M.C. Aspectos fenológico-
cos, ecológicos e de produtividade da graviola (**Anona
muricata L.**) na região de Manuas. **Acta Amazonica,**
Manaus, 12(1):27-32, 1982.

21. FONSECA, S.M. **Variações fenotípicas e genotípicas em braca-tinga (Mimosa scrabella Bentham.)**. Piracicaba, ESALQ, 1982. 86p. (Tese MS).
22. FRANKEL, O.H. **Philosophy and strategy of genetic conservation in plants**. In: **FAO/IUFRO - Third World Consultation on forest tree breeding**. Canberra, Austrália, 1977. p.37-48.
23. _____ & GALUN, E. **Pollination mechanisms, reproduction and plant breeding**. New York, Springer-Verlag, 1977. 280p.
24. FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. & OPLER, P.A. **Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica**. **Journal of Ecology**, Londres, 62(3):881-919, 1974.
25. GIBBS, P.F.; SEMIR, J. & CRUZ, N.D. **Floral biology of *Talauma ovata* St. Hill (Magnoliaceae)**. **Ciência e Cultura**, Lavras, 9(12):1436-41, 1977.
26. GOTTSBERGER, G. **Annonaceae - workshop**. Paris, October, 1989. p.35-36.

27. GOTTSBERGER, G. Beitrage zur biologie von Anonaceen-Blüten. **Oesterreichische Botanisches Zeistschrift**, Wien, 118:237-79. 1970.
28. _____. The reprodutive biology of primitive Angiosperms. **Taxon**, Utrecht, 37(3):630-43, 1988.
29. GRANER, E.A. **Elementos de genética**. São Paulo, Edições Melhoramentos, 1965. 281p.
30. HOWE, H.F. & SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology Systems**, Palo Alto, 13:201-28, 1982.
31. JANZEN, D.H. **Ecologia vegetal nos trópicos**. São Paulo, EDUSP, 1980. 79P. (Série Temas de Biologia).
32. _____. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central América. **Evolution**, Lawrence, 21(3):620-37, 1967.
33. KAGEYAMA, P.Y. & CASTRO, C.F.A. Conservação genética "in situ" e uso múltiplo da floresta. **Silvicultura**, São Paulo, 41:71-80, 1986. (Edição especial do 5º Congresso Florestal Brasileiro).

34. KAGEYAMA, P, Y. & DIAS, I. de S. Aplicação da genética em espécies florestais nativas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSENCIAS NATIVAS, Campos do Jordão, 1982. Anais... **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, 16A (pt. 1):782-91, 1982. (Edição Especial).
35. KLEIN, R.M. Árvores nativas indicadas para o reflorestamento no sul do Brasil. **Sellowia**, Santa Catarina, 18:29-40, 1966.
36. KRESS, W.J. Self-incompatibility in Central American *Heliconia*. **Evolution**, Lawrence, 37(4):735-44, 1983.
37. LIETH, H. Introduction to phenology and modeling of seasonality. In: _____. **Phenology and seasonality modeling**. Berlin, Springer-Verlag, 1974. p.3-4.
38. NAKAOKA, M. Ensaio fitoquímico em espécies da Serra da Cantareira. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSENCIAS NATIVAS. Campos do Jordão, 1982. **Anais... Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, 16A (pt. 1); 249-256, 1982. (Edição Especial).

39. OLIVEIRA, J.T. da S. **Estudos das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da pindaíba (Xylopia sericea St. Hill.)** 1988. UFV, 106p. (Tese M S).
40. PEREIRA, A.P. & PEDROSO, L.M. Dados fenológicos das principais espécies florestais que ocorrem na Estação Experimental de Curuá-Una/Pará. **Anais... Silvicultura em São Paulo, São Paulo, 16A** (pt. 1):1175-9, 1982. (Edição Especial).
41. PIO CORREA, M. **Plantas úteis do Brasil.** Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura/IBDF, 1978. V.5, 687p.
42. PIRES, J.E. & PIRES, C.A. Caracterização do sistema reprodutivo da "pimenteira" (Xylopia sp.). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES**, 5, Gramado, 1987. Resumos... Brasília, ABRATES, 1987. p.124.
43. REITZ, P.; KLEIN, R.M. & REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Santa Catarina, **28/30**:82-3, 1978.
44. REITZ, P.; KLEIN, R.M. & REIS, A. Projeto madeira do Rio de Janeiro. **Sellowia**, Santa Catarina, **34/35**:1-525, 1983.

45. RIZZINI, C.T. & MORS, W.B. **Botânica econômica brasileira.**
São Paulo, EDUSP, 1976. 228p.
46. SCHEMSKE, D.W. Breeding systems and habitat effects on
fitness components in three neotropical *Costus*
(Zingiberaceae). **Evolution**, Lawrence, 37(3):523-39, 1983.
47. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. **Principles and procedures of
statistics.** New York, McGraw-Hill Book Company, 1980.
633p.
48. WALKER, J.M. Chromosome numbers, phylogeny, phytogeography
of the Annonaceae and their bearing on the (original) basic
chromosome number of Angiosperms. **Taxon**, Utrecht, 21:57-
65, 1972.
49. WEBBER, A.C. Alguns aspectos da biologia floral de *Annona
sericea* Dun. (Annonaceae). **Acta amazonica**, Manaus,
11(1):61-5, 1981.



WILLIAMS, G.T. - Botânica econômica brasileira.

1950. Rio de Janeiro, 1950. 228p.

MARKS, D.W. - Breeding systems and hybrid effects on

genetic components in three neotropical *Coccoloba*

species. *Evolution*, Lawrence, 37(3):523-33, 1983.

MARKS, D.W. - Principles and procedures of

genetics. New York, McGraw-Hill Book Company, 1980.

MARKS, D.W. - Chromosome number, phylogeny, cytology and

the Annonaceae and their bearing on the (order) *Malvales*

in the Annonaceae. *Taxon*, Utrecht, 31:21-31, 1982.

MARKS, D.W. - A new species of the genus *Alseodaphne* from

the mountains of the state of Maranhão, Brazil.

Phytologist, 1981.