**ANÁLISE DO PROGRESSO TEMPORAL E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS
ASSOCIADAS À VASSOURA-DE-BRUXA (*Crinipellis perniciosa*)
DO CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum*)
(WILLD. EX. SPRENG) SCHUM**

ANGELA MARIA LEITE NUNES

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **ARMANDO BERGAMIN FILHO**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Fitopatologia.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo – Brasil

Janeiro - 2000

ERRATAS

Pg 24

- Linha 3; onde se ler " R^2 parcial; leia-se R^2 parcial e do modelo".
- Linha 10; onde se ler "VBLE, VBLN, VBF; leia-se BNE, BNN e BFN".

Pg 32

- Linha 4; onde se ler "órgão"; leia-se "órgãos".

Pg 39

- Linha 23; "onde se ler URMEDS com a URMINS com o contraste da variável TPPS; leia-se "URMAXS com a TMAXS".

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Nunes, Angela Maria Leite

Análise do progresso temporal e variáveis climáticas associadas à vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosa*) do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) (Willd. Ex. Spreng) Schum / Angela Maria Leite Nunes. -- Piracicaba, 2000.

58 p. : il.

Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.
Bibliografia.

1. Cupuaçu 2. Doença de planta 3. Fruta tropical 4. Modelo matemático 5. Mudança climática 6. Reprodução sexual 7. Vassoura-de-bruxa I. Título

CDD 634.6

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus queridos pais

Aurélio, Sebastiana, à memória

da minha avó Maria Mercês e ao meu

filho Rafael, dedico.

Aos meus irmãos Marco Aurélio, Áurea,

Tito Aurélio, Maria de Fátima, Alvanira,

Elizabeth, Denise e Raimundo e aos

meus cunhados Walter, Luiz Otávio

e Deusalinha, ofereço.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de deixar registrados aqui meus sinceros agradecimentos:

- À Embrapa Amazônia Oriental, pela oportunidade de realizar este curso;
- Aos meus colegas Fernando Carneiro de Albuquerque e Maria de Lourdes Reis Duarte que, com muito esforço e espírito profissional, assumiram as minhas funções no programa de pesquisa com cupuaçu na Embrapa Amazônia Oriental, durante meu afastamento;
- À minha colega Maria de Lourdes Reis Duarte, que durante o meu afastamento, representou-me legalmente junto à Embrapa Amazônia Oriental prestando enorme colaboração em assuntos diversos;
- Aos funcionários do Laboratório Fitopatologia da Embrapa Amazônia Oriental, pela amizade;
- A meus pais Aurélio Nabuco Nunes e Sebastiana Leite Nunes, pelo apoio, auxílios prestados e amor durante a realização do curso;
- Ao meu irmão Marco Aurélio Leite Nunes, pelo imenso auxílio prestado na montagem dos experimentos e sugestões;
- Ao meu filho Rafael pelo apoio, dedicação e amor durante a realização do curso;
- Ao Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, pela oportunidade de realizar o curso;

- Aos professores do departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, pelo tratamento cortês e pelos ensinamentos aqui recebidos;
- Ao professor Armando Bergamin Filho pela orientação, apoio e confiança manifestados durante o curso;
- À professora Liliam Amorim pelo apoio, orientação, confiança e amizade manifestadas durante o curso;
- Ao professor Tasso Leo Krugner pela tradução para o inglês dos resumos da tese e dos trabalhos publicados;
- Aos funcionários do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola pela amizade;
- A todos os colegas de curso, pela amizade e apoio recebidos durante o mesmo;
- Às colegas Regina, Leila e Célia pelo apoio e troca de experiências durante a realização do exame de qualificação e pela amizade e convívio familiar extra-ESALQ;
- Aos colegas Quelmo, Renato e André pela amizade e apoio durante o curso;
- Ao professor Carlos Tadeu dos Santos Dias, do Departamento de Ciências Exatas, pelo valioso auxílio nas análises estatísticas;

- Aos meus irmãos e irmãs, sobrinhos e sobrinhas e cunhados e cunhadas, pelo pensamento positivo nos momentos mais difíceis, apoio, amizade, união e amor;
- À coordenação do curso de pós-graduação em Fitopatologia, pela atenção e apoio prestados durante a realização do curso;
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

CURRICULUM VITAE

Angela Maria Leite Nunes, filha de Aurélio Nabuco Nunes e Sebastiana Leite Nunes. Nascida em 03/04/1956, é natural de Monte Alegre–PA, onde concluiu o primeiro grau.

Engenheiro Agrônomo, pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP) em 1981 e Mestre em Fitopatologia, pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) em 1986.

Contratada pela Embrapa Amazônia Oriental, em 18/12/1989 passou a exercer a função de pesquisador na área de Fitopatologia, junto à Equipe de Fruteira e Pimenta-do-reino da Embrapa Amazônia Oriental, permanecendo até 1995.

Em março de 1996, iniciou o curso de Doutorado em Fitopatologia, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), em Piracicaba-SP.

SUMÁRIO

Página

AGRADECIMENTO.....	I
CURRICULUM VITAE.....	IV
SUMÁRIO.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	IX
RESUMO.....	XI
SUMMARY.....	XIV
1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 – REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 – Taxonomia.....	4
2.2 – Distribuição geográfica.....	5
2.3 – Condições edáficas e climáticas.....	5
2.4 – Características botânicas.....	6
2.5 – Características fenológicas.....	8
2.6 – A doença.....	9
2.7 – O patógeno.....	14
2.8 – Epidemiologia.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19

3.1 – ANÁLISE DA CURVA DE PROGRESSO TEMPORAL DA VASSOURA-DE-BRUXA DO CUPUAÇUZEIRO (<i>Crinipellis pernicios</i>)	19
3.1.1 – Descrição da área.....	19
3.1.2 – Obtenção dos dados.....	19
3.1.3 – Modelos e análise temporal do progresso da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro.....	21
3.2 – ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS DA VASSOURA-DE-BRUXA DO CUPUAÇUZEIRO (<i>Crinipellis pernicios</i>) UTILIZANDO ANÁLISE CANÔNICA.....	22
3.2.1 – Órgãos vegetativos.....	22
3.2.2 – Órgãos reprodutivos.....	22
3.2.3 – Produção de basidiocarpos em vassouras-de-bruxa necróticas vegetativas e reprodutivas.....	22
3.2.4 – Dados climáticos.....	23
3.2.5 – Efeito das variáveis climáticas na incidência de vassouras-de-bruxa vegetativas e reprodutivas e na produção de basidiocarpos.....	23
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 – Análise da curva de progresso temporal da vassoura –de-bruxa do cupuaçuzeiro.....	24
4.1.1 – Curva do progresso da doença.....	24
4.2 – Estudos epidemiológicos da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro (<i>Crinipellis pernicios</i>) utilizando análise canônica.....	33
4.2.1 – Influência das variáveis climáticas sobre a incidência da vassoura-de-bruxa em órgãos vegetativos e reprodutivos.....	33
4.2.2 – Influência das variáveis climáticas sobre a produção de basidiocarpos em órgãos necróticos vegetativos e reprodutivos.....	40
5 – CONCLUSÕES GERAIS.....	48
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS.....	50

LISTA DE FIGURAS

Página

- 1 Ciclo da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro, causada por *Crinipellis perniciosa*.....11
- 2 Vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro (*Crinipellis perniciosa*) A - vassoura-de-bruxa necrótica, B - flores necróticas, e C - frutos necróticos; proveniente de flores infectadas; produzindo basidiocarpos, D - basidiósporos de *C. perniciosa*, E - tecidos meristemático, F e G vassouras-de-bruxa verde (F - provenientes de lançamentos e G - provenientes de flores); H, I e J -vassouras-de-bruxa necróticas (H - provenientes de lançamentos, I - provenientes de flores e J - frutos provenientes de flores infectadas).....12
- 3 Árvore de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). Detalhe da disposição dos ramos (fitas vermelhas), para avaliação dos lançamentos com sintoma de vassoura-de-bruxa.....20
- 4 Curvas não-cumulativas, média mensal, (à esquerda), cumulativas e ajuste epidemiológico (à direita - linha contínua) do progresso da incidência da vassoura-de-bruxa. (a, b) plantas enxertadas; (c, d) plantas não-enxertadas e (e, f) flores. No Período de 1993 à 1994.....25
- 5 Curvas não-cumulativas, média mensal, (à esquerda); cumulativas e ajuste epidemiológico (à direita - linha contínua) do progresso da produção de basidiocarpos. (a, b) plantas enxertadas, (c, d) plantas não-enxertadas e (e, f) flores. No período de outubro de 1994 à dezembro de 1995.....26

6	Curvas não-cumulativas da produção de basidiocarpos (a) em vassouras-de-bruxa necróticas provenientes de flores (b) em vassouras-de-bruxa necróticas provenientes de lançamentos; no período de outubro de 1993 a dezembro de 1995. Médias semanais.....	31
7	Incidência de vassouras-de-bruxa (VBLE) em plantas enxertadas, (VBLN) em plantas não-enxertadas, (VBF) em flores. (Médias semanais).....	34
8	Ordenação linear da incidência da vassoura-de-bruxa -variáveis básicas - (VBLE) plantas enxertadas, (VBLN) plantas não-enxertadas, (VBF) flores; em relação a variável canônica principal CAN1.....	36
9	Produção de basidiocarpos em vassouras-de-bruxa necróticas, provenientes de plantas enxertadas (BNE), plantas não-enxertadas (BNN) e flores (BFN), nos anos de 1994 e 1995.....	41
10	Ordenação linear da produção de basidiocarpos (variáveis básicas) produzidos em vassouras-de-bruxa necróticas em plantas enxertadas (BNE), plantas não-enxertadas (BNN) e flores (BFN), com relação a variável canônica CAN1.....	44

LISTA DE TABELAS

Página

- 1 Coeficiente de determinação (R^2) e soma do quadrado do resíduo (SQR) das funções matemáticas testadas para o progresso da vassoura-de-bruxa, em órgãos vegetativos (lançamentos) e reprodutivos (flores). Período de 1993 a 1994.....27
- 2 Coeficiente de determinação (R^2) e soma do quadrado do resíduo (SRQ) das funções matemáticas testadas para o progresso da produção de basidiocarpos em órgãos vegetativos (lançamentos) e reprodutivos (flores). Período de 1994 a 1995.....28
- 3 Estimativa da maior assíntota (AS) dos dados do progresso da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro, em órgãos vegetativos e reprodutivos. Período de 1994 a 1995.....29
- 4 Coeficiente de determinação (R^2) parcial e do modelo da regressão de Stepwise entre as variáveis climáticas (variáveis explicativas) e a atividade dos órgãos vegetativos (VBLE, VBLN) e reprodutivos (VBF) com variáveis básicas; quatro e cinco semanas respectivamente, antes da atividade dos órgãos.....35
- 5 Variáveis climáticas (variáveis explicativas) que contribuíram significativamente para a incidência da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosa*) do cupuaçuzeiro (VBLE, VBLN, VBF) com variáveis básicas, pelo coeficiente padronizado.....38

- 6 Coeficiente de determinação (R^2) parcial e do modelo da regressão de Stepwise entre as variáveis climáticas (variáveis explicativas) e a produção de basidiocarpos em órgãos vegetativos (BNE, BNN) e reprodutivos (BFN) (variáveis básicas), um dia antes do aparecimento dos basidiocarpos.....42**
- 7 Variáveis climáticas que contribuíram significativamente para a incidência da produção de basidiocarpos de (*Crinipellis perniciosa*) do cupuaçuzeiro (BNE, BNN, BFN), pelo coeficiente canônico padronizado.....43**

**ANÁLISE DO PROGRESSO TEMPORAL E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS
ASSOCIADAS À VASSOURA-DE-BRUXA (*Crinipellis perniciosa*)
DO CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum*)
(WILLD. EX. SPRENG.) SCHUM**

Autor: Angela Maria Leite Nunes

Orientador: Prof. Dr. Armando Bergamin Filho

RESUMO

Apesar da importância da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer)) do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng)), pouco ou quase nada se conhece sobre o progresso da mesma, o efeito do clima sobre a doença e o ciclo das relações patógeno-hospedeiro. Em vista disso, elaborou-se o presente trabalho com os seguintes objetivos: analisar o progresso temporal da vassoura-de-bruxa em órgãos vegetativos e reprodutivos do cupuaçuzeiro; estudar a correlação canônica entre as variáveis climáticas e a emissão de vassouras-de-bruxa, em órgãos vegetativos e reprodutivos; estudar a correlação canônica entre as variáveis climáticas e a produção de basidiocarpos em vassouras-de-bruxa necróticas vegetativas e reprodutivas.

Os ensaios foram conduzidos no campo experimental do Embrapa Amazônia Oriental, em Belém/PA. O progresso temporal da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro foi monitorado contando-se o número de lançamentos e de flores com sintomas da doença e a produção de basidiocarpos. Modelos epidemiológicos foram empregados para descrever o progresso da doença (logístico+logístico, gompertz+gompertz, logístico e gompertz). Por meio de

análise canônica estudou-se a correlação entre variáveis climáticas e a emissão de vassouras-de-bruxa e a produção de basidiocarpos em vassouras-de-bruxa necróticas provenientes de lançamentos e flores.

Os resultados mostraram que os modelos logístico+logístico e logístico apresentaram bom ajuste aos dados. O início da epidemia esteve geralmente associado ao período seco (produção de vassouras) e a produção de basidiocarpos, ao período chuvoso. A maior emissão de vassouras-de-bruxa ocorreu entre julho a outubro e a maior produção de basidiocarpos ocorreu entre maio e julho. URMXS (umidade relativa máxima semanal) e TMAXS (temperatura máxima semanal) correlacionaram-se melhor com a intensidade da doença. Por outro lado, URMEDD (umidade relativa média diária), URMXDD (umidade relativa máxima diária) e TMEDD (temperatura média diária) correlacionaram-se melhor com a produção de basidiocarpos.

As mais importantes fontes de inóculo do *C. pernicioso* foram as vassouras-de-bruxa secas necróticas, provenientes de lançamentos, e é para essas que se deve direcionar o controle da doença. A remoção das vassouras-de-bruxa deve ocorrer em setembro–outubro, antes do início da estação chuvosa, e em fevereiro–março, junto com a poda de condução e limpeza das árvores.

Time progress and climatic variables associated with witches broom of “cupuaçuzeiro” [*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng) Schum] caused by *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer

Author: Angela Maria Leite Nunes

Adviser: Prof. Dr. Armando Bergamin Filho

SUMMARY

Despite the importance of witches-broom of “cupuaçuzeiro” [*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng) Schum] caused by *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer, very little is known about its progress, effect of climate on the disease and disease cycle. The present paper had, thus, the following objectives: to analyse the time progress of witches-broom in vegetative and reproductive organs of “cupuaçuzeiro” ; to study the canonic correlation between climatic variables and the production of basidiocarps in vegetative and reproductive necrotic witches-broom.

Trials were carried out in the experimental station of EMBRAPA, in Belém, PA. The disease progress was monitored by counting the number of shoots and flowers with the disease symptoms and the production of basidiocarps. Epidemiological models were tested to describe the disease progress (logistic + logistic, gompertz+gompertz, logistic and gompertz). By means of the canonic analyses the correlation between climatic variables and the witches-broom emission or the production of basidiocarps in necrotic witches-broom from shoots and flowers was determined.

The results showed that the logistic+logistic and logistic models gave good data adjustment. The beginning at the epidemic was generally associated with the dry or raining period, for witches-broom or basidiocarp production,

respectively. The greatest emission of witches-broom occurred from July to October and the highest production of basidiocarps from May to July. URMXS (maximum week relative humidity) and TMAXS (maximum week temperature) gave the best correlation with disease intensity. On the other hand, URMEDD (daily maximum relative humidity) and TMEDD (daily average temperature) correlated better with the production of basidiocarps.

The most important sources of inoculum of *C. Perniciosa* were the dry and necrotic witches-broom originated from shoots. The disease control should, therefore, be directed toward these sources. The removal of witches-brooms should be performed in September-October, before the beginning of the raining season and in February-March, during the conduction and cleaning pruning of the trees.

1 – INTRODUÇÃO

A cultura do cupuaçu está entre as atividades frutícolas de maior expressão econômica e social da região amazônica. A importância desta cultura para a região pode ser medida pela quantidade produzida, que passou de 237.097kg (1980/1983) (Calzavara et al., 1984), para 1800 toneladas de polpa/ano - dados de 1995 – (Cupuaçu, 1999).

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) (Willd. Ex. Spreng.) Schum é uma espécie da família Sterculiaceae, nativa do Estado do Pará, onde pode ser encontrado ainda em estado silvestre, na mata virgem alta de várias localidades. É freqüentemente cultivado em toda a Amazônia incluindo a parte noroeste do Maranhão. Fora do Brasil, é cultivado, também, em alguns países tropical-americanos, tais como Venezuela, Equador, Costa Rica e Colômbia (Cavalcante, 1988). É uma espécie que ao longo do tempo vem sendo explorada pelos índios e caboclos regionais e, atualmente, desperta grande interesse no mercado regional, nacional e internacional apresentando grandes perspectivas para o futuro, com o início das exportações.

Tratando-se de espécie arbórea da floresta tropical amazônica, as informações sobre fatores de ordem fitotécnica, genética e fitopatológica são raras. Dados a respeito da epidemiologia de sua principal doença, a vassoura-de-bruxa, causada por *Crinipellis perniciosa*, são inexistentes.

O cupuaçu, denominação mais comum da fruta do cupuaçuzeiro, é tradicionalmente consumido principalmente na forma de vinho (suco) pelo caboclo regional.

O maior valor da planta está no aproveitamento dos produtos obtidos da polpa, na forma de sucos, sorvetes, cremes, doces (Costa et al., 1960; Cavalcante, 1974), néctar (Barbosa et al., 1978), licores, compotas, bombons, geléias, etc. (Calzavara et al., 1984; Cavalcante, 1988), o que representa, aproximadamente, 35% da fruta. A planta fornece madeira parda, amarelo-claro, bastante homogênea, mas pouco utilizada e o fruto não apresenta cafeína e alcalóides (Prance & Silva, 1975). Do peso total da fruta, as sementes representam cerca de 20% e segundo Ribeiro et al. (1993), 61% do seu peso seco é constituído de fina gordura, de fácil digestibilidade e delas é possível obter-se o chocolate branco, considerado de boa qualidade (Calzavara, 1972). Segundo Nazaré et al. (1990), após o processamento das sementes, obtém-se o cupulate (termo empregado ao chocolate produzido a partir das amêndoas do cupuaçu), nos tabletes branco, meio amargo e com leite, produto com características nutritivas e organolépticas semelhantes às do chocolate obtido das amêndoas do cacau, que é uma espécie do mesmo gênero *Theobroma*.

O cupulate em pó (achocolatado) é produzido e comercializado com o nome comercial de “Chocam” e é distribuído em Manaus, Belém, Fortaleza, São Luiz, Brasília e exportado para o Estados Unidos. Encontra-se em grande expansão, em apenas um ano sua produção quintuplicou, e tende a crescer, pois o montante produzido somente atinge 10% do comércio de achocolatados comercializados no Estado do Amazonas (Lozano, 1994). De acordo com artigo “Vem aí”...(1999), o chocolate está sendo desenvolvido por pesquisadores da USP e é muito parecido com o obtido do cacau, cujas características nutricionais são as mesmas do chocolate obtido das amêndoas do cacau. A vantagem é comercial, “o chocolate do cupuaçu sai mais barato”, afirmam os pesquisadores.

A ausência de estudos sobre as espécies amazônicas na região tem causado a saída delas para outros centros que depois de melhorados, contribuem para o desenvolvimento desses centros, a exemplo da seringueira (*Hevea brasiliensis*) para a Malásia e o cacaueiro (*Theobroma cacao*) para a Bahia.

Embora apresente muitas qualidades, o cupuaçuzeiro tem sua produção baseada no semi-extrativismo e nos plantios comerciais que vêm sendo implantados de maneira desordenada, com material de baixo valor genético, baixa produção e suscetível à vassoura-de-bruxa.

A viabilidade da cultura na região amazônica economicamente expressiva vai depender, dentre outros fatores, do uso correto de estratégias de controle da vassoura-de-bruxa, necessitando assim, de estudos holísticos sobre a doença. Infecções severas nos ramos do ano podem provocar grandes perdas na produção, pois a maior concentração de flores ocorre nas extremidades desses ramos.

Com base nessas considerações, foram traçados os seguintes objetivos para este trabalho:

- 1 – Avaliação temporal do progresso da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro, em órgãos vegetativos e reprodutivos;
- 2 – Estabelecer a correlação canônica entre as variáveis climáticas e a emissão de vassouras-de-bruxa do cupuaçuzeiro, em órgãos vegetativos e reprodutivos;
- 3 – Estabelecer a correlação canônica entre as variáveis climáticas e produção de basidiocarpos em vassouras-de-bruxa necróticas, vegetativas e reprodutivas.

2 – REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Taxonomia

De acordo com Wettstein (1944) e Maas & Westra (1993), o cupuaçu pertence à divisão Anthophyta, subdivisão Angiospermae, classe das dicotiledôneas, subclasse Dilleniidae (=Choripetalae), superordem Malvanae, ordem Malvales (= Columniferae), subordem Malvinea, família Sterculiaceae, gênero *Theobroma* e espécie *Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex. Schumann).

Segundo a classificação de Cuatrecasas (1964), o gênero *Theobroma* apresenta 22 espécies, todas originadas na América Tropical. A espécie *T. cacao* é a mais cultivada e *T. grandiflorum* a que apresenta fruto de maior tamanho. O autor dividiu o gênero em seis seções: Andropetalum, Glossopetalum, Oreanthes, Ritidocarpos, Telmatocarpus e Theobroma. Todas são encontradas na Amazônia, exceto a seção Andropetalum, a qual é formada pela espécie *T. mammosum*, encontrada na Costa Rica.

A palavra cupuaçu tem como origem o tupi, sendo comum e difundida no interior dos Estados da região Amazônica (abreviação “cupu”). Segundo Calzavara et al. (1984), este termo também é aplicado ao fruto da espécie *T. bicolor* H.B.K., o qual é vulgarmente conhecido por cacau-do-peru, e as duas espécies podem ser diferenciadas pelas características das folhas e formato do fruto. Os mesmos autores utilizaram o formato do fruto para classificar as variedades botânicas do cupuaçuzeiro em: a) cupuaçu redondo, possui os frutos

com a extremidade arredondada – sendo o mais comum na região; b) cupuaçu mamorana, os frutos apresentam-se com a extremidade comprida, semelhante a um bico ou ponta – é a variedade que produz os frutos de maior tamanho e peso; c) cupuaçu mamau, variedade triplóide com alto grau de esterilidade e, conseqüentemente, com frutos que não apresentam sementes.

2.2 – Distribuição geográfica

O cupuaçu é espécie nativa do Pará, onde pode ser encontrado ainda em estado silvestre na mata virgem alta de várias localidades desse Estado. É freqüentemente cultivado em quase toda a Amazônia, incluindo a parte noroeste do Maranhão. É também encontrado em regiões distantes de sua área de dispersão natural, tais como Bahia, Rondônia, Acre, Iquitos (Peru), San Carlos (Venezuela) e Cali (Colombia) (Cavalcante, 1988). Encontra-se também nas capitais ou interior, em utilização familiar (doméstica).

2.3 – Condições edáficas e climáticas

De acordo com Ducke (1953), o cupuaçuzeiro, planta nativa da região Amazônica, adaptado, portanto, às condições ambientais locais, prefere solos argilosos e com bastante húmus. Todavia, crescimento satisfatório pode ser obtido em oxisolos ácidos, muito encontrados na região, e excelente crescimento pode ser obtido quando plantado em solos de alta fertilidade, como os podzólicos eutróficos e os latossolos eutróficos. Também apresenta boa produtividade quando plantado nas várzeas altas; todavia, não tolera cheias prolongadas. Comparado ao cacaueiro, membro da mesma família e gênero, o cupuaçuzeiro é menos exigente com relação às condições químicas do solo (Venturieri, 1993; Moraes et al., 1994).

Segundo Martorano et al. (1993), o estudo dos efeitos do clima sobre as plantas é de grande importância, pois além de propiciar maior entendimento

sobre a dinâmica dos ecossistemas, que são determinantes para a vegetação, possibilita o melhor planejamento do uso da terra, compatibilizando a eficiência econômica com a capacidade de suporte do sistema solo-planta-atmosfera.

A precipitação pluviométrica, nos trópicos, é o elemento meteorológico de maior variabilidade, sendo o principal fator na subdivisão de climas. Nesta área, ocorrem altos valores pluviométricos e as precipitações são, predominantemente, do tipo convectivas, em forma de pancadas e de curta duração

De acordo com as considerações de Diniz et al. (1984), as condições climáticas da área de ocorrência natural e de cultivo do cupuaçuzeiro, de onde foi coletado germoplasma da espécie, apresentam as seguintes variações: temperatura anual de 26,1°C a 27,5°C; temperatura média mensal de 24,2°C a 28,2°C; umidade relativa média anual de 77% a 88%; umidade relativa média mensal de 64% a 63% e total pluviométrico anual de 1900mm a 3100mm.

2.4 – Características botânicas

Corrêa (1926 - 1978), Prance & Silva (1975) e Cavalcante (1991) reportaram as características básicas do cupuaçuzeiro. Segundo os autores citados acima, a planta é uma árvore de 4 – 8m (nos indivíduos cultivados), ou de até 18m de altura (nos indivíduos silvestres, na mata alta); tronco geralmente reto, com casca marrom-escura, fissurada, ramificação tricotômica, ramos espessos, compridos, tomentosos, flexíveis, com indumento ferruginoso flocoso, estrias longitudinais, retidoma esfoliativo, tornando-se cinza, glabro; os ramos superiores ascendentes; os ramos inferiores ternados, quase horizontais, cilíndricos.

A copa apresenta-se irregular e pouco espessa. As folhas são simples, alternadas, curto-pecioladas; pecíolos espessos cilíndricos ferrugíneo-tomentosos, com 7 a 14mm de comprimento, 2 a 5mm de espessura; lâmina cortácea, oblonga ou elítico-oblonga, com 20 a 35 ou 15 a 60 cm de

comprimento, 6 a 11 ou 5 a 16 cm de largura, margem inteira ou ligeiramente sinuoso-dentada em direção ao ápice; ápice acuminado, acume de 1 a 2,5 cm de comprimento, glabra na face superior, verde, mais ou menos brilhante, ferrugíneo-tomentosa na face inferior; pêlos estrelados; rede de nervuras filiformes, impressos na face superior; nervura principal proeminente no dorso; nervuras secundárias proeminentes, ascendentes, anastomasando-se junto à margem. As estípulas apresentam-se subcoriáceas rígidas, com 10 a 20mm de comprimento, 3 a 6mm de largura, persistentes, oblongas ou lanceolado-oblongas, obtusas ou subagudas, nervo-estriados, abundantemente lanato-tomentosas, tomento mais ou menos decíduo. As inflorescências são pequenas, axilar ou ramiflora, em cimeiras curtas, reduzidas, com 3 a 5 flores. As flores são hermafroditas, actinomorfas, diclamídeas, heteroclamídeas e hipóginas, com 3 brácteas no ápice do pedicelo, estreitamente lineares, tomentosas, 3 a 4mm de comprimento; pedúnculos espessos, tomentosos, sem bractéolas com 15 a 20mm de comprimento.

A flor do cupuaçuzeiro é pentâmera, no entanto, Neves et al. (1992) encontraram flor tetrâmera e hexâmera, fenômeno que não se refletiu em todas as flores da planta, caracterizando-se como um efeito fisiológico, e não genético.

A fruta é uma drupa, oblonga, elipsóide ou oboval, caindo da árvore quando madura, com 16 a 25cm de comprimento, por 10 a 12cm de largura; pericarpo de 1cm de espessura; epicarpo duro, lenhoso, com 2mm de espessura, coberto com uma delgada epiderme tomentosa, mesocarpo, 7mm de espessura, carnosos; na maturidade apresenta película interna delgada, limitando a cavidade das sementes; de 20 a 50 sementes, seriadas, cada uma envolvida por uma polpa fibrosa amarelada, acidulada e distintamente aromática, derivada dos integumentos; o tegumento interno é delicado, testa subcoriácea, castanho-claro.

2.5 – Características fenológicas

Segundo Prance & Silva (1975), o cupuaçuzeiro floresce no período de julho a dezembro e frutifica de agosto a abril. Calzavara et al (1984) constataram o início do aparecimento das flores em junho e no final de março do ano seguinte, com maior intensidade entre os meses de novembro a janeiro, na floração dos anos de 1982/83 e 1983/84. Já Neves et al. (1993), trabalhando com dados fenológicos de 1989, relataram que a floração iniciou-se na primeira quinzena de junho e a maior intensidade de florescimento ocorreu no período compreendido entre a segunda quinzena de agosto e a primeira de outubro. A frutificação começou na segunda quinzena de junho, e a maior frequência de frutos iniciados foi em agosto; os primeiros frutos maduros caíram na primeira quinzena de dezembro. O período de maior emissão de brotos foliares foi na primeira quinzena de julho, portanto, no final do período chuvoso. Na segunda quinzena de setembro, no meio do período seco, houve a maior abscisão de folhas senescentes. Esses dados mostraram a sincronia de eventos fenológicos com as variáveis meteorológicas. O florescimento na estação seca também foi descrita por Venturieri (1994).

Nas citações acima, verifica-se como ponto comum a ocorrência da maior emissão de brotos foliares do cupuaçuzeiro no final do período chuvoso e a floração no meio do período seco, período de maior atividade por parte dos polinizadores, principalmente, os insetos; enquanto que o desenvolvimento dos frutos ocorre no período mais chuvoso, quando as plantas necessitam de muita água para o bom desempenho da atividade fisiológica de maturação dos frutos.

Esses resultados mostram uma forte interação planta-ambiente, indicando a adaptação da espécie às condições ambientais do trópico úmido.

2.6 – A Doença

Doenças em plantas é um fenômeno biológico, resultante de um processo contínuo que interfere nos processos fisiológicos e morfológicos, sendo prejudicial à planta (Krugner, 1995). Essas alterações podem ser causadas por fatores bióticos e abióticos. Dentre os fatores bióticos mais importantes na cultura do cupuaçu destaca-se o fungo *Crinipellis perniciosa*. Entre os abióticos, incluem-se excesso e falta de umidade no solo e deficiências nutricionais.

A vassoura-de-bruxa é a principal doença do cupuaçuzeiro. Foi descrita pela primeira vez, na cultura do cacau, no Suriname, em 1915 (Stahel, 1915). A doença tem sido reportada como fator limitante da produção de cacau nas regiões produtoras da América do Sul e ilhas do Caribe, Trinidad, Tobago e Grenada (Baker & Holliday, 1957; Bartley, 1977; Desrosiers, 1960; Evans, 1978; Holliday, 1970; Pegler, 1978). Na cultura do cupuaçu, a vassoura-de-bruxa ataca os ramos do ano; conseqüentemente há perda da produção, pois o cupuaçu só produz no ramo do ano.

Na vassoura-de-bruxa, os esporos sexuais produzidos pelos basidiocarpos têm a habilidade de invadir qualquer tecido do cupuaçuzeiro em crescimento ativo (tecidos meristemáticos), tais como brotos vegetativos, flores e frutos, causando sintomas característicos em função do desequilíbrio hormonal principalmente citocininas que surgem da interação patógeno-hospedeiro.

Os sintomas são semelhantes aos descritos na cultura do cacau (Andebrhan et al., 1983). Nos ramos vegetativos infectados, o patógeno acompanha o ponto de crescimento fazendo-o produzir células em maior número (hiperplasia) e de tamanho maior (hipertrofia) que o normal, tornando-os hipertrofiados e com intensa proliferação lateral de outros brotos, cujo aspecto característico é o de uma vassoura-de-bruxa. Os brotos infectados apresentam diâmetros maiores que os normais, entrenós curtos, e as folhas geralmente grandes, de coloração verde-pálido, curvadas e retorcidas e com pulvinos

hipertrofiados. Todo o conjunto, denominado de vassoura-de-bruxa, após determinado período, seca, com as folhas enrolando-se e ficando penduradas, destacando-se entre a ramagem de coloração verde. O vigor da planta e o estágio fisiológico dos lançamentos, quando infectados determinam o tamanho final da vassoura-de-bruxa. No início de um lançamento foliar, grandes vassouras-de-bruxa podem ser formadas.

Nas flores, quando a infecção ocorre nos primeiros estádios da formação do broto até o florescimento, o patógeno determina a formação de um ramalhete de flores anormais, hipertrofiado e agigantado. Nesse casos, essas flores anormais, hipertrofiadas, dão origem a frutos deformados que morrem prematuramente.

Como no caso dos ramos ou lançamentos, as flores infectadas secam rapidamente e permanecem na árvore, apresentando aspecto de vassoura-de-bruxa, e os poucos frutos formados tornam-se mumificados.

Os frutos infectados exibem uma variedade de sintomas, dependendo da idade do fruto. Frutos originados de flores infectadas apresentam formato cilíndrico, com centro deprimido, tornando-se pardo escuro e petrificados. Quando a infecção ocorre em frutos ainda jovens e causada diretamente por basidiósporos através do epicarpo, tornam-se elipsóides. Esses frutos geralmente têm seu crescimento paralisado entre 10 a 15cm de comprimento, tornando-se pardo-escuros, petrificados e portando sementes apodrecidas. Os frutos infectados em estádios mais desenvolvidos ou próximos à maturação apresentam manchas de coloração parda, de formato mais ou menos circular. Nesse caso, as amêndoas encontram-se parcialmente ou totalmente apodrecidas, aderidas entre si.

O ciclo das relações patógeno-hospedeiro do patossistema *Theobroma grandiflorum* – *Crinipellis pernicioso*, Figura 1, inicia quando os basidiocarpos são produzidos em vassouras-de-bruxa necróticas (lançamentos e flores e frutos provenientes de flores infectadas) (Figura 2 A, B, C) que liberam basidiósporos (Figura 2 D). Os basidiósporos são elipsóides, eles germinam formando um

Figura 1 - Ciclo da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro, causada por *Crinipellis pernicioso*

Figura 2 - Vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro (*Crinipellis perniciosa*) A - vassoura-de-bruxa necrótica, B - flores necróticas, e C - frutos necróticos; proveniente de flores infectadas; produzindo basidiocarpos, D - basidiósporos de *C. perniciosa*, E - tecidos meristemático, F e G vassouras-de-bruxa verde (F - provenientes de lançamentos e G - provenientes de flores); H, I e J -vassouras-de-bruxa necróticas (H - provenientes de lançamentos, I - provenientes de flores e J - frutos provenientes de flores infectadas).

longo tubo germinativo, que penetra nos tecidos meristemáticos do hospedeiro (Figura 2 E) via estômatos e ferimentos. Segundo Bastos & Silva (1980) e Silva e Matsuoka (1999), no cacao, a princípio as hifas são localizadas intercelularmente, tornando-se intracelulares quando os tecidos estão próximo à morte. Após a penetração nos tecidos meristemáticos, ocorre a emissão de lançamentos, flores e frutos; esses últimos, neste caso, provenientes de flores infectadas, crescem e se multiplicam – hiperplasia e hipertrofia – dando origem às vassouras-de-bruxa (Figura 2 F, G).

O período de incubação, segundo Nunes et al. (1996), é variável, dependendo da idade do lançamento, quando infectado e de sua fase de crescimento após a inoculação. Em geral, em lançamentos, os sintomas aparecem de três a quatro semanas após a inoculação. A morte fisiológica das vassouras-de-bruxa, ocorre três a doze semanas após o aparecimento dos primeiros sintomas (Figuras 1 e 2 F, G). Após essa fase verificou-se um período de dormência, que variou de nove a quarenta e cinco semanas (Figuras 1 e 2 H, I, J). Esse período foi interrompido no início da estação chuvosa, quando as vassouras-de-bruxa começaram a produzir basidiocarpos, iniciando novo ciclo das relações patógeno-hospedeiro da doença. O período latente varia de catorze a cinquenta e seis semanas e o período infeccioso de duas a quarenta e oito semanas (Nunes et al., 1996).

2.7 – O Patógeno

A vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro é causada pelo fungo *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer, pertencente à classe dos Basidiomicetos, ordem Agaricales e família Agaricaceae. Foi descrito pela primeira vez por Stahel (Stahel, 1915) como *Marasmius perniciosus*. Em 1942 Singer revisou o gênero classificando-o como *C. perniciosa*, confirmado, posteriormente, por Dennis (1951) e Holliday (1970).

O fungo é endêmico em toda a Amazônia, tendo como hospedeiros, além do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), cacau (*T. cacao*), cacau-do-pará (*T. bicolor*), cacau cabeça-de-urubu (*T. obovatum*), cacau jacaré (*T. microcarpum*), cupuí (*T. speciosum*), *Herrania aubiflorta*, *H. nitida* e *H. purpurea* (Thorold, 1975). O fungo tem sido registrado em outros hospedeiros alternativos não pertencentes à família Sterculiaceae, como liana, uma espécie de cipó não identificado (Evans et al., 1977; Pegler, 1978), solanáceas silvestres (*Solanum rugosum* Dunal), denominada vulgarmente de juçara, *S. laseantherum* v. Heurck (Bastos & Evans, 1985), o urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) (Bastos & Andebrhan, 1986) e a *Mascagnia* cf. *sepium* (Bastos et al., 1998).

O *C. perniciosa*, segundo Evans & Bastos (1979), é homotático e possui duas fases fisiológica, genética e morfológicamente diferentes: a fase parasítica, representada por um micélio entumescido, monocariótico, sem grampo de conexão, encontrado somente nos tecidos vivos do hospedeiro, e a fase necrótica, que ocorre nos tecidos mortos (necróticos) e em meio de cultura, consistindo em um micélio fino, dicariótico e com grampos de conexão.

Os corpos de frutificação, de coloração rósea, apresentam diâmetro do píleo variando de 4,81mm a 11,60mm e comprimento do estipe entre 2,20mm a 4,80mm. Os basidiósporos são elipsóides, com comprimento variando entre 5,40μ e 7,97μ e largura entre 10,11μ e 10,96μ (Stein et al., 1996).

2.8 - Epidemiologia

Os estudos epidemiológicos sobre a doença têm sido realizados basicamente na cultura do cacau (*Theobroma cacao*). Segundo Aranzazu (1981), a atividade dos basidiocarpos e a sobrevivência dos basidiósporos dependem de umidade relativa próxima do ponto de saturação. Ainda segundo o mesmo autor, com baixa umidade relativa os basidiocarpos que estão em desenvolvimento ou desenvolvidos, desidratam e secam. No entanto, a saturação do ambiente, em pouco tempo pode reidratá-los. Após uma hora de dessecação os basidiocarpos não são mais viáveis. Além disso, segundo Bastos (1980), a sobrevivência dos basidiósporos depende também da temperatura, decrescendo entre 30 a 35°C e tornando-se inviáveis entre 35 a 40°C. Em dia de alta radiação solar, as ondas ultravioletas do sol e o poder evaporante do ar são letais ao fungo, reduzindo sua viabilidade ao máximo em 48 horas (Evans et al., 1977).

Segundo Aranzazu (1981), as condições favoráveis para a viabilidade dos basidiocarpos são alta umidade e temperatura variando entre 15 a 26°C. Para Baker & Crowdy (1943), o número máximo de basidiocarpos ocorre em épocas chuvosas. A produção é inibida nos períodos secos. Contudo, para que ocorra aumento no número de basidiocarpos é necessário que as precipitações pluviométricas sejam seguidas de intervalos secos (Garcia et al., 1985; Solorzano, 1977; Costa et al., 1997).

De acordo com Andebrhan (1981), em condições de campo, *C. pernicios*a produz basidiocarpos somente em vassouras-de-bruxa secas (necróticas), após a ocorrência de chuvas. No entanto, a precipitação pluviométrica, isoladamente, não determina a frutificação do fungo, mas deve estar associada à evaporação. Os basidiocarpos são produzidos quando ocorre precipitação pluviométrica no final da tarde ou no início da noite, o que coincide com os períodos cuja evaporação é mais baixa (em torno de 1,9 mm). Contudo, Andebrhan (1985) determinou em Manaus/AM que os picos de produção de basidiocarpos ocorrem

em dezembro e de março a abril, coincidindo com os dias de chuva e com níveis de evaporação maiores que 2 mm. Almeida et al. (1995) verificaram que em Benevides/PA, a produção de basidiocarpos e o período produtivo das vassouras-de-bruxa foram favorecidos pelo ambiente do plantio sem sombra. Nesse plantio, a produção de basidiocarpos iniciou-se mais cedo, foi mais intensa e prolongou-se por 10 meses, enquanto que no plantio sombreado a produção foi mais tardia, menos intensa e manteve-se por três meses. Costa et al. (1997) reportaram que em Altamira/PA e Tomé-Açu/PA, a maior produção de basidiocarpos ocorreu durante a primeira metade do ano, referente ao período chuvoso. Segundo, ainda, os mesmos autores, a maior produção de basidiocarpos foi observada nas vassouras-de-bruxa secas penduradas na copa dos cacauzeiros.

Em Trinidad, Mohan & Sreenivasan (1993) analisaram as relações entre o número de basidiocarpos com as seguintes variáveis climáticas: precipitação total e frequência de precipitação pluviométrica; temperatura média e duração acima e abaixo de 30°C e abaixo de 20°C; umidade relativa média e duração acima de 95% e abaixo de 70% e frequência de molhamento após o meio dia, em 1986 e 1987. Nos dois anos de estudos, os autores acima citados não encontraram correlação entre precipitação pluviométrica e produção de basidiocarpos, mas observaram que no ano de 1986 chuvas bem distribuídas induziram a frutificação do fungo. Na Venezuela, Acuña et al. (1991) constataram, por sua vez, que a precipitação pluviométrica foi o fator mais determinante na frutificação do patógeno. Segundo, Thorold (1975), Bastos & Silva (1980), Andebrhan et al. (1983) e Bastos (1990) a precipitação pluviométrica é, comprovadamente, o fator mais importante na produção de basidiocarpos, e o nível ideal de precipitação está entre 1500 a 2000 mm anuais. Máxima frutificação do fungo ocorre quando a precipitação varia entre 200 a 250 mm/mês (Andebrhan, 1982). Em Belém/PA, precipitações menores que 100 mm/mês e maiores que 300 mm/mês reduziram a produção dos corpos de frutificação (Almeida & Andebrhan, 1984). Trabalho realizado pelo Instituto

Colombiano Agropecuário (1988) revelou que quando a precipitação pluviométrica é inferior a 20 mm por semana, não há formação de basidiocarpos e quando é superior a 120 mm por semana, sua formação diminui consideravelmente.

Aranzazu (1981) e Barros (1981) reportaram que a temperatura e a umidade atuam como reguladores do processo de frutificação do fungo. Por sua vez, Andebrhan (1982) relata que a máxima produção de basidiocarpos é favorecida por umidade relativa entre 80 e 90% e temperatura entre 24 e 27°C. Para Bastos (1980), o maior índice de produção de basidiocarpos ocorre com temperaturas entre 15 e 25°C, decresce entre 30 e 35°C e ocorre total redução entre 35 e 40°C. Entretanto, Rocha (1984), trabalhando em condições controladas, constatou maior frutificação do patógeno entre 20 e 25°C, declínio entre 25 e 30°C e nenhuma produção entre 30 e 35°C. Baker & Holliday (1957) verificaram que a formação de esporos ocorre entre 20 e 24°C. Já Andebrhan et al. (1983) e Rocha & Wheeler (1958) encontraram limites mínimo e máximo mais amplos, entre 12 e 30°, respectivamente, sendo o ideal em torno de 24°C.

A umidade relativa próxima ao ponto de saturação é determinante para a liberação dos basidiósporos, que é interrompida quando a umidade relativa é baixa (Thorold, 1975; Aranzazu, 1981). Umidade relativa em torno de 90% é uma das condições ideais para a produção de basidiocarpos (Baker & Holliday, 1957; Garcia et al., 1985). Segundo Bastos (1987), os basidiósporos são geralmente liberados nas primeiras horas da manhã, quando a temperatura é mais baixa e a umidade do ar é elevada. Nas condições de Manabi, Equador, em umidade adequada, basidiósporos são facilmente liberados entre 6 e 10 horas (Solorzano, 1977). Segundo Bastos & Silva (1980) e Andebrhan et al. (1983) em atmosfera saturada de umidade, a germinação dos basidiósporos inicia-se em uma hora, completando-se cerca de quatro horas depois. Na cultura do cupuaçu, Nunes et al. (1996) reportaram que nas mesmas condições – atmosfera saturada – a germinação dos basidiósporos ocorreu em 2 a 4 horas completando-se cerca de 6 horas depois. Por sua vez, Baker & Crowdy (1943)

relataram que com umidade relativa abaixo de 90%, a germinação dos esporos é interrompida, por serem extremamente sensíveis à desidratação. Bastos (1987) indicou que a germinação dos esporos de *C. perniciosa* é, também influenciada pela temperatura e pela luz solar. Bastos (1980) relatou que a condição ideal para a germinação desses esporos é a temperatura estar entre 15 e 25°C e que basidiósporos expostos diretamente à radiação solar apresentam menor índice de germinação.

Algumas informações têm sido obtidas com relação ao progresso da vassoura-de-bruxa do cacauzeiro. Capriles de Reyes (1977), na Venezuela, determinou que a precipitação pluviométrica e a umidade relativa são fatores imprescindíveis ao progresso da vassoura-de-bruxa. Almeida & Andebrhan (1984), em Belém/PA, verificaram maior crescimento da doença quando a precipitação situa-se entre 200 e 300 mm/mês, temperaturas entre 24 e 27°C e umidade relativa entre 80 e 90%. Evans & Bastos (1979) observaram maior incidência de vassouras-de-bruxa em Manaus/AM, em julho, e em Belém/PA e Ouro Preto D'Oeste/RO, em agosto, correlacionando-a à menor precipitação pluviométrica. Em Benevides/PA, Andebrhan (1985) estabeleceu que os picos de ocorrência das vassouras-de-bruxa vegetativas foram de maio a agosto; de almofadas florais infectadas, de julho a outubro e de vassouras vegetativas em almofadas florais, de julho a agosto. Em Manaus/AM, os picos de ocorrência de almofadas florais infectadas e vassouras vegetativas foram de maio a agosto. Em Ouro Preto D'Oeste/RO, a taxa de infecção em almofadas florais, lançamentos e frutos, foi mais elevada que em Manaus/AM, e os picos de ocorrência de almofadas florais infectadas foram em abril, maio e julho e de vassouras-de-bruxa vegetativas em abril, maio e agosto.

3. - MATERIAL E MÉTODOS

3. 1 – Análise da curva de progresso temporal da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro.

3. 1. 1 - Descrição da área

O progresso da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro quantificado por incidência (com as variáveis nº de vassouras-de-bruxa em lançamentos e em flores e produção de basidiocarpos) foi monitorado em plantas de cupuaçu em sistema sombreado, no campo experimental de fruteiras da Embrapa Amazônia Oriental, localizado em Belém (latitude de 01°28' O; longitude 48°28' S e a 10m de altitude) no Estado do Pará.

O campo experimental foi implantado em 1984, com material enxertado e não-enxertado. O enxertado foi proveniente da seleção da mesma planta mãe, mais produtiva; o não-enxertado foi obtido pelo processo de multiplicação de sementes, coletadas das plantas mais produtivas.

3. 1. 2 - Obtenção dos dados

Os dados, para os estudos nos órgãos vegetativos, foram coletados em vinte plantas, sendo dez enxertadas e dez não-enxertadas. Em cada planta foram marcados, nos três terços, dez ramos, perfazendo um total de 200 ramos. Durante os anos de 1993 e 1994, os lançamentos com sintomas da doença foram contados e etiquetados semanalmente.

Para a coleta dos dados nos órgãos reprodutivos, no ano de 1994, foram previamente selecionadas ao acaso quatro plantas não-enxertadas na mesma área experimental. Em cada planta, semanalmente, foram etiquetadas

numeradas todas as flores com sintoma de vassoura-de-bruxa.

Os dados referentes à produção de basidiocarpos foram coletados nas vassouras-de-bruxa necróticas, numeradas e etiquetadas nas plantas marcadas citadas acima. As coletas foram feitas diariamente, contando-se o número de basidiocarpos produzidos em vassouras-de-bruxa vegetativas e reprodutivas. Após a contagem, os basidiocarpos eram eliminados. Nas vassouras-de-bruxa vegetativas, a contagem do número de basidiocarpos foi feita nos anos de 1994 e 1995. Já nas vassouras-de-bruxa reprodutivas, a contagem do número de basidiocarpos foi feita somente no ano de 1995.

3. 1. 3 - Modelos e análise temporal do progresso da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro

De acordo com Hau *et al.* (1993) se assumirmos que as curvas de dupla sigmóide são resultantes de dois processos de crescimento consecutivos, então as curvas podem ser obtidas pela soma de duas funções de crescimento simples. Numa primeira fase a análise temporal constou, da plotagem dos dados de incidência da doença em função do tempo (semanas) para lançamentos, flores e basidiocarpos. Na fase seguinte, diferentes modelos epidemiológicos foram ajustados ao progresso semanal da vassoura-de-bruxa (lançamentos, flores e basidiocarpos). Os modelos Logístico + Logístico ($Y_{LL} = p_{11}/\{1+\exp[-(p_{12}+p_{13} \cdot t)]\} + p_{21}/\{1+\exp[-(p_{22}+p_{23} \cdot t)]\}$) e Gompertz + Gompertz ($Y_{GG} = p_{11}\exp\{-\exp[-(p_{12}+p_{13} \cdot t)]\} + p_{21}\exp\{-\exp[-(p_{22}+p_{23} \cdot t)]\}$) foram testados para vassouras-de-bruxa (lançamentos) e basidiocarpos provenientes de vassouras-de-bruxa vegetativas. Os parâmetros p_{11} e p_{21} são as assíntotas, p_{12} e p_{22} , a incidência inicial da doença e p_{13} e p_{23} são as taxas dos dois processos (Hau *et al.*, 1993).

Para flores com sintomas da doença e basidiocarpos produzidos nessas flores foram testados os modelos logístico ($Y_L = p_{11}/\{1+\exp[-(p_{12}+p_{13} \cdot t)]\}$) e Gompertz ($Y_G = p_{11}\exp\{-\exp[-(p_{12}+p_{13} \cdot t)]\}$) onde p_{11} é a assíntota, p_{12} a incidência inicial da doença e p_{13} a taxa do processo (Campbell & Madden, 1990). O modelo monomolecular não foi testado pois a simples observação visual dos dados foi suficiente para descartá-lo.

O grau de ajuste de cada modelo foi avaliado em função dos valores do coeficiente de determinação (R^2), soma de quadrados do resíduo (SQR) e estimativa da assíntota (AS) (Hau *et al.*, 1993; Bergamin Filho & Amorim, 1996). Os programas STATISTICA (Stat Soft, Tulsa OK U.S.A.) e PLOT IT (Scientific the Programming Enterprises Hasleft) foram usados na análise e construção dos gráficos, respectivamente

3. 2 - Estudos epidemiológicos da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro (*Crinipellis perniciosa*) utilizando análise canônica

3. 2.1 - Órgãos vegetativos

Foram marcados 10 ramos nos três terços (inferior médio e superior) de cada planta (Figura 3). A quantificação das vassouras-de-bruxa foi realizada a intervalos semanais durante os anos de 1993 e 1994: foram marcados e etiquetados os lançamentos ativos com sintomas da doença (plantas enxertadas – VBLE; plantas não-enxertadas – VBLN).

3. 2. 2 - Órgãos reprodutivos

O experimento foi conduzido na mesma área experimental do Centro de Pesquisa da Embrapa Amazônia Oriental. Foram marcadas 4 plantas com 9 anos de idade, por ocasião da instalação do experimento. Em cada planta foram marcadas e etiquetadas semanalmente todas as flores com sintoma de vassoura-de-bruxa (flores – VBF) durante o ano de 1994.

3. 2. 3 - Produção de basidiocarpos em vassouras-de-bruxa necróticas, vegetativas e reprodutivas

Foram consideradas neste estudo vassouras-de-bruxa necróticas (VBLNN), provenientes de 10 plantas não-enxertadas; vassouras-de-bruxa necróticas (VBLNE), provenientes de 10 plantas enxertadas e vassouras-de-bruxa necróticas (VBFN), provenientes de 4 plantas não-enxertadas. As avaliações da produção de basidiocarpos foram realizadas diariamente durante 832 dias para VBLNN e

Figura 3 - Árvore de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). Detalhe da disposição dos ramos (fitas vermelhas), para avaliação dos lançamentos com sintoma de vassoura-de-bruxa.

VBLNE e durante 328 dias para VBFN. A partir dessas avaliações foram calculadas as variáveis: BNE = basidiocarpos produzidos em vassouras-de-bruxa secas e necróticas provenientes de plantas enxertadas; BNN= basidiocarpos produzidos em vassouras-de-bruxa secas e necróticas provenientes de plantas não-enxertadas; BFN = basidiocarpos produzidos em vassouras-de-bruxa secas e necróticas, provenientes de flores.

3. 2. 4 - Dados climáticos

Os dados horários e diários de temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica foram quantificados empregando-se termohigrógrafo e pluviógrafo, respectivamente. O termohigrógrafo foi instalado dentro de um abrigo meteorológico a 1,5 m do nível do solo, dentro da área do experimento. O pluviógrafo foi colocado próximo ao abrigo meteorológico. As seguintes variáveis foram consideradas: TMINS (temperatura mínima semanal, em °C); TMAXS (temperatura máxima semanal, em °C); TMEDS (temperatura média semanal, em °C); URMINS (umidade relativa mínima semanal, em %); URMAXS (umidade relativa máxima semanal, em %); URMEDS (umidade relativa média semanal, em %); TPPS (total de precipitação pluviométrica semanal, em mm); TMIND (temperatura mínima diária, em °C); TMAXD (temperatura máxima diária, em °C); TMEDD (temperatura média diária, em °C); URMIND (umidade relativa mínima diária, em %); URMAXD (umidade relativa máxima diária, em %); URMEDD (umidade relativa média diária, em %); TPPD (total de precipitação pluviométrica diária, em mm).

3. 2. 5 - Efeito das variáveis climáticas na incidência de vassouras-de-bruxa vegetativas e reprodutivas e na produção de basidiocarpos

Para avaliar a influência de cada uma de 7 variáveis climáticas (variáveis explicativas) (TMINS, TMAXS, TMEDS, URMINS, URMAXS, URMEDS, TPPS) sobre a atividade dos órgãos vegetativos e reprodutivos com sintomas da doença (variáveis básicas) (VBLE, VBLN, VBF) utilizou-se modelo de regressão múltipla. Para cada uma das 7 variáveis climáticas descritas foram considerados os intervalos de 4 a 5 semanas antes da obtenção dos dados da emissão dos lançamentos e das flores, respectivamente, com base em Nunes et al. (1996).

As variáveis independentes foram selecionadas pela técnica de regressão 'stepwise', com nível de seleção de 0,0001 a 0,1500 de significância obtido pelo teste F e pelos valores do coeficiente de regressão R^2 parcial. Em seguida, procedeu-se à análise de correlação canônica. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o Systems Analysis Statistics (SAS, 1985) na versão 6.0. A análise multivariada de correlação canônica foi realizada com o "Procedure" CANCERR.

Para basidiocarpos, outras 7 variáveis climáticas explicativas (TMIND, TMAXD, TMEDD, URMIND, URMAXD, URMEDD e TPPD) foram relacionadas às variáveis básicas VBLE, VBLN e VBF, utilizando-se o mesmo tratamento estatístico descrito acima.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4. 1 – Análise da curva de progresso temporal da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro.

4. 1. 1 - Curvas de progresso da doença

Os valores não-cumulativos e cumulativos da incidência da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro (Figura 4) evidenciaram maior incidência de lançamentos com sintomas da doença entre as semanas 30 e 40 e 80 e 100, tanto nas plantas enxertadas quanto nas não-enxertadas, que corresponde aos meses de agosto a outubro e julho a dezembro, respectivamente. Nas flores, a maior incidência da doença foi observada entre as semanas 80 e 100 (Figura 4). Já para basidiocarpos (Figura 5) a maior incidência ocorreu entre as semanas 70 e 80 e 120 e 132, tanto nas plantas enxertadas como nas não-enxertadas, que corresponde aos meses de maio a julho e abril a julho, respectivamente (Figura 5). Nas flores, a maior produção de basidiocarpos ocorreu entre as semanas 120 e 132 (Figura 5). As curvas cumulativas exibem semelhança, principalmente, entre plantas enxertadas e não-enxertadas (Figuras 4 e 5), diferindo, unicamente no nível assintótico das duas fases de crescimento da doença.

Figura 4 - Curvas não-cumulativas, média mensal, (à esquerda), cumulativas e ajuste epidemiológico (à direita - linha contínua) do progresso da incidência da vassoura-de-bruxa. (a, b) plantas enxertadas; (c, d) plantas não-enxertadas e (e, f) flores. No Período de 1993 à 1994.(0=1ª semana janeiro de 1993).

Figura 5 -Curvas não-cumulativas, média mensal, (à esquerda); cumulativas e ajuste epidemiológico (à direita - linha contínua) do progresso da produção de basidiocarpos. (a, b) plantas enxertadas, (c, d) plantas não-enxertadas e (e, f) flores. No período de outubro de 1993 à dezembro de 1995. (40=1ª semana de outubro de 1993).

Tabela 1 – Coeficiente de determinação (R^2) e soma do quadrado do resíduo (SQR) das funções matemáticas testadas para o progresso da vassoura-de-bruxa, em órgãos vegetativos (lançamentos) e reprodutivos (flores). Período de 1993 a 1994.

Funções	Lançamentos				Flores	
	Plantas enxertadas		Plantas não-enxertadas			
	R^2	SQR	R^2	SQR	R^2	SQR
Log + Log	0,997	330,93	0,996	3196,2		
Gomp + Gomp	0,997	445,04	0,995	4541,2		
Log					0,998	72,4
Gomp					0,998	74,3

Log + Log = Logístico + Logístico

Gomp + Gomp' = Gompertz + Gompertz

Log = Logístico com três parâmetros

Gomp = Gompertz com três parâmetros

Tabela 2 – Coeficiente de determinação (R^2) e soma do quadrado do resíduo (SRQ) das funções matemáticas testadas para o progresso da produção de basidiocarpos em órgãos vegetativos (lançamentos) e reprodutivos (flores). Período de 1994 a 1995.

Funções	Lançamentos				Flores	
	Plantas enxertadas		Plantas não-enxertadas			
	R^2	SQR	R^2	SQR	R^2	SQR
Log + Log	0,989	2069876,5	0,996	3196,2		
Gomp + Gomp	NA	NA	NA	NA		
Log					0,987	85963,6
Gomp					0,985	323192,1

Log + Log = Logístico + Logístico

Gomp + Gomp' = Gompertz + Gompertz

Log = Logístico com três parâmetros

Gomp = Gompertz com três parâmetros

NA = Modelo não ajustou

Tabela 3 – Estimativa da maior assíntota (AS) dos dados do progresso da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro, em órgãos vegetativos e reprodutivos. Período de 1994 a 1995.

Funções	Lançamentos				Flores	
	Plantas enxertadas		Plantas não-enxertadas			
	Vass.	Basid.	Vass.	Basid.	Vass.	Basid.
	AS*	AS*	AS*	AS*	AS**	AS**
Log + Log	134,59	4798,40	328,63	14703,74		
Gomp + Gomp	136,11	NA	345,31	NA		
Log					106,20	1884,28
Gomp					106,23	1882,37
Sev. máx. obs.	131	4807	310	14685	106	1884

Log + Log = Logístico + Logístico

Gomp + Gomp = Gompertz + Gompertz

Log = Logístico com três parâmetros

Gomp = Gompertz com três parâmetros

NA = Modelo não ajustou

AS* = p_{21}

AS** = p_{11}

Sev. máx. obs. = Severidade máxima observada

Obs. Os valores p_{11} + p_{21} provem dos modelos (Logístico + Logístico e Gompertz + Gompertz) e, p_{11} dos modelos (Logístico e Gompertz com três parâmetros)

A soma das equações logísticas foi superior à soma das equações de Gompertz no ajuste aos dados bianuais de incidência da doença nos lançamentos (Tabela 1) e aos dados bianuais de produção de basidiocarpos (Tabela 2). Os valores estimados das assíntotas, encontram-se na Tabela 3. Esses dados foram suficientes para aceitar a hipótese do crescimento logístico para a doença vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro.

O período latente, determinado pela diferença entre as curvas de sintomas iniciais e as curvas de produção de basidiocarpos, foi estimado entre 15 e 61 semanas. O período infeccioso, determinado pela diferença entre o início da produção de basidiocarpos e a deterioração da vassoura-de-bruxa foi estimado entre 2 e 48 semanas.

O início da epidemia da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro esteve geralmente associado ao período seco (lançamentos e flores) enquanto que a produção de esporos iniciou-se com o período chuvoso. A maior emissão de vassoura-de-bruxa (lançamentos e flores) ocorreu de julho a outubro e a maior frutificação, entre maio e julho. Na segunda fase do processo epidemiológico maiores valores cumulativos semanais de lançamentos doentes e de basidiocarpos foram observados (Figuras 4 e 5). As plantas enxertadas apresentaram menor incidência da doença, tanto na primeira como na segunda fase do processo epidêmico. Isto deve-se, provavelmente, a um maior grau de resistência à doença nessas plantas.

De forma similar aos resultados obtidos por Evans & Bastos (1979) no patossistema *Theobroma cacao* – *Crinipellis perniciosa*, a maior incidência de vassoura-de-bruxa em lançamentos e flores coincidiu com o período de menor precipitação pluviométrica (entre agosto a outubro). A produção de basidiocarpos ocorreu com maior incidência entre maio e julho, coincidindo com o final do período chuvoso (Figura 6). A vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro é altamente influenciada pelas condições ambientais, as quais foram representadas por análise de correlação canônica (Nunes, 2000). Resultados semelhantes também foram descritos, na cultura do cacau, por Andebrhan (1985), Aranzazu & Buritica (1993) e Costa *et al.* (1997).

A aplicação das funções de sigmóide dupla e sigmóide simples no patossistema *Theobroma grandiflorum* – *Crinipellis perniciosa* é proposta neste

Figura 6 - Curvas não-cumulativas da produção de basidiocarpos (a) em vassouras-de-bruxa necróticas provenientes de flores (b) em vassouras-de-bruxa necróticas provenientes de lançamentos; no período de outubro de 1993 a dezembro de 1995. Médias semanais.(40=1ª semana de outubro de 1993).

trabalho para a descrição da curva de progresso da doença e permitiu mostrar que as mais importantes fontes de inóculo de *C. perniciosa* são as vassouras-de-bruxa secas e necróticas provenientes de lançamentos, pois o número de basidiocarpos produzido nos órgãos vegetativos chega a ser 8 vezes maior que nos reprodutivos (Figura 4 e Tabela 3).

O método de controle mais comum, a poda fitossanitária, reduz o inóculo inicial. A remoção dos tecidos doentes deve ocorrer em setembro – outubro, coincidentemente com a maior taxa de progresso da doença, no período seco. É também recomendável que aliada à poda de limpeza das árvores realizada nos meses de fevereiro – março, outra poda de remoção de tecidos doentes seja feita, evitando, assim, a produção de basidiocarpos que se inicia nos meses seguintes.

4. 2 – Estudos epidemiológicos da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro (*Crinipellis pernicioso*) utilizando análise canônica.

4. 2. 1 - Influência das variáveis climáticas sobre a incidência da vassoura-de-bruxa em órgãos vegetativos e reprodutivos

A cinética de aparecimento de vassouras-de-bruxa em plantas enxertadas (VBLE), plantas não-enxertadas (VBLN) e em flores (VBF) está representada na Figura 7. Os coeficientes de regressão (R^2) parcial e do modelo das regressões entre variáveis climáticas (Tabela 4) e número de vassouras-de-bruxa provenientes de lançamentos (VBLE e VBLN) e de vassouras-de-bruxa provenientes de flores (VBF) estão apresentados na Figura 7.

A análise de seleção 'stepwise' contribuiu significativamente para distinguir o melhor conjunto de variáveis climáticas, com base nos coeficientes de determinação R^2 do modelo das regressões. As variáveis de melhor correlação com o número de vassouras-de-bruxa, em ordem crescente de importância, foram: para a variável VBLE (plantas enxertadas), TPPS, TMINS, TMAXS e URMAXS; para a variável VBLN (plantas não-enxertadas), TMAXS, URMINS, TPPS, TMINS, URMAXS e URMEDS; para a variável VBF (flores), TMAXS, URMAXS, TMINS e URMINS (Tabela 4).

As variável canônica CAN1, em relação à variável VBLE, apresentou $r = 0,31$ e $p = 0,0001$; em relação à variável VBLN, apresentou $r = 0,39$ e $p = 0,0001$; em relação à variável VBF, apresentou $r = 0,80$ e $p = 0,0001$. A variável CAN1 correlacionou-se positivamente com o número de vassoura-de-bruxa – variáveis básicas - (Figura 8). Por sua vez, as variáveis explicativas, de acordo com a

Figura 7 - Incidência da vassoura-de-bruxa (VBLE) em plantas enxertadas, (VBLN) em plantas não-enxertadas, (VBF) em flores. Médias semanais. No período de outubro de 1993 a dezembro de 1995. (0=1ª semana de janeiro de 1993).

Tabela 4 – Coeficiente de determinação (R^2) parcial e do modelo da regressão de Stepwise entre as variáveis climáticas (variáveis explicativas) e a atividade dos órgãos vegetativos (VBLE, VBLN) e reprodutivos (VBF) com variáveis básicas; quatro e cinco semanas respectivamente, antes da atividade dos órgãos.

Variáveis Climáticas	VBLE		VBLN		VBF	
	R^2 (par.)	R^2 (mod.)	R^2 (par.)	R^2 (mod.)	R^2 (par.)	R^2 (mod.)
URMAXS	0,0735	0,0735*	0,1060	0,1060*	0,1018	0,5782*
TMAXS	0,0095	0,0830*	0,0033	0,1525*	0,0640	0,6422*
TMINs	0,0050	0,0879*	0,0156	0,1216*	0,1518	0,4764*
TPPS	0,0017	0,0896**	0,0096	0,1312*	-	-
URMINS	-	-	0,0046	0,1358*	0,3246	0,3246*
URMEDS	-	-	0,0135	0,1494*	-	-

*: nível de significância de 0,0001 a 0,0049

** : nível de significância de 0,0050 a 0,0099

par.: parcial

mod.: modelo

Figura 8 - Ordenação linear da incidência da vassoura-de-bruxa -variáveis básicas - (VBLE) plantas enxertadas, (VBLN) plantas não-enxertadas, (VBF) flores; em relação a variável canônica principal CAN1

análise de correlação canônica, correlacionam-se positivamente com TPPS, URMXS e TMINs; a correlação foi negativa para URMEDS e TMAXS. A variável TMEDS teve correlação positiva para VBLN e negativa para VBLE e VBF (Tabela 5).

O critério de escolha das variáveis explicativas foi com base no valor do coeficiente de determinação R^2 do modelo (Tabela 4) e no peso dos coeficientes padronizados (Tabela 5).

Segundo Costa (1993), o aumento na incidência da doença vassoura-de-bruxa em órgãos vegetativos do cacaueiro, nos municípios de Altamira e Tomé-Açu/PA, coincidiu com o declínio das chuvas. No presente estudo, a incidência da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro foi alta nos órgãos vegetativos e coincidiu com o período seco na região. Segundo Aranzazu (1990), a intensidade da doença parece depender mais do estado fisiológico e do clima que da quantidade de inóculo, pois geralmente o inóculo está presente tanto nos períodos úmidos quanto nos relativamente secos.

O aparecimento de sintomas nos órgãos vegetativos e reprodutivos no período seco (julho a dezembro) e em maior quantidade no mês de agosto está de acordo com Nunes et al. (1996). Embora ocorra durante o ano todo, a vassoura-de-bruxa é mais freqüente nos meses secos. Contribuem para isso não só a presença dos basidiósporos como a ocorrência de infecções latentes nos órgãos vegetativos e reprodutivos. Bastos (1988) admitiu que o patógeno é capaz de penetrar no tecido maduro com gemas dormentes e de se desenvolver de modo limitado no interior do tecido, até a formação de novos lançamentos. Com a quebra da dormência das gemas, há formação de lançamentos jovens, que são infectados por via interna pelo micélio originário do tecido maduro.

Tabela 5 – Variáveis climáticas (variáveis explicativas) que contribuíram significativamente para a incidência da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) do cupuaçuzeiro (VBLE, VBLN, VBF) com variáveis básicas, pelo coeficiente padronizado.

Variáveis	VBLE	VBLN	VBF
Climáticas	Coef. Padronizado	Coef. Padronizado	Coef. Padronizado
TPPS	0,2251	0,3338	0,1047
URMEDS	-0,4090	-0,6504	-0,1541
URMAXS	0,9250	0,8192	0,4957
URMINS	0,3953	0,5123	0,7313
TMEDS	-0,0542	0,0301	-0,1728
TMAXS	-0,2927	-0,2250	-0,2953
TMINS	0,2687	0,4651	0,9058

Coef.: Coeficiente

VBLE: Vassoura-de-bruxa (Lançamentos) – plantas enxertadas

VBLN: Vassoura-de-bruxa (Lançamentos) – plantas não-enxertadas

VBF: Vassoura-de-bruxa (Flores)

Entre os sintomas de vassoura-de-bruxa avaliados em órgãos vegetativos e reprodutivos do cupuaçuzeiro, o mais comum foi a vassoura-de-bruxa vegetativa. Segundo Andebrhan & Fonseca (1985), árvores de cacau com alta intensidade de vassouras-de-bruxa vegetativas têm, geralmente, elevado índice de infecção em almofadas florais. Os mesmos autores também observaram que em híbridos suscetíveis, em Ouro Preto D'Oeste/RO, o número de almofadas florais infectados/árvore foi significativamente correlacionado com o número de vassouras-de-bruxa vegetativas na mesma árvore.

Costa (1993), empregando análise de trilha, determinou, dentre as variáveis climáticas estudadas, as que tiveram efeitos relativamente grandes, diretos ou indiretos na intensidade da vassoura-de-bruxa do cacaueiro. Segundo o autor, a variável 'temperatura máxima', em intervalo de oito a nove semanas, foi considerada como a que melhor explicou a intensidade de doença.

Os valores médios dos contrastes das variáveis canônicas URMXS e TMAXS, em intervalos de quatro semanas antes da emissão dos lançamentos (órgãos vegetativos) e cinco semanas antes da emissão das flores (órgãos reprodutivos) foram considerados como os conjuntos de variáveis que melhor explicaram o maior número de vassouras-de-bruxa. Observou-se, ainda, maior número de vassouras-de-bruxa quando a variável canônica CAN1 apresentou escores baixos, entre 80 e 90 para VBLE; 60 e 90 para VBLN e 90 e 100 para VBF. Estes dados indicam que o número de vassouras-de-bruxa será maior quanto menor for a distância da média ponderada das variáveis explicativas URMEDS com a URMINS com o contraste da variável TPPS.

Andebrhan et al. (1983) observaram, em cacau, sintomas de vassouras-de-bruxa em lançamentos quatro a seis semanas após a inoculação. Na cultura do cupuaçu, Nunes et al. (1996) observaram sintomas de vassoura-de-bruxa em lançamentos três a quatro semanas após a inoculação, quando ensaios foram conduzidos em condições de telado. Segundo Almeida et al. (1985), maiores intervalos foram observados na cultura do cacau, em diferentes clones inoculados com dois isolados de *Crinipellis perniciosa*. Os autores observaram período de incubação de três, quatro e onze semanas.

O comportamento sazonal da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro foi similar nos dois anos estudados para plantas enxertadas (VBLE) e plantas não

enxertadas (VBLN). A partir de janeiro ocorreu o aparecimento de vassouras-de-bruxa. O ponto máximo foi atingido entre agosto e setembro, tanto para lançamentos como para flores. O início do aparecimento de flores com sintomas da doença ocorreu a partir de junho/julho. Os lançamentos e flores doentes começam a diminuir a partir de outubro, atingindo o seu ponto mínimo entre novembro a janeiro; as emissões de vassouras-de-bruxa (lançamentos) e flores reiniciam-se a partir de junho/julho.

4. 2. 2 - Influência das variáveis climáticas sobre a produção de basidiocarpos, produzidos em órgãos necróticos vegetativos e reprodutivos

A cinética de aparecimento de basidiocarpos em plantas enxertadas (BNE), plantas não-enxertadas (BNN) e em flores (BFN) está representada na Figura 9. Os coeficientes de regressão (R^2) parcial e do modelo das regressões entre variáveis climáticas (Tabela 6) e número de basidiocarpos provenientes de órgãos vegetativos (BNE e BNN) e reprodutivos (BFN) estão apresentados na Figura 9.

Os melhores coeficientes de determinação para representar a produção de basidiocarpos, em ordem crescente, foram os que incluíram as variáveis: para BNE (plantas enxertadas), TMIND, TMAXD, URMEDD, TPPD, URMAXD e TMEDD; para BNN (plantas não-enxertadas), TMIND, URMEDD, TMEDD, URMAXD, TPPD e URMIND; para BFN (flores) TMEDD, TPPD, URMIND, URMAXD e TMIND. Os valores de (R^2) parcial e do modelo apresentaram valores significativos pelo teste F ($0,0001 < p < 0,1500$) (Tabela 6).

O critério de seleção das variáveis explicativas foi escolhido com base nos valores do coeficiente de determinação (R^2) do modelo (Tabela 6) e no peso dos coeficientes padronizados (Tabela 7).

A variável canônica CAN1, em relação à variável BNE, apresentou $r = 0,42$. e $p = 0,0001$; em relação à variável BNN, apresentou $r = 0,42$ e $p = 0,0001$; em relação à variável BFN, apresentou $r = 0,22$ e $p = 0,0001$. A variável canônica correlacionou-se positivamente com as variáveis básicas – BNE e BNN - produção de basidiocarpos (Figura 10). Por sua vez, a variável CAN1 correlacionou-se negativamente com a variável básica – BFN. A variável climática (explicativa) TPPD correlacionou-se negativamente e as variáveis URMED, URMAXD, TMEDD, TMAXD e TMIND correlacionaram-se positivamente

Figura 9 - Produção de basidiocarpos em vassouras-de-bruxa necróticas, provenientes de plantas enxertadas (BNE), plantas não-enxertadas (BNN) e flores (BFN), de outubro de 1993 a dezembro de 1995. (0=1º dia de outubro de 1993).

Tabela 6 – Coeficiente de regressão (R^2) parcial e do modelo da regressão de Stepwise entre as variáveis climáticas (variáveis explicativas) e a produção de basidiocarpos em órgãos vegetativos (BNE, BNN) e reprodutivos (BFN) (variáveis básicas), um dia antes do aparecimento dos basidiocarpos.

Variáveis Climáticas	BNE		BNN		BFN	
	R^2 (par.)	R^2 (mod.)	R^2 (par.)	R^2 (mod.)	R^2 (par.)	R^2 (mod.)
TMIND	0,0865	0,0865*	0,0814	0,0814*	0,0022	0,0504***
TMAXD	0,0234	0,1099*	-	-	-	-
URMEDD	0,0369	0,1468*	0,0310	0,1124*	-	-
TPPD	0,0159	0,1627*	0,0192	0,1749*	0,0113	0,0259*
URMAXD	0,0140	0,1767*	0,0212	0,1555*	0,0095	0,0482*
TMEDD	0,0041	0,1808*	0,0220	0,1345*	0,0146	0,0146*
URMIND	-	-	0,0020	0,1769**	0,0129	0,0388*

* = nível de significância de 0,0001 a 0,0049

** = nível de significância de 0,0050 a 0,0099

*** = nível de significância de 0,1000 a 0, 1500

par. = parcial

mod. = modelo

Tabela 7 – Variáveis climáticas que contribuíram significativamente para a incidência da produção de basidiocarpos de (*Crinipellis pernicioso*) do cupuaçuzeiro (BNE, BNN, BFN), pelo coeficiente canônico padronizado.

Variáveis	BNE	BNN	BFN
Climáticas	Coef. Padronizado	Coef. Padronizado	Coef. Padronizado
TPPD	-0,3185	-0,3129	0,5760
URMEDD	0,5973	0,8199	0,0961
URMAXD	0,2932	0,3649	-0,4462
URMIND	-0,0919	-0,1933	-0,6602
TMEDD	0,2938	0,9312	-0,8217
TMAXD	0,4379	0,0155	-0,0272
TMIND	0,2384	0,1841	0,2425

Coef.: coeficiente

BNE: basidiocarpos produzidos em vassouras-de-bruxa necróticas provenientes de plantas enxertadas

BNN: basidiocarpos produzidos em vassouras-de-bruxa necróticas provenientes de plantas não-enxertadas

BFN: basidiocarpos produzidos em vassouras-de-bruxa necróticas provenientes de flores

Figura 10 - Ordenação linear da produção de basidiocarpos (variáveis básicas) produzidos em vassouras-de-bruxa necróticas em plantas enxertadas (BNE), plantas não-enxertadas (BNN) e flores (BFN), com relação a variável canônica CAN1.

com a variável básica (BNE). Por sua vez, as variáveis explicativas TPPD e URMIND correlacionaram-se negativamente e URMEDD, URMAXD, TMEDD, TMIND correlacionaram-se positivamente com a variável básica (BNN). TPPD e URMIND correlacionaram-se positivamente; URMAXD, URMIND, TMAXD; negativamente com a variável básica (BFN) (Tabela 7).

A produção de basidiocarpos de *Crinipellis pernicioso* do cupuaçuzeiro foi maior durante a primeira metade do ano, especialmente de maio a julho, coincidindo com o final do período chuvoso na região. Na região Amazônica, durante o período chuvoso, a produção de basidiocarpos é reduzida e até mesmo inibida nos meses de maior precipitação pluviométrica, como consequência da saturação hídrica nas vassouras-de-bruxa, fato também observado por Almeida & Andebrhan (1987) na cultura do cacau. Observou-se pouca frutificação do patógeno no período seco, semelhante aos dados encontrados por Maddison et al. (1993), no Equador. Segundo Baker & Crowdy (1943), Solorzano (1977) e Garcia et al. (1985), a produção máxima de basidiocarpos ocorre na época chuvosa. No entanto, para que haja aumento significativo no número de basidiocarpos formados é necessário que precipitações sejam seguidas de intervalos secos, similarmente ao encontrado na cultura do cacau por Solorzano (1977) e Garcia et al. (1985).

O início da produção de basidiocarpos nos órgãos vegetativos e reprodutivos no período chuvoso (março a julho) e com maior frequência nos meses de maio a julho está de acordo com o relatado por Nunes et al. (1996). A maior produção de basidiocarpos geralmente ocorre na época chuvosa podendo, também, ocorrer em períodos secos subseqüentes a precipitações isoladas, de modo similar ao que acontece na cultura do cacau no Equador (Maddison et al., 1993).

Comparando-se as fontes de inóculo vegetativas (BNE e BNN) com as reprodutivas (BFN), observou-se que nas BNN os basidiocarpos foram produzidos mais cedo e em quantidades superiores aos produzidos nas BNE. A quantidade de basidiocarpos produzida nas fontes de inóculo BFN foi ainda menor e mais tardia. Entretanto, deve-se considerar sua contribuição no processo epidemiológico da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro.

De acordo com Rudgard (1985), diferenças no início da produção de basidiocarpos nas vassouras-de-bruxa necróticas podem ser atribuídas ao fato de o micélio do fungo necessitar de diferentes períodos de tempo para acumular nutrientes e frutificar. A maior frequência de semanas com basidiocarpos ocorreu nas vassouras-de-bruxa necróticas, lançadas nas plantas não-enxertadas (BNN), seguida das lançadas nas plantas enxertadas (BNE). Poucos basidiocarpos formaram-se nas flores necróticas (BFN). Fato semelhante foi relatado para a cultura do cacau por Andebrhan (1985), em Ouro Preto D'Oeste/RO, Acuña et al. (1991), na Venezuela, Aranzazu & Buritica (1993), em Montelindo, na Colômbia, Maddison et al. (1993), no Equador, Mohan & Sreenivasan (1993), em Trinidad, Willians & James (1993), em Granada, e Costa et al. (1997), em Altamira e Tomé-Açu/PA. Deste modo fica evidenciada a importância das vassouras-de-bruxa vegetativas necróticas na epidemia da doença. Essas estruturas são o principal alvo de controle para reduzir o inóculo inicial na cultura do cupuaçu.

Costa (1993), em seus estudos com a cultura do cacau, discutiu a influência do clima na produção de basidiocarpos. Os estudos mostraram que as equações que incluíram as variáveis relacionadas à precipitação pluvial foram as que mais explicaram a frutificação do patógeno. O mesmo autor indica que a variável que mais se destacou em Altamira/PA foi a duração da precipitação pluvial; em Tomé-Açu/ foram a precipitação pluvial e o total da precipitação pluvial. Vários autores também constataram que a precipitação pluviométrica foi o fator mais importante na produção de basidiocarpos (Andebrhan, 1981; Andebrhan et al. 1983; Aranzazu, 1981; Aranzazu & Buritica, 1993; Baker & Crowdy, 1943; Bastos & Silva, 1980; Costa et al. 1997; Mohan & Sreenivasan, 1993 e Thorold, 1975).

Os valores médios da soma das variáveis canônicas URMEDD, URMAXD e TMEDD com o contraste da variável canônica TPPD, em intervalos de um dia antes do aparecimento dos basidiocarpos – em vassouras-de-bruxa necróticas (lançamentos e flores) - com exceção da URMEDD para flores, foram as combinações das variáveis climáticas que melhor explicaram a produção de basidiocarpos. Verificou-se, ainda, maior produção de basidiocarpos quando a variável canônica CAN1 apresentou escores de médio a alto, entre 90 e 105 para a variável básica BNE; entre 105 e 120 para a variável básica BNN e entre 90 e

105 para BFN. Estes resultados indicam que a produção de basidiocarpos será sempre maior quanto maior for o contraste da soma das variáveis URMEDD, URMAXD e TMEDD com a variável TPPD.

O comportamento sazonal da produção de basidiocarpos em vassouras-de-bruxa necróticas (BNE, BNN) foi similar nos dois anos estudados (1994 e 1995). A partir de outubro de 1994 até dezembro desse ano ocorreu o início da produção de basidiocarpos nas vassouras-de-bruxa em estágio necrótico. A partir de janeiro do ano seguinte até abril poucas estruturas foram produzidas; entre maio e julho atingiu-se o ponto máximo de produção. A partir de outubro as fontes de inóculo encontravam-se praticamente deterioradas. O ciclo reiniciou-se em novas fontes de inóculo (1995). Nas flores necróticas (BFN), a produção de basidiocarpos ocorreu no mesmo período das vassouras-de-bruxa necróticas (1995).

5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos nos experimentos de campo, pode-se concluir que:

- O progresso temporal da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro (*Crinipellis perniciosa*) foi explicado pelos modelos matemáticos Logístico + Logístico, para vassoura-de-bruxa e produção de basidiocarpos – órgãos vegetativos – e Logístico com três parâmetros, para vassoura-de-bruxa e produção de basidiocarpos – órgãos reprodutivos;
- Os valores médios dos contrastes das variáveis URMXS e TMAXS, em intervalos de quatro semanas antes do aparecimento da doença – órgãos vegetativos – e cinco semanas antes – órgãos reprodutivos – foram as melhores combinações que explicaram a incidência de vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro (*C. perniciosa*);
- Os valores médios da soma das variáveis climáticas URMEDD, URMAXD, TMEDD com o contraste do TPPD, um dia antes do aparecimento da fonte de inóculo, foram as combinações que melhor explicaram a produção de basidiocarpos em órgãos vegetativos e reprodutivos;
- O período latente e o período infeccioso da doença foram longos. O primeiro variou de 15 a 61 semanas e o segundo de 2 a 48 semanas;

- As mais importantes fontes de inóculo do *C. perniciosa* foram as vassouras-de-bruxa necróticas, provenientes de lançamentos – órgãos vegetativos;
- Com base no ciclo da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro causado por *C. perniciosa*, a remoção dos tecidos doentes deve ser feita em dois períodos: em setembro – outubro, antes do início do período chuvoso e, em fevereiro – março, junto com a poda de condução e limpeza das árvores.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUÑA, R. S.; REYES, E. H.; COLMENARES, P.F. Comparative epidemiology study: Venezuela – El Pinal, In: WORKSHOP INTERNATIONAL WITCHES' BROOM PROJECT, 7, London, 1991. **Papers...** s.1., s. ed. 1991, 8p.
- ALMEIDA, L. C. de ; ANDEBRHAN, T. Recuperação de plantas de cacau com alta incidência de vassoura-de-bruxa na Amazônia Brasileira. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISA EM CACAU, 10, . Santo Domingos. 1987. p. 337 – 339.
- ALMEIDA, L. C. de; ANDEBRHAN, T. **Investigações sobre vassou-ra-de-bruxa do cacaueiro (*Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer)) na Amazônia Brasileira**; Belém: CEPLAC/DEPEA, 1984. 40p.
- ALMEIDA, L. C. de; BASTOS, C. N.; FERREIRA, N. P. Produção de basidiocarpos de *Crinipellis perniciosa* em dois sistemas de cultivo do cacaueiro. **Fitopatologia Brasileira**. v. 20, p. 60 – 64, 1995.
- ALMEIDA, L. C., ANDEBRHAN, T.; FONSECA, S. E. A. reação de clones de cacau à *Crinipellis perniciosa*. Ilhéus: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA, 1985, p. 446 – 447. (Informe de Pesquisa).
- ANDEBRHAN, T. Epidemiologia da vassou-ra-de-bruxa. Belém: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA/DEPARTAMENTO ESPECIAL DA AMAZÔNIA, 1982, p. 48 – 61. (Informe Técnico).

- ANDEBRHAN, T. Efeito das condições ambientais sobre a produção de basidiocarpos de *Crinipellis pernicioso*. Belém: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA/DEPARTAMENTO ESPECIAL DA AMAZÔNIA, 1981. p. 65 – 66. (Informe Técnico).
- ANDEBRHAN, T. Produção de basidiocarpos em relação ao controle fitossanitários. Belém: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA/DEPARTAMENTO ESPECIAL DA AMAZÔNIA, 1985. p. 42 – 44. (Informe de Pesquisa).
- ANDEBRHAN, T. & FONSECA, L. C. Avaliação de produção de basidiocarpos em vassouras-de-bruxa de clomes de cacau. Belém: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA/DEPARTAMENTO ESPECIAL DA AMAZÔNIA. 1985. p. 447 (Informe de Pesquisa).
- ANDEBRHAN, T.; ALMEIDA, L. C. de; FONSECA, S. E. A. **Doenças do cacaueiro**. Belém: CEPLAC/DEPEA/COPEPES.1983. 91p.
- ANDEBRHAN, T.; ALMEIDA, L. C. de & FONSECA, S. E. A. **Doenças do cacaueiro**. Belém: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. DEPARTAMENTO ESPECIAL DA AMAZÔNIA., 1983. 91p.
- ARANZAZU, H. F. algunos aspectos de la biología do fungo *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer en la region de Urubá. Bogota, 1981. 80p. Tese (M.S) – Universidade Nacional de Colombia.
- ARANZAZU, H. F. Epidemiologia de la escoba de bruja enfermedad del cacao en la zona marginal cafetera y Llanos orientales de Colombia. Manizales: INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1990, 36p. (Informe de Resultados).
- ARANZAZU, H. F. & BURITICÁ, C. P. Comparative epidemiology study: Colombia, Caldas e Llanos Orientales In: S. A. Rudgard; A. C. Maddson; T. Anderhan (eds) **Disease management in cocoa: comparative epidemiology of witches' broom**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 57 – 71.

- BAKER, R. E. D.; CROWDY, S. H. Studies in the witches' broom disease of cocoa caused by *Marasmius perniciosus* (Stahel) Singer. St. Augustine: The Imperial College of Tropical Agriculture. 1943. 28p. (Memoir, 7).
- BAKER, R. E. D.; HOLLIDAY, S. H. **Witches' broom disease of cocoa *Marasmius perniciosus* (Stahel)**. Kew: The Commonwealth Mycological Institute, 1957. 42p. (Phytopathological Paper, 42).
- BARBOSA, W. C.; NAZARÉ, R. F. R. & NAGATA, I. **Estudos tecnológicos de frutas da Amazônia**. Belém: CPATU, 1978. 19p. (EMBRAPA/CPATU. Comunicado Técnico, 3).
- BARROS, N. O. **cacao**. Bogotá: ICA, 1981. 286p. (Manual de Assistência Técnica, 23).
- BARTLEY, B. G. D. The status of genetic resistance in cocoa to *Crinipellis perniciosus* (Stahel) Singer. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 6, Caracas, 1977. **Proceedings**, Venezuela. 1977. 18p.
- BASTOS, C. N. Influência da temperatura na liberação e germinação de basidiocarpos de *Crinipellis perniciosus* (Stahel) Singer. Belém: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA/ DEPARTAMENTO ESPECIAL DA AMAZÔNIA, 1980. p. 46 – 49. (Informe Técnico)
- BASTOS, C. N. Viabilidade de basidiósporos de *Crinipellis perniciosus* expostos às condições naturais Belém: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA/DEPARTAMENTO ESPECIAL DA AMAZONIA. 1987. p. 55 – 56. (Informe de Pesquisa).
- BASTOS, C. N. Infecção por *Crinipellis perniciosus*. Belém: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA/COORDENADORIA REGIONAL DA AMAZÔNIA, 1988. p. 35. (Informe de Pesquisa)
- BASTOS, C. N. Epifitologia, hospedeiro e controle de vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosus*) Stahel) Singer). Ilhéus: CEPLAC/CEPEC. 1990. 21p. (Boletim Técnico, 168).

- BASTOS, C. N.; ANDEBRHAN, T. Urucu (*Bixa orellana*): nova espécie hospedeira da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosa*) do cacauero. **Fitopatologia Brasileira**. v. 11, p. 936 – 965, 1986.
- BASTOS, C. N.; EVANS, H. C. A new pathotype of *Crinipellis perniciosa* (witches' broom disease) on solanaceous hosts. **Plant Pathology**. v. 34, p. 306 – 312, 1985.
- BASTOS, C. N.; SILVA, H. M. **Doenças do cacauero na Amazônia brasileira**. Belém: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. DEPARTAMENTO ESPECIAL DA AMAZÔNIA. COPES. 1980. 42p. (Comunicado Técnico, 2).
- BASTOS, C. N.; FONSECA, S. E. A.; MELO, W. F. *Mascagnia* cf. *sepium*, cipó nativo da Amazônia Brasileira, hospedeiro de *Crinipellis perniciosa*. **Fitopatologia Brasileira**. v. 23, p. 504, 1998.
- BERGAMIN FILHO A.; AMORIM, L. Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico. São Paulo: eds. Ceres, 1996. 299p.
- CALZAVARA, B. B. G. **Fruteiras: abieiro, abricoeiro, bacurizeiro, biribazeiro, cupuaçuzeiro**. Belém : IPEAN, 1972. 42p. (Culturas da amazônia n. 2)
- CALZAVARA, B. B. G.; MÜLLER, C. H. & KAHWAGE, O. N. C. **Fruticultura tropical: o cupuaçuzeiro – cultivo, beneficiamento e utilização do fruto**. Belém: EMBRAPA/CPATU, 1984. 101p. (Documentos, 32).
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York. Wiley, 1990.
- CAPRILES DE REYES, L. Enfermedades del cacao en Venezuela. Caracas, Fondo Nacional dal Cacao, 1977. p. 12 – 26.
- CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia II**. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi. 1974. (Publicações Avulsas, 17).
- CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 4ª ed. Belém. Museu Paraense Emílio Goeldi. 1988. 279p. (Coleção Adolpho Ducke).

- CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1991.
- CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Empresa Nacional, 1926 – 1978. 6v.
- COSTA, J. C. B. Progresso da vassoura-de-bruxa em órgãos vegetativos do cacauero em Altamira e Tomé-Açu/PA. Viçosa, 1993. 122p. Tese (M.S.) – Universidade Federal de Viçosa.
- COSTA, D.; MOTA, S.; CARVALHO, M. C. **Sobre o valor nutritivo do doce de cupuaçu**. Rio de Janeiro: SAPS, 1960. 6p. (Coleção Estudo e Pesquisa Alimentar, 14).
- COSTA, J. C. B.; MAFFIA, L. A.; ANDEBRHAN, T. & CARVALHO, A. L. P. Produção de basidiocarpos de *Crinipellis perniciosa* em diferentes fontes de inóculo na região Amazônica. **Fitopatologia Brasileira**. v. 22, p. 507 – 512. 1997.
- CUATRECASAS, J. A. Cocoa and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. **Contribution from the United States National Herbarium**, v. 35, p. 32 – 46, 1964.
- CUPUAÇU. <http://www.gta.org.br/cupuacu2.htm> (25 de outubro de 1999)
- DENNIS, R. W. G. Some agaricaceae of Trinidad and Venezuela. Leucosporae: Part I. **Trans Britich Mycology Societ**. v. 34, p. 411 – 482, 1951.
- DESROSIERS, R. Fungos diseases of cocoa and their control. In: F. HARDY (ed). **Cocoa Manual**. Costa Rica. 1960. p. 231 – 235.
- DINIZ, T. D. A. S.; BASTOS, T. X.; RODRIGUES, I. A.; MÜLLER, C. H.; KATO, A. K.; SILVA, M. M. M. **Condições climáticas em áreas de ocorrência natural e de cultivo de guaraná, cupuaçu, bacuri e castanha-d-brasil**. Belém: CPATU, 1984. (Pesquisa em andamento, 133).
- DUCKE, A. **As espécies brasileiras do gênero Theobroma L**. Belém: Instituto Agrônômico do Norte, 1953. 89p. (Boletim Técnico, 8).
- EVANS, H. C.; EDWARDS, D. F.; RODRIGUEZ, M. Research on cocoa diseases in Ecuador: Past and Present. **Pans**. v. 23, p. 68 – 80, 1977.

- EVANS, H. C. Witches' broom disease of cocoa (*Crinipellis perniciososa*) in Ecuador. I. The fungus. **Annual Applied Biological**. v. 89, p. 185 – 192, 1978.
- EVANS, H. C.; BASTOS, C. N. **Epidemiologia da vassoura-de-bruxa do cacaueiro**. Belém: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. DEPARTAMENTO ESPECIAL DA AMAZÔNIA, 1979. p. 32 – 33. (Informe Técnico)
- GARCIA, J. J. S.; MORAIS, F. I. O.; ALMEIDA, L. C. de; DIAS, J. C. Sistema de produção do cacaueiro na Amazônia brasileira. Belém: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. DEPARTAMENTO ESPECIAL DA AMAZÔNIA, 1985. 118p.
- HAU, B.; AMORIM, L., BERGAMIN FILHO, A. Mathematical functions to describe disease progress curves of double sigmoid pattern. **Phytopathology**. v. 83, p. 928 – 932, 1993.
- HOLLIDAY, P. *Crinipellis perniciososa*. Kew Surrey: Commonwealth Mycol. Institut, 1970. 2p. (Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria. n. 223).
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUÁRIO. **Programa de cacao del Centro Regional de Investigaciones, la precipitación y la dinamica di prodoccion de esporas de *C. perniciososa* en la zona cacaotera del alto Arari**. Arari, 1988. p. 37 – 39.
- KRUGNER, T. L. A natureza da doença. In: A. BERGAMIN FILHO, H. KIMATI & L. AMORIM (eds.). **Manual de Fitopatologia**, 3ª ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1995. p. 34 – 43.
- LOSANO, A. Produção de chocolate feito de cupuaçu quintuplica em um ano. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 17 abr. 1994. p.16.
- MAAS, P. J. M.; WESTRA, L. V. T. **Neotropical plant families**. Koeltz, Illions: USA. 1993. 289p.

- MADDISON, A. C.; MACIAS, G.; MOREIRA, C.; ARAGUNDI, S. Comparative epidemiology study. Equador. In: S. A. RUDGARD; A. C. MADDISON; T. ANDEBRHAN (eds). **Disease management in cocoa: comparative epidemiology of witches' broom**. London, Chapman & Hall. 1993. p. 73 – 92.
- MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C.; CESAR, E. G. M. PEREIRA, I. C. B. **Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação de (Köppen) e deficiência hídrica (Thornthwaite, Mater)**. Belém: SUDAM, EMBRAPA, 1993. 54p.
- MOHAN, S.; SREENIVASAN, T. N. Comparative epidemiology study: Trinidad – Santa Cruz. In: S. A. RUDGARD; C. A. MADDISON; T. ANDEBRHAN (eds). **Disease management in cocoa: comparative epidemiology of witches' broom**. London, Chapman & Hall. 1993. p. 103 – 118.
- MORAES, V. H. F.; MÜLLER, C. H.; SOUZA, A. G. C.; ANTÔNIO, I. C. Native fruit species of economic potential from the brazilian Amazon. **Angew. Botânica**. v. 68, p. 47 – 52, 1994.
- NAZARÉ, R. F.; BARBOSA, W. C.; VIÉGAS, R. M. F. **Processamento das sementes de cupuaçu para obtenção de cupulate**. Belém: CPATU, 1990. 37p. (Boletim de Pesquisa, 106).
- NEVES, M. P. H.; MOTA, M. G. C.; MÜLLER, C. H.; MENEZES, M. A.; SILVA, R. M.; BRANCO, M. V. M. C. Sistema reprodutivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) 3 – Biologia Floral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BOTÂNICA, Aracaju, 1992.
- NEVES, M. P. H.; OLIVEIRA, R. P.; MOTA, M. G. C. & SILVA, R. M. Sistema reprodutivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) – Época de floração, frutificação e mudança foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BOTÂNICA, São Luis, 1993.

- NUNES, A. M. L.; ALBUQUERQUE, F. C. de; OLIVEIRA, R. P.; ABREU SÁ, T. D. de; NUNES, M. A. L.; SHIMIZU, O. **Epidemiologia da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro**. Belém: EMBRAPA-CPATU/JICA, 1990 – 1995, 1996. p. 83 – 105.
- NUNES, A. M. L. Análise do progresso temporal e variáveis climáticas associadas a vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicios*) do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). Piracicaba, 2000. 58p. Tese (PhD.) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP.
- PEGLER, D. N. *Crinipellis pernicios* (Agaricales). **Kew Bulletin**. v. 32, p. 731 – 736, 1978.
- PRANCE, G. T.; SILVA, M. F. **Árvores de Manaus**. INPA. 1975. p. 249 – 251.
- RAO, C. R. **Advanced statistical methods in biometrics research**. New York: Willey, 1952. 390p.
- RIBEIRO, N. C. A.; SACRAMENTO, C. K.; BARRETO, W. G.; FILHO, L. P. S. Características físicas e químicas de frutos de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) do Sudeste da Bahia. **Agrotrópica**. v. 2, p. 33 – 37, 1993.
- ROCHA, H. M. Factors influencing the production of basidiocarps by *Crinipellis pernicios*, the causal fungus of cocoa witches' broom. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COCOA AND COCONUTS, Kuala Lumpur, **Papers...** Kuala Lumpur: the Incorporated Society of Planters, 1984. 7p.
- ROCHA, H. M.; WHEELER, E. J. Factors influencing the production of basidiocarps nad the deposition and germination of basidiospores of *Crinipellis perniciosas*, the causal fungus of witches' broom on cocoa *Theobroma cacao*. **Plant Pathology**. v. 34, p. 319 – 328, 1958.
- RUDGARD, S. A. Interpreting the epidemiology of cocoa witches' broom for better disease managemente in Rondônia, Brazil. **Cocoa Growers' Bulletin**. n. 38, p. 28 – 38 1985.
- SAS, Institut. SAS procedures guide (Vers. 5). Cary, North Caroline. SAS Institut. 1985.

- SILVA, S. D. V. M.; MATSUOKA, K. Histologia da interação *Crinipellis perniciosus* em cacauzeiros suscetível e resistente à vassoura-de-bruxa. **Fitopatologia Brasileira**. v. 24, p. 54 – 59. 1999.
- SOLORZANO, G. R. Factores ambientales involucradas en la producción de basidiomas y en la disseminación de basidiosporas de *Marasmius perniciosus* (Stahel) Singer. Portoviejos, Equador, 1977. 40p. Tesse (M.S.) Universidade Técnica de Manabí.
- STAHEL, G. *Marasmius perniciosus* nov. spec. Suriname: (Bulletin 33). Department: van den Landbouw. 1915. 49p.
- STEIN, R. L. B.; ALBUQUERQUE, F. C. de; ROCHA NETO, O. G. da; CONCEIÇÃO, H. E. O. da; MÜLLER, N. M.; NUNES, A. L. N.; BASTOS, C. N.; ENDO, T.; ITO, S. **Biologia e fisiologia de *Crinipellis perniciosus* do cupuaçuzeiro, em relação à fisiopatologia**. Belém: EMBRAPA-CPATU/JICA, 1990 – 1995, 1996. p.59 – 82.
- THOROLD, C. A. **Diseases of cocoa**. Oxford, Clarendon Press, 1975. 425p.
- VEM aí o chocolate de cupuaçu. Época. a. l n. 49, p. 84. 1999
- VENTURIERI, G. A. **Cupuaçu: A espécie, sua cultura, usos, e processamento**. Belém, 1993. 108p.
- VENTURIERI, G. A. Floral Biology of Cupuassu (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Sprengel) Schumann). Reading, 1994. 206p. Thesis (Doctor of Philosophy) – University of Reading.
- WETTSTEIN, R. **Tratado de botânica e sistemática**. Buenos Aires: Labor. 1944. 1039p.
- WILLIAMS, C.; JAMES, F. Comparative epidemiology study. In: S. A. RUDGARD; A. C. MADDISOM; T. ANDEBRHAN. (eds). **Disease management in cocoa: comparative epidemiology of witches' broom**. London, Chapman & Hall. 1993. p. 93 – 102.