



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DISTÂNCIA, FECUNDIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE

Styrax ferrugineus (STYRACACEAE) e

Vochysia cinnamomea (VOCHYSIACEAE)

Hudson Agrelli de Andrade

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Ciências Biológicas, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia - MG

Dezembro - 1995



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DISTÂNCIA, FECUNDIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE

Styrax ferrugineus (STYRACACEAE) e

Vochysia cinnamomea (VOCHYSIACEAE)

Hudson Agrelli de Andrade

Prof. Dr. Paulo Eugênio A. M. Oliveira.

(Orientador)

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Ciências Biológicas, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia - MG

Dezembro - 1995

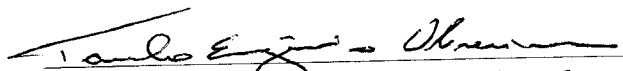


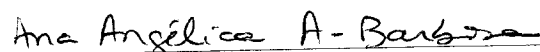
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

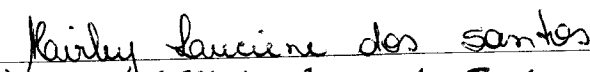
DISTÂNCIA, FECUNDIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE
Styrax ferrugineus (STYRACACEAE) e
Vochysia cinnamomea (VOCHYSIACEAE)

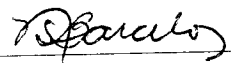
Aprovado pela Comissão em 22/12/95. Conceito ____

Hudson Agreli de Andrade


Prof. Dr. Paulo Eugênio A. M. Oliveira
(Orientador)


Prof.^a Ms Ana Angélica A. Barbosa
(Conselheira)


Prof.^a Mirley Luciene dos Santos
(Conselheira)


Prof. Ms. Nora-Ney Santos Barcelos
(Coordenadora do Curso de Ciências Biológicas)

Uberlândia, 22 de Dezembro de 1995.

*"Aos meus Pais de seio (Paulo e Renata) e
Irmãos ...
As Folhas são Verdes porque o Céu é Azul"*

(...)
Andei mais um pouco
senti meus pés pequenos...
cansados...
um calor no corpo...
meus braços pesavam...
Não queria mais um amigo
queria uma árvore para me deitar
e nada mais...

Estou com tanta fome...
sinto que há comida por perto...
achei uma companhia
embora sem vida, era algo
que me distraía...

Era um desenho no bolso de meu vestido rasgado,
eram três pássaros, uma estrada,
um rio e uma árvore enorme...
e atrás havia uma mensagem assim:

Acorde para a vida!
Mas nunca abandone seus melhores amigos, a natureza
invista em seus desejos,
lute por um caminho com esperanças,
dê valor ao que coloca na boca,
não reclame das vestes que cobrem seu corpo...
Apenas viva com humildade...

Era apenas um sonho, tão distante
que tinha a ver comigo, e com a realidade.

Karla Lasmар de Araújo

*Esta História não dedico aos Homens.
Dedico ao Sol,
as Flores e seus perfumes,
Uchipsia cinnamomea e Styrax ferrugineus*

RESUMO

O estudo envolveu a manipulação e controle das distâncias de polinização em populações de *Styrax ferrugineus* e *Vochysia cinnamomea*, plantas arbóreas dos cerrados da região de Uberlândia - MG. Ambas as espécies são basicamente xenógamas. Neste trabalho tentou-se identificar o efeito da distância da planta doadora de pólen sobre o sucesso dos cruzamentos. A idéia era que poderia ser identificada uma menor fecundidade em cruzamentos entre plantas próximas ou muito distantes, devida a depressão de endogamia e xenogamia (“inbreeding depression” e “outbreeding depression”). Foram realizados 4 tratamentos para *S. ferrugineus* e 5 tratamentos para *V. cinnamomea*, onde a distância do doador de pólen era variada.

Em *S. ferrugineus* foram observadas depressões de “inbreeding” e “outbreeding”, verificada pela baixa formação de frutos nos cruzamentos entre parceiros distantes a menos de 10 metros e a no intervalo de 100 a 500 metros.

V. cinnamomea, apresentou apenas depressão de “outbreeding” entre parceiros distantes no intervalo de 100 a 500 metros.

SUMÁRIO

Páginas:

1. INTRODUÇÃO	01
2. METODOLOGIA	
2.1. Plantas Estudadas	04
2.2. Área de Estudo	07
2.3. Características das Populações	10
2.4. Tratamento Floral	11
3. RESULTADOS	
3.1. Características das Populações	13
3.2. Tratamento Floral	16
4. DISCUSSÃO	22
5. CONCLUSÃO	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

A descrição de mecanismos de escolha do parceiro sexual nas Angiospermas, tem sido enfoque de estudos recentes. Qual seria o “melhor parceiro”? A nível genético, o “melhor parceiro” apresenta uma alta variabilidade gênica, que ao ser re combinado proporciona o aumento da aptidão Darwiniana da prole (FUTUYMA, 1992). Esta aptidão é expressa através do fenótipo de cada indivíduo. Assim a escolha do parceiro está ligada a escolha do organismo que apresente o “melhor” fenótipo.

A importância potencial de fatores genéticos tem sido recentemente analisada e enfatizada (BAWA, 1980; LLOYD & WEBB, 1986; WEBB & LLOYD, 1986 apud BERTIN, 1984). No entanto há poucos estudos teóricos neste sentido. Além de fatores genéticos, fatores de ordem ambiental influenciam marcadamente na produção de descendentes (SNOW & SPIRA, 1993).

À transferência dos gametas masculinos para as partes reprodutivas femininas das plantas dá-se o nome de polinização (BERTIN, 1984). Para as plantas, o processo de polinização normalmente envolve um intermediário, o polinizador. Podendo ser de ordem abiótica (Hidrofilia e Anemofilia) ou biótica (Melitofilia, Cantarofilia, Miiofilia, Psicofilia, Esfingofilia, Quiroptero filia, Ornitofilia...). Assim, a escolha do parceiro sexual também depende indiretamente desses vetores.

O movimento do pólen das anteras para o estigma em flores hermafroditas, pode não resultar no sucesso reprodutivo (BERTIN, 1984). Evolutivamente as plantas desenvolveram vários mecanismos para reduzir a autopolinização. Como exemplo, diferenças temporais na liberação do pólen ou na receptividade estigmática (protandria ou protogenia). Em outros casos a estrutura morfológica impede a autopolinização (heterostilia e enantiostilia) (FUTUYMA, 1992). Além desses mecanismos espaciais e temporais, as Angiospermas criaram mecanismos bioquímicos de incompatibilidade, verdadeiros “cintos de castidade”, que regulam a fertilização do óvulo. Estes “cintos” funcionam através da interação genética entre o pólen e o pistilo.

A nível genético a auto-incompatibilidade evita o acúmulo de alelos recessivos deletérios ou letais (FUTUYMA, 1992). Sistemas de auto-incompatibilidade (gametofítico, esporofítico homomorfo ou esporofítico heteromorfo) afetam a fecundidade, podendo provocar desde a parada no crescimento do tubo polínico até a não formação do fruto, evitando assim, a produção de uma prole de “baixa qualidade” (BERTIN, 1984).

A alta similaridade genética entre os parceiros, pode também resultar no acúmulo de genes deletérios e causar a redução da fecundidade, depressão de inbreeding (endogamia). Contrariamente, parceiros reprodutivos muito diferentes geneticamente, devido a heterogeneidade das pressões seletivas na população, podem ter sua fecundidade reduzida por depressão de outbreeding (xenogamia) (WASER & PRICE, 1983). Obviamente existe um grau intermediário entre as depressões de inbreeding e outbreeding. Nesse espaço de flutuação encontra-se o parceiro hipoteticamente considerado “ideal”.

O transporte de pólen e sementes promovido pelos agentes dispersores geralmente obedece uma distribuição espacial leptocúrtica em torno da planta produtora (LEVIN & KERSTER, 1974). Assim, a probabilidade de ocorrer alelos comuns de incompatibilidade parece aumentar proporcionalmente com a diminuição da distância física entre os parceiros. Por outro lado, as diferenças genéticas associadas a depressão de outbreeding aumentariam com a distância dos indivíduos (WASER & PRICE, 1983).

Durante 4 anos (1976-1979) WASER e PRICE (1983) realizaram experimentos de polinização controlada, para investigar o efeito da distância das plantas doadoras de pólen sobre a fecundidade. Foram realizados 1190 polinizações para *Delphinium nelsonii* (Ranunculaceae) e 621 para *Ipomopsis aggregata* (Polemoniaceae). A distância entre os cruzamentos variaram de 1, 3, 10, 30, 100 e 1000 m. Para *D. nelsonii* os cruzamentos distantes a 3 e 10 metros apresentaram uma maior produção de sementes que nos outros tratamentos (1, 30, 100 e 1000 m). A menor produção de sementes, pode ser atribuída à depressão de inbreeding (1 m) e outbreeding (30, 100 e 1000 m) na espécie. Em *I. aggregata*, o aumento da distância dos parceiros, era proporcional ao aumento do número de sementes formados por flores (WASER & PRICE, 1983).

O presente trabalho envolveu manipulação e controle da polinização em populações de *Vochysia cinnamomea* Pohl (Vochysiaceae) e *Styrax ferrugineus* Nees et Mart (Styracaceae); plantas arbóreas dos cerrados da região de Uberlândia - MG. Foram usados procedimentos semelhantes aos descritos por PRICE e WASER (1979) buscando analisar o efeito da distância da planta doadora de pólen sobre o sucesso de polinização controlada. Tentou-se correlacionar a fecundidade da planta nos cruzamentos com o grau de parentesco dos indivíduos, sendo a distância física entre eles o indicador da similaridade genética.

2. METODOLOGIA

2.1. Plantas Estudadas

Este estudo envolve duas espécies vegetais abundantes num cerrado de Uberlândia, *Styrax ferrugineus* (FIGURA 01a) e *Vochysia cinnamomea* (FIGURA 01b).

Vochysia cinnamomea

A família Vochysiaceae é uma família predominantemente neotropical. Subdividida em duas tribos: Erismeeae, com dois gêneros e Vochysieae, que apresenta quatro gêneros, abrangendo no total cerca de 200 espécies. O núcleo de distribuição de suas espécies encontra-se na região Guiano-Amazônica e no Planalto Central Brasileiro, de onde se irradiam para as demais regiões (BARROSO, 1984). As Vochysiáceas apresentam uma ampla variação de síndromes e de sistemas reprodutivos (OLIVEIRA & GIBBS, 1994). O gênero *Vochysia* é basicamente xenogâmico (OLIVEIRA & GIBBS, 1994) e possui uma ampla distribuição nas áreas de cerrado (STAFLEU, 1948).

Vochysia cinnamomea apresenta porte arbustivo de até 6 m de altura, com período de floração de Março a Abril. As flores são calcaradas hermafroditas, possuindo três pétalas sub-

recurvadas, de coloração vistosa amarelada, sem odor pronunciado. A antese é diurna e ocorre no período matutino. Logo após a abertura ocorre a queda da antera com deposição secundária de pólen no estilete. Os visitantes florais são atraídos pelo néctar, que concentra-se no interior do calcar. No segundo dia após a antese, as pétalas se apresentam murchas. No terceiro e quarto dia, o estigma desprende-se (AFONSO *et al*, 1994). *Vochysia cinnamomea* apresenta ovário tricarpetal. Após a fertilização, o cálice sofre abscisão desprendendo-se da flor. O crescimento e maturação do fruto duram aproximadamente 180 dias.

Styrax ferrugineus

Pertencente a família Styracaceae, o gênero *Styrax* ocupa regiões savânicas. No Brasil ocorrem três espécies deste gênero na vegetação de cerrado: *S. martii*, *S. camporum* e *S. ferrugineus* (WARMING, 1908; FERRI, 1955; EITEN, 1963; RIZZINI, 1963 apud SARAIVA *et al*, 1988). Dentre elas *S. ferrugineus* predominantemente distribui-se nas regiões oeste e centro oeste brasileira. Apresenta porte arbustivo, com período de floração entre Abril e Setembro, sendo o pico entre Maio e Agosto. As flores podem atingir até 19 mm de comprimento e estão reunidas em racemos de flores unilaterais, pendulares. O cálice é campanulado com 5 lobos. A corola apresenta 5 pétalas de cor creme, reflexas, com as bases soldadas formando um tubo com cerca de 5 mm de comprimento. As flores são hermafroditas e xenógamas. O Androceu é formado por 10 filetes, com cerca de 8 mm de comprimento, soldados na base. As anteras apresentam abertura introrsa com deiscência longitudinal. O ovário é supero, com estilete de 9 mm. O estigma é capitado e levemente trilobado. A antese inicia-se nas primeiras horas da manhã podendo haver assincronismo de algumas flores. Normalmente ocorre a abertura de uma a duas flores por inflorescência, diariamente. Na pré-antese do botão, ocorre a deiscência das anteras e o estigma já apresenta receptividade. O néctar, produzido na base dos filetes, acumula-se na forma de gotículas na parede interna do tubo estaminal. As flores apresentam um odor forte e duram um dia (SARAIVA *et al*, 1988). Após aproximadamente 120 dias da fertilização o fruto encontra-se em fase madura.



FIGURA 01 - (a) *Styrax ferrugineus* e (b) *Vochysia cinnamomea*

Apesar de morfologias florais bastante distintas, *V. cinnamomea* e *S. ferrugineus*, apresentam a mesma síndrome de polinização, melitofilia. Dentre os polinizadores efetivos, destacam-se “abelhas grandes” pertencentes aos gêneros *Bombus* e *Epicharis* (AFONSO *et al*, 1994; SARAIVA *et al*, 1988). Além de insetos da ordem Hymenoptera, Esfingídeos e Beija-flores que são apontados como polinizadores secundários (AFONSO *et al*, 1994 e P. OLIVEIRA, observação pessoal).

O levantamento fitossociológico das espécies arbóreas de cerrado realizado por APPOLINÁRIO (1994) no Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, aponta a família Vochysiaceae com o maior Índice de Valor de Importância (IVI=86,01). *V. cinnamomea* encontra-se entre as 10 espécies mais importantes. Para Styracaceae (presente com uma única espécie, *S. ferrugineus*) o Índice de Valor de Importância não foi tão expressivo (IVI=4,21).

2.2. Área de estudo

O estudo foi realizado em uma área de cerrado (sentido restrito) do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia a 18°57'S:48°12'W MG (FIGURA 02).

O clima dessa região apresenta estações de seca e chuva bem definidas, podendo ocorrer altas temperaturas no verão (acima de 35°C) e geadas no inverno. Com média anual de chuva e temperatura oscilando em torno de 1550 mm e 22°C, respectivamente. Podendo ser caracterizado como Aw megatérmico, segundo a escala de Köppen (ROSA, 1991).

A vegetação (cerrado sentido restrito) da área de estudo caracteriza-se por árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, geralmente com evidências de passagem de fogo. As folhas, em geral são rígidas, coriáceas; os troncos possuem uma casca com cortiça grossa fendida ou sulcada e as gemas apicais são protegidas por uma densa pilosidade (APPOLINÁRIO, 1995) (FIGURA 03).

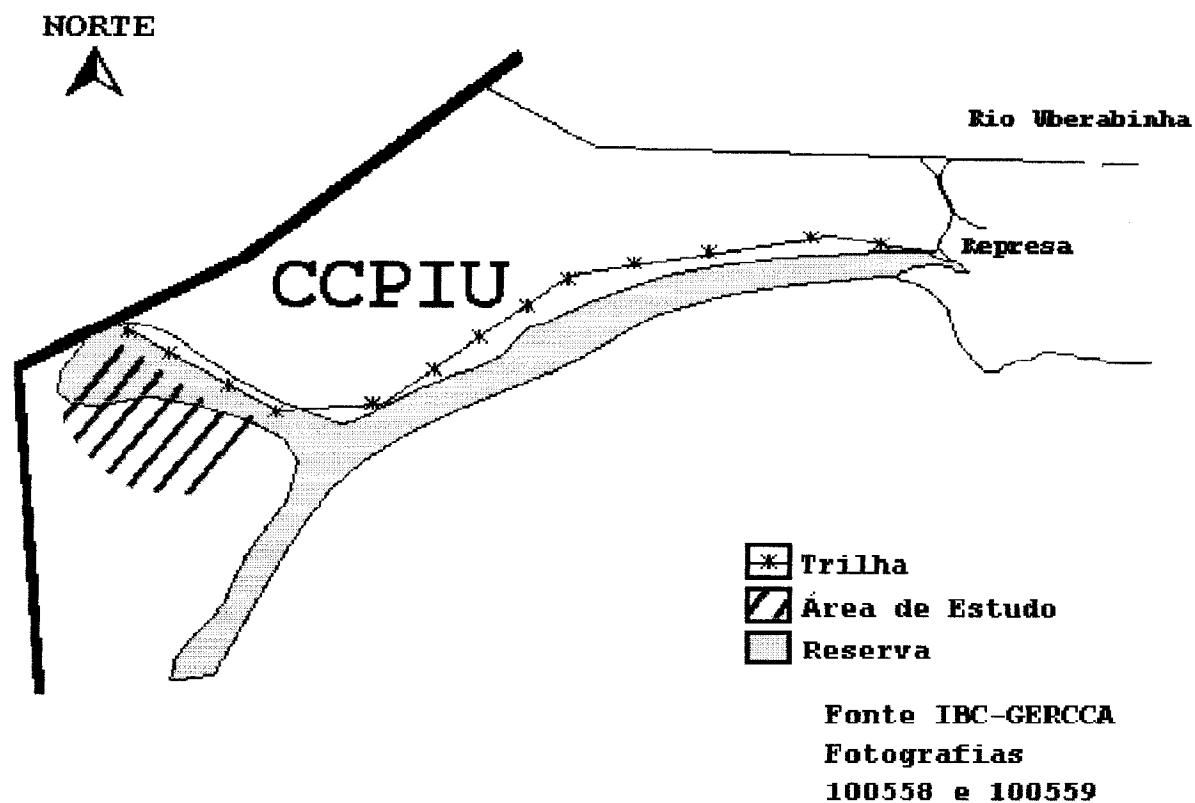


FIGURA 02 - Mapa da área de cerrado do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, localização da área de estudo.



FIGURA 03 - Vista do Cerrado (sentido restrito) do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia.

Assim, a vegetação de Cerrado apresenta um conjunto de características fisiológicas e anatômicas que dão aspecto de adaptação à condição de seca. Essas características escleromórficas não estão ligadas a fatores climáticos de restrição hídrica (FERRI, 1974), mas a fatores edáficos e evolutivos.

Recentemente o Cerrado do Clube Caça e Pesca Ipororó de Uberlândia tem sido objeto de vários estudos nas áreas de fitossociologia, interação inseto-planta e biologia floral (AFONSO, 1994; APPOLINÁRIO, 1995; BERTO-Jr., 1995; DEL-CLARO et al, 1995; OLIVEIRA, 1994 e RÉU-Jr., 1995).

2.3. Características das Populações

Para a estimativa da densidade populacional de *V. cinnamomea* e *S. ferrugineus* na área de estudo foram realizados levantamentos por amostragens (parcelas). Utilizando-se de uma trena, foram marcadas 20 parcelas distribuídas aleatoriamente, de 25 m x 2 m, totalizando uma área de 1000 m². Em cada parcela foi registrado o número de indivíduos de *V. cinnamomea* e *S. ferrugineus*, juntamente com suas alturas.

Estes dados posteriormente foram utilizados para a descrição da estrutura populacional: distribuição espacial dos indivíduos (uniforme, agrupada ou aleatória), estrutura de tamanho das populações e distância média entre os indivíduos.

A distribuição espacial foi calculada pela fórmula $S^2 / \bar{X}$, onde $\bar{X}$ representa a média do número de indivíduos obtidos na amostragem e S a variância (PAIXÃO, 1993 apud RESENDE, 1994). Assim quando o valor obtido for igual ou próximo a um ($i=1$), podemos afirmar que trata-se de uma população de padrão de distribuição aleatória. Valores acima ou abaixo de um ($i>1, i<1$) representam respectivamente populações de distribuição agrupada e uniforme.

Para a análise da estrutura etária das populações foram confeccionados gráficos cuja altura foi dividida em intervalos de classe pela fórmula A/k , onde A representa a amplitude entre o maior e o menor valor e k representa o número de intervalos de classes, definido pelo algoritmo de Sturges, que consiste em: $1 + 3,3 \times \log_{10}^n$ onde n é o número total de indivíduos da amostra.

A distância média entre os indivíduos de *V. cinnamomea* e *S. ferrugineus* foi calculada utilizando a fórmula $\bar{d} = \sqrt{1/\rho}$. Onde ρ é a densidade das espécies na área.

2.4. Tratamento Floral

Os tratamentos florais (polinização controlada) para *V. cinnamomea* e *S. ferrugineus* foram realizados no período de Março a Abril (*V. cinnamomea*) e de Maio a Agosto (*S. ferrugineus*) das oito ao meio-dia.

Foram submetidos ao tratamento 21 indivíduos de *V. cinnamomea* e 21 indivíduos de *S. ferrugineus*, marcados aleatoriamente na população. A marcação foi feita com placas de alumínio (6 cm x 2,5 cm) numeradas e amarradas com fios em regiões de fácil localização.

As flores utilizadas na manipulação foram isoladas em sacos (19 cm x 29 cm) de tecido fino (organza de nylon), no mínimo 24 horas antes da abertura, impedindo assim o acesso de visitantes florais (predadores, saqueadores de recursos e polinizadores). A polinização-cruzada manual consistiu no transporte do pólen da antera de uma flor, para a superfície estigmática da flor de outro indivíduo. Assim as anteras das flores doadoras de pólen foram cortadas e transportadas, dentro de caixas plásticas de PVC, até a planta receptora efetuando-se a polinização. Após a polinização os pedicelos das flores foram marcados com tinta plástica atóxica a base de PVA. Novamente as flores foram ensacadas para evitar a contaminação da

superfície estigmática de pólen e prevenir contra a ação de predadores (de flores e frutos). Para alcançar as flores que encontravam-se acima de 1,50 m, utilizou-se uma escada.

Foram realizados cinco tipos de polinização cruzada (T_1 , T_2 , T_3 , T_4 e T_5), onde a distância do doador de pólen variou entre distâncias menores que 10 e acima de 2000 metros (TABELA 01). O número de repetições foi definido pela disponibilidade de flores abertas, durante a visita ao campo. O tratamento T_5 foi aplicado apenas a *V. cinnamomea*.

O desenvolvimento dos frutos foi acompanhado com visitas periódicas ao campo, registrando se houve crescimento, maturação ou aborto. Em cada censo foram incluídas flores polinizadas no mínimo 5 dias antes da contagem. Os frutos maduros (aproximadamente 180 dias após a fertilização para *V. cinnamomea* e 120 dias para *S. ferrugineus*) foram coletados e levados ao laboratório para a extração das sementes.

Através da fórmula F/P obteve-se o sucesso reprodutivo dos tratamentos, onde P é o número de polinizações e F o número de frutos formados. Diferenças entre os tratamentos foram avaliadas utilizando-se o χ^2 de Contingência (SOKAL & ROLF, 1969)

TABELA 01 - Distância do doador de pólen nos diferentes cruzamentos

Tratamentos	Distância do doador de pólen
T_1	Indivíduos distantes menos que 10 metros
T_2	Indivíduos distantes mais que 10 e menos que 50 metros
T_3	Indivíduos distantes mais que 50 e menos que 100 metros
T_4	Indivíduos distantes mais que 100 e menos que 500 metros
T_5	Indivíduos distantes acima de 2000 metros

3. RESULTADOS

3.1. Características das Populações

S. ferrugineus e *V. cinnamomea* apresentaram respectivamente índices de distribuição espacial de 0,81 e 2,31, sendo assim caracterizadas respectivamente, como população de padrão aleatório e agrupado (TABELA 02).

A densidade populacional e a distância média foram respectivamente de 200 ind./ha e 6,59 m para *S. ferrugineus* e 500 ind./ha e 4,66 m para *V. cinnamomea* (TABELA 02).

TABELA 02 - Distâncias médias ($\bar{d}$), Densidade (ρ), e tipo de Distribuição espacial entre os indivíduos de *S. ferrugineus* e *V. cinnamomea*.

	$\bar{X}$	S	S^2	$S^2/\bar{X}$	ρ	$\bar{d}$	Distribuição
<i>S. ferrugineus</i>	1,15	0,96	0,92	0,81	200	6,59	Aleatória
<i>V. cinnamomea</i>	2,30	2,30	5,31	2,31	500	4,66	Agrupada

A estrutura de tamanho da população de *S. ferrugineus* e *V. cinnamomea* foi estabelecida através de um gráfico de intervalos de altura de $A/K=0,80$ m (FIGURA 04).

S. ferrugineus apresentou padrão de distribuição modal, a altura máxima encontra-se na classe de 2,40 a 3,20 m, com 9 indivíduos. Em *V. cinnamomea*, a distribuição também tende a este padrão, a maioria da amostra, 13 indivíduos, encontra-se na classe de 3,20 a 4,00 m.

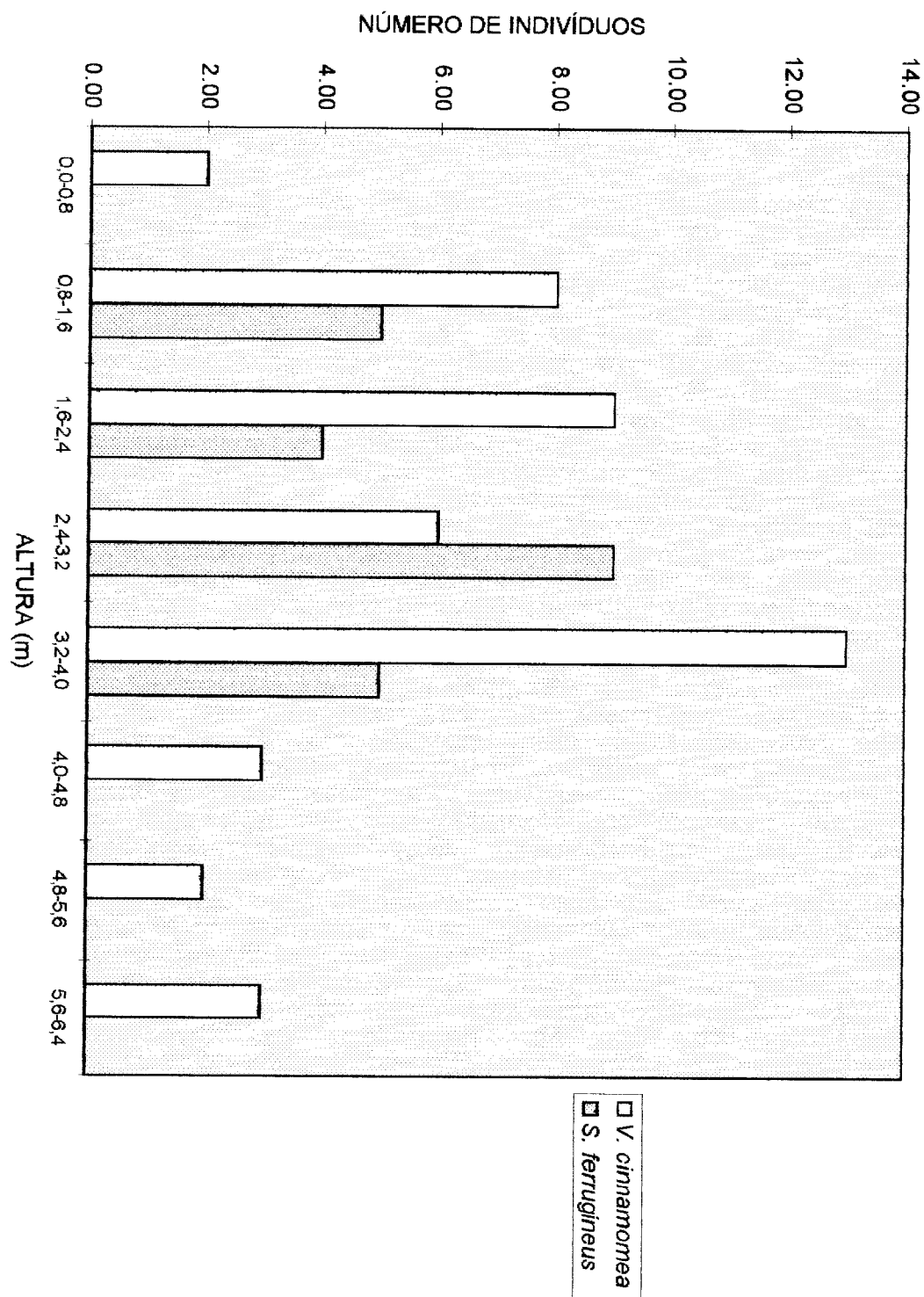


FIGURA 04 - Distribuição da frequência dos indivíduos de *Styrax ferrugineus* e *Vochysia cinnamomea* em intervalos de classe ($A/K=0,80$ m) para altura.

3.2. Tratamento Floral

Styrax ferrugineus

Polinizações

O número de polinizações resultante dos diferentes tratamentos ($T_1 = 77$, $T_2 = 44$, $T_3 = 37$ e $T_4 = 45$) para *S. ferrugineus* foi de 203 polinizações (TABELA 03). Em média 51 repetições por tratamento, apresentando desvio padrão de 17,89 e um amplitude de 32 polinizações entre o maior e o menor número de repetições.

Frutos

Foram obtidos 42 frutos dos diferentes tratamentos, em media 10 frutos por tratamento. Apresentando um desvio padrão e um amplitude máxima respectivamente de 2,38 e 5 (TABELA 03).

O sucesso reprodutivo (F/P) dos diferentes tratamentos foi obtido correlacionando-se a proporção entre o número de Frutos formados (F) e o número de flores Polinizadas (P) (TABELA 03).

TABELA 03 - Estimativa do sucesso reprodutivo (F/P) de *Styrax ferrugineus* aos diferentes tratamentos, realizados em 1995.

Tratamentos Tempo*	T_1 F/P	T_2 F/P	T_3 F/P	T_4 F/P	T_5 F/P	TOTAL F/P
40	0,45 (26/58)	0,78 (25/32)	0,65 (15/23)	0,39 (09/23)	—	0,55 (75/136)
80	0,19 (15/77)	0,41 (18/44)	0,50 (13/26)	0,47 (21/45)	—	0,35 (67/192)
190	0,10 (08/77)	0,20 (09/44)	0,32 (12/37)	0,28 (13/45)	—	0,21 (42/203)

* Número de dias após a primeira polinização

Os dados do sucesso reprodutivo nos tratamentos obtidos nas estimativas de junho, julho e outubro, foram convertidos em porcentagem ($100 \times F/P$) e foi estimado na ordem de 21% (FIGURA 06).

Neste gráfico observa-se que a estimativa realizada em junho (14/06/95) aponta possíveis depressões de inbreeding (T_1) e outbreeding (T_4). Estas depressões são mantidas até a coleta dos frutos (05/10/95). O aumento do sucesso reprodutivo, nas estimativas sucessivas está relacionado com o acréscimo do número de flores polinizadas concomitantemente a elas. O decréscimo no número de frutos formados deve-se a abortos tardios não obedecendo a uma regressão linear.

O χ^2 de Contingência, realizado com os resultados obtidos na última estimativa de formação de frutos (05/10/95) mostrou diferença significativa entre T_1 - T_3 e T_1 - T_4 (TABELA 04) confirmando as tendências observadas no gráfico da FIGURA 05

TABELA 04 - Teste de Contingência (χ^2 ; GL=1) entre os Tratamentos florais para *S. ferrugineus*, realizados com os resultados da última estimativa de frutificação (05/10/95). Células da tabela escura, correspondente a resultados significantemente diferentes ao nível de 5%.

	T_1	T_2	T_3	T_4
T_1	—	—	—	—
T_2	p = 12,54 %	—	—	—
T_3	p = 0,38 %	p = 22,04 %	—	—
T_4	p = 0,90 %	p = 35,64	p = 72,87	—

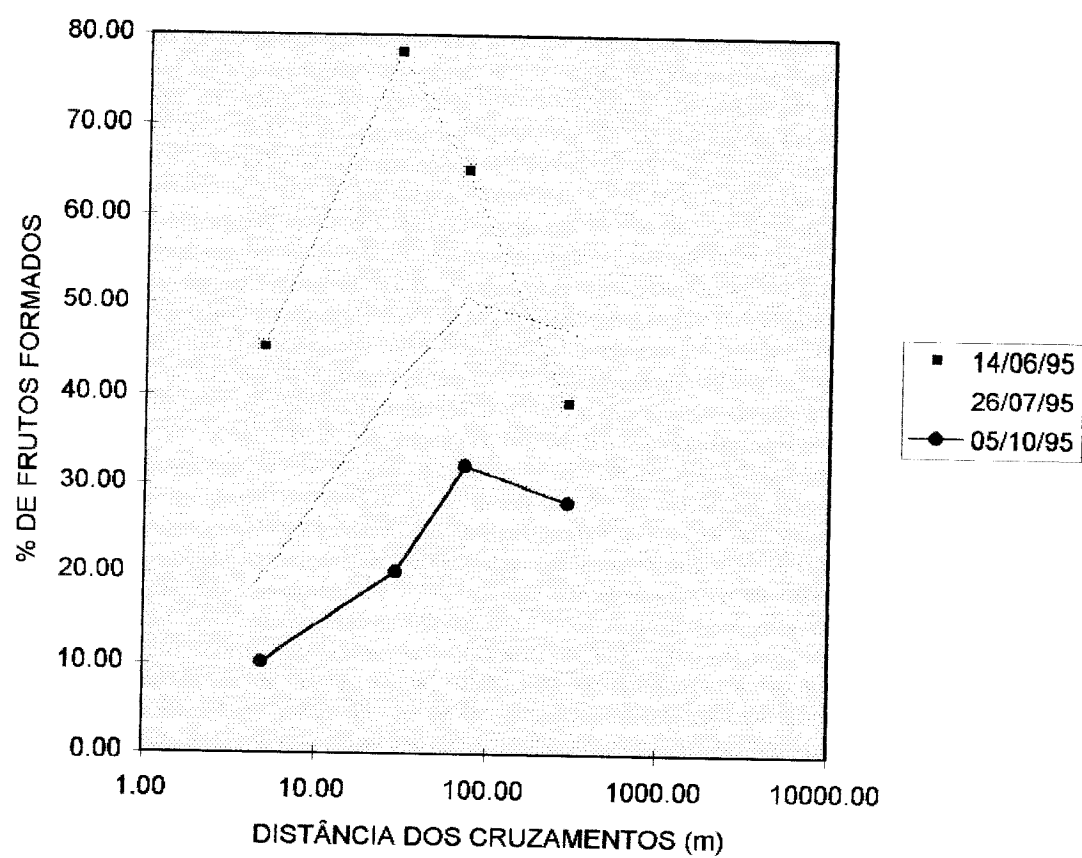


FIGURA 05 - Estimativas de frutificação de *S. ferrugineus* à diferentes distâncias do doador de pólen dos cruzamentos (Escala Logarítmica).

*Vochysia cinnamomea***Polinizações**

O numero de polinizações resultante dos diferentes tratamentos ($T_1 = 60$, $T_2 = 52$, $T_3 = 46$, $T_4 = 50$ e $T_5 = 45$) para *V. cinnamomea* foi de 253 polinizações (TABELA 05). Em média foram feitas 50 repetições por tratamento, apresentando desvio padrão de 5,98 e um amplitude máxima de 15 polinizações entre o maior e o menor número de repetições.

Frutos

Obteve-se 27 frutos dos diferentes tratamentos, em média 5 frutos por tratamento, apresentando um desvio padrão e um amplitude máxima respectivamente de 1,34 e 3 (TABELA 05).

O sucesso reprodutivo (F/P) dos diferentes tratamentos foi obtido correlacionando-se a proporção entre o número de Frutos formados (F) e o número de flores polinizadas (P) (TABELA 05).

TABELA 05 - Estimativa do sucesso reprodutivo de *Vochysia cinnamomea* nos diferentes tratamentos, realizados em 1995.

Tratamentos Tempo*	T_1 F/P	T_2 F/P	T_3 F/P	T_4 F/P	T_5 F/P	TOTAL F/P
35	0,22 (12/54)	0,26 (13/49)	0,20 (09/45)	0,14 (07/50)	0,11 (05/45)	0,19 (46/243)
75	0,13 (08/60)	0,13 (07/52)	0,13 (06/46)	0,08 (04/50)	0,13 (06/45)	0,12 (31/253)
165	0,10 (06/60)	0,11 (06/52)	0,13 (06/46)	0,06 (03/50)	0,13 (06/45)	0,11 (27/253)
205	0,10 (06/60)	0,12 (06/52)	0,13 (06/46)	0,06 (03/50)	0,13 (06/45)	0,11 (27/253)

* Número de dias após a primeira polinização

Os dados do sucesso reprodutivo dos tratamentos obtidos nas estimativas de abril, maio, agosto e outubro, foram convertidos em porcentagem ($100 \times F/P$) e foi estimado na ordem de 11% (FIGURA 06).

Neste gráfico observa-se que a estimativa realizada em abril (15/04/95) apontou possíveis depressões de inbreeding (T_1) e outbreeding (T_4 e T_5). No entanto, essas depressões não foram mantidas até a última estimativa (05/10/95).

O decréscimo do número de frutos formados deve-se a abortos tardios, não obedecendo uma regressão linear e o aumento do sucesso reprodutivo (T_5), entre as estimativas deve-se ao acréscimo de polinizações sucessivas.

O χ^2 de Contingência, realizado com os resultados obtidos na última estimativa de formação de frutos (05/10/95), não mostrou diferença significativa entre os tratamentos (TABELA 06).

TABELA 06 - Teste de Contingência (χ^2 ; GL=1) entre os Tratamentos florais para *V. cinnamomea*, realizados com os resultados da última estimativa frutificação (05/10/95).

	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
T_1	—	—	—	—	—
T_2	$p = 79,29 \%$	—	—	—	—
T_3	$p = 62,40 \%$	$p = 82,06 \%$	—	—	—
T_4	$p = 44,60 \%$	$p = 32,42 \%$	$p = 23,69 \%$	—	—
T_5	$p = 59,52 \%$	$p = 78,89 \%$	$p = 96,74 \%$	$p = 22,30 \%$	—

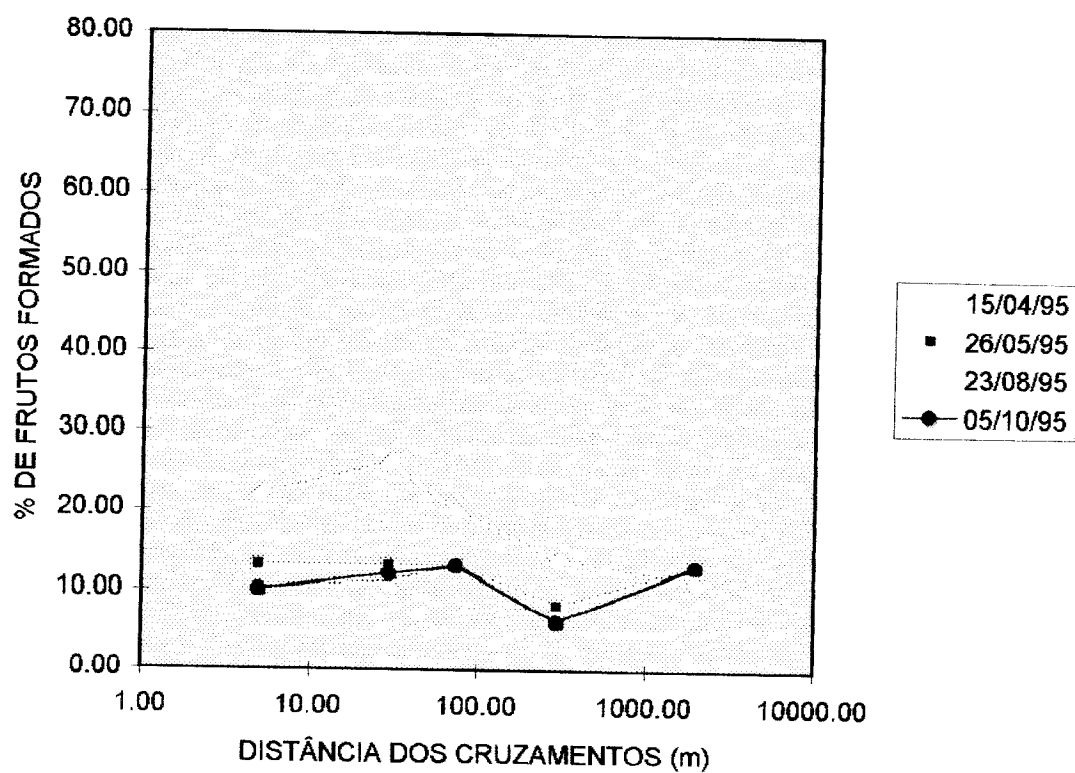


FIGURA 06 - Estimativas de frutificação de *V. cinnamomea* à diferentes distâncias do doador de pólen dos cruzamentos (Escala Logarítmica).

4. DISCUSSÃO

S. ferrugineus e *V. cinnamomea* são basicamente xenogâmicas. A xenogamia é apresentada nas Angiospermas como uma estratégia para garantir a maior variabilidade gênica da prole e reduzir a frequência de alelos recessivos deletérios (FUTUYMA, 1992).

Em termos populacionais, a fecundidade entre os cruzamentos pode ser reduzida pela ocorrência de alelos de incompatibilidade ou pela presença de genes recessivos deletérios. (FUTUYMA, 1992)

Nas Angiospermas, a produção de sementes depende no geral da quantidade de pólen que chega ao estigma. Depende ainda, entre outros fatores, da "qualidade" deste pólen recebido (WASER & PRICE, 1983). Esta "qualidade" poderia ser definida em função do sucesso apresentado durante os eventos de "pós-polinização". Um exemplo clássico é a qualidade diferencial existente entre o próprio pólen e aquele oriundo de fontes externas, para espécies que são auto-incompatíveis. Um dos componentes essenciais da "qualidade" do pólen é a sua similaridade genética com o receptor (WASER *et al*, 1987).

Em plantas que se reproduzem sexuadamente, a seleção natural parece favorecer os cruzamentos entre aqueles indivíduos de similaridade genética intermediária. Assim, os cruzamentos realizados entre os indivíduos "geneticamente similares" poderia levar a uma depressão de "inbreeding" causada pelo aumento da frequência de homozigotos para alelos recessivos na população. Por outro lado, os cruzamentos entre indivíduos muito "diferentes

geneticamente” poderia interromper a combinação favorável de genes, levando a uma depressão de “outbreeding”.

Em populações em que o padrão de dispersão de pólen e sementes obedecem uma distribuição leptocúrtica, a distância física entre os indivíduos está relacionada diretamente com o grau de parentesco entre eles. Portanto indivíduos próximos apresentam uma alta similaridade genética.

PRICE e WASER (1983) ao realizarem cruzamento entre indivíduos *D. nelsonii* obtiveram depressão de endogamia, “inbreeding”, para cruzamento próximo e de xenomamia entre cruzamentos distantes, “outbreeding”. Os resultados do presente estudo sugerem que padrões semelhantes aos observados por WASER e PRICE (1979) parecem existir em *S. ferrugineus* mas não em *V. cinnamomea*.

Styrax ferrugineus

S. ferrugineus apresentou depressão de “inbreeding” e “outbreeding”. Estas depressões foram mais evidentes durante a primeira estimativa realizada em maio (14/06/95), permanecendo até a coleta dos frutos (05/10/95). A distância “ideal” para polinização em *S. ferrugineus* encontra-se entre 10 e 100 metros, enquanto que nas populações de *D. nelsonii* estudadas por PRICE e WASER (1979) encontra-se no intervalo de 3 e 10 metros.

Têm-se verificado para os trópicos que a presença de sistemas xenogâmicos e a dispersão de pólen e sementes a longas distâncias são cada vez mais expressivas, ao contrário do que se acreditava até algumas décadas atrás (KOPTUR, 1984). Assim polinizadores com movimentos interplanta a longa distâncias devem ter uma maior influência no sucesso de frutificação. Para este tipo de forrageamento, abelhas “grandes”, solitárias, pertencentes aos gêneros *Bombus* e *Epicharis*, polinizadores efetivos de *S. ferrugineus*, apresentam-se melhor adaptadas, sendo capazes de alcançar em vôo distâncias superiores à distância “ideal” de polinização observada para espécie.

Vochysia cinnamomea

Pelos resultados mostrados com relação a formação de frutos *V. cinnamomea* não apresentou depressão de “inbreeding” nem “outbreeding”.

As diferenças dos resultados obtidos entre *V. cinnamomea* e *S. ferrugineus* poderia estar ligado basicamente a 3 fatores:

1.º Sucesso reprodutivo (F/P)

Apesar da tentativa de realizar todos os tipos de tratamentos em cada inflorescência e não concentrá-los em apenas alguns indivíduos, a destruição indiscriminada dos frutos (predadores, abortos, etc.) poderia ter mascarado as depressões de “inbreeding” e “outbreeding”.

O baixo sucesso reprodutivo para *V. cinnamomea* obtido durante o ano de 1995 (4 vezes menor) em relação aos dados de 1993 (BORGES *et al* 1994) poderia ter interferido nos resultados. Mas é preciso notar que mesmo no estudo anterior realizado por BORGES *et al* (1993) não foi observado depressão de endogamia.

A taxa de aborto de frutos e sementes em condições naturais é extremamente variada, sendo comum para diversas espécies em que apenas uma fração das flores como órgãos funcionalmente femininos produzam frutos maduros (STEPHENSON, 1981). Deste modo, a produção de frutos pode ser limitada por vários fatores: predação, clima, disponibilidade de recursos, carência de polinizadores e aptidão genética do zigoto (GRIBEL, 1986).

O baixo número de frutos obtidos de *V. cinnamomea* pode então, não ser um reflexo apenas dos resultados de fecundidade, mas da interferência de outros fatores, como a presença de agentes bióticos (fitófagos, fitopatógenos, etc.) e abióticos (alterações climáticas).

Apesar das inflorescências terem sido ensacadas antes da abertura do botão floral e mantidas isoladas até o final do desenvolvimento dos frutos, observou-se a presença de larvas de lepidópteros. Estas larvas não somente destruíram botões florais mas parecem também ter afetado o desenvolvimento final dos frutos. Além das larvas de lepidópteros, a ação de fitopatógenos, provocou o “secamento” da inflorescência e o aborto dos frutos.

Além disso, este número reduzido de frutos pode estar refletindo um ajustamento do investimento materno em função dos recursos disponíveis para a elaboração de frutos e/ou um processo de “escolha” (“female choice”) entre os zigotos geneticamente distintos formados após a fecundação dos óvulos (GRIBEL, 1986). O primeiro fator levantado, poderia então explicar uma alocação de recursos diferenciada entre os anos de 1993 e 1995. No entanto, os dados coletados neste trabalho, não foram direcionados para a compreensão dos aspectos causais do processo de aborto, tornando precipitada qualquer conclusão neste sentido.

2.º - Heterogenidade Genética

A ausência de depressão endogâmica pode indicar uma alta heterogeneidade genética na população, tornando raros os cruzamentos que envolvam alelos similares na população (FUTUYMA, 1992). Esta heterogeneidade pode ser explicada ou pelo grande número de alelos de incompatibilidade ou pelo pequeno número de alelos recessivos deletérios. Dessa forma, problemas de fecundidade decorrentes dos cruzamentos tornam-se difíceis de serem detectados.

3.º - Dispersão de Pólen e Semente

A ausência de depressão endogâmica em *V. cinnamomea* pode ainda ser explicada pela ausência da dispersão leptocúrtica do pólen e ou semente, modificando a relação entre a similaridade genética e a distância física dos indivíduos, pressupostos básicos do trabalho de

PRICE e WASER (1979). Uma ampla distribuição de pólen e semente, realizado por seus agentes dispersores, diluiria os resultados de endogamia na população.

Como ambas as espécies são polinizadas pelos mesmos agentes, “abelhas grandes”, a explicação para os padrões de fecundidade diferentes entre elas poderia estar relacionado ao sistema de dispersão de propágulos, sementes.

V. cinnamomea apresenta frutos anemocóricos (diásporos adaptados à dispersão pelo vento), enquanto que *S. ferrugineus* possui frutos ornitocóricos (Pássaros, P. OLIVEIRA, observação pessoal).

Fatores abióticos de dispersão de sementes mostram-se mais imprevisíveis que fatores bióticos (WESTLEY & HOWE, 1986). A dispersão por pássaros em muitos casos é endozoocórica, ou seja, os frutos são ingeridos e as sementes são defecadas (MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1993). Além disso, passáros podem apresentar um comportamento de alimentação estereotipado, carregando os frutos até as regiões de “poleiros alimentares”. Nestes “poleiros” ocorreria a deposição das sementes possibilitando a formação de manchas populacionais, “clusters” (STILES, 1984). Esta distribuição não aleatória, poderia originar “cluster” de indivíduos bastantes similares geneticamente, gerando padrões de depressão de “inbreeding” e “outbreeding” mais claros.

V. cinnamomea não apresentou, diferenças significativas entre os tratamentos na última estimativa de frutificação, mas os dados de BORGES et al (1993) e os dados obtidos em abril de 1995, mostram depressão de outbreeding, para a espécie.

A distância “ideal” de polinização para *S. ferrugineus* e *V. cinnamomea* (Plantas Tropicais) foram maiores do que as obtidas para *Dephinium nelsonii* (Plantas Temperadas). Isto reforça até certo ponto, os dados recentemente obtidos para plantas de regiões tropicais, onde

sistemas auto-incompatíveis e dispersão de pólen e sementes a longas distâncias são mais comuns do que se acreditava anteriormente.

Entretanto, os dados obtidos mostraram depressão entre plantas relativamente próximas (acima de 500 e menos de 2000 metros), sugerindo a diferenciação e a especiação em áreas relativamente pequenas, sem barreiras ambientais ou ecológicas marcantes.

Cabe ressaltar que repetições dos procedimentos utilizando as mesmas espécies ou outras de cerrado, são importantes para caracterizar a estrutura genética dessas populações e que em termos de biodiversidade, o conjunto dos dados indica populações altamente heterogêneas, o que evidencia a necessidade de se tomar certo cuidado quanto a delimitação de áreas para preservação ambiental em relação ao seu tamanho, forma e localização.

5. CONCLUSÃO

1.º *Styrax ferrugineus* apresentou depressão de “inbreeding” a distâncias menores que 10 metros e “outbreeding” a distâncias maiores que 100 e abaixo de 500 metros.

2.º *Vochysia cinnamomea* apresentou apenas depressão de “outbreeding”, distâncias maiores que 100 e menores que 500 metros

3.º A distancia “ideal” de polinização para *S. ferrugineus* (Plantas Tropicais) foram maiores do que as obtidas para *Delphinium nelsonii* (Plantas Temperadas).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO, A. P.; SANTOS, M. L. e OLIVEIRA, P. E. 1994 - Biologia Reprodutiva de *Vochysia cinnamomea* (Vochysiaceae) no Município de Uberlândia, In *Livro de Resumos do XLV Congresso Nacional de Botânica*, São Leopoldo - RS.
- APPOLINÁRIO, V. R. C. 1995 - Levantamento Fitossociológico das Espécies Arbóreas de Cerrado (Sentido Restrito) do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia - MG. Universidade Federal de Uberlândia, Monografia de Bacharelado.
- BARROSO, G. M. 1984 - *Sistemática de Angiospermas do Brasil*, v. 2, Viçosa, Imprensa Universitária.
- BERTIN, R. I. 1984 - Pollination Biology, In *Plant-Animal Interactions* (Abrahams, W. G.), New York, Mc Graw Hill.
- BERTO-Jr. V. 1995 - Associações entre Homópteros e Formigas em Plantas com e sem Nectários Extraflorais em um Cerrado de Uberlândia - MG. Universidade Federal de Uberlândia, Monografia de Bacharelado.

- BORGES, P., BRITO, A. G. e OLIVEIRA, P. 1994 - Distância, fecundidade e estrutura genética de populações de *Vochysia cinnamomea* (Vochysiaceae: Polygalales), In *Livro de Resumo do XLV Congresso Nacional de Botânica*, São Leopoldo - RS.
- DEL-CLARO, K.; BERTO-Jr., V. & RÉU-Jr., W. F. 1994 - Herbivore deference by visiting ants increases fruit set in an extrafloral nectary plant *Qualea multiflora* (Vochysiaceae) in cerrado vegetation. *Journal of Tropical Ecology* (prelo).
- FERRI, M. G. 1974 - Ecologia, temas e problemas brasileiros, Itatiaia, SP, Editora Universidade de São Paulo.
- FUTUYMA, D. J. 1992 - *Biologia Evolutiva*, Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética.
- KOPTUR, S. 1984 - Outcrossing and Pollinator limitation of fruit set: Breeding systems of Neotropical *Inga* trees (Fabaceae: Mimosoideae). *Evolution*, 38(05):1130-1143.
- LEVIN, D. A. & KERSTER, H. W. 1974 - Gene flow in seed plants, *Evol. Biol.* 7:139-220.
- GRIBEL, R., 1986 - Ecologia da polinização e da dispersão de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae) na região do Distrito Federal. UnB, Dissertação de Mestrado.
- MORELLATO, L. P. C. & LEITÃO-FILHO, H. F. 1993 - Padrão de frutificação e dispersão na Serra do Japi, In *Historia Natural da Serra do Japi*, Unicamp - SP
- OLIVEIRA, P. & GIBBS, P. 1994 - Pollination biology and breeding systems of six *Vochysia* species (Vochysiaceae) in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 12:121-134.
- PRICE, M. V. & WASER, N. M. 1979 - Pollen dispersal and optimal outcrossing in *Delphinium nelsonii*. *Nature* 277:294-296.
- RESENDE, J. C. F. 1994 - Estrutura, Crescimento e Sobrevivência de uma População de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Caesalpiniaceae) em Mata de Galeria no Triângulo Mineiro. Universidade Federal de Uberlândia, Monografia de Bacharelado.
- RÉU-Jr. W. F., 1995 - A função de Nectários Extraflorais em *Stryphnodendron polyphyllum* (Mimosaceae) em Vegetação de Cerrado, Universidade Federal de Uberlândia, Monografia de Bacharelado.

- ROSA, R., LIMA, S. C. e ASSUNÇÃO, W. L. 1991 - Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). *Sociedade e Natureza*, 5:45-57.
- SARAIVA, L. C.; CESAR, O.; e MONTEIRO, R., 1988 - Biologia da polinização e sistema de reprodução de *Styrax camporum* Pohl e *S. ferrugineus* Nees et Mart. (*Styracaceae*), *Revta. brasil. Bot.* 11:71-80.
- SNOW, A. A. & SPIRA, T. P. 1993 - Individual variation in the vigor of self pollen and selfed progeny in *Hibiscus moscheutos* (Malvaceae), *American Journal of Botany* 80(2):160-164
- SOKAL, R. R. and ROHLF, F. J. 1969 - *Biometry*, San Francisco, Freeman.
- STAFLEU, F. A, 1948 - A monography of the Vochysiaceae, I. *Salvertia* and *Vochysia*, *Meded. Bot. Mus. Utr.* 95:397-540.
- STEPHENSON, A. G., 1981 - Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 12:253-279.
- STILES, E. W., 1984 - Fruits, Seeds, and Dispersal Agents, In *Plant-Animal Interactions* (Abrahams, W. G.), New York, Mc Graw Hill.
- WASER, N. M & PRICE, M. V. 1983 - Optimal and actual outcrossing in plants, and the nature of plant-pollinator interaction, In *Handbook of experimental Pollination Biology* (Jones, C. E. and Little, R.J), New York, Scientific and Academic Editions.
- WASER, N. M., PRICE, M. V., MONTALVO, A. M. & GRAY, R. N., 1987 - Female mate choice in a pernnial herbaceous wild flower, *Delphinium nelsonii*. *Evolutionary Trends in Plants* 1:29-33.
- WESTLEY, L. C. & HOWE, W. F. 1986 - Ecology od Pollination and Seed Dispersal, In *Plant Ecology* (Michael J. Crawley), Blackwell Scientific Publications.