

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

**EDSON SOUZA ALVES**

**OCORRÊNCIA DA RESINOSE DO CAJUEIRO AFETADA PELAS  
CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS**

**FORTALEZA**

**2012**

EDSON SOUZA ALVES

OCORRÊNCIA DA RESINOSE DO CAJUEIRO AFETADA PELAS  
CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia/Fitotecnia.

Área de concentração: Fitopatologia.

Orientador: Prof. PhD. José Emilson Cardoso.

FORTALEZA

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- A477o     Alves, Edson Souza.  
            Ocorrência da resinose do cajueiro afetada pelas condições edafoclimáticas / Edson Souza Alves –  
            2012.  
            65 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,  
            Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, 2012.  
            Área de Concentração: Fitopatologia.  
            Orientação: Prof. Phd. José Emilson Cardoso
1. *Anacardium occidentale*. 2. *Lasiodyplodia theobromae*. 3. Patossistema. 4. Amplitude térmica.  
            I. Título.

EDSON SOUZA ALVES

OCORRÊNCIA DA RESINOSE DO CAJUEIRO AFETADA PELAS  
CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS.

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia/Fitotecnia.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. PhD. José Emilson Cardoso (Orientador)

Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical – CNPAT

---

Dr. Luís Gustavo Chaves da Silva

Pesquisador – DCR – Fundação Cearense de Amparo ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP

---

Prof. Dr. Marcio Cleber de Medeiros Corrêa

Universidade Federal do Ceará – UFC

A Deus.

À minha família.

**Dedico.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por sua compaixão, transmitindo força e auxílio nos momentos mais difíceis de minha vida.

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de qualificação profissional.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo apoio financeiro.

À Embrapa Agroindústria Tropical – CNPAT, por ter fornecido todas as condições para que este trabalho pudesse ser realizado.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos pela concessão dos dados aqui utilizados.

À minha mãe, Maria da Graça Souza Cunha, por está sempre ao meu lado e poder contar com o seu incondicional apoio.

Ao meu falecido pai, João Alves da Cunha, pelo exemplo de honra, moral, lealdade, companheirismo e, sobretudo, pelo caráter.

Ao Prof. José Emilson Cardoso, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, pela orientação, ética, lições, disponibilidade e pelo exemplo de profissionalismo, simplicidade, dedicação e caráter.

Ao Luís Gustavo Chaves da Silva pela gentileza, presteza, disponibilidade, incentivo e apoio.

Aos Doutores Francisco Marto Pinto Viana, Francisco das Chagas Oliveira Freire, Marlon Vagner Valentim Martins pelo apoio, ensinamentos e disponibilidade.

À minha namorada, Cecília, pela compreensão, companheirismo e cumplicidade.

Aos amigos do Laboratório de Fitopatologia da Embrapa – CNPAT: Aldiel, Eveline, Francisco, Glauber, Jaqueline, Joilson, Kairo, Raiza, Raul, Renato e Samara pelos momentos de desconcentração, apoio e viabilização deste trabalho.

A todos os meus amigos.

À minha família.

Aos professores e funcionários do Departamento de Fitotecnia.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

“Pouca ciência nos afasta de Deus, muita nos aproxima.”

Louis Pasteur

## RESUMO

O cajueiro é uma anacardiácea encontrado em praticamente todo o mundo tropical. A cajucultura é de enorme relevância social para o Nordeste brasileiro já que é responsável pela geração de renda para a população. A produção vem oscilando muito nos últimos anos devido à heterogeneidade dos pomares antigos e a ausência de manejo adequado para a cultura. As doenças acabam por desempenharem importante papel nesse cenário. A resinose do cajueiro causada pelo fungo *Lasiodiplodia theobromae* é tida como a principal doença no semiárido nordestino e caracteriza-se pela inviabilização do pomar em poucos anos. O conhecimento das condições de ambiente que possam ser associados a processos infecciosos poderá contribuir para elucidação da interação patógeno-hospedeiro. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo estabelecer associações de fatores edafoclimáticos a diferentes zonas de severidade para o patossistema da resinose do cajueiro. Foram comparados dados climáticos, tais como, precipitação pluviométrica, temperatura máxima, mínima, amplitude térmica, como também características de solo, clima e altitude, de 13 municípios nordestinos classificadas em quatro zonas de severidade para a resinose: 0 (sem observação), 1 (observação rara), 2 (observação frequente) e 3 (ocorrência generaliza). Para tanto, utilizou-se do teste de Mann-Whitney além de correlações sendo admitidos 5% de nível de significância. A temperatura máxima, mínima, amplitude térmica, a altitude, além de solos profundos e bem drenados foram associadas às diferentes áreas de ocorrência da resinose.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*, *Lasiodiplodia theobromae*, patossistema, amplitude térmica.

## ABSTRACT

The cashew plant is an anacardeaceae commonly found all over tropical regions of the world. The cashew crop is a highly important source of income and social development in northeast Brazil. Cashew nut production have been oscillating in recent years mainly due to heterogeneity of population, climatic variations and the lack of inadequate cropping practices. Disease epidemics also play a very important role in this scenery. The cashew gummosis, caused by *Lasiodiplodia theobromae*, is recognized as the most important disease of cashew plant in northeast Brazil, which may bring about the complete decline of orchards within few years. The knowledge of environmental conditions associated with gummosis occurrence will surely contribute to the understanding of host-pathogen interaction. Based on that, this work aimed to establish the relationship among the environmental factors in regions characterized by different levels of gummosis with disease incidence. Data of rainfall, maximum and minimum temperature, temperature range, soil, and altitude of 13 regions characterized by four different levels of gummosis incidence (0 = no report, 1 = rare, 2 = frequent, 3 = always present) were used in this study. The Mann-Whitney test was used in addition to correlation analyses, admitting 5% significance level. Maximum, minimum, temperature range, altitude, and deep and well-drained soils were associated with high incidence of gummosis.

Key words: *Anacardium occidentale*, *Lasiodiplodia theobromae*, pathosystem, temperature range.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Principais características (linhas narrativas) das famílias de cenários do Relatório Especial sobre Emissão de Gases do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).....28
- Figura 2 – Imagem tirada do Google Earth 6.2 com uso do aplicativo desenvolvido pela Universidade de Viena. Legenda das cores: Rosa escuro – As, rosa claro – Aw e marrom – BSh.....39
- Figura 3 – Média mensal dos dados climáticos de Acaraú, Beberibe, Jaguaruana.40
- Figura 4 – Média mensal dos dados climáticos de Pacajus, Barbalha, Crato, Missão Velha e Tabuleiro do Norte.....42
- Figura 5 – Média mensal dos dados climáticos de Alto Santo, Mauriti e São José do Piauí. ....43
- Figura 6 – Média mensal dos dados climáticos de Pio IX e São Raimundo Nonato. ....44
- Figura 7 – Valor-p dos testes de Mann-Whitney para variáveis climáticas em relação as quatro categorias de severidade da resinose. ....45
- Figura 8 – Mapas de contornos para amplitude térmica (A), altitude (B), solo (C), temperatura máxima (D) e severidade (E). ....47
- Figura 9 – Dendrograma com a distância euclidiana para as localidades avaliadas considerando as variáveis edafoclimáticas, exceto a severidade. ....48
- Figura 10 – Gráficos de superfície das principais variáveis contínuas avaliadas. (A) influência da amplitude térmica e da altitude nos valores de severidade. (B) influência da amplitude térmica e da precipitação nos valores de severidade. (C) influência da amplitude térmica e da temperatura máxima nos valores de severidade. As equações dos modelos estão representadas por  $y$  como amplitude térmica e  $x$  para altitude, precipitação e temperatura máxima respectivamente para os gráficos A, B e C. ....51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação dos municípios com as respectivas latitude sul (LAT), longitude oeste (LONG) e médias anuais de precipitação pluviométrica em mm (PP), temperatura máxima em °C (TX), temperatura mínima em °C (TM), amplitude térmica em °C (AT) e severidade da resinose (SEV) do período de 2006 a 2011. ....	34
Tabela 2 – Relação dos municípios avaliados e suas características de solo, clima, altitude e severidade da resinose do cajueiro. ....	36
Tabela 3 – Características gerais dos tipos de solo dos municípios analisados. ....	36
Tabela 4 – Valores das correlações entre a severidade da resinose e as variáveis edafoclimáticas analisadas.....	44
Tabela 5 – Resumo dos grupos descritos em que FN representa a frequência para a nota de severidade.....	48

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Cajueiro</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Resinose</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b><i>Lasiodiplodia theobromae</i></b> .....	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>Ambiente versus Fitopatógeno</b> .....	<b>22</b>
<b>2.5</b>	<b>Ambiente versus Planta</b> .....	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>6.1</b>	<b>Observações em campo</b> .....	<b>38</b>
<b>6.2</b>	<b>Comportamento climático</b> .....	<b>40</b>
<b>6.3</b>	<b>Análises estatísticas</b> .....	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca por ser um dos maiores produtores de castanha de caju do mundo, sendo o Nordeste responsável por quase toda a sua produção. Na região, a cajucultura tem grande relevância social e econômica, gerando emprego e renda para a população.

Entretanto, a produtividade nacional e a produção vêm oscilando muito nos últimos anos devido à heterogeneidade dos pomares antigos e a falta de manejo adequado para a cultura, entre outros fatores. Nesse sentido, problemas fitossanitários surgem diante de condições favoráveis e doenças consideradas no passado como de importância secundária passam a causar grandes prejuízos, podendo chegar a perdas acima de 30% da produção (mofo-preto) ou mesmo a destruição de pomares completos (resinose).

A resinose, causada pelo fungo *Lasiodiplodia theobromae*, é apontada como a principal doença do semiárido nordestino. As condições existentes nesse ecossistema, como o estresse hídrico, tem o potencial de tornar as plantas vulneráveis à infecção do fungo causal da doença. Esta doença caracteriza-se pelo intumescimento dos tecidos do tronco e dos ramos lenhosos que, eventualmente, racham e exsudam goma característica, assumindo aspecto de cancro escuro. A disseminação da doença não é bem compreendida, apesar de ter sido o fungo isolado de semente e propágulos vegetativos, sugerindo que os materiais de propagação de plantas podem atuar como fonte primária de inóculo. No entanto, a hipótese de transmissão do patógeno por mudas assintomáticas se mostra como a principal forma de disseminação já que fora comprovada a sobrevivência endofítica de *L. theobromae* em tecidos da planta. O processo infeccioso seria induzido por estresses sofridos pelas plantas, principalmente os de ordem fisiológica.

Estudos apontam que o fungo *L. theobromae*, membro da família Botryosphaeriaceae, possui enorme variação nas características culturais, morfológicas entre isolados provenientes de diferentes hospedeiros em diferentes regiões geográficas, que leva a possibilidade de existir elevada diversidade genética do patógeno. Populações de fungo com alto nível de variabilidade são difíceis de controlar, uma vez que podem adaptar-se mais rapidamente a qualquer medida de controle, seja química ou através da introdução de hospedeiro resistente.

O estresse hídrico, estresses biológicos (danos por outros patógenos ou insetos), competição entre as plantas, plantio de variedades em áreas desfavoráveis (altitude, tipo de solo, temperatura, etc) são os principais fatores responsáveis pela expressão de doenças para muitas espécies de Botryosphaeriaceae. Vale salientar que algumas podem sobreviver na natureza como patógenos latentes, que também se comportam como endofíticos nos seus hospedeiros, causando infecções quiescentes por longos períodos e os sintomas aparecendo quando as condições fisiológicas dos hospedeiros ou ecológicas forem favoráveis.

O desenvolvimento das doenças depende das condições de ambiente. A temperatura e a umidade são os principais fatores envolvidos no processo, a primeira afeta a germinação e o crescimento dos fungos, já a umidade é indispensável para a germinação dos esporos e penetração do tubo germinativo no hospedeiro. Além desses, a luminosidade, o pH e a fertilidade do solo, entre outros são fatores que também influenciam. A luz afeta a fotossíntese e conseqüentemente as reservas nutritivas dos hospedeiros, o que pode determinar uma eventual reação diante do ataque do patógeno. O pH do substrato influencia tanto as plantas como os patógenos, os fungos desenvolvem-se bem numa faixa entre 4,5 a 6,5, enquanto que as bactérias preferem de 6,0 a 8,0. Em relação a fertilidade do solo, alguns patógenos infectam mais severamente plantas subnutridas enquanto que outros preferem plantas vigorosas e suculentas.

As doenças caracterizadas pelo cancro e morte descendente têm o estresse hídrico como o principal fator ambiental predisponente da infecção. A seca pode exercer efeito direto sob o patógeno, outros organismos (vetores) ou ainda nas interações fisiológicas no hospedeiro (predisposição da planta ou a interação de estresses múltiplos). De certa forma, a predisposição do hospedeiro e a hipótese de estresses múltiplos podem interagir para o aparecimento de doenças.

O efeito dos fatores ambientais na fisiologia da planta é bastante conhecida. A luz, a água, nutrientes, gás carbônico e o oxigênio são os principais fatores limitantes para o seu desenvolvimento. No semiárido nordestino o estresse hídrico é um fenômeno recorrente, afetando a produção, processos bioquímicos e fisiológicos da planta. Nesse estado, alterações químicas na planta podem proporcionar a estimulação do metabolismo e crescimento de patógenos ou diminuir a toxidade no hospedeiro. Por outro lado, o solo, a altitude, o clima e a temperatura exercem

influência direta sob o metabolismo da planta, podendo inclusive serem utilizados como indicadores de interações positivas ou negativas de processos infecciosos.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo identificar associações de fatores edafoclimáticos a diferentes zonas de severidade para o patossistema da resinose do cajueiro, visando elucidar as interações relacionadas ao patossistema em questão. Ademais, essas informações poderão ser usadas no zoneamento ecológico da cultura conforme a reação do clone à resinose na implantação de novos pomares e a manutenção dos plantios já existentes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cajueiro

O cajueiro pertence ao gênero *Anacardium*, da família Anacardiaceae, e à espécie *Anacardium occidentale* L.. Encontrado em praticamente todo o mundo tropical, é uma planta perene e andromonóica, com mais de 90% de flores masculinas em uma mesma panícula. O fruto propriamente dito é a castanha e o pseudofruto, chamado tecnicamente de pedúnculo floral e popularmente de caju, é rico em açúcares e vitamina C (FERRÃO, 1995; MOREIRA, 2002).

O Vietnã, Nigéria, Índia, Indonésia, Costa do Marfim e o Brasil são os principais produtores de castanha de caju do mundo. A produção brasileira em 2009 foi de 220.505 toneladas, sendo que quase a totalidade desse montante foi produzida no Nordeste. Assim, a cajucultura tem grande importância na economia nordestina, principalmente pela geração de emprego e renda, além de ser uma das principais fontes geradoras de divisas para a região, apresentando enorme relevância social. Em 2010 ocupou uma área de 758.988 hectares, gerando, no setor industrial, mais de quinze mil de empregos diretos e por volta de trinta e cinco mil no setor rural. (FAO, 2012).

No Brasil, uma das primeiras tentativas para estabelecimentos de plantios sistematizados de cajueiro, com fins comerciais ocorreu no Município de Pacajus, CE. Foi nesse município que, em 1956, o governo federal estabeleceu uma coleção de matrizes de cajueiro, que foi objeto de investigação agrônômica, na Estação Experimental de Pacajus, pertencente ao então Ministério da Agricultura (PAIVA *et al.*, 2003). A partir da segunda metade da década de sessenta, o governo criou incentivos fiscais para o plantio e beneficiamento do caju na região Nordeste. Em razão dessas oportunidades criaram-se em alguns estados, como no Piauí e Bahia, condições favoráveis à implantação de cultivos sistematizados, que passaram a ocupar extensas áreas (RIBEIRO, 2011).

A produtividade nacional, assim como a produção, vem oscilando muito nos últimos anos, principalmente devido aos pomares antigos, ausência de manejo de adubação, poda ou pulverização química, evidenciando a estagnação do cultivo do cajueiro no Brasil. Sob tais condições, severas epidemias foram observadas e

doenças antes consideradas de importância secundária, passaram a causar grandes prejuízos. As perdas quantitativas e qualitativas de produção vão desde pequenas reduções no desenvolvimento da planta (e. g. mancha angular em viveiro) até na destruição de pomares completos em alguns anos (e. g. resinose). Perdas acima de 30% na produção de castanhas devido a epidemias de mofo-preto foram comprovadas em estudos desenvolvidos com o cajueiro anão-precoce. (CARDOSO *et al.*, 2006).

A influência das condições do ambiente e o aumento da área de cultivo intensivo do cajueiro são importantes na ocorrência e na severidade de todas as doenças do cajueiro. Doenças como antracnose, o mofo-preto, o oídio, a resinose, a podridão-preta-da-haste e a mancha-de-xanthomonas são aquelas que têm demonstrado acentuados surtos epidêmicos nos últimos anos em razão da expansão geográfica de cultivo e adoção de clones melhorados (MONTENEGRO *et al.*, 2011). Nesse cenário, a resinose é apontada como a mais importante doença no semiárido nordestino (CARDOSO *et al.*, 2009b).

Diversos estudos têm sido desenvolvidos pela Embrapa Agroindústria Tropical, ao longo da última década, objetivando a elucidação dos aspectos epidemiológicos e de controle da resinose, principalmente quanto à seleção de genótipos de cajueiro resistentes (PAIVA *et al.*, 2002; CARDOSO *et al.*, 2006). O clone BRS 226 é resistente à doença, sendo indicado pelo Centro Nacional de Pesquisa Agroindústria Tropical para o plantio comercial na região do semiárido do Estado do Piauí e regiões similares (PAIVA *et al.*, 2002; PAIVA *et al.*, 2008). Cardoso *et al.* (2007) apontam o clone Embrapa 51 como uma alternativa para a resistência à resinose do cajueiro, mostrando-se também resistente à antracnose e, moderadamente, ao mofo-preto, sendo recomendado a região semi-árida do nordeste brasileiro.

Gondim (2010) ao avaliar as bases bioquímicas da interação do cajueiro anão precoce com o fungo *L. theobromae* detectou que os teores de compostos e atividades como os de fenóis totais, taninos, peróxido de hidrogênio e de diversas outras enzimas podem sofrer alterações de formas diferenciadas nos dois clones de cajueiro infectados. No clone susceptível, CCP 76, houve um acúmulo de 20% superior de peróxido de hidrogênio que pode ser devido ao ataque do patógeno. Já no clone resistente, o BRS 226, houve um acúmulo maior de duas enzimas antifúngicas,  $\beta$ -1,3-glucanase e a quitinase, mostrando haver fortes evidências que a

característica de resistência possa ser correlacionada com tais substâncias, em especial a quitinase.

## 2.2 Resinose

A resinose foi inicialmente observada no município de Alto Santo (Ceará) no ano de 1989 (FREIRE, 1991). Na época acreditava-se tratar de uma doença restrita a plantas velhas e estressadas, entretanto logo tornou-se a principal doença do cajueiro nos grotões e chapadas do semiárido nordestino, tornando-se uma ameaça à exploração desta anacardiácea, uma vez que afeta a produtividade e longevidade dos pomares. As condições predisponentes nesses ecossistemas, caracterizadas pela frequência de estresses hídricos e a ocorrência de coleobrocas do tronco e das raízes, as quais se associam sinergisticamente, tornam as plantas altamente vulneráveis à infecção.

Causada pelo fungo *Lasiodiplodia theobromae* (sin. *Botryodiplodia theobromae*), a resinose caracteriza-se pelo intumescimento dos tecidos do tronco e dos ramos lenhosos, que, eventualmente, racham e exsudam goma característica, assumindo aspecto de cancro escuro. Observa-se, sequencialmente, o bloqueio da seiva, amarelecimento da folhagem, aumento da vulnerabilidade ao estresse hídrico e morte descendente da árvore. A característica destrutiva da doença, aliada ao caráter oportunista do fungo, evidencia a predisposição das plantas ao ataque infeccioso do patógeno. Assim, supõe-se que as plantas sob qualquer tipo de estresse, tornam-se vulneráveis à doença (CARDOSO *et al.*, 2009a).

Os sintomas iniciais da resinose geralmente ocorrem após a primeira safra comercial do cajueiro, cerca de 24 a 36 meses após o plantio. Epidemias severas vêm ocorrendo nos últimos anos como resultado de predisposição da planta ocasionada pelo estresse hídrico e pelo uso predominante de clone susceptível nos pomares, o CCP 76 (FREIRE *et al.*, 2002; CARDOSO *et al.*, 2006). Além disso, a baixa disponibilidade de cálcio contribui para aumentar a vulnerabilidade da planta ao ataque do fungo (CARDOSO *et al.*, 2003). O seu caráter destrutivo, a falta de métodos de detecção precoce e de estudos sobre os mecanismos de infecção, defesa e controle, conferem elevada importância a resinose do cajueiro (CARDOSO *et al.*, 2010).

A disseminação da doença não é bem entendida, apesar do fungo ter sido isolado de semente, sugerindo que os órgãos de propagação de plantas podem atuar como fonte primária de inóculo (FREIRE *et al.*, 1999; CARDOSO *et al.*, 2006). A propagação do cajueiro anão é efetuada predominantemente por meio de mudas, portanto a incidência da resinose em áreas isoladas, em elevadas proporções, suscita a hipótese de transmissão do patógeno por mudas assintomáticas, significando que *L. theobromae* sobreviveria nos tecidos da planta de forma endofítica, podendo o processo infeccioso ser induzido por estresses da planta, principalmente os de ordem fisiológica. O isolamento do fungo de tecidos de cajueiro sadio vem reforçar essa hipótese (CARDOSO *et al.*, 2009b). Freire *et al.* (2002) sugerem ainda que o besouro da raiz, *Marshallus bondari*, possa está envolvido na disseminação da resinose. Cardoso *et al.* (1998) verificaram alta eficiência na transmissão da doença por instrumento de corte, pois a severidade da doença nos troncos revelou uma tendência decrescente a partir da primeira à décima planta decepada, devido à desinfecção paulatina da motosserra no ato seqüencial dos cortes.

Cysne *et al.* (2010) ao realizar estudo epidemiológico da resinose do cajueiro em três áreas e com três clones diferentes, observou que para o clone BRS 226 o padrão de distribuição mudou de aleatório para agregado no decorrer das avaliações. Para o clone Embrapa 51, prevaleceu o padrão aleatório, já para o FAGA 11 apresenta um caráter inicial aleatório, passando a ter posteriormente um padrão contagioso. Após 41 meses do plantio, FAGA 11 passa a assumir um modelo regular devido ao grande número de plantas afetadas pela doença, cerca de 50% da área ocupada. É provável que essa diferença esteja associada aos diferentes níveis de resistência apresentados pelos clones comerciais avaliados. No geral, observou-se que no início da epidemia predomina o modelo espacial aleatório.

O início da epidemia se dá através de plantas isoladas, reforçando a hipótese de que a principal via de transmissão da doença seja por material de propagação. Além disso, fica evidenciado também que a transmissão entre as plantas mais próximas existe, o que é uma característica de doenças de causa biótica, em que as plantas doentes influenciam a condição das plantas imediatamente adjacentes, servindo de fonte de inóculo (CYSNE *et al.*, 2010).

Analisando a dinâmica temporal da resinose em clones de cajueiro, Cysne *et al.* (2010) percebeu que a partir das análises das relações entre área abaixo da

curva de progresso da doença (AACPD) foi possível tirar conclusões com relação à susceptibilidade e/ou resistência de genótipos. Em função dos níveis de resistência obtidas no experimento, pode-se afirmar que o clone BRS 226 despontou como a principal fonte de resistência, seguido pelo clone Embrapa 51, enquanto que o FAGA 11 mostrou-se o mais susceptível.

Cardoso *et al.* (2004) verificaram que há alta correlação positiva de incidência e severidade da resinose em duas áreas no Piauí, mostrando que a severidade pode ser estimada a partir da incidência. Dessa forma, o monitoramento de epidemia para programa de manejo da doença é otimizado, já que o processo de avaliação de incidência é mais fácil e rápido quando comparado com o de severidade.

Em relação ao manejo da resinose, várias medidas podem ser adotadas. Cardoso *et al.* (2009a) propõem algumas ações baseadas em cada um dos princípios gerais de controle de fitodoenças, como: produção de mudas de cajueiro livres do patógeno; eliminação de ramos e árvores infectadas com a posterior desinfecção dos instrumentos de poda, aplicação de calcário ou gesso agrícola, utilização de clones resistentes e adaptados às condições de predisponentes (e.g. BRS 226 e Embrapa 51 e uso do clone CP 06 como porta-enxerto).

### **2.3 *Lasiodiplodia theobromae***

O fungo *L. theobromae* (Pat.) Griff. & Maulb. (= *Botryodiplodia theobromae* Pat.) pertence à classe dos Coelomicetos, representando o estado assexuado de *Botryosphaeria rhodina* (Berk e Cutis). Membro da família Botryosphaeriaceae, possui micélio branco-acinzentado apresentando picnídios escuros livres ou agregados. Em folhas, ramos e frutos são imersos, tornam-se posteriormente erumpentes com os conídios exsudando em massas escuras (RODRIGUES, 2003; PUNITHALINGAM, 1976). Os conídios podem atingir 30 µm de comprimento e 15 µm de largura, com coloração variando do hialino, quando jovens, ao marrom escuro, quando atingem a maturidade. À medida que os conídios amadurecem, além de se tornarem marrom-escuro, ganham estrias longitudinais e se tornam bicelulares (PUNITHALINGAM, 1980). A presença do septo transversal é uma característica típica dos esporos deste fungo e, portanto, um caráter taxonômico importante (CEDEÑO *et al.*, 1995).

Vários trabalhos apontam variação nas características culturais e morfológicas entre isolados de *L. theobromae* provenientes de diferentes hospedeiros e cultivados em regiões geográficas distintas, demonstrando haver diversidade genética do patógeno. De modo geral, os micro-organismos apresentam grande variabilidade o que pode refletir em sua morfologia, fisiologia e patogenicidade (LIMA, 2011; PEREIRA *et al.*, 2006; RAM, 1993; RIBEIRO, 2003).

Estudos usando técnicas de biologia molecular com *L. theobromae* resultaram no desenvolvimento e caracterização de lócus contendo 28 sequências simples repetidas de bases (SSR ou microssatélites), permitindo o desenho de iniciadores específicos para amplificação de fragmentos de DNA do referido fungo (CARDOSO; WILKINSON, 2008; MELO, 2010). Farias (2008) e Melo (2010) ao estudarem isolados obtidos de frutíferas tropicais e de plantas de cajueiro, respectivamente, usando esses marcadores microssatélites, constaram alta diversidade genética na população do patógeno. Marques *et al.* (2010) afirmam que populações de fungo com alto nível de variabilidade são difíceis de controlar, uma vez que podem adaptar-se mais rapidamente a qualquer medida de controle, seja química ou através da introdução de hospedeiro resistente.

Conhecimentos básicos sobre a biologia populacional e genética são muito importantes, pois, servirão de subsídio para pesquisas que visem minimizar os prejuízos causados por *L. theobromae* em diversas culturas, permitindo avanços no manejo ecológico e econômico dessas enfermidades (LIMA, 2011).

O fungo foi primeiramente descrito causando a podridão dos frutos de cacau no Equador no ano de 1892 (PUNITHALINGAM, 1980). Nos últimos anos, o fungo vem se tornando importante para diversas culturas, encontrando-se disseminado em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo (CARDOSO *et al.* 1998). Sua infecção geralmente está associada com plantas estressadas ou submetidas a ferimentos, podendo causar os mais variados sintomas como tombamento de plântulas, cancrios em diversos tecidos, podridão de raízes, frutos e sementes, gomose, murcha e queima foliar, além de outros (PUNITHALINGAM, 1976; GONDIM, 2010). Os sintomas característicos podem se desenvolver rapidamente e causar grandes perdas em extensas áreas se o agente de estresse for generalizado (COAKLEY *et al.*, 1999).

Estudos mais recentes conduzidos pela Embrapa Agroindústria Tropical revelaram um aumento no número de hospedeiros e na severidade do ataque desse

fitopatogênio em diversas culturas brasileiras, em especial da região nordeste. Este efeito pode ser causado por pressões ambientais, especialmente nas regiões semiáridas, onde as condições climáticas lhes são favoráveis e uniformes como temperaturas elevadas, em média 28° C; umidade relativa baixa, em torno de 60%; baixa precipitação pluviométrica (FREIRE *et al.*, 2004; TAVARES, 2003). Esses fatores juntamente com a pressão biológica de patógenos e pragas expandindo seus limites geográficos acabam por favorecer ainda mais o desenvolvimento de doenças relacionadas com Botryosphaeriaceae (DESPREZ-LOUSTAU *et al.*, 2006).

Vários autores relataram a ocorrência do fungo de forma endofítica em vários hospedeiros, especialmente em espécies florestais. Cilliers *et al.* (1993) relatam que as sementes de coníferas são infectadas pelo o *L. theobromae* diretamente da planta-mãe ou durante o processo de polinização a partir de grão de pólen infectado. Em *Pinus caribaea*, *P. pseudostrobus*, *P. elliotti*, *Eucalyptus urophylla* e *Acacia mangium*, o fungo foi isolado de tecidos assintomáticos e de regiões com sintomas de morte descendente (MOHALI *et al.*, 2005). No cajueiro, Cardoso *et al.* (2009b) constaram a sua ocorrência endofítica.

Fungos endofíticos são capazes de colonizar tecido vegetal saudável sem exibir patogenicidade, portanto não causam dano evidente no momento da infecção. Estes fungos que residem mais ou menos por um longo período nos tecidos da planta são comuns e muito provavelmente estão associados com todas as espécies vegetais. A natureza das relações endofíticas é variável, muitos sobrevivem como infecções latentes, como *Rhabdocline parkeri* em *Pseudorsuga menziesii*. Patógenos latentes também se comportam como endofíticos nos seus hospedeiros, causando infecções quiescentes por longos períodos de tempo e os sintomas aparecendo quando as condições fisiológicas dos hospedeiros ou ecológicas forem favoráveis (SMITH *et al.*, 1996).

A expressão de doenças provocadas, não só por *L. theobromae* como também por muitas espécies de Botryosphaeriaceae, depende de: estresse hídrico (mais comumente); estresses biológicos, tais como danos por outros patógenos ou insetos; competição entre as plantas; plantio de variedades em lugares desfavoráveis (altitude, tipo de solo, temperatura, etc) (SLIPPERS e WINGFIELD, 2007). Mullen *et al.* (1991) analisaram efeito do estresse hídrico na patogenicidade do *L. theobromae* em *Cornus florida*, constaram o não desenvolvimento de cancras nas as plantas inoculadas que não foram submetidas a estresse hídrico, ocorrendo

inclusive a cicatrização do tecido no local da inoculação. Por lado, as plantas estressadas antes ou após a inoculação apresentaram cancro com até 5 cm<sup>2</sup> de área.

Uma observação intrigante em relação aos agentes patogênicos de Botryosphaeriaceae é a de que as espécies mais prejudiciais são aquelas que têm uma maior gama de hospedeiros ou vasta distribuição geográfica, como o *L. theobromae*. Explicações possíveis para o fenômeno é da de que, apesar do contato dos micro-organismos com os hospedeiros, os vegetais não foram capazes de desenvolver resistência, além disso, as espécies que apresentam ampla faixa de hospedeiros são mais fáceis de estabelecerem em novas áreas já que não dependem de hospedeiros específicos (SLIPPERS e WINGFIELD, 2007).

O cajueiro, a mangueira, as anonáceas, o coqueiro, as *Spondias*, a bananeira, a aceroleira e o sapotizeiro são fruteiras tropicais mais comumente afetadas por este patógeno (FREIRE, 1991; TAVARES, 1993; PONTE, 1985; SOUZA FILHO *et al.*; 1979; FREIRE; CARDOSO, 1997; GOOS *et al.*; 1961; FREIRE *et al.*, 2003). A disseminação primária deste patógeno ocorre através da água, de sementes, insetos, animais silvestres, propágulos vegetativos, porta-enxerto e instrumentos agrícolas, *L. theobromae* pode sobreviver saprofiticamente na goma exsudada e em restos culturais no solo (CARDOSO *et al.*, 1998; CYSNE *et al.*, 2010; FREIRE *et al.*, 2003; CARDOSO *et al.*, 2004).

No cajueiro, *L. theobromae* causa a podridão-preta-da-haste e a resinose. A podridão-preta-das-hastes é caracterizada pelo escurecimento longitudinal dos tecidos da haste terminal (herbácea) com eventuais exsudações de goma em pontos específicos, podendo chegar a uma necrose total do ramo, caracterizando o sintoma de morte descendente (CARDOSO *et al.*, 2002).

## **2.4 Ambiente versus Fitopatógeno**

O aparecimento e o desenvolvimento de uma doença são resultantes da interação entre uma planta suscetível, um agente patogênico e fatores de ambiente favoráveis. A maioria das doenças das plantas ocorre em áreas onde o hospedeiro é cultivado, mas normalmente não acontecem epidemias severas e frequentes. A presença numa mesma área de plantas susceptíveis e patógenos virulentos nem sempre garantem numerosas infecções e, muito menos, o desenvolvimento de uma

epidemia. Esse fato reforça a influência do ambiente no desenvolvimento de epidemias. O ambiente pode afetar a disponibilidade, estágio de crescimento e suscetibilidade genética do hospedeiro. Pode também interferir na sobrevivência, na taxa de multiplicação, na esporulação, na distância de disseminação do patógeno, na taxa de germinação dos esporos e na penetração. Adicionalmente, o ambiente afeta ainda o número e a atividade de vetores do patógeno (BERGAMIM FILHO *et al.*, 1995; MICHEREFF, 2001).

Para o desenvolvimento de estratégias de controle de doenças de plantas é importante conhecer a epidemiologia do patógeno, uma vez que o conhecimento das condições favoráveis aos patógenos na interação patógeno-hospedeiro é imprescindível (PAULA *et al.*, 2000; PESSOA *et al.*, 2007). Dessa forma, a idade que a planta hospedeira se torna mais susceptível, a faixa de temperatura e o período de molhamento para o estabelecimento de altos níveis de doença devem ser definidos para cada patossistema (BORGES NETO *et al.*, 2000).

A influência de fatores de ambiente no desenvolvimento de doenças tem sido objeto de estudo por diversos autores em várias culturas. O conhecimento dos efeitos da temperatura e da umidade no desenvolvimento de doenças em vários hospedeiros torna possível prevenir uma epidemia através do uso de estratégias mais eficientes de controle pela manipulação da irrigação, sistema de previsão e através do momento mais adequado de aplicação de fungicidas. A temperatura afeta a germinação e o crescimento dos fungos, enquanto a umidade é indispensável para a germinação da maioria dos esporos fúngicos e para a penetração do tubo germinativo no hospedeiro, além de aumentar a suscetibilidade a certos patógenos, afetando a incidência e a severidade da doença (AGRIOS, 2005; COSTA, 2009; PESSOA *et al.*, 2007).

Além desses, a luminosidade, o pH, a fertilidade do solo, entre outros também são fatores que influenciam o desenvolvimento de doenças. A qualidade e a quantidade de luz disponível ao hospedeiro afeta a fotossíntese e, conseqüentemente, as reservas nutritivas, afetando também a sua reação a uma determinada doença. Já o pH influencia tanto as plantas como os patógenos. Se um pH desfavorecer a planta, poderá favorecer o patógeno. Os fungos desenvolvem-se bem numa faixa entre 4,5 a 6,5, enquanto que as bactérias preferem de 6,0 a 8,0. (MICHEREFF, 2001).

Em se tratando de fertilidade do solo, certos patógenos infectam mais severamente plantas subnutridas e outros preferem plantas vigorosas. De um modo geral, elevados teores de nitrogênio tendem a aumentar a suscetibilidade, enquanto altas concentrações de potássio reduzem a suscetibilidade (MICHEREFF, 2001). Alvarado *et al.* (2007) tentaram estabelecer associação entre a podridão-mole da couve-chinesa com características de solos de Pernambuco, por outro lado Rodrigues *et al.* (1996) observaram supressividade, fenômeno de alguns solos prevenirem naturalmente o estabelecimento de patógenos, à *Rhizoctonia solani* em solos com caráter álico associados a textura argilosa. Doenças provocadas por *Phytophthora*, tais como *P. cinnamomi*, são mais frequentes em solos que não apresentam boa drenagem, entretanto foram relatadas graves perdas em solos bem drenados ou em áreas secas (DESPREZ-LOUSTAU *et al.*, 2006).

Análises de correlações simples foram associadas com surtos de várias doenças em anos com verões excepcionalmente quentes e secos como também com fatores ligados ao estresse hídrico (textura e profundidade de solos), agindo sinergicamente no estado fisiológico da planta. Nesses casos há a predominância de cancro e de morte descendente causada por patógenos como *Botryosphaeria*, *Sphaeropsis*, *Cytospora* e *Biscognauxia (Hypoxyton)*. A interação positiva entre seca e infecção pode ser explicada principalmente pelos efeitos indiretos da seca sobre a fisiologia do hospedeiro. *Sphaeropsis sapinea* em pinheiro, *Biscognauxia mediterrânea* em carvalhos e patógenos radiculares são alguns exemplos dessa associação. A predisposição do hospedeiro e as hipóteses de estresses múltiplos podem de certa forma interagir para o aparecimento de doenças. A situação poderá se agravar diante de um cenário de mudanças climáticas (DESPREZ-LOUSTAU *et al.*, 2006).

Os autores supracitados afirmam que teoricamente existem três tipos de interações seca-doença: efeito direto da seca sobre o patógeno; efeito direto da seca sobre o patógeno associado com outras interações biológicas e efeito das interações fisiológicas no hospedeiro, aqui dois tipos de interações podem ser distinguidas: a predisposição do hospedeiro à doença ou a ocorrência de estresses múltiplos que alterem o estado fisiológico da planta.

O efeito da seca sobre o patógeno no primeiro momento é negativo, principalmente para aqueles que dependem de água para dispersão, germinação e inoculação, no entanto doenças que apresentam estreita relação com a seca, como

as causadas pelos patógenos *Hypoxylon (Biscognauxia)* ou por *Sphaeropsis sapinea*, a produção e atividade do inóculo primário (ejeção e germinação) é associada com elevada precipitação ou alta umidade (SWART e WINGFIELD, 1991).

A seca, patógenos e outros organismos podem interagir e afetar diretamente a epidemiologia de algumas doenças. É comum para doenças vetoriais, como as causadas pelo fungo *Ophiostoma ulmi*, que tem como vetores os besouros *Scolytus multistriatus*, em *Ulmus minor*. Outras interações seriam decorrentes de relações mutualísticas ou competições entre fungos fitopatogênicos. A não formação de esporo em *Phytophthora cinnamomi* com potencial hídrico em torno de  $-1\text{MPa}$  pode ser devido a efeitos diretos de determinadas bactérias. Em contraste, a colonização de troncos de pinheiros por *Heterobasidion annosum* pode ser favorecida durante períodos de seca devido ao menor antagonismo de *Phlebiopsis gigantea* (MALAJCZUK e THEODOROU, 1979; WOODWARD *et al.*, 1998).

Conforme já foi relatado, muitos patógenos já estão presentes no hospedeiro antes da planta ser submetida ao estresse hídrico, como saprófitos ou endofíticos. Esquemáticamente, dois mecanismos podem explicar esta predisposição: o primeiro consiste que o baixo potencial hídrico presente nos tecidos proporcione um melhor crescimento do patógeno e o segundo refere-se à diminuição da atividade de resistência à doença. Em *Biscognauxia mediterrânea*, fungo endofítico de folhas, ramos e cascas de carvalho, foi verificada correlação significativa entre aumento de sua frequência em tecidos assintomáticos e a diminuição do potencial hídrico do hospedeiro (DESPREZ-LOUSTAU *et al.*, 2006).

A temperatura e umidade são os principais fatores climáticos que interferem no ciclo de vida do fungo *Microcyclus ulei*, causador do mal das folhas da seringueira, devendo ser considerados para o manejo da doença. A temperatura afeta a formação, germinação e liberação de esporos, bem como a infecção e o desenvolvimento do fungo. A esporulação é mais abundante entre  $23^{\circ}$  e  $25^{\circ}\text{C}$ , podendo ocorrer mesmo abaixo de  $20^{\circ}\text{C}$ , com intensidade variável, dependendo da combinação clone-isolado. Por essa razão, a temperatura média mínima é um dos critérios considerados como limitante ao desenvolvimento do *M. ulei*. Quanto a umidade, a formação de orvalho na superfície foliar por 6h é imprescindível para o desenvolvimento da doença. (SILVA, 2007; GASPAROTTO *et al.*, 1989).

Coelho *et al.* (2003) ao trabalharem com ferrugem e mancha angular do feijoeiro, constaram que a faixa de temperatura de 9 a  $27^{\circ}\text{C}$  e 8 a 10 horas de

molhamento foliar são propícios a ocorrência da ferrugem. A esporulação, a frequência de infecção e a porcentagem de tecido lesionado são favorecidas quando a temperatura encontra-se numa faixa de 16 a 21°C. Para a mancha angular do feijoeiro, as condições climáticas que possibilitaram a ocorrência da doença são temperaturas situadas na faixa de 8 a 30°C e molhamento foliar superior a 6h. Os valores de temperaturas situados entre 21,1 e 26,6°C são considerados ótimos para o desenvolvimento da mancha angular.

A precipitação e a temperatura são fortemente relacionadas com a antracnose do mamoeiro (TATAGIBA *et al.*, 2002), manchas foliares em trigo (FELÍCIO *et al.*, 2004) e com a sigatoka negra na bananeira (FAVRETO *et al.*, 2007). Oliveira *et al.* (2011) registraram infecções da seca da haste (*Botrytis cinerea*) em *Hibiscus sabdarifa* em condições de 0 hora de molhamento foliar e temperatura de 15°C. Fato também observado a 30°C em maiores período de molhamento. Já Tsukahara *et al.* (2008) afirmam que temperaturas entre 15° e 25°C são as que mais favorecem o desenvolvimento da doença.

Ao avaliar a dispersão anemófila do fungo *L. theobromae* em plantações de coqueiro, Correia e Costa (2005) observaram que a quantidade mensal de conídios relacionou-se de forma positiva com precipitações entre 25 e 80 mm, acima deste valor a relação foi negativa. A liberação dos conídios foi estimulada sempre que a pluviosidade atingia valores superiores a 25 mm. O ponto máximo de liberação de esporos foi registrado em 80 mm, a partir daí os mesmos passaram a precipitar do ar.

Variáveis climáticas foram associadas à incidência de mofo-cinzento em mudas de eucalipto por Mafia *et al.* (2006), verificaram que as temperaturas média, máxima e mínima foram as que mais se correlacionaram e de forma negativa com a incidência da doença, sobretudo para a temperatura máxima mensal. A precipitação pluviométrica apresenta uma correlação negativa e baixa, enquanto a umidade relativa do ar apresenta correlação positiva e intermediária em relação aos valores observados para temperatura e precipitação pluviométrica. Giacomelli *et al.* (1969) correlacionaram a incidência da gomose do abacaxi com precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa. Houve correlação simples, negativa e altamente significativa entre incidência e temperatura ( $r = -0,59$ ) e correlações múltiplas

significativas entre incidência, temperatura e umidade relativa ( $r = 0,66$ ) e entre incidência, temperatura e precipitação ( $r = 0,60$ ).

Para pinta-preta do mamoeiro, Suzuki *et al.* (2007) constataram que a faixa de temperatura entre 25 e 30°C apresentou correlação significativa ( $r = 0,68$ ) com a ocorrência da doença. Em se tratando do oídio, os autores supracitados encontraram forte correlação ( $r = 0,85$ ) para a mesma faixa de temperatura, já para a umidade relativa de 60 a 70% a correlação foi de  $r = 0,64$ . Não foi possível estabelecer relação entre epidemias da mancha-de-ascoquita com fatores climáticos específicos.

No contexto de mudanças climáticas, o efeito de cada fator climático no progresso de doenças, em especial do cajueiro, infelizmente tem sido pouco estudado, fato que limita qualquer prognóstico frente aos cenários projetados (Figura 1) pela ausência de modelos específicos. Rápidas mudanças na ampliação da área contínua cultivada, nos cultivos monoclonais, na ocorrência de novas doenças e na ocorrência de epidemias mais frequentes de doenças antes endêmicas estão sendo observadas nos últimos anos. Nos cenários climáticos futuros, para a resinose, provavelmente o aumento da incidência de eventos climáticos extremos, que proporcionarem maiores estresses à planta hospedeira, deverão contribuir para o aumento da ocorrência e severidade da doença (CARDOSO e VIANA, 2011).

## **2.5 Ambiente versus Planta**

As plantas são organismos autotróficos que vivem entre dois ambientes inteiramente inorgânicos, retirando gás carbônico da atmosfera e água e nutrientes minerais do solo. Os vegetais são organismos que captam e utilizam luz solar para oxidar água, liberar oxigênio e reduzir  $\text{CO}_2$ , produzindo compostos orgânicos, primariamente açúcares usado no metabolismo da planta. A luz, a água, nutrientes, gás carbônico, oxigênio e a temperatura são os principais fatores limitantes para o seu desenvolvimento (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Nesse contexto, a Ecofisiologia Vegetal se destaca por tratar dos processos e das respostas das plantas em função das mudanças nos fatores de ambiente. Portanto, estão envolvidos em diversos níveis de organização o estudo descritivo

das respostas dos organismos em relação às condições do ambiente e a análise das causas de seus correspondentes mecanismos fisiológicos. Mas, não basta o esclarecimento das causas; deve-se entender o sentido exato da evolução e destacar o significado da vida do trabalho da planta em seu ambiente. Somente o conhecimento da diversidade funcional e estrutural poderá evidenciar toda a amplitude do trabalho e ciclo vital da planta sob as condições de clima (tanto sob condições naturais como em sistemas agrícolas) (CASTRO *et al.*, 1987).

Figura 1 – Principais características (linhas narrativas) das famílias de cenários do Relatório Especial sobre Emissão de Gases do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

**A1** - descreve um mundo com rápido crescimento econômico, crescimento populacional atingindo um pico em meados do século e declinando em seguida e rápida introdução de novas e mais eficientes tecnologias. As principais características incluem a convergência entre as regiões, o desenvolvimento das capacidades e o aumento das interações culturais e sociais, com importante redução nas diferenças regionais da renda per capita. Considera direções alternativas de mudança tecnológica no sistema de energia, o que é descrito pelos três grupos que são desdobrados nessa família de cenários: A1F – intenso uso de combustíveis fósseis; A1T – ênfase no uso de fontes energéticas não-fósseis; e A1B – equilíbrio entre todas as fontes de energia.

**A2** - descreve um mundo futuro muito heterogêneo, com preservação das identidades locais e da tradição. Os padrões de fertilidade entre regiões convergem muito lentamente, o que resulta em alto crescimento populacional. O desenvolvimento econômico é principalmente orientado regionalmente e o crescimento econômico per capita e a mudança tecnológica são mais fragmentados e mais lentos, comparados às outras famílias de cenário.

**B1** - descreve um mundo convergente com a mesma população global, que atinge o pico em meados do século e declina em seguida, como na família A1, porém com rápida mudança nas estruturas econômicas, com redução na utilização de material e a introdução de tecnologias limpas e eficientes na utilização de recursos. A ênfase é nas soluções globais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental, incluindo a melhoria na equidade, porém sem iniciativas climáticas adicionais.

**B2** - descreve um mundo no qual a ênfase está em soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. É um mundo em que o crescimento populacional aumenta continuamente, a uma taxa inferior ao cenário A2, com níveis intermediários de desenvolvimento econômico e mudança tecnológica menos rápida e mais diversa, do que no B1 e A1. É orientado para a proteção do meio ambiente e a equidade social, mas com foco nos níveis local e regional.

Fonte: Ghini *et al.* (2011).

O estresse desencadeia importante mudança nesse processo, definido como um fator externo ou estressor, exerce influência desvantajosa para as plantas (TAIZ e ZEIGER, 2009). O estresse pode ser biótico, quando causado pela ação de herbívoros, bactérias, fungos ou outros, ou abiótico, quando as condições climáticas ou edáficas supra ou infraótimas afetam o normal crescimento e produtividade das plantas (NIELSEN e ORCUTT, 1996).

O estresse abiótico, seja físico, seja químico, afeta adversamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, por conseguinte, a produtividade vegetal. Extremos de temperatura, excesso ou deficiências de água, excessiva radiação, desbalanço de nutrientes (incluindo toxicidade e deficiência), salinidade e, em muitos casos, a poluição do ambiente estão entre os maiores problemas ambientais que limitam a produtividade das culturas no mundo todo. Estima-se que menos de 10% de toda a superfície arável do planeta estão livres de problemas de estresse abiótico, sendo a seca e a salinidade os principais estressores em plantas. Nos últimos anos, os problemas têm-se agravado em decorrência das anomalias climáticas, que provocam alagamentos ou secas prolongadas, de forma atípica, afetando extensas áreas de cultivo em diversas regiões, assim como o crescimento de florestas e outras plantas nativas (PRADO, 2012).

A deficiência hídrica afeta a produção, processos bioquímicos e fisiológicos das plantas. Nesse tipo de estresse a fotossíntese é geralmente reduzida, o que leva a uma diminuição na produção e consumo de fotoassimilados, alterando a partição de carboidratos nas folhas e na planta como um todo. Por outro lado, os teores de diversos solutos podem aumentar em resposta à deficiência de água. Por exemplo, aumentos nos teores de prolina e N-aminossolúveis foram detectados por alguns autores que trabalharam com deficiência hídrica em diversas espécies de plantas (AMORIM *et al.*, 2011).

É bem conhecido que carboidratos e proteínas metabólicas são bastante sensíveis a mudanças do status hídrico da planta. Nesse estado, alterações químicas na planta podem proporcionar a estimulação do metabolismo e crescimento de patógenos ou diminuir a toxidade no hospedeiro. Por exemplo, a glicose aumenta em plantas estressadas estimulando o crescimento de *Armillaria* mesmo na presença de fenóis inibidores. Foi demonstrado que níveis de carboidratos, ácidos graxos e aminoácidos estão alterados em plantas estressadas de *Chamaecyparis lawsoniana* quando são comparadas ao controle, favorecendo o

crescimento de *Armillaria mellea* e *A. gallica* nas raízes. Similarmente, em *Populus tremuloides* submetidas a estresse hídrico são encontradas grandes concentrações de prolina, asparagina e alanina que acabam por estimular o crescimento de hifas de *Entoleuca (Hypoxylon) mammata* (DESPREZ-LOUSTAU *et al.*, 2006).

Somados a estes fatores, as mudanças fisiológicas podem afetar mecanismos de resistência do hospedeiro. A supressão de tais mecanismos em plantas estressadas já foi observada, como a de enzimas do hospedeiro que degradam hifas de fungo. Hifas de *Botryosphaeria dothidea* em *Betula alba* não estressadas são finas e contorcidas quando comparadas com as estressadas (McPARLAND e SCHOENEWEISS, 1984). A produção de compostos antimicrobianos, como as fitoalexinas, é afetada pelo status hídrico da planta (KRUGER e MANION, 1994). Madar *et al.* (1995) verificaram que fitoalexinas produzidas por uma Cupressaceae, responsáveis pela inibição de *Diplodia pinea* f. sp. *cupressi*, foram encontradas em baixas concentrações em plantas estressadas quando comparadas ao controle. O processo de formação da periderme necrofilática, uma barreira contra a colonização de patógenos, foi comprometido em plantas estressadas (PURITCH e MULLICK, 1975).

A resposta ao estresse envolve três fases: a reação de alarme, fase de resistência e a exposição por um longo período aos fatores de estresses (exaustão). Tanto a infecção como o estresse hídrico são agentes promotores de estresse, reduzindo a capacidade de defesa da planta, pois ocorre a combinação desses efeitos levando mais rapidamente a exaustão do hospedeiro (DESPREZ-LOUSTAU *et al.*, 2006). Por exemplo, Paul e Ayres (1987) demonstraram um bom exemplo com uma série de experimentos com a ferrugem que ataca a *Senecio vulgaris*, mostrando que mecanismos de defesa da planta, principalmente o aumento da relação folha-raiz, são muito menos efetivos durante a seca do que quando bem irrigadas. Mecanismos que produzem efeito sinérgico entre o déficit hídrico e a infecção em árvores já foram bem descritas em estudos com a doença holandesa do ulmeiro (DED). A cavitação é considerada um processo determinante para o murchamento, provocada pelo estresse hídrico ou DED. Plantas submetidas a estresse hídrico após serem inoculadas apresentaram aumento na severidade dos sintomas com os vasos condutores largos mais propensos a cavitação (SOLLA e GILL, 2002).

O estudo das respostas das plantas ao estresse, a nível molecular tem avançado consideravelmente nos últimos anos. Vias de sinalização e os genes

envolvidos na resistência a agentes fitopatogênicos têm sido desvendado. Alguns estudos demonstraram evidência de mecanismos comuns em resposta a uma variedade de estresses. Nagy *et al.* (2004) demonstraram que estresse hídrico em mudas *Picea abies* induzia algumas defesas semelhantes à das infecções por patógenos, como as quitinases. A expressão de um gene de quitinase de pinheiro e outro de cistatina de castanheira demonstraram ser induzidas pela infecção de fungos bem como por estresses abióticos (LIU *et al.*, 2005; PERNAS *et al.*, 2000). A sobreposição das redes de sinalização ativadas por diferentes estresses pode explicar a proteção cruzada ou a tolerância cruzada, em que um determinado estresse pode induzir a resistência de outro subsequente, incluindo a seca ou um ataque de patógeno. Isso poderia explicar porque plantas levemente estressadas são mais resistentes a patógeno (DESPREZ-LOUSTAU *et al.*, 2006).

Bezerra *et al.* (2008) afirmam que o cajueiro se desenvolve bem em condições semiáridas, onde muitas vezes há baixa disponibilidade de água e o excesso de sal. O déficit hídrico reduz a extração de nutrientes do solo, limitando a solubilização dos mesmos no ambiente das raízes e alterando a morfologia do sistema radicular. Por outro lado, o efeito da salinidade vai depender dos tipos de sal que predominam no ambiente, que pode resultar em uma deficiência de nutrientes essenciais ou em um excesso de íons tóxicos. Segundo Prado (2012), a acidez do solo vinculado ao excesso de alumínio e ferro restringe a absorção de água e nutrientes pela planta devido a efeitos osmóticos induzidos pelo excesso da concentração de sais no solo. Deve ser acrescentado que esses efeitos vão depender do genótipo e da fase de desenvolvimento da planta.

Cavalcanti *et al.* (2008) constataram que em clones CCP 76 de cajueiro o estresse hídrico afetou a condutância estomática e por consequência a fotossíntese. Contrariamente, Amorim *et al.* (2011) ao avaliarem a produção e fisiologia de cajueiro anão precoce sob condições de sequeiro e irrigado, constataram que as trocas gasosas e a fotossíntese não diferiram entre os regimes hídricos, dessa forma a irrigação não proporcionou aumento na produção de castanha, os dois tratamentos apresentaram inclusive a mesma produtividade estaticamente. Apenas os teores de N-aminossolúveis e prolina apresentaram diferenças, encontrados em maiores concentrações nas plantas não irrigadas, sugerindo-se que essas variáveis possam ser utilizadas como indicadores de deficiência hídrica.

A temperatura é suma importância para do desenvolvimento da planta porque influi diretamente nos processos respiratório e fotossintético, estando relacionada com altitude, luminosidade e ventos. O aumento da temperatura pode está associado com um aumento no déficit na pressão de vapor atmosférico, portanto, as diminuições nas taxas fotossintéticas podem ser devido a ambos os efeitos. No entanto, para as espécies tropicais há uma ampla faixa de temperatura, de 20 a 35°C ou mesmo acima (TAIZ e ZEIGER, 2009; DAMATTA, 2007).

Efeitos da temperatura na fisiologia das plantas têm sido muito relatados na literatura. Segundo Campostrini *et al.* (2005) uma elevada amplitude térmica ocasiona em mamoeiro alterações fisiológicas que desencadeia na planta a Mancha Fisiológica do Mamão. Prudente *et al.* (2011) afirmam que laranjeira quando expostas à maior amplitude térmica apresentam maior fotossíntese, sendo esta resposta causada por fatores bioquímicos (maior carboxilação) e redução da perda foliar diurna de CO<sub>2</sub> (menor respiração). No pinhão manso, Matos (2010) afirma que a senescência da folha é acelerada quando a temperatura mínima e amplitude térmica alcançam valores inferiores a 10 °C e superiores a 20 °C, respectivamente.

A altitude exerce influência nos mecanismos fisiológicos dos vegetais, sendo relacionados com vários fatores climáticos (temperatura, chuva, umidade relativa, luminosidade, dentre outros). A duração do ciclo biológico da bananeira altera-se de forma substancial com as variações de altitude. Trabalhos realizados em regiões tropicais com baixas altitudes (0 a 300 m acima do nível do mar) apresentaram ciclo de produção de 8 a 10 meses, enquanto que em regiões com altitudes de 900 m, o ciclo aumentou para 18 meses. Comparações feitas entre bananais conduzidos em situações similares de cultivo, solo, chuva, umidade, evidenciaram um aumento de 30 a 45 dias no ciclo produtivo para cada 100 metros de acréscimo na altitude. Na da Colômbia, o peso médio do cacho da variedade Dominico passou de 35 kg para 10 kg com o aumento da altitude de plantio de 20 m para 19990 m (ALVES, 1997). Em mamoneira, Beltrão *et al.* (2010) verificaram o comprometimento no desenvolvimento dessas plantas em baixa altitude. Gaspari-Pezzopane *et al* (2005) afirmam que diferenças de altitude afeta a produção em cafeeiro, Laviola *et al.* (2008) foram além, verificaram que a duração de uma das fases de crescimento do fruto do café é retardada à medida que a altitude é aumentada.

Assim, os fatores climáticos delimitam direta ou indiretamente as zonas produtoras, enquadrando-as em aptas, marginais ou inaptas. Seus principais

componentes (temperatura, precipitação, umidade relativa e luminosidade) permitem o estabelecimento e desenvolvimento do cultivo, bem como favorecem a incidência ou a severidade do ataque de uma determinada doença ou praga (ALVES, 1997). Nesse contexto, o zoneamento agrícola é um artifício utilizado a fim de delimitar regiões, onde as condições de ambiente, solo e econômicas, caracterizem a maior probabilidade possível de sucesso em termos de produtividade e rentabilidade a uma determinada cultura (OMETTO, 1981).

A classificação climática é uma ferramenta muito útil, pois define em termo de temperatura, umidade e suas distribuições estacionais os limites dos diferentes tipos de climáticos que ocorrem na superfície do globo. Wilhelm Koeppen ao estabelecer sua classificação climática fez significativo avanço identificou as regiões de clima da Terra através do estudo da vegetação, associando depois os valores numéricos de temperatura e precipitação a essas regiões. Thornthwaite deu ainda um grande passo ao introduzir, além da precipitação e temperatura, a evapotranspiração potencial como elementos de classificação climática, relacionando-se com as necessidades hídricas (OMETTO, 1981).

Com bases em sistemas de informações geográficas, Silva (2007) propôs zoneamento de risco de ocorrência do mal das folhas da seringueira, utilizando de dados de temperatura e umidade. Por outro lado, Rolim *et al* (2007) buscou relacionar classificação climática e sua aplicação na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo.

Nos últimos anos, houve um considerável progresso nas análises de padrões espaciais das epidemias. Padrão espacial na fitopatologia pode ser definido como a distribuição de plantas doentes no espaço. O desenvolvimento de isópatas é um instrumento bastante utilizado, porém com o objetivo principal de avaliar a dinâmica de focos, como o fizeram Laranjeira *et al.* (1998) para o amarelecimento letal do dendezeiro, Vidal *et al.* (2004) para a meleira do mamoeiro e Laranjeira *et al.* (2004) para a clorose variegada dos citros.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas as variáveis edafoclimáticas em 13 municípios (Tabela 1) produtores e distribuídos nos estados do Ceará e Piauí de acordo com a ocorrência da resinose no cajueiro. Dois grupos distintos de variáveis foram formados, um de natureza quantitativa (Tabela 1) e outro qualitativa (Tabela 2), ambos foram relacionados com a severidade da doença. Conforme levantamentos realizados pela Embrapa Agroindústria Tropical nos últimos anos pode-se distinguir quatro zonas de severidade para a doença: 0 (sem observação), 1 (observação rara), 2 (observação frequente) e 3 (ocorrência generalizada). Para processo de escolha dos locais a serem analisados levou-se em consideração as regiões produtoras de caju com ou sem ocorrência da resinose, além da distribuição das estações meteorológicas.

Tabela 1 – Relação dos municípios com as respectivas latitude sul (LAT), longitude oeste (LONG) e médias anuais de precipitação pluviométrica em mm (PP), temperatura máxima em °C (TX), temperatura mínima em °C (TM), amplitude térmica em °C (AT) e severidade da resinose (SEV) do período de 2006 a 2011.

Município	UF	LAT	LONG	PP	TX	TM	AT	SEV
1. Acaraú	CE	2°54'	40°60'	1260	29,6	23,8	6,0	0
2. Alto Santo	CE	5°33'	38°04'	537	31,8	22,2	9,6	2
3. Barbalha	CE	7°19'	39°18'	1190	31,5	20,5	11,7	1
4. Beberibe	CE	4°12'	38°09'	992	28,5	21,4	7,1	0
5. Crato	CE	7°15'	39°27'	1188	26,5	17,0	9,8	1
6. Jaguaruana	CE	4°50'	37°48'	736	30,3	22,4	7,9	0
7. Mauriti	CE	7°18'	38°42'	674	32,1	21,1	10,9	2
8. Missão Velha	CE	7°15'	39°08'	1071	30,7	21,2	9,5	1
9. Pacajus	CE	4°10'	38°03'	984	28,8	22,2	6,6	1
10. Pio IX	PI	6°32'	40°48'	754	31,7	20,1	11,8	3
11. São José do Piauí	PI	6°52'	41°28'	752	33,1	21,9	11,2	2
12. São Raimundo Nonato	PI	9°00'	42°42'	1016	32,6	20,6	13,1	3
13. Tabuleiro do Norte	CE	5°18'	37°58'	869	33,1	22,2	11,0	1

A comparação dos parâmetros das zonas de severidade da resinose foi feita por teste de hipótese. Como os dados observados não seguiram uma distribuição normal, de acordo com o teste de Shapiro-Wilk, e por se tratar de análise de um grupo quantitativo (variáveis climáticas) com outro qualitativo (severidade), o teste não paramétrico de Mann-Whitney foi utilizado. As análises foram realizadas com auxílio do software computacional R, versão 2.14.2, desenvolvido pela Universidade Auckland, admitindo o nível de 10% de significância.

As áreas de severidade da doença foram correlacionadas (Correlação de Spearman), admitindo o nível de 5% de significância, com os dados climáticos de precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima, amplitude térmica, solo, altitude e clima, utilizando o programa estatístico Minitab, versão 15, desenvolvido pela Universidade Penn State. O Minitab também foi utilizado para traçar mapas de contornos para algumas variáveis climáticas, assim como para a realização da análise de agrupamento das cidades a partir do método UPGMA, foi usado como referência a distância euclidiana, coeficiente de Pearson e o coeficiente de Jaccard. Para a formação dos grupos, todas as variáveis estudadas foram consideradas, exceto a severidade.

Os dados de temperatura e precipitação pluviométrica foram obtidos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Calculou-se a média mensal desses valores no período de 2006 a 2011. No entanto, nem todos os municípios analisados tinham estações meteorológicas, sendo necessária a utilização de dados das estações mais próximas. Para Alto Santo os dados de temperatura são da estação de Quixeré – CE. Para Pio IX foram utilizados os dados de temperatura de Campos Sales - CE e de precipitação e Parambu - CE. Já para São José do Piauí – PI foram usados os dados climatológicos de Picos – PI e para São Raimundo Nonato os de Bom Jesus do Piauí – PI. Porém, os dados de temperatura máxima e mínima para Pio IX, Barbalha e São Raimundo Nonato são referentes ao período de 1970 a 1990.

A determinação dos tipos de solos para os municípios foram de acordo com as coordenadas geográficas presentes na Tabela 1, os solos dos municípios de Alto Santo, Mauriti, Pio IX e São José do Piauí são nas áreas onde ocorre a doença. A classificação foi feita de acordo com a Embrapa Solos UEP Recife (2006), caracterizada como: 5 (Podzólico vermelho-amelo), 6 (solos aluviais), 7 (Cambissolos), 10 (areias quartzosas distróficas), 11 (Latossolo amarelo) e 17 (Podzólico vermelho-amarelo equivalente eutrófico). As características gerais dos solos estão representadas na Tabela 3 (JACOMINE *et al.*, 1973).

Tabela 2 – Relação dos municípios avaliados e suas características de solo, clima, altitude e severidade da resinose do cajueiro.

Município	Estado	Solo	Clima	Altitude (em m)	Severidade
1. Acaraú	CE	5	Aw	13	0
2. Alto Santo	CE	7	As	160	2
3. Barbalha	CE	17	Aw	410	1
4. Beberibe	CE	10	As	12	0
5. Crato	CE	17	Aw	426	1
6. Jaguaruana	CE	6	As	20	0
7. Mauriti	CE	17	Aw	524	2
8. Missão Velha	CE	17	Aw	361	1
9. Pacajus	CE	5	As	74	1
10. Pio IX	PI	11	Aw	700	3
11. São José do Piauí	PI	11	Aw	400	2
12. São Raimundo Nonato	PI	17	BSh	353	3
13. Tabuleiro do Norte	CE	7	As	145	1

Tabela 3 – Características gerais dos tipos de solo dos municípios analisados.

Tipo de solo	Características gerais			
	Acidez	Fertilidade	Profundidade	Drenagem
Podzólico vermelho-amarelo	Forte a moderadamente ácidos	Baixa	Normalmente profundo	Forte a imperfeitamente drenados
Solos aluviais	Moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos	Alta	Profundo	Imperfeitamente a moderadamente drenados
Cambissolos	Material heterogêneo	Baixa ou alta	Variável	Forte a imperfeitamente drenados
Areias quartzosas distróficas	Forte a moderadamente ácidos	Baixa	Profundo	Fortemente drenados
Latossolo	Forte a moderadamente ácido	Baixa	Profundo	Forte a bem drenados
Podzólico vermelho-amarelo equivalente eutrófico	Moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos	Média a alta	Normalmente profundo	Bem a moderadamente drenados

Fonte: JACOMINE *et al.*, 1973.

A classificação climática utilizada foi a de Koeppen, determinada para cada região com o auxílio do programa computacional Google Earth versão 6.2 juntamente com o aplicativo desenvolvido pelo Instituto de Veterinária da Universidade de Viena. As denominações Aw, As e BSh referem-se a clima tropical

com chuvas de verão, clima tropical com chuvas de inverno e clima de estepes com precipitação anual média compreendida entre 380 e 760 mm e temperatura média anual acima de 18°C, respectivamente.

Os dados de altitudes referentes a Alto Santo, Mauriti, Pio IX e São José do Piauí foram obtidos nos locais de ocorrência da doença, enquanto que nos demais, os dados referem-se aos locais onde a estação meteorológica se encontra.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Observações em campo

O que é observado em campo para o patossistema da resinose do cajueiro é que ocorrem em regiões de altitude acima de 100 metros e inseridas no semiárido. Na região do litoral cearense, caracterizada como tabuleiros litorâneos, é onde se concentra boa parte da produção de caju do estado, em Acaraú, Pacajus, Beberibe, não se observa a ocorrência da resinose, com exceção de Pacajus, onde uma única vez essa doença foi registrada em uma planta isolada, anos atrás. Uma possível causa para o aparecimento pode ser a pressão inóculo do fungo associada à alta susceptibilidade do hospedeiro (BERGAMIM FILHO *et al.*, 1995; MICHEREFF, 2001). A região da Chapada do Araripe, representadas pelos municípios de Barbalha, Crato e Missão Velha, não é uma região tradicional na produção de caju, assim como Tabuleiro do Norte, entretanto, a ocorrência de *L. theobromae* em outras anacardiáceas na região é bastante comum, além de ocorrer no próprio cajueiro, ainda que raramente (LIMA, 2011). Já a região da Chapada do Apodi, onde a doença foi observada pela primeira vez, em Alto Santo, caracteriza-se pela observação frequente da resinose, porém é possível o convívio da cultura com a doença. Esse mesmo cenário é observado em Mauriti e São José do Piauí, ambas regiões produtoras. Vale ressaltar que no decorrer do tempo estas regiões não evoluíram para o estágio de ocorrência generalizada. Por fim, os municípios de Pio IX e São Raimundo Nonato são caracterizados pela ocorrência generalizada da doença e com o comprometimento do pomar em poucos anos.

De acordo com o que foi relatado é possível identificar no mapa (Figura 2) as regiões de ocorrência e não ocorrência da doença. A imagem retrata parte da região do Nordeste brasileiro conforme a classificação climática de Koppen. Analisando os municípios de não ocorrência da doença, com nota 0 (Tabela 2), Acaraú está em área classificada como Aw (clima tropical com chuvas de verão), Pacajus, Beberibe e Jaguaruana estão em As (clima tropical com chuvas de inverno). De modo geral, ao se observar a área classificada como As, percebe-se que a severidade da doença, no decorrer do tempo, teve nota máxima 2 (Tabela 2). Vale salientar que outras variáveis, logo mais discutidas, têm que ser levadas em consideração. Por outro lado, as duas regiões críticas para a doença, com nota 3 na escala de

severidade (Tabela 2), encontram-se na zona BSh (São Raimundo Nonato) ou bem próxima a ela (Pio IX). Apesar dessa última não estar inserida em BSh e sim em Aw, pode-se considerar que Pio IX seja uma zona de transição em que uma área exerça influência sobre a outra, mesmo que indiretamente. A classificação BSh é para locais onde predominam clima de estepes com precipitação pluvial entre 360 e 760 mm, ou seja, nessas áreas as plantas são submetidas a condições de estresse o que altera a fisiologia das mesmas (TAIZ e ZEIGER, 2009).

O fato de implantações de plantio comercial de cajueiro no Nordeste ocorrer primeiramente em regiões litorâneas (onde não há doença) e posteriormente em regiões mais para o interior do continente reforça que a doença seja mesma provocada por condições ambientais (PAIVA *et al.*, 2003; RIBEIRO, 2011).

Figura 2 – Imagem tirada do Google Earth 6.2 com uso do aplicativo desenvolvido pela Universidade de Viena. Legenda das cores: Rosa escuro – As, rosa claro – Aw e marrom – BSh.

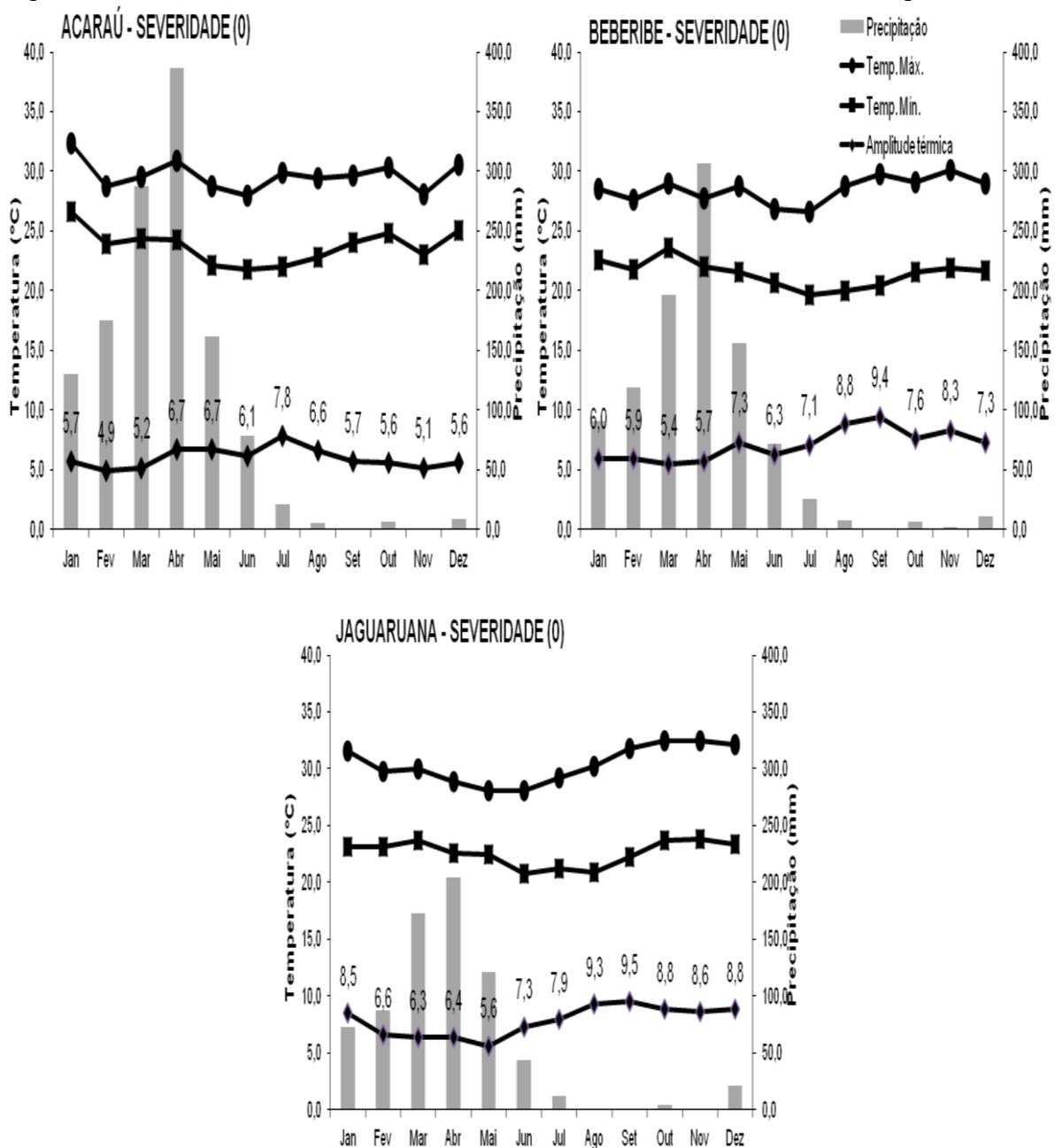


Fonte: Google Earth 6.2.

## 6.2 Comportamento climático

Analisando a Figura 3 que representa as regiões sem incidência da resinose (severidade 0), percebe-se que em Acaraú e Beberibe, regiões produtoras de caju e próximas ao litoral, a amplitude térmica durante o ano não supera 10°C e a média anual de precipitação pluviométrica ultrapassa os 900 mm. Um cenário semelhante para a amplitude térmica pode ser encontrado em Jaguaruana, porém a precipitação pluviométrica é inferior a 800 mm.

Figura 3 – Média mensal dos dados climáticos de Acaraú, Beberibe, Jaguaruana.



Ao analisar as regiões com severidade 1, a amplitude térmica, a precipitação e a altitude de Pacajus são semelhantes às encontradas em Acaraú e Beberibe. Já os municípios de Barbalha, Crato e Tabuleiro do Norte (Figura 4) apresentam a amplitude térmica no segundo semestre do ano superior a 10°C e a precipitação, com exceção de Tabuleiro do Norte, supera os 1000 mm. Em Missão Velha, somente o mês de setembro apresentou a variação da temperatura maior que 10°C, já a precipitação também supera os 1000 mm.

A Figura 5 retrata as regiões de severidade 2 representadas pelos municípios de Alto Santo, Mauriti e São José do Piauí que são regiões produtoras de caju e que a resinose é observada frequentemente, mas com pouca severidade sendo possível o convívio da cultura com a doença. Nessas áreas a amplitude ultrapassa os 10°C no segundo semestre e a precipitação é abaixo dos 800 mm. É importante salientar que ao longo dos anos, a severidade da resinose do cajueiro desses locais se estabilizou na nota 2, não evoluindo para um terceiro estágio caracterizado pela ocorrência generalizada e com elevado grau de severidade.

As regiões analisadas que apresentam maior grau de severidade 3 foram Pio IX e São Raimundo Nonato (Figura 6). Nesses lugares percebe-se que a variação da temperatura durante todos os meses do ano é sempre superior a 10°C, situação não encontrada nos outros locais analisados. No entanto, a precipitação é distinta para os dois municípios, em Pio IX é abaixo dos 800 mm e em São Raimundo Nonato é próxima de 1000 mm.

Figura 4 – Média mensal dos dados climáticos de Pacajus, Barbalha, Crato, Missão Velha e Tabuleiro do Norte.

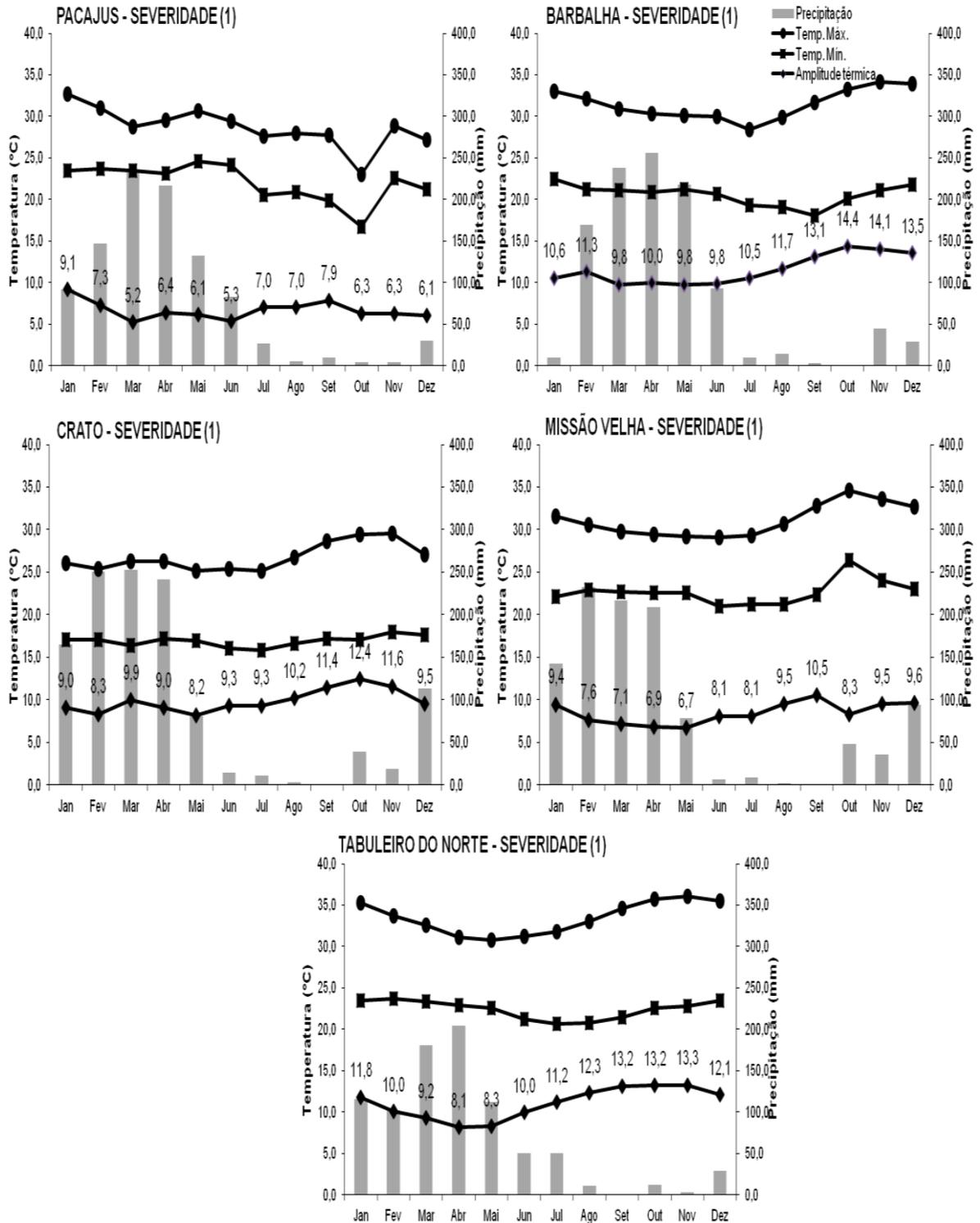


Figura 5 – Média mensal dos dados climáticos de Alto Santo, Mauriti e São José do Piauí.

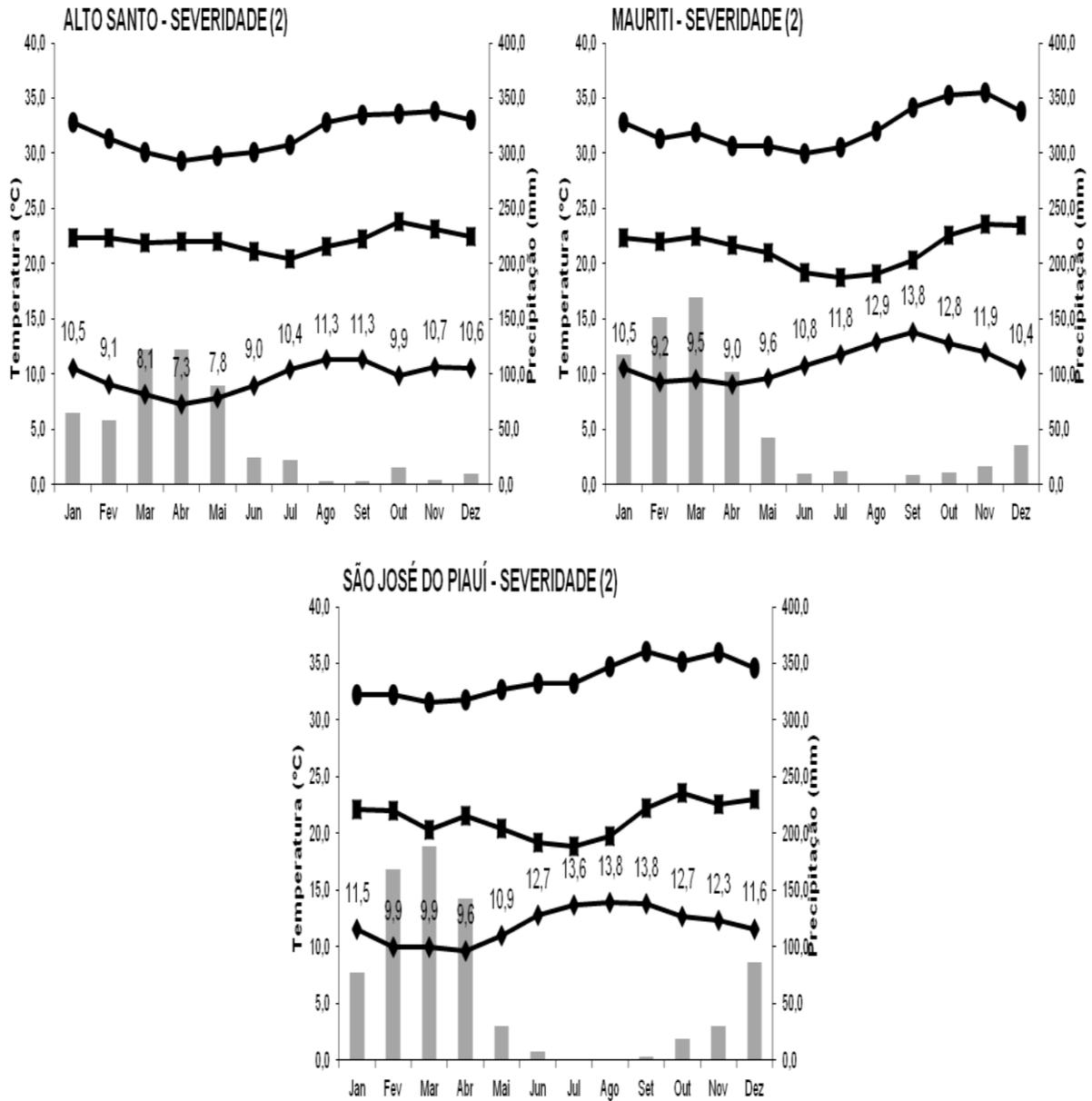
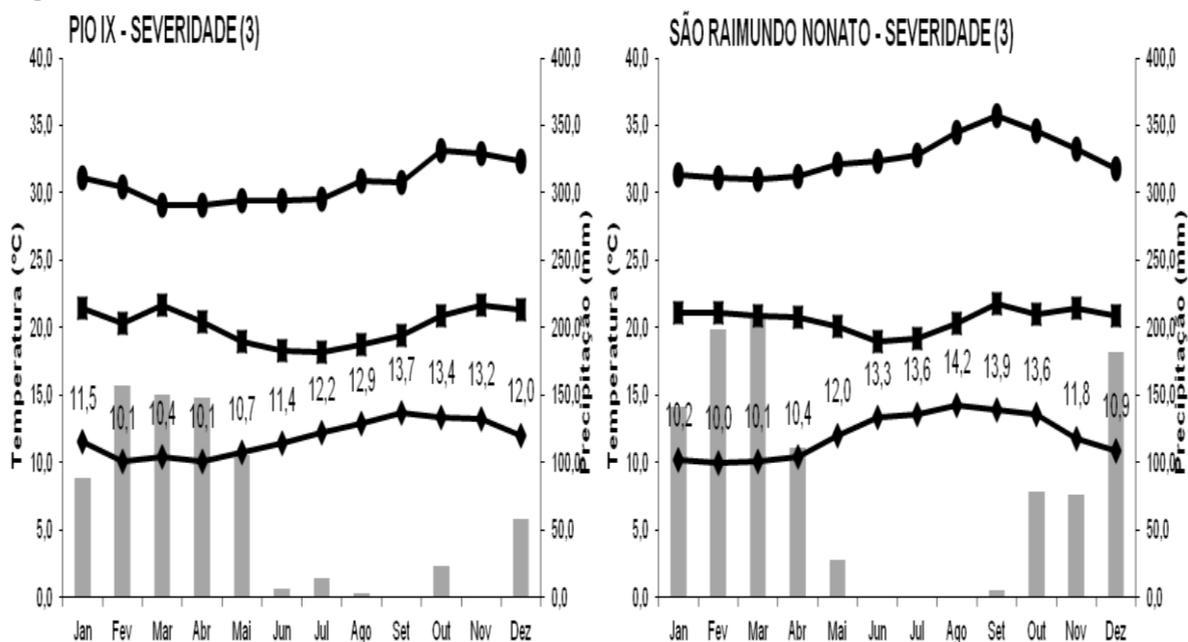


Figura 6 – Média mensal dos dados climáticos de Pio IX e São Raimundo Nonato.



### 6.3 Análises estatísticas

De acordo com a série histórica das condições climáticas e os dados de severidade para os locais de estudo foi possível estabelecer correlação de Spearman em nível de 5% de significância entre severidade e amplitude térmica ( $r = 0,57$ ), entre severidade e altitude ( $r = 0,59$ ) e entre severidade e solo ( $r = 0,56$ ), consideradas de moderadas a forte (Tabela 4). No entanto, os valores de correlação entre a ocorrência e as outras variáveis estudadas foram considerados fracos.

Por outro lado, o teste de Mann-Whitney apontam que há diferenças ao nível de 1% e 10% de significância entre as quatro categorias de severidade da resinose em relação às variáveis climáticas analisadas (Figura 7).

Tabela 4 – Valores das correlações entre a severidade da resinose e as variáveis edafoclimáticas analisadas.

Variáveis edafoclimáticas	Severidade da Resinose
Amplitude térmica	0,57*
Altitude	0,59*
Solo	0,56*
Temperatura Máxima	0,36*
Temperatura Mínima	-0,24*
Precipitação pluviométrica	-0,02 <sup>ns</sup>
Clima	-0,10 <sup>ns</sup>

\* Significativo ao nível de 5% de significância.

Figura 7 – Valor-p dos testes de Mann-Whitney para variáveis climáticas em relação as quatro categorias de severidade da resinose.

Precipitação pluviométrica					Temperatura Máxima				
	0	1	2	3		0	1	2	3
0	-	0,1662	0,3061	0,3091	0	-	>0,0001**	>0,0001**	>0,0001**
1	-	-	0,0131*	0,0281*	1	-	-	0,0036**	0,2774
2	-	-	-	0,7677	2	-	-	-	0,3325

Temperatura Mínima					Amplitude Térmica				
	0	1	2	3		0	1	2	3
0	-	>0,0001**	0,0041**	>0,0001**	0	-	>0,0001**	>0,0001**	>0,0001**
1	-	-	0,0652*	0,1632	1	-	-	0,0750*	>0,0001**
2	-	-	-	0,0003**	2	-	-	-	>0,0001**

(\*,\*\*) Significativo ao nível de 10% e 1%.

O mais indicado para a estatística seria a localização dessas estações em locais de plantio de cajueiro e a avaliação da doença ser do ponto de vista quantitativo e não qualitativo como foi no presente trabalho. Adicionalmente, recomenda-se um número maior de municípios com notas 0, 1, 2 e 3 de severidade com suas respectivas classificações de solo, altitude e clima. Porém, o pouco número de estações meteorológicas, o curto período de tempo, as poucas informações climatológicas disponibilizadas, o fato de a produção de caju nos estados do Ceará e Piauí se limitar a regiões específicas, atreladas a limitações de ordem física e financeira dificultaram uma análise mais aprofundada.

Analisando a Figura 7, nota-se para a precipitação pluviométrica que não houve diferença nas regiões de severidade 0 com as demais, ou seja, há município que chove pouco e que não ocorre a doença, como Jaguaruana. A nota 1 é a única que apresenta diferença em relação a 2 e 3. Esse resultado demonstra que a precipitação possa não está diretamente relacionada à doença, sendo outros fatores mais determinantes para sua expressão, fato também observado na correlação.

Apesar da baixa correlação entre a severidade e as temperaturas máxima e mínima (Tabela 4), o teste de Mann-Whitney (Figura 7) mostra um resultado diferente e bem interessante. Percebe-se que os municípios com nota 0 são significativamente diferentes das demais, indicando que essas variáveis possam ser associadas à ocorrência da resinose. Verifica-se também que para a temperatura máxima a nota 1 é diferente da 2, porém igual a da 3. Resultado similar é observado para a temperatura mínima.

A amplitude térmica foi diferente para todas as categorias de severidade (Figura 7), podendo constituir em uma importante variável para a determinação da

doença, inclusive com a possibilidade de que ela seja um dos principais componentes para a diferenciação de uma região com nota inferior para outra de nota superior. A correlação entre a amplitude térmica e a severidade foi significativa, refletindo o resultado apresentado pelo teste de Mann-Whitney.

De acordo com as variáveis edafoclimáticas correlacionadas com a severidade da doença, verifica-se a partir dos mapas de contorno (Figura 8) que é possível observar semelhança dos modelos de amplitude térmica, altitude e temperatura máxima com o da severidade. Para todos esses modelos, nota-se formação de ilhas geralmente entre as latitudes  $-4^{\circ}$  a  $-6^{\circ}$  e longitudes de  $-41^{\circ}$  a  $-40^{\circ}$ . Na região central dessas ilhas é onde se encontram os maiores valores das variáveis analisadas, esse aspecto é observado de forma semelhante no intervalo de  $-7^{\circ}$  a  $-9^{\circ}$  de latitude. As regiões de menor severidade coincidiram com as que apresentaram menores amplitudes térmicas, altitudes e temperatura máxima. Analisando ainda a Figura 8, o único mapa que está disforme das demais variáveis estudadas é o de solo, isso deve-se ao fato dele ser uma variável qualitativa e não quantitativa como as outras, entretanto nota-se uma tendência de predominância do solo podzólico vermelho-amarelo equivalente eutrófico para as regiões de maior severidade.

Observando a Figura 9 é possível notar a ocorrência de cinco grupos distintos. Verifica-se uma tendência de agrupamento dos municípios relacionada com o grau de severidade de cada localidade. Os Grupos 1, 2 e 3 concentram notas mais altas de severidade, enquanto os grupos 4 e 5 englobaram as localidades com menor severidade. O grupo 5 obteve a menor média de severidade (Tabela 5), enquanto que o grupo 1 é o que contém o maior valor de severidade (Tabela 5). Outro ponto a salientar é que a análise de agrupamento foi realizada também considerando a severidade como uma variável e resultou em um dendrograma idêntico ao obtido sem a mesma, indicando que as variáveis escolhidas podem ser indicativas de condições que favoreçam ou prejudiquem o aumento da doença. Esses resultados apontam que essas variáveis climáticas podem descrever as epidemias de resinose de forma mais precisa, porém avaliações mais detalhadas devem ser propostas. Outros dois dendrogramas foram gerados levando em consideração o coeficiente de Jaccard e de Pearson, o primeiro foi descartado por gerar um dendrograma totalmente dependente da severidade, já o segundo não foi

considerado por seu uso ser indicado para dados paramétricos, apesar de ter gerado um dendrograma similar ao obtido pela distância euclidiana.

Figura 8 – Mapas de contornos para amplitude térmica (A), altitude (B), solo (C), temperatura máxima (D) e severidade (E).

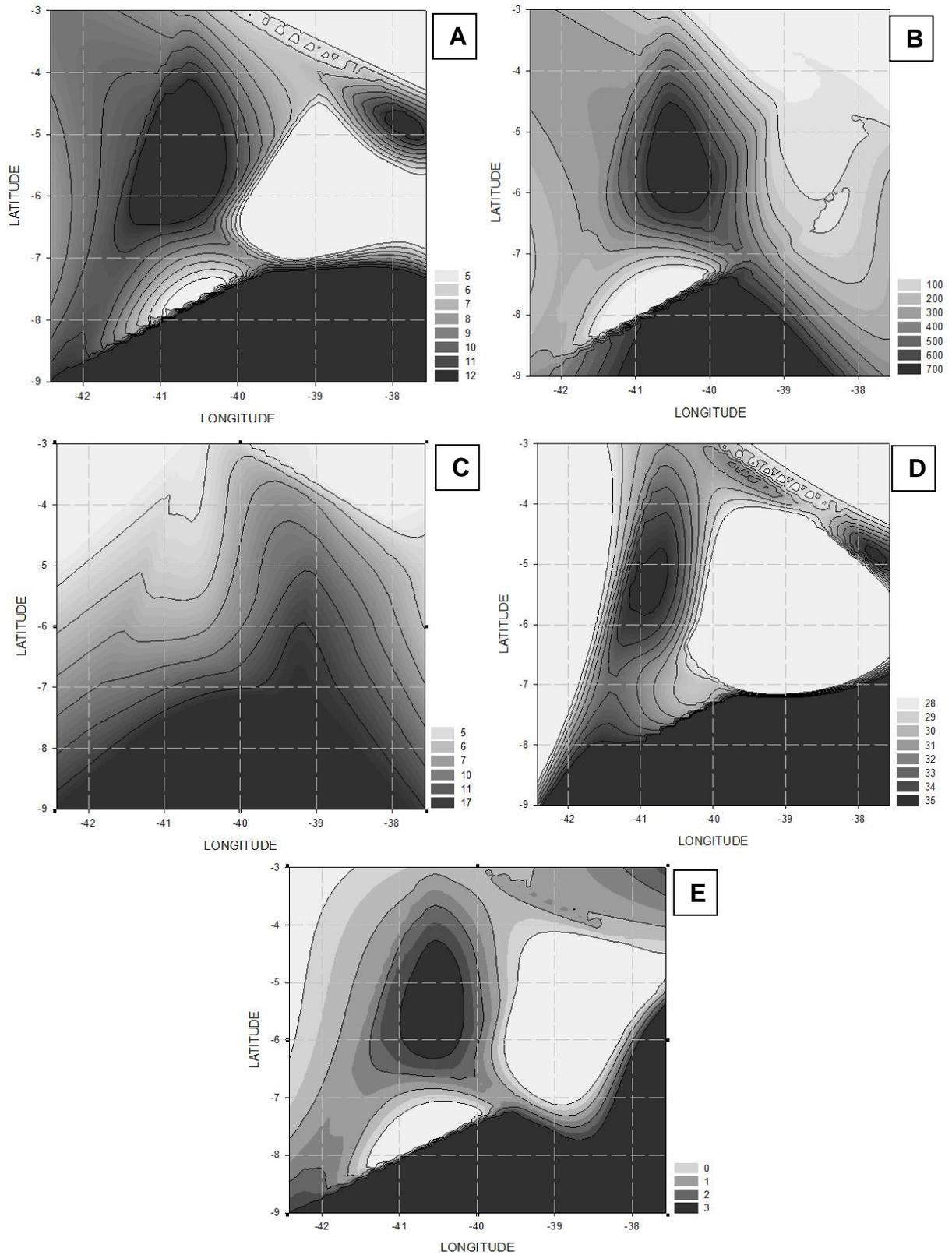


Figura 9 – Dendrograma com a distância euclidiana para as localidades avaliadas considerando as variáveis edafoclimáticas, exceto a severidade.

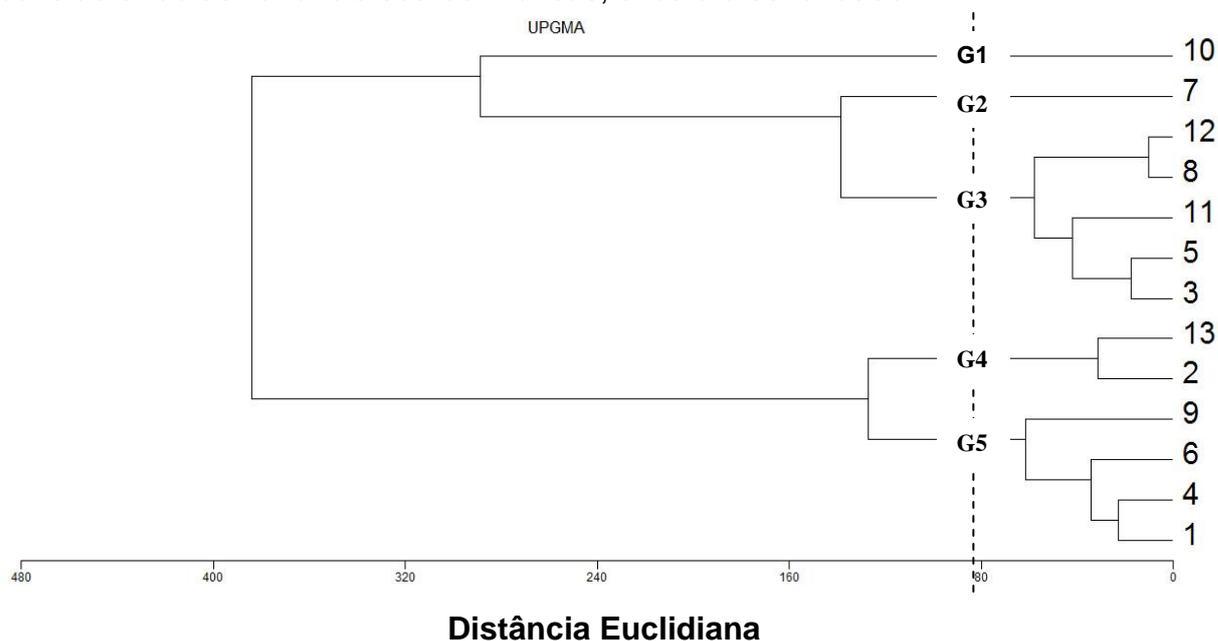


Tabela 5 – Resumo dos grupos descritos em que FN representa a frequência para a nota de severidade.

GRUPO	INDIVÍDUOS					MÉDIA NAS NOTAS
	POR GRUPO	FN. 0	FN. 1	FN. 2	FN. 3	
1	1	0	0	0	1	3
2	1	0	0	1	0	2
3	5	0	3	1	1	1,6
4	2	0	1	1	0	1,5
5	4	3	1	0	0	0,25
TOTAL	13	3	5	3	2	

A partir do dendrograma (Figura 9), foi possível construir a Tabela 5 em que se observa a formação de cinco grupos. O grupo 1 composto somente por Pio IX apresentou média de nota três, o grupo 2 também formado por uma localidade, no caso Mauriti, teve como média de notas dois. O grupo 3 é bem heterogêneo apresentando cinco municípios com frequências de notas de 1 a 3 e tendo 1,6 como média. Já o grupo 4 formado por Tabuleiro do Norte e Alto Santo teve 1,5 como média de notas. Por fim, o grupo 5 composto pelos municípios onde a doença não ocorre e Pacajus onde foi verificada uma única vez.

O interessante da Tabela 5 é que para se chegar ao seu resultado não foi necessário o uso da nota de severidade, os municípios se agruparam levando em consideração as outras variáveis analisadas, o que parece que esses fatores trabalhados estão realmente relacionados com a doença, podendo inclusive

funcionar como indicadores para implantações de novos pomares de cajueiro, em que aqueles lugares que apresentam características similares dos grupos da Tabela 5 poderão apresentar grau da doença semelhante. Entretanto, até agora nada é conclusivo, deve-se investigar.

A Figura 10 traz os gráficos de superfície das principais variáveis edafoclimáticas com as funções representativas da resinose, vale salientar que as mesmas precisam ser validadas e que os modelos representam apenas o intervalo dos dados analisados. Analisando o Gráfico A, verifica-se que em baixas altitudes e amplitude térmica há uma menor severidade da doença. A medida que a amplitude térmica vai aumentando, percebe-se um ligeiro aumento da severidade, mesmo em baixas altitudes. Observando as médias altitudes e as baixas amplitudes térmicas, a doença se apresenta em menor severidade quando comparada com as médias altitudes e as altas amplitudes térmicas. Nas altas altitudes a doença se apresenta com a maior severidade, havendo pequena diminuição nas amplitudes térmicas medianas. O Gráfico B avalia a influência da precipitação e da amplitude térmica na severidade, entretanto não é possível encontrar associação clara entre essas variáveis. Em baixas e altas precipitações, a doença se apresenta de forma constante em baixas amplitudes térmicas. Nota-se uma pequena influência na severidade com o aumento da amplitude térmica. Já no Gráfico C observa-se que quando a amplitude térmica varia, há um aumento da doença, porém a temperatura máxima não varia, o efeito que é notado é muito baixo, restrito ao intervalo de 27°C a 30°C, a partir de então a temperatura máxima perde a influência sob a severidade.

O isolamento do *L. theobromae* de tecidos de cajueiro sadio indica que o fungo é endofítico, além disso apresenta grande variabilidade genética, morfocultural e patogênica (CARDOSO *et al.*, 2009b; FARIAS, 2008; MELO, 2010; PEREIRA *et al.*, 2006; LIMA, 2011). Isto sugere que o desenvolvimento da resinose dependa mais de uma resposta fisiológica da planta diante de determinado efeito ambiental. Cardoso *et al.* (2009a) e Cardoso *et al.* (2009b) levantam a hipótese que o processo infeccioso seja induzido por estresses da planta, principalmente os de ordem fisiológica, como o estresse hídrico. Estudos apontam que fungos endofíticos sob condições especiais podem eventualmente vir a causar doenças. A ocorrência endofítica de *L. theobromae* tem sido relatada em outros hospedeiros, sendo o processo de infecção induzido por estresses ambientais que causam o enfraquecimento do hospedeiro, principalmente o estresse hídrico, podendo se

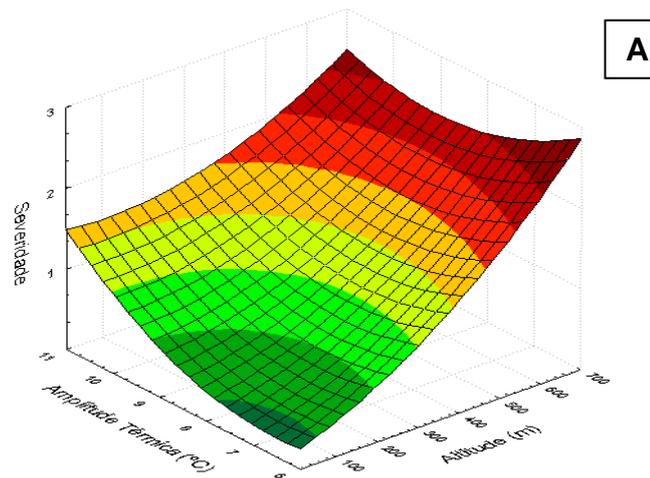
comportar como patógeno latente provocando apenas infecções quiescentes por longo período de tempo (CILLIERS A., 1993; MOHALI *et al.*, 2005; MULLEN *et al.*, 1991; SMITH *et al.*, 1996). No contexto de mudanças climáticas, provavelmente o aumento da incidência de eventos climáticos extremos, que proporcionarem maiores estresses à planta hospedeira, deverão contribuir para o aumento da ocorrência e severidade da resinose (CARDOSO e VIANA, 2011).

Segundo Desprez-Loustau *et al.* (2006), existem três tipos de interações seca-doença: efeito direto da seca sobre o patógeno, como *Hypoxylon* (*Biscognauxia*) e *Sphaeropsis sapinea* (SWART e WINGFIELD, 1991); efeito direto da seca na interação do patógeno associado com outros organismos, como na doença holandesa do ulmeiro (MALAJCZUK e THEODOROU, 1979) e em troncos de pinheiro (WOODWARD *et al.*, 1998); e efeito das interações fisiológicas no hospedeiro (ecofisiologia), podendo agir na predisposição do hospedeiro à doença ou na ocorrência de estresses múltiplos que alterem o estado fisiológico da planta. Nesses tipos de doenças há a predominância de cancro e de morte descendente (DESPREZ-LOUSTAU *et al.*, 2006), características bem peculiares de *L. theobromae*. Adicionalmente, os sintomas característicos podem se desenvolver rapidamente e causar grandes perdas em extensas áreas se o agente de estresse for generalizado (COAKLEY *et al.*, 1999). Portanto, a possibilidade de que todos esses elementos podem agir sinergicamente para o desenvolvimento da resinose do cajueiro também não fica descartada.

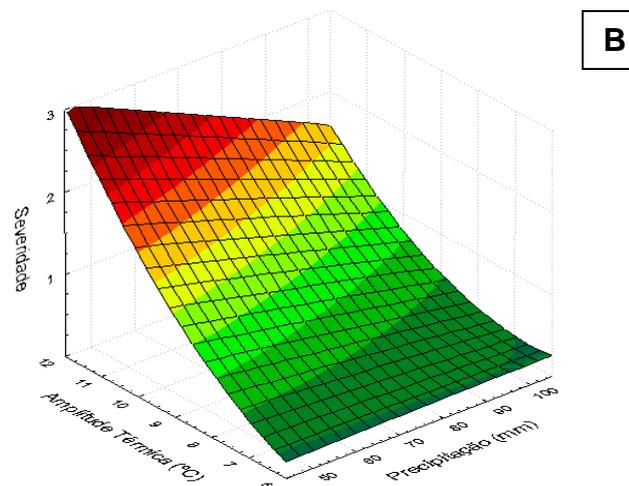
Porém, pelo caráter endofítico do fungo, a questão da ecofisiologia tem que ser melhor explorada. A luz, a água, nutrientes, gás carbônico, oxigênio e a temperatura são os principais fatores limitantes para o desenvolvimento da planta. A ecofisiologia vegetal avalia processos e as respostas da planta em função das mudanças dos fatores ambientais, sendo o estresse biótico ou abiótico, comum no semiárido, agente que exerce influência desvantajosa para as plantas (TAIZ e ZEIGER, 2009; CASTRO *et al.*, 1987; NIELSEN e ORCUTT, 1996; PRADO, 2012). Esse cenário pode ser projetado para o patossistema resinose-cajueiro tendo o estresse hídrico como um dos principais desencadeadores desse processo.

Figura 10 – Gráficos de superfície das principais variáveis contínuas avaliadas. (A) influência da amplitude térmica e da altitude nos valores de severidade. (B) influência da amplitude térmica e da precipitação nos valores de severidade. (C) influência da amplitude térmica e da temperatura máxima nos valores de severidade. As equações dos modelos estão representadas por y como amplitude térmica e x para altitude, precipitação e temperatura máxima respectivamente para os gráficos A, B e C.

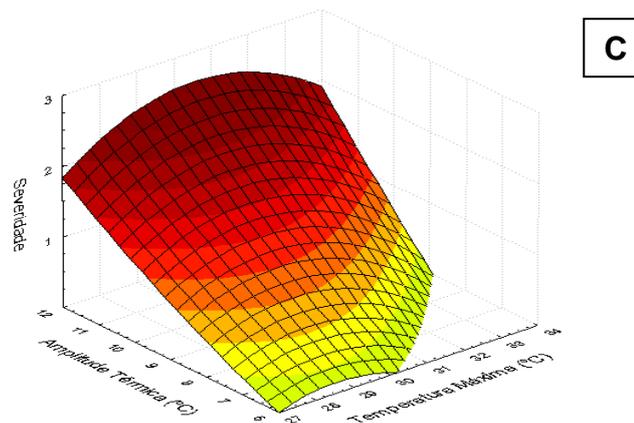
$$\text{Severidade} = 2,9313 + 0,0045 * x - 0,8308 * y + 2,9204E-6 * x * x - 0,0005 * x * y + 0,0636 * y * y$$



$$\text{Severidade} = -0,5556 + 0,0267 * x - 0,158 * y - 7,1007E-6 * x * x - 0,0041 * x * y + 0,0453 * y * y$$



$$\text{Severidade} = -41,7987 + 3,0816 * x - 0,9825 * y - 0,058 * x * x + 0,0388 * x * y + 0,0134 * y * y$$



O Nordeste do Brasil está inserido numa região semiárida, onde a predominância de baixa disponibilidade de água e o excesso de sal contribuem para o déficit hídrico (BEZERRA *et al.*, 2008). O clone CCP 76, que é susceptível a resinose, em condições de estresse hídrico apresentou concentrações maiores de N-aminossolúveis e prolina quando comparado com o irrigado, podendo ser estas substâncias indicadoras de tal condição (AMORIM *et al.*, 2011). Desprez-Loustau *et al.* (2006) afirmam que não só a prolina, como também asparagina e alanina, estimulam o crescimento de *Entoleuca (Hypoxylon) mammata* em *Populus tremuloides*. Além dessas substâncias, foi verificado que carboidratos e ácidos graxos aumentam de concentração em plantas sob estresse hídrico favorecendo o crescimento de *A. mellea* e *A. gallica* em *Chamaecyparis lawsoniana*. Diante do exposto, sugere-se que a prolina, como também outras substâncias e outros fatores, desencadeie o aparecimento dos sintomas da doença em cajueiros sob condições de estresse, sendo necessários a realização de estudos para posteriores comprovações.

Além disso, o que pode ocorrer também é o comprometimento dos mecanismos de resistência do cajueiro diante do estresse, tornando-o ainda mais susceptível ao aparecimento da doença, pois supressão de tais mecanismos já foram observadas em outros patossistemas. As hifas de *B. dothidea* em *B. alba* são mais finas e contorcidas em plantas bem irrigadas (McPARLAND e SCHOENEWEISS, 1984). O status hídrico afeta a produção fitoalexinas (KRUGER e MANION, 1994). Madar *et al.* (1995) verificaram baixas concentrações de fitoalexinas em plantas estressadas de Cupressaceae, responsáveis pela inibição de *Diplodia pinea* f. sp. *cupressi*. O processo de formação da periderme necrofilática foi comprometido em plantas estressadas (PURITCH e MULLICK, 1975).

É provável ainda que aconteçam fenômenos fisiológicos no cajueiro devido ao efeito sinérgico da infecção do patógeno e do déficit hídrico, ambos atuando como agentes promotores de estresse (DESPREZ-LOUSTAU *et al.*, 2006). Plantas submetidas a estresse hídrico após serem inoculadas apresentaram aumento na severidade dos sintomas com os vasos condutores largos mais propensos a cavitação (SOLLA e GILL, 2002). Em *Senecio vulgaris* atacada por ferrugem e submetida ao estresse hídrico apresenta diminuição na relação folha-raiz (PAUL e AYRES, 1987).

A interação infecção-estresse ou cada fator isoladamente pode ativar vias de sinalização e genes envolvidos na resistência de agentes fitopatogênicos, apresentando inclusive mecanismos comuns em resposta a uma variedade de estresses. A expressão de um gene de quitinase de pinheiro e *Picea abies*, de cistatina de castanheira demonstraram ser induzidas pela infecção de fungos bem como por estresses abióticos (LIU *et al.*, 2005; NAGY *et al.*, 2004; PERNAS *et al.*, 2000). Gondim (2010) observou um acúmulo maior de duas enzimas antifúngicas no BRS 226 (clone de cajueiro resistente a resinose),  $\beta$ -1,3-glucanase e a quitinase, mostrando haver fortes evidências que a característica de resistência possa ser correlacionada com tais substâncias, em especial a quitinase. Com isso, levanta-se a possibilidade de que essa interação exista no clone resistente, para tanto é necessário comprovações.

Outros fatores têm que ser levados em conta para o desenvolvimento da resinose no cajueiro, como à disseminação do patógeno ocorre através da água, de sementes, esporulação, animais, propágulos vegetativos, porta-enxerto e instrumentos agrícolas, podendo sobreviver sob a forma saprofítica de goma exsudada e em restos culturais no solo. Outro fator agravante é que fungos que apresentam uma vasta gama de hospedeiros ou distribuição geográfica, como *L. theobromae* são mais fáceis de estabelecerem em novas áreas, sendo inclusive bastante prejudicial a cultura implantada (CARDOSO *et al.*, 1998; CORREIA e COSTA, 2005; CYSNE *et al.*, 2010; FREIRE *et al.*, 2003; CARDOSO *et al.*, 2004; SLIPPERS e WINGFIELD, 2007).

Marques *et al.* (2010) afirmam que populações de fungo com alto nível de variabilidade são difíceis de controlar, devido a capacidade de poderem se adaptar mais rapidamente a qualquer medida de controle, seja química ou através da introdução de hospedeiro resistente. Entretanto, a melhor saída para o convívio com da resinose em áreas onde a mesma ocorre de forma generalizada, é o uso de clone resistente, como o BRS 226, recomendado por Paiva *et al.* (2008) e Cardoso *et al.* (2006), em associação com as práticas de manejo orientada por Cardoso *et al.* (2009a). Outra alternativa, levando em consideração a resinose, seria a implantação de novos pomares em locais onde as condições não são adversas ao patógeno, como próximos ao litoral, de baixa altitude, pouco déficit hídrico e em lugares onde a amplitude térmica não ultrapassa os 10°C.

Em suma, conforme relatado e de acordo com a literatura, todos esses elementos podem agir sinergicamente para o desencadeamento da resinose no cajueiro. Por outro lado, fatores ambientais, como solo, temperatura, precipitação, umidade relativa e luminosidade, isolados ou associados, o mais comum, exercem influência na fisiologia da planta, podendo inclusive favorecer a incidência ou a severidade do ataque de uma determinada doença ou praga (ALVES, 1997; OMETTO, 1981).

A associação no presente trabalho entre amplitude térmica a severidade da resinose suscita a hipótese de que a variação de temperatura, associada a outros fatores já relatados, interfira nos processos fisiológicos no cajueiro a ponto de torná-lo susceptível ao ataque do patógeno. Assim, a análise da amplitude térmica juntamente com elementos indicadores de déficit hídrico poderão ser decisivos na implantação de novos pomares. Inúmeros trabalhos relatam a influência da amplitude térmica na fisiologia das plantas. No mamoeiro, a temperatura elevada induz a exsudação de látex sobre a subsuperfície do fruto que acaba desidratando as células em torno da exsudação, formando os sintomas característicos da Mancha Fisiológica do Mamão (CAMPOSTRINI *et al.*, 2005). Em laranjeira exposta a maior amplitude térmica foi notado aumento nas taxas fotossintéticas, sendo esta resposta causada por fatores bioquímicos (maior carboxilação) e redução da perda foliar diurna de CO<sub>2</sub> (menor respiração) (PRUDENTE *et al.*, 2011). No pinhão manso, Matos (2010) verificou que a redução no incremento do diâmetro, comprimento do ramo e no número de folhas, além da queda das folhas, coincidiu com o aumento da amplitude térmica, concluindo que a temperatura é o fator ambiental desencadeador da senescência foliar.

Também foi constatada associação entre severidade e altitude, sugerindo que altitudes elevadas exercem influências no metabolismo do cajueiro a ponto de se tornar susceptível ao ataque do patógeno. A expressão de doenças provocadas, não só pelo *L. theobromae* como também para muitas espécies de Botryosphaeriaceae, dependem do plantio de variedades em lugares desfavoráveis (altitude, tipo de solo, temperatura, etc) (SLIPPERS e WINGFIELD, 2007). Sabe-se que a altitude mantém uma estreita relação com a temperatura, à medida que a altitude aumenta, a temperatura do ar e a pressão atmosférica diminuem (DAMATTA, 2007).

O efeito da altitude na fisiologia das plantas vem sendo estudado, Laviola *et al.* (2008) observaram que uma das fases do crescimento do fruto de café apresenta

maior duração à medida que a altitude é aumentada, sendo possível que a desaceleração de crescimento neste estágio esteja relacionada à reciclagem e síntese de enzimas e compostos intermediários, antes empregados na síntese de polímeros de parede, para serem utilizados como precursores na síntese de compostos de reservas na fase seguinte. Na menor altitude é provável que os frutos apresentem maiores taxas metabólicas, estimuladas por maiores temperaturas, realizando o processo de síntese em menor espaço de tempo.

É claro a ação da altitude na fisiologia da bananeira, o ciclo produtivo passa de 8-10 meses, em altitudes que varia de 0 a 300 m, para 18 meses em 900 m de altitude. A cada 100 m de acréscimo na altitude, o ciclo produtivo aumenta de 30 a 45 dias, além de apresentar uma menor produção (ALVES, 1987). Beltrão *et al.* (2010) ao trabalharem com cinco genótipos de mamoneira em duas diferentes altitudes, verificaram que tanto o crescimento em altura quanto o de diâmetro foram comprometidas quando as plantas foram cultivadas em baixa altitude. Para a mesma cultivar de café, uma diferença em 330 m de altitude é capaz de alterar o rendimento (GASPARI-PEZZOPANE *et al.*, 2005).

Apesar de não ter sido possível estabelecer associação entre precipitação pluviométrica e severidade da resinose, a chuva é um importante elemento para o desenvolvimento de epidemias em outros patossistemas. Felício *et al.* (2004) constaram haver correlação de 0,71 ao nível de 5% de significância entre incidência de manchas foliares (*Bipolaris sorokiniana* e *Drechslera tritici-repentis*) no trigo e precipitação pluvial. Os meses que ocorrem mais chuvas coincidem com o período de maior incidência de antracnose no mamoeiro (TATAGIBA *et al.*, 2002) e da Sigatoka Negra na bananeira (FAVRETO *et al.*, 2007). A precipitação pluviométrica e a umidade relativa do ar são relacionadas, sendo apontadas como um dos principais fatores no desencadeamento de doenças, principalmente as foliares, já que a água é necessária para a germinação da maioria dos esporos fúngicos e para a penetração do tubo germinativo no hospedeiro (AGRIOS, 2005).

Em se tratando de temperaturas máxima e mínima, Mafia *et al.* (2006) constaram correlação negativa entre incidência do mofo cinzento em eucalipto e temperatura máxima (média anual de 30°C e  $r = -0,80$ ) e mínima (média anual de 19°C e  $r = -0,55$ ). Já Suzuki *et al.* (2007) verificaram que houve correlação significativa entre temperatura e as doenças pinta-preta ( $r = 0,68$ ) e oídio ( $r = 0,85$ ) do mamoeiro, ambas para a mesma faixa de temperatura de 25°C a 30°C. Esses

valores são considerados ótimos pois podem proporcionar menor período de incubação, maior severidade da doença, maior taxa de crescimento do patógeno, maior tamanho da lesão e maior velocidade de desenvolvimento da doença no campo (COELHO *et al.*, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2011; TSUKAHARA *et al.*, 2008).

No que diz respeito às variáveis de clima não foi possível estabelecer correlação com a severidade da doença. Uma possível causa é o fato de que a classificação de Köppen é macroclimática. O mais recomendável para estudos posteriores seria o estabelecimento da classificação climática em uma escala menor, restrita ao local de cultivo do cajueiro, conforme recomenda Rolim *et al.* (2007). A classificação climática de Thornthwaite poderia ser uma ferramenta útil para um futuro zoneamento da resinose baseados em dados climáticos (OMETTO, 1981), assim como o fez Silva (2007) para o mal das folhas da seringueira, para tanto seria necessário a adição de outras informações aqui não trabalhadas, como radiação e pressão atmosférica, além de que todos esses dados serem de natureza quantitativa e não qualitativa como foi no presente trabalho

A severidade da resinose se associou com os solos analisados, entretanto são necessárias análises mais detalhadas dessa variável já que a caracterização dos mesmos no presente trabalho foi bastante abrangente. Como pode ser observado em Acaraú, Beberibe e Jaguaruana são municípios que não apresentam a doença, porém possuem algumas características em comum como solos de forte a moderadamente ácidos, baixa a alta fertilidade e forte a imperfeitamente drenados, Pacajus apesar de ter nota de severidade diferente desses municípios, apresenta essas mesmas características. Por outro lado, municípios onde ocorre a doença apresentam solos profundos e bem a moderadamente drenados, indicando a baixa capacidade de retenção da água no solo que pode ser associada ao estresse hídrico. Contrariamente, Alvarado *et al.* (2007) não conseguiram estabelecer relação entre a podridão-mole da couve-chinesa com características de solos de Pernambuco. Desprez-Loustau *et al.* (2006) afirma que doenças provocadas por *Phytophthora*, apesar de serem mais frequentes em solos que não apresentam boa drenagem, podem aparecer em solos bem drenados ou secos.

Cardoso *et al.* (2003) faz referência que a baixa disponibilidade de cálcio proporciona aumento da severidade da resinose. Slippers e Wingfield (2007) afirmam que algumas doenças provocadas por espécies da família Botryosphaeriaceae podem ser relacionada com o tipo de solo. Teores elevados de

nitrogênio tende a aumentar a susceptibilidade, enquanto que altas concentrações de potássio a reduzem (MICHEREFF, 2001). Rodrigues *et al.* (1996) observaram supressividade, a *Rhizoctonia solani* em solos com caráter álico associados a textura argilosa. Bezerra *et al.* (2008) afirmam que excesso de sal no solo pode resultar em uma deficiência de nutrientes na planta, tornando-a fragilizada, podendo haver ainda interferência de sais no déficit hídrico. Prado (2012) afirma que a acidez do solo vinculado ao excesso de alumínio e ferro restringe a absorção de água e nutrientes. Daí surge a necessidade da realização de estudos que avaliem a interação desses íons, da capacidade de campo, entre outros no patossistema da resinose-cajueiro.

## 7 CONCLUSÃO

Não foi possível estabelecer associação direta entre a precipitação pluviométrica e a resinose do cajueiro;

As temperaturas máximas e mínimas das áreas que não ocorre a doença mostraram-se diferentes das regiões de ocorrência da doença;

A amplitude térmica e a altitude foram os principais fatores de ambiente relacionados à resinose do cajueiro;

Solos profundos e bem drenados foram associados às zonas de ocorrência da doença;

Municípios que apresentaram variáveis edafoclimáticas semelhantes, também apresentaram semelhança para a severidade da resinose;

A classificação climática de Koppen não se associou às zonas de ocorrência da resinose;

## REFERÊNCIAS

- ALVES, E. J. **A cultura da banana**: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. Brasília: Embrapa SPI, 1997. 585p.
- AMORIM, A. V.; GOMES-FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; LACERDA, C. F. Produção e fisiologia de plantas de cajueiro anão precoce sob condições de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1014-1020, 2011.
- BELTRÃO, N. E. M. *et al.* Comportamento de cultivares de mamoneira em diferentes altitudes. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 5.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1218-1223.
- BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L.; **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1995. 919p.
- BORGES NETO, C. R.; MELLO, S. C. M.; RIBEIRO, Z. M. A.; ÁVILA, Z. R.; MALTY, J.; FONTES, E. M. G. Influência da idade da planta, período de umidificação e concentração de inóculo no desenvolvimento de sintomas provocados por *Cercospora caricis* em tiririca. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 138-142, 2000.
- CAMPOSTRINI, E.; LIMA, H. C.; OLIVEIRA, J. G.; MONNERAT, P. H.; MARINHO, C. S. Teores de Ca e variáveis meteorológicas: relações com a incidência da mancha fisiológica do mamão no norte fluminense. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n.4, p. 601-613, 2005.
- CARDOSO, J. E.; BEZERRA, M. A.; VIANA, F. M. P.; SOUSA, T. R. M.; CYSNE, A. Q.; FARIAS, F. C. Ocorrência endofítica de *Lasiodiplodia theobromae* em tecidos de cajueiro e sua transmissão por propágulos. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 4, p. 262-266, 2009b.
- CARDOSO, J. E.; CYSNE, A.Q.; COSTA, J.V.T.A.; VIANA, F. M. P. Método de avaliação da resistência de clones de cajueiro à resinose. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 4, p. 329-333, 2010.
- CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. C. O.; SÁ, F. T. Disseminação e controle da resinose em troncos de cajueiro decepados para substituição de copa. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 48-50, 1998.
- CARDOSO, J. E.; PAIVA, J.R.; CAVALCANTI, J. J. V.; SANTOS, A.A.; VIDAL, J.C. Evaluation of resistense in dwarf cashew to gummosis in north-eastern Brazil. **Crop Protection**, Oxford, v. 25, p. 855-859, 2006.
- CARDOSO, J. E.; SANTOS, A. A.; ROSSETTI, A. G.; VIDAL, J. C. Relationship between incidence and severity of cashew gummosis in semiarid North-eastern Brazil. **Plant Pathology**, Reading, v. 53, p. 363-367, 2004.

CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P.; FREIRE, F.C.O.; CYSNE, A. Q.; FARIAS, F.C.; CAVALCANTI, J. J. V. **Manejo da Resinose no Cajueiro**. Fortaleza: Embrapa - CNPAT, 2009a. 3 p. (Comunicado Técnico, 154).

CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do cajueiro do Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. **Impactos das Mudanças Climáticas sobre Doenças de Importantes Culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. Cap.9, p. 161-176.

CARDOSO, J. E.; WILKINSON, M. J. Development and characterisation of microsatellite markers for the fungus *Lasiodiplodia theobromae*. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 1, p. 55-57, 2008.

CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Potafos, 1987, 249p.

CEDENÕ, L.; CARRERO, C.; MOHALI, S.; PALACIOS-PRÜ, E.; QUINTERO, K. Muerte regressiva em parchita causada por *Lasiodiplodia theobromae* em Venezuela. **Fitopatologia Venezolana**, v. 8, n. 1, p. 7-10, 1995.

CILLIERS, A. A Review of *Lasiodiplodia theobromae* with particular reference to its occurrence on coniferous seeds. **South African Forest Journal**, Pretoria, v. 166, p. 47-52, 1993.

COAKLEY, S. M.; SCHERM, H.; CHAKRABORTY, S. Climate change and plant disease management. **Annual Review of Phytopathology**, v. 37, p. 399-426, 1999.

COELHO, R. R.; VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W.C.; PAUL, P. A.; ZAMBOLIM, Z.; BARRETO, R. W. Determinação das condições climáticas que favorecem o desenvolvimento da ferrugem e da mancha angular do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, n.5, p. 508-514, set./out., 2003.

CORREIA, M. S; COSTA, J. L. S. Dispersão anemófila do fungo *Lasiodiplodia theobromae* em plantações de coqueiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.30, n.2, p. 150-154, mar./abr., 2005.

COSTA, V.S.O. **Etiologia e aspectos epidemiológicos da morte descendente e podridão peduncular em mangueira no Nordeste do Brasil**. 2009. 82f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

CYSNE, A. Q; CARDOSO, J. E.; MAIA, A. H. N.; FARIAS, F. C.; Spatial-temporal Analysis of Gummosis in Tree Cashew Clones at Northeastern Brazil. **Journal of Phytopathology**, v. 158, p. 676-682, 2010.

DAMATTA, F. M. Ecophysiology of tropical tree crops: an introduction. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 239-244, 2007.

DESPREZ-LOUSTAU, M. L.; MARÇAIS, B.; NAGELEISEN, L. M.; PIOU, D.; VANINI, A. Interactive effects of drought and pathogens in Forest trees. **Annals of Forest Science**, v.63, p. 597-612, 2006.

FAO. FAOSTAT. Roma. 2012. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org> >. Acessado em: 14 mar. 2012.

FARIAS, F. B. **Detecção da diversidade e associação de *Lasiodiplodia theobromae* com o cajueiro utilizando marcadores microsatélites**. 2008. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

FAVRETO, R.; MODEL, N. S.; TONIETTO, A. Sigatoka negra, fatores do ambiente e sistemas agroflorestais em bananais do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 13, n. 1-2, p. 95-104, 2007.

FELÍCIO, J. C.; CAMARGO, C. E. O.; CASTRO, J. L.; GERMANI, R. Rendimento de grãos de trigo e sua relação com as doenças e variáveis climáticas em Capão Bonito de 1994 a 2001. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 93-103, 2004.

FERRÃO, J. E. M.; **O Cajueiro: *Anacardium occidentale* L.** Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1995. 299p.

FREIRE, F.C.O. A resinose do cajueiro. **Caju Informativo**, Fortaleza: Embrapa-CNPc, v. 4, n. 1, p. 1-2, Dezembro, 1991.

FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E. Doenças das *Spondias* - cajarana (*S. cytherea* Sonn.), cajazeira (*S. mombin* L.), ciriguela (*S. purpurea* L.), umbu (*S. tuberosa* A. Cam.) e umbuguela (*Spondias* spp.) no Brasil. **Agrotrópica**, v. 9, n. 2, p. 75-82, 1997.

FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; SANTOS, A.A.; VIANA, F.M.P. Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. **Crop Protection**, v. 21, n. 6, p. 489-494, 2002.

FREIRE, F. C. O.; KOZAKIEWICZ, Z.; RUSSELL, R.; PATERSON, M. Mycoflora and mycotoxins of Brazilian cashew kernels. **Mycopathologia**, v. 145, n. 2, p. 95-103, 1999.

FREIRE, F, C. O.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. **Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 687p.

FREIRE, F. C. O.; VIANA, F. M. P.; CARDOSO, J. E.; SANTOS, A. A. **Novos hospedeiros dos fungo *Lasiodiplodia theobromae* no estado do Ceará**. Fortaleza: Embrapa - CNPAT, 2004. 6 p. (Comunicado Técnico, 91).

GASPARI-PEZZOPANE, C. *et al.* Influências ambientais no rendimento intrínseco do café. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 38-50, 2005.

GASPAROTTO, L.; ZAMBOLIM, L.; MAFFIA, L. A.; VALE, F. X. R.; JUNQUEIRA, N. T. V. Efeito da temperatura e umidade sobre infecção de seringueira (*Hevea ssp.*) por *Microcyclus ulei*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 14, p. 38-41. 1989.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. **Impactos das Mudanças Climáticas sobre Doenças de Importantes Culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 357p.

GIACOMELLI, E. L.; PINTO, H. S.; ROESSING, C. **Correlação entre a incidência da gomose do abacaxi e precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa, na região de Limeira, SP**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1969, 4 p. (Nota Técnica, 3).

GONDIM, D.M.F. **Bases bioquímicas da interação do cajueiro anão precoce com o fungo *Lasiodiplodia theobromae* causador da resinose**. 2010. 142f. Tese (Doutorado em Bioquímica e Biologia Molecular) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

GOOS, R. D.; COX, E. A.; STOTZKY, G. *Botryodiplodia theobromae* and its association with *Musa* species. **Mycologia**, v. 53, p. 262-277, 1961.

JACOMINE, P. K. T.; ALMEIDA, J. C.; MEDEIROS, L. A. R. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará**, v.1. Recife: Sudene, 1973. 301p.

KRUGER, B. M.; MANION, P. D. Antifungal compounds in aspen: effect of water stress. **Canadian Journal Botanic**, v. 72, p. 454–460, 1994.

LARANJEIRA, F. F.; BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L.; GOTTWALD, T. R. Dinâmica Espacial da Clorose Variegada dos Citros em Três Regiões do Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n.1, jan./fev., 2004.

LARANJEIRA, F. F. *et al.* Análise espacial do amarelecimento fatal do dendezeiro como ferramenta para elucidar sua etiologia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, n. 3, 1998.

LAVIOLA, B. G. *et al.* Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. **Bioscience Journal**, v. 24, n.1, p. 19-31, jan./mar., 2008.

LIMA, J. S **Diversidade cultural, morfológica e patogênica de isolados de *Lasiodiplodia theobromae* associado a frutíferas tropicais**. 2011. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

LIU, R.J.; EKRAMODDOULLAH, A. K .M.; ZAMANI, A. A class IV chitinas gene is up-regulated by fungal infection and abiotic stress and associated with slow-canker-growth resistance to *Cronartium ribicola* in western white pine (*Pinus monticola*), **Phytopathology**, v. 95, p. 284–291, 2005.

- MADAR, Z.; SOLEL, Z.; RIOV, J.; SZTEJNBERG, A. Phytoalexin production by cypress in response to infection by *Diplodia pinea* f. sp. *cupressi* and its relation to water stress. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 47, p. 29-38, 1995.
- MAFIA, R. G.; ALFENAS, A.A.; FERREIRA, E.M.; SOUZA, F.L. Variáveis climáticas associadas à incidência de mofo-cinza em eucalipto. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 2, mar./abr., 2006.
- MALAJCZUK, N.; THEODOROU, C. Influence of water potential on growth and cultural characteristics of *Phytophthora cinnamomi*. **Transactions of the British Mycological Society**, v.72, p. 15-18, 1979.
- MARQUES, M. W.; LIMA, N. B.; GONÇALVES, A. M.; SILVA, M. B.; FILHA, M. S. X.; LIMA, W. G.; CÂMARA, M. S. Compatibilidade vegetativa de isolados de *Lasiodiplodia theobromae* associados à cultura da mangueira. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 5., 2010, Recife. **Resumos...** Recife: UFRPE, 2008, 3 p.
- MATOS, F. S. **Caracterização fisiológica da senescência foliar em populações de *Jatropha curcas* L.** 2010. 58 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- McPARTLAND, J. M.; SCHOENWEISS, D. F. Hyphal morphology of *Botryosphaeria dothidea* in vessels of unstressed and drought-stressed stems of *Betula alba*. **Phytopathology**, v. 74, p. 358-362, 1984.
- MELO, J. G. M. **Diversidade genética de *Lasiodiplodia theobromae* associado ao cajueiro.** 2010. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- MICHEREFF, S. J.; BARROS, R. **Proteção de Plantas na Agricultura Sustentável.** Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2001. 368p.
- MOHALI, S.; BURGESS, T.I.; WINGFIELD, M.J. Diversity and host association of the tropical tree endophyte *Lasiodiplodia theobromae* revealed using simple sequence repeat markers. **Forest Pathology**, Blackwell Verlag, Berlin, v. 35, p. 385-396, 2005.
- MONTENEGRO, A. A. T. *et al.* **Plantio, manejo e comercialização da cultura do caju anão precoce.** Fortaleza: Instituto Frutal, 2011. 123p.
- MOREIRA, A. A. **O Cajueiro: vida, uso e histórias.** Fortaleza: Banco do Nordeste, 2002. 160p.
- MULLEN, J.M.; GILLIAM, C.H.; HAGAN, A. K.; MORGAN-JONES, G. Canker of dogwood caused by *Lasiodiplodia theobromae*, a disease influenced stress or cultivar selection. **Plant Disease**, St. Paul, v.75, p. 886-889, 1991.
- NILSEN, E. T.; ORCUTT, D. M. **The physiology of plants under stress: abiotic factors.** New York: John Wiley & Sons, 1996. 689p.

OLIVEIRA, C. A.; SOUZA, P.E.; POZZA, J.E.B.P.; BARRETTI, P.B. Efeito de variáveis ambientais, épocas e métodos de plantio na intensidade da seca da haste (*Botrytis cinerea*) em *Hibiscus sabdariffa*. **Summa Phytopathologica**, v.37, n.2, p. 101-106, 2011.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1981. 440p.

PAIVA, J. R. *et al.* **Clone de Cajueiro-Anão Precoce BRS 226 ou Planalto: Nova Alternativa para o plantio na Região Semi-Árida do Nordeste**. Fortaleza: Embrapa – CNPAT, 2002. 4 p. (Comunicado Técnico, 78).

PAIVA, J.R. *et al.* Desempenho de clones de cajueiro anão-precoce no semi-árido nordestino. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.39, p.295-300, abr./jun. 2008.

PAIVA, J.R. *et al.* **Recursos genéticos do cajueiro: coleta, conservação, caracterização e utilização**. Fortaleza: Embrapa – CNPAT, 2003. 42 p. (Documentos, 65).

PAUL, N. D.; AYRES, P. G. Water stress modifies intraspecific interference between rust (*Puccinia lagenophorae* Cooke) infected and healthy groundsel (*Senecio vulgaris* L.). **New Phytologist**, v. 106, p. 555–566, 1987.

PEREIRA, A. L.; SILVA, G. S.; RIBEIRO, V. Q. Caracterização fisiológica, cultural e patogênica de diferentes isolados de *Lasiodiplodia theobromae*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 572-578, 2006.

PERNAS, M.; SANCHEZ-MONGE, R.; SALCEDO, G. Biotic and abiotic stress can induce cystatin in chestnut. **FEBS Lett.** v. 467, p. 206–210, 2000.

PESSOA, W. R. L. S.; OLIVEIRA, S. M. A.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. H.; SANTOS, A. M. G. Efeito da temperatura e período de molhamento sobre o desenvolvimento de lesões de *Colletotrichum musae* em banana. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 2, p. 147-151, 2007.

PONTE, J. J. Uma nova doença da ateira (*Annona squamosa*) e da gravioleira (*A. muricata*) causada por *Botryodiplodia theobromae*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 10, p. 689-690, 1985.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas: Diagnose foliar em frutíferas**. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda., 2012. 579p.

PRUDENTE, D. A.; RIBEIRO, R. V.; BUENO, A. C. R.; MACHADO, E. C.; MACHADO, D. F. S. P. Variação da fotossíntese de laranjeira devido a amplitude térmica diária. *In*: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011. 1 CD-ROM.

- PUNITHALINGAM, E. ***Botryodiplodia theobromae*. CMI. Description of Pathogenic Fungi and bacteria**. Commonwealth Mycological Institute. Ferry Lane, Kew, Surrey, England, n. 519, 1976. 3 p.
- PUNITHALINGAM, E. **Plant diseases attributed to *Botryodiplodia theobromae***. Vaduz: Pat. J. Cramer, 1980. 123 p.
- PURITCH, G.S.; MULLICK, D.B. Effect of water stress on the rate of non-suberized impervious tissue formation following wounding in *Abies grandis*. **Journal of Experimental Botanic**, v. 26, p. 903–910, 1975.
- RAM, C. Características culturais, esporulação e virulência do “Strain” do *Botryodiplodia theobromae*, agente casual da queima-das-folhas do coqueiro (*Cocos nucifera*). **Fitopatologia Brasileira**. v. 18, p. 143-146. 1993.
- RIBEIRO, J. L. **Cajuína: Informações Técnicas para a Indicação Geográfica de Procedência do Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2011. 99p.
- RIBEIRO, I. J. A. Doenças e Pragas. IN: POMMER, C. V. (ed.). **Uva. Tecnologia de Produção, Pós-colheita, Mercado**. Porto Alegre: Editora Cinco Continentes, 2003. p. 525–568.
- RODRIGUES, F. A.; CORRÊA, G. F.; SANTOS, M. A.; BORGES FILHO, E.L. Fatores envolvidos na supressividade à *Rhizoctonia solani* em alguns solos tropicais sob vegetação natural. **Anais... 13<sup>o</sup> Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia, Solo-Suelo 96**. Campinas: SBCS, Piracicaba: ESALQ-USP, 1996. CD-ROM.
- RODRIGUES, R. **Caracterização morfológica e patológica de *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl., agente causal das podridões de tronco e raízes da videira**. 2003. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2003.
- SILVA, L.G.C. **Zoneamento do risco de ocorrência do mal das folhas da seringueira com base em sistemas de informações geográficas**. 2007. 46 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- SLIPPERS, B.; WINGFIELD, M. J. Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. **Fungal Biology Reviews**, Amsterdam, v.21, p. 90-106, 2007.
- SMITH, H.; WINGFIELD, M. J.; PETRINI, O. Botryosphaeria dothidea endophytic in Eucalyptus grandis and Eucalyptus nitens in South Africa. **Forest Ecology and Management**, v. 89, p. 189-195, 1996.
- SOLLA, A.; GIL, L. Influence of water stress on Dutch elm disease symptoms in *Ulmus minor*, **Canadian Journal Botanic**, v. 80, p. 810–817, 2002.
- SOUZA FILHO, B. F.; SANTOS FILHO, H. P.; ROBBS, C. F. Etiologia da queima das folhas do coqueiro. **Fitopatologia Brasileira**. v. 4. p. 5-10. 1979.

SUZUKI, M. S.; ZAMBOLIM, Z.; LIBERATO, J. R. Progresso de doenças fúngicas e correlação com variáveis climáticas em mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n.2, p. 167-177, abr./jun., 2007.

SWART, W. J.; WINGFIELD, M. J., Biology and control of *Sphaeropsis sapinea* on *Pinus* species in South Africa. **Plant Disease**, v. 75, p. 761–766, 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TATAGIBA, J. S.; LIBERATO, J. R.; ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; COSTA, H. Controle e condições climáticas favoráveis à antracnose do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 2, mar./abr. 2002.

TAVARES, S. C. C. H. *Botryodiplodia theobromae* Lat. em mangueira no submédio São Francisco. II. Condições Predisponentes - Controle. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 15, n. 1, p. 147-152, 1993.

TAVARES, S. C. C. H. **Perigo ronda as frutas**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2003. 23p.

TSUKAHARA, R.Y.; HIKISHIMA, M.; CANTERI, M.G. Relações entre o clima e o progresso da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em duas regiões do Estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.1, p. 47-52, jan./mar., 2008.

VIDAL, C. A.; LARANJEIRA, F. F.; NASCIMENTO, A. S.; HABIBE, T. C. Distribuição Espacial da Meleira so Mamoeiro em Zonas de Trópico Úmido e Trópico Semi-Árido. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, n.3, mai./jun., 2004.

WOODWARD, S.; STENLID, J.; KARJALAINEN, R.; HÜTTERMANN, A. *Heterobasidion annosum* biology, ecology, impact and control. **CAB Internacional**, Oxon, v. 17, p. 105-124, 1998.