

SAULO DAVID REZENDE DA SILVA

**MURCHA-DE-CERATOCYSTIS EM CULTIVARES DE MANGUEIRAS
SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

C346s
2014
Castro Neto, Manoel Delintro de, 1978-
Sorção, lixiviação e persistência de imidazolinonas em
solos utilizados no sistema clearfield de cultivo de arroz /
Manoel Delintro de Castro Neto. – Viçosa, MG, 2014.
ix, 65f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Francisco Affonso Ferreira.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Plantas e solo. 2. Arroz - Solos. 3. Física do solo.
4. Química do solo. 5. Herbicidas. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação
em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 631.4

SAULO DAVID REZENDE DA SILVA

**MURCHA-DE-CERATOCYSTIS EM CULTIVARES DE MANGUEIRAS
SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

APROVADA: 24 de outubro de 2014

Dr. Lúcio Mauro da Silva Guimarães

Prof. Dr. Acelino Couto Alfenas
(Coorientador)

Prof. Dr. Dalmo Lopes de Siqueira
(Orientador)

Dra. Danielle Fabíola Pereira da Silva

DEDICATÓRIA

À minha esposa amada, Talita Cleri Bezerra Rezende.

Aos meus pais Josefina Cipressa da Silva e Jorge Rezende da Silva.

Ao meu irmão Eliandro e à minha cunhada Paula.

Aos meus sogros Pedro e Anátilde.

Principalmente ao Deus Criador de todas as coisas.

AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento especial é para Deus, que tudo tem provido para minha vida e sustento da minha família.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa, que me acolheu desde a graduação e proporcionou-me um maravilhoso aprendizado.

Ao Departamento de Fitotecnia pela oportunidade de realização do Curso.

Agradeço a Vale, que através dos recursos transformou em realidade o sonho de um jovem cientista.

Agradeço ao meu orientador e amigo professor Dalmo Lopes de Siqueira, que fraternalmente me ensinou promovendo um enriquecimento de intelecto e de confiança entre nós.

Ao professor coorientador Salomão pela atenção e pelas valiosas sugestões que foram indispensáveis ao aprimoramento deste trabalho.

Ao professor coorientador Cecon que pacientemente me ensinou a valiosa estatística e contribuiu imensamente com a elaboração deste trabalho.

Ao professor coorientador Acelino e sua equipe pelo privilégio do trabalho em conjunto e por nos ceder materiais para o andamento do trabalho.

Ao professor Fabrício por auxiliar nas dúvidas e na concessão do laboratório para realização da multiplicação do material de inoculação. Também agradeço à equipe do professor Fabrício, em especial ao doutorando Leonardo, que auxiliou na multiplicação do fungo.

Ao Dr. Rossetto por sua gentileza em esclarecer e informar dados referentes às suas contribuições acadêmicas.

Aos amigos e colegas da Fruticultura-UFV, Lorena, Daniel, Danielle, Mariana, Romário e Robson, pela convivência agradável, ajuda em tempos difíceis e pela eterna amizade.

À colega Juliana Vieccelli, que auxiliou nos momentos de coleta de dados e pela forte amizade.

Agradeço aos meus pais, que formaram o meu caráter e lutaram para que a minha formação fosse concluída.

Agradeço a minha esposa Talita que me suportou nos momentos mais difíceis de nossas vidas.

BIOGRAFIA

SAULO DAVID REZENDE DA SILVA, filho de Jorge Rezende da Silva e Josefina Cipressa da Silva, nasceu na cidade de Mogi Guaçu, São Paulo, em 17 de abril de 1982.

Em maio de 2006, ingressou na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, e graduou-se em Agronomia em janeiro de 2012.

Em fevereiro de 2009, foi realizar Intercâmbio nos Estados Unidos e concluiu sua experiência em fevereiro de 2010.

Em março de 2012, iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, submetendo-se à defesa de dissertação em 24 de outubro de 2014.

Sumário

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6
CAPÍTULO 1	9
MURCHA-DE-CERATOCYSTIS NAS CULTIVARES DE MANGUEIRAS ‘UBÁ’ E ‘DURA’ SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO	9
INTRODUÇÃO	9
MATERIAIS E MÉTODOS	13
Instalação e condução dos experimentos e variedades utilizadas	13
Esquema e delineamento experimental, tratamentos e inoculação do fungo	15
Determinação da capacidade de pote e manutenção dos níveis de estresse	15
Avaliações	16
Número de plantas mortas e número médio de dias da inoculação até morte das plantas (NMDM)	16
Comprimento das lesões e severidade linear da doença	16
Área da lesão no sentido radial e severidade radial da lesão	17
Potencial hídrico foliar (Ψ_w)	17
Diâmetro do caule	18
Trocas gasosas	18
Análises estatísticas	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
Número de plantas mortas e número médio de dias da inoculação até morte (NMDM) das mangueiras	19
Severidade da doença, comprimento e a área da lesão nos sentidos longitudinal e radial nas mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’	21
Severidade da doença e comprimento da lesão no sentido longitudinal	22
Severidade da doença e área da lesão no sentido radial	24

Potencial hídrico foliar (Ψ_w).....	25
Diâmetro do caule (<i>DC</i>)	28
Trocas gasosas	30
Concentração de CO ₂ na câmara subestomática (<i>C_i</i>).....	30
Condutância estomática (<i>g_s</i>).....	34
Transpiração foliar (<i>E</i>)	37
Fotossíntese líquida (<i>A</i>)	39
CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
CAPÍTULO 2.....	52
MURCHA-DE-CERATOCYSTIS NA MANGUEIRA ‘MANILA’ SUBMETIDA A DÉFICIT HÍDRICO.....	52
INTRODUÇÃO	52
MATERIAIS E MÉTODOS	56
Instalação e condução do experimento e variedades utilizadas.....	56
Esquema e delineamento experimental, tratamentos e inoculação do fungo	58
Determinação da capacidade de pote e manutenção dos níveis de estresse	58
Avaliações	59
Número de plantas mortas e número médio de dias da inoculação até morte das plantas (NMDM)	59
Comprimento das lesões e severidade linear da doença.....	59
Área da lesão no sentido radial e severidade radial da lesão.....	60
Potencial hídrico foliar (Ψ_w).....	60
Diâmetro do caule (<i>DC</i>)	61
Trocas gasosas	61
Fluorescência da clorofila <i>a</i>	61
Análises estatísticas	62
RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
Número de plantas mortas e número médio de dias da inoculação até morte (NMDM) das mangueiras.....	62
Severidade da doença, comprimento e a área da lesão nos sentidos longitudinal e radial.....	64
Severidade da doença e comprimento da lesão no sentido longitudinal	64
Severidade da doença e área da lesão no sentido radial	66
Potencial hídrico foliar (Ψ_w).....	67
Diâmetro do caule (<i>DC</i>)	69

Trocas gasosas	71
Concentração de CO ₂ na câmara subestomática (<i>C_i</i>)	71
Condutância estomática (<i>g_s</i>).....	73
Transpiração foliar (<i>E</i>)	75
Fotossíntese líquida (<i>A</i>)	76
FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA <i>a</i>	78
Fluorescência máxima, fluorescência inicial e eficiência fotoquímica máxima (<i>F_v/F_m</i>).....	78
Rendimento quântico fotossintético (<i>Y</i>) e taxa de transporte de elétrons (<i>ETR</i>)....	82
CONCLUSÕES	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
APÊNDICES.....	96

RESUMO

SILVA, Saulo David Rezende da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2014. **Murcha-de-ceratocystis em cultivares de mangueiras submetidas a déficit hídrico.** Orientador: Dalmo Lopes de Siqueira. Coorientadores: Luiz Carlos Chamhum Salomão, Paulo Roberto Cecon e Acelino Couto Alfenas.

A mangueira (*Mangifera indica*) é uma frutífera de importância comercial no Brasil e no mundo. É cultivada em diversas regiões, incluindo o semiárido e árido irrigados, tais como no Vale do São Francisco, no Brasil, e países como Omã e Paquistão. Nesses locais o déficit hídrico é considerado um dos principais fatores que limitam o desenvolvimento vegetal. Além disso, a murcha-de-ceratocystis, causada por *Ceratocystis fimbriata*, é uma das principais doenças da mangicultura do Brasil e em Omã e Paquistão. Não há fungicidas eficientes, sendo o método de controle mais eficiente é o uso de variedades resistentes. Levanta-se a hipótese de que o déficit hídrico possa causar a predisposição de infecção de *C. fimbriata* em variedades de mangueira resistentes. No entanto, até o momento não há estudos sobre a interação entre *C. fimbriata* e mangueiras submetidas a déficit hídrico. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do déficit hídrico na incidência e severidade da doença em variedades de mangueiras consideradas resistente à *C. fimbriata*. Para isso, três variedades de mangueira, ‘Ubá’, ‘Dura’ e ‘Manila’, foram avaliadas quanto à resistência em diferentes condições de déficit hídrico. As mudas de mangueira conduzidas em vaso com substrato comercial a base de pinus foram submetidas a quatro níveis de déficit hídrico e inoculadas com *C. fimbriata* (CEBS15). Plantas não inoculadas e submetidas aos mesmos regimes hídricos serviram de testemunha. As mudas das variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’ foram conduzidas na mesma época, enquanto que ‘Manila’ foi conduzida posteriormente. Cada vaso contendo uma planta foi considerado como uma unidade experimental. Os vasos foram preenchidos com a mesma quantidade (6,8 kg) de substrato. Avaliou-se a mortalidade de mudas mortas, número médio de dias da inoculação até a morte das plantas; potencial hídrico foliar (Ψ_w), diâmetro de caule (*DC*), comprimentos das lesões no sentido longitudinal ao caule, área da lesão no sentido radial do caule, severidades das lesões nos sentidos longitudinal e radial, trocas gasosas e na ‘Manila’ também se avaliou a fluorescência da clorofila *a*. Os resultados foram submetidos à análise estatística descritiva. Não houve morte de plantas não inoculadas. A mortalidade foi baixa na ‘Ubá’ e alta na ‘Dura’, mesmo em condições consideradas sem déficit hídrico. Já na ‘Manila’ a

mortalidade foi alta em déficit hídrico severo apresentando o maior número de dias entre a inoculação e morte. De forma geral, a ‘Ubá’ apresentou os menores valores de severidade e comprimento de lesão, sendo que o déficit hídrico influenciou no aumento da lesão. A ‘Dura’ apresentou maior severidade e comprimento de lesão, não influenciados pelo nível de déficit hídrico. A ‘Manila’ apresentou a maior severidade e o maior comprimento de lesão em 15% da Cp. Houve redução do Ψ_w e *DC* das plantas que morreram. As trocas gasosas foram comprometidas nas plantas inoculadas, principalmente nas plantas mantidas sob déficit hídrico severo. Os valores das variáveis de fluorescência da clorofila *a* apresentaram reduções severas em plantas da variedade ‘Manila’ inoculadas e mantidas a 15% da Cp. Concluiu-se que a variedade ‘Ubá’ permaneceu resistente, mesmo em condições de déficit hídrico; a ‘Dura’ não foi resistente ao isolado CEBS15, mesmo em condições ótimas de irrigação; e a ‘Manila’ foi suscetível em condições de déficit hídrico severo.

ABSTRACT

SILVA, Saulo David Rezende da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2014. **Ceratocystis wilt on cultivars mango trees exposed to water deficit.** Advisor: Dalmo Lopes de Siqueira. Co-advisors: Luiz Carlos Chamhum Salomão, Paulo Roberto Cecon and Acelino Couto Alfenas.

The mango tree (*Mangifera indica*) is a fruitful of commercial importance in Brazil and worldwide. It is cultivated in several regions, including the semi-arid and arid irrigated, as São Francisco Valley in Brazil, and countries like Pakistan and Oman. In these places the water deficit is considered one of the main factors that limit plant growth. Moreover, Ceratocystis wilt, caused by *Ceratocystis fimbriata*, is a major disease of mango in Brazil and Oman and Pakistan. There are no effective fungicides, and then the most efficient method of control is the use of resistant varieties. Raises the hypothesis that water deficit may cause predisposition to infection of *C. fimbriata* on varieties of mango trees resistant. However, until now there are no studies on the interaction between *C. fimbriata* and mango trees exposed to water deficit. The aim of this study was to evaluate the effect of drought on the incidence and severity of disease in mango varieties considered resistant *C. fimbriata*. For this, three varieties of mango, 'Ubá', 'Dura' and 'Manila', were evaluated for resistance in different conditions of water deficit. Seedlings potted mango conducted with commercial substrate base pine were treated with four levels of water deficit and inoculated with *C. fimbriata* (CEBS15). Plants not inoculated and subjected to the same water regimes served as witness. The seedlings of the varieties 'Ubá' and 'Dura' were conducted at the same time, while 'Manila' was conducted later. Each pot contains a plant and was regarded as an experimental unit. The pots were filled with the same amount (6.8 kg) of substrate. Were evaluated the mortality, average number of days from inoculation to death of plants, leaf water potential (Ψ_w), trunk diameter (*DC*), lengths of lesions in the longitudinal direction to the stem, the lesion area in the radial direction of the stem, severity of lesions in longitudinal and radial directions, gas exchange and in the 'Manila' also evaluating the fluorescence of chlorophyll *a*. The results were submitted to descriptive statistical analysis. No deaths of non-inoculated plants. The mortality was low in 'Ubá' and high in 'Dura', even in conditions considered without water deficit. In the 'Manila' mortality was high in severe water deficit presenting the highest number of days between inoculation and death. In general, the 'Ubá' showed the lowest values of severity and lesion length, and water deficit influenced the increase in lesion size.

The 'Dura' showed greater severity and length of lesion and were not influenced by the level of water deficit. The 'Manila' had the highest severity and lesion length at 15% of Cp. Decreased in the Ψ_w and *DC* of plants that died. Gas exchanges were compromised in the inoculated plants, especially in plants grown under severe drought. The parameters of chlorophyll *a* fluorescence showed severe reductions in inoculated plants of the variety 'Manila' and maintained at 15% of Cp. It was concluded that the variety 'Ubá' remained resilient, even in conditions of water deficit; the 'Dura' was not resistant to the isolated CEBS15, even under optimal irrigation conditions; and the 'Manila' was susceptible in severe water deficit conditions.

INTRODUÇÃO GERAL

A mangueira (*Mangifera indica*) é uma espécie frutífera da família Anacardiaceae, pertencente ao gênero *Mangifera*, que possui mais de 69 espécies distribuídas entre os trópicos de Câncer e Capricórnio. O gênero *Mangifera* é o mais cultivado da família, que é formada por mais de 73 gêneros (MUKHERJEE & LITZ, 2009).

O Brasil é um dos principais países produtores de mangas do mundo. Em 2012 produziu 1,17 milhões de toneladas de manga em uma área de 73.692 hectares sendo o oitavo maior produtor mundial dessa fruta. Os principais Estados que se destacaram na produção de manga em 2012, foram: Bahia (35,96%), São Paulo (19,93%), Pernambuco (19,30%) e Minas Gerais (10,49%) (IBGE, 2014).

Na área plantada com mangueiras no semiárido do Vale do São Francisco (39 mil ha), onde está inserido o pólo de fruticultura irrigada da Bahia e Pernambuco, as variedades 'Tommy Atkins', 'Palmer' e 'Kent' são as mais produzidas. Há, entretanto, tendência de substituição ou renovação dos pomares da variedade 'Tommy Atkins' para 'Palmer' e 'Kent' por serem mais apreciadas no mercado externo (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2012).

Em regiões semiáridas, onde estão concentradas as principais áreas produtoras de mangas do Brasil, situadas na região Nordeste e Norte de Minas Gerais, é muito comum à ocorrência de déficit hídrico durante o ciclo de produção.

Segundo Pimentel (2004) e Martins (2008), água e salinidade são os principais fatores abióticos que afetam o desenvolvimento vegetal e comprometem a produção. Segundo Waller (2013), fatores climáticos desfavoráveis e ou ataque primário de pragas e patógenos enfraquecem as plantas comprometendo sua resistência e tornando-as vulneráveis aos ataques secundários, tais como besouros e outros patógenos, mesmo que o fator principal (primário) não esteja mais ativo. Assim, é relevante o efeito do déficit hídrico na fisiologia das plantas e no seu comportamento em relação às pragas e doenças.

Segundo Desprez-Loustau et al. (2006) mais de 50% dos estudos sobre a interação patógeno e déficit hídrico foram realizados em florestas de *Pinus* sp., *Quercus* sp. e *Eucalyptus* sp. Os autores afirmam que dentre os diversos fatores bióticos e abióticos que afetam as florestas, a seca e os fungos patogênicos são os mais importantes. Schoeneweiss (1981) notou que plantas de espécies lenhosas

florestais que passaram por estresse ambiental foram mais atacadas por patógenos fúngicos.

Segundo Vida et al. (2004), mudanças climáticas e nutricionais podem causar transformações morfológicas ou anatômicas nas plantas, o que pode levar à maior predisposição à infecção por patógenos. Para Wargo (1996), mudanças químicas nas plantas, tais como alterações nos níveis de carboidratos, proteínas e alguns sinalizadores, ocasionadas pelo *status* hídrico, podem estimular o metabolismo e crescimento de patógenos ou até reduzir o teor de substâncias tóxicas inibidoras do desenvolvimento desses organismos.

Michereff (2001) afirma que para ocorrer o desenvolvimento de doenças patogênicas em plantas é necessária uma interação perfeita entre plantas suscetíveis, patógenos virulentos e agressivos e condições ambientais favoráveis ao patógeno. Scholthof (2007) diz que a interação entre os fatores hospedeiro, patógeno e ambiente são conhecidos por um conceito clássico da patologia de triângulo da doença. Basicamente, o triângulo da doença tem como finalidade examinar o papel do ambiente em processos de doenças, no tempo de vida de uma planta.

Qualquer modificação em um dos fatores do triângulo provocará uma mudança na intensidade e severidade da patologia, podendo agravá-la ou amenizá-la (MICHEREFF, 2001).

Dentre as doenças causadas por patógenos fúngicos em mangueiras a murcha-de-ceratocystis tem causado sérios prejuízos no Brasil desde 1930 quando foi reportada pela primeira vez em Pernambuco, devastando pomares de mangueira (CARVALHO, 1938). Segundo Batista (2010), essa doença pode levar as mangueiras à morte, como já ocorreu nas décadas de 1950 e 60 em Jardinópolis, SP. Batista & Barbosa (2009) relataram que posteriormente ao encontrado em Jardinópolis, a doença foi relatada nos estados da Bahia, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal.

Durante os anos de 1998 e 1999 a murcha-de-ceratocystis em mangueiras adquiriu importância internacional quando foi reportada em Omã e no Paquistão com o nome de morte súbita da mangueira ou declínio da mangueira, afetando mais de 60% das plantas naquela região (MALIK et al., 2010; Al ADAWI et al., 2006; Al SADI, 2010). Esses países apresentam clima árido, portanto a mangicultura nesses locais sofre dos mesmos problemas de déficit hídrico que as regiões semiáridas do

Brasil. A manga é a terceira fruta de maior importância em Omã, perdendo apenas para tâmara (*Phoenix dactylifera*) e banana (*Musa sp.*) (AL SADI et al., 2010).

Em Omã e Paquistão o agente patogênico da murcha-de-ceratocystis foi primeiramente relatado como sendo o fungo *Ceratocystis fimbriata* (Al ADAWI et al., 2006). Entretanto, existem outros agentes que também foram associados aos sintomas da doença, como: *Lasiodiplodia theobromae*, *Ceratocystis omanensis* (AL SADI, 2010), e *C. manginecans* (VAN WYK et al., 2007). Contudo, pesquisas recentes comprovaram que os agentes associados à murcha-de-ceratocystis em mangueira, a saber, *C. manginecans*, *C. acaciivora*, *C. mangivora* e *C. mangicola* são considerados *C. fimbriata*. Já sobre *C. omanensis*, não se pode afirmar até o momento, necessitando mais estudos sobre o mesmo (OLIVEIRA, 2014).

A murcha-de-ceratocystis em mangueiras é caracterizada por gomose, descoloração vascular dos tecidos, colonização do xilema, murcha e seca dos ramos, cancro, presença de micélios com subsequente produção de tiloses (AL ADAWI et al., 2006; VAN WYK, et al., 2007; AL SADI et al., 2010). Tavares (2004) descreve que os sintomas na copa podem se iniciar pelos galhos da parte externa que progridem para o tronco, fazendo com que a planta fique com aspecto seco. Já Batista (2010) diz que o quadro sintomático da doença no campo caracteriza-se por murcha e seca dos galhos afetados. As folhas secas e de coloração palha ficam aderidas aos galhos. Pode-se observar nesses ramos a presença de estrias longitudinais no lenho, causadas pela colonização do fungo nos vasos xilemáticos.

A dispersão do patógeno e a infecção da parte aérea da mangueira estão associadas a pequenas coleobrocas dos gêneros *Hypocryphalus* que perfuram os galhos da mangueira e levam consigo o fungo *C. fimbriata*. Já o processo nas raízes se dá através do transporte do solo aderido aos implementos agrícolas, pela água de irrigação e mudas contaminadas (BATISTA, 2010).

Não há fungicidas registrados e eficientes para controlar a murcha-de-ceratocystis na parte aérea e nem no sistema radicular de mangueiras, portanto, a medida mais recomendada para o controle da doença é o uso de variedades resistentes à doença (ROSSETTO et al., 1996; TAVARES, 2004).

Algumas variedades de mangueiras já foram testadas para avaliar a resistência ao *C. fimbriata* e em função de seu comportamento foram classificadas em altamente resistentes, moderadamente resistentes, suscetíveis e altamente suscetíveis (ROSSETTO et al., 1996). Algumas delas serão descritas posteriormente.

É importante destacar que o espectro de resistência varietal dessa doença é amplo, tendo sido observadas diferenças expressivas no comportamento varietal tanto em porta-enxertos quanto em variedades utilizadas como copa (ROSSETTO et al., 1996). Além disso, devido à variabilidade genética do patógeno, variedades consideradas resistentes a um isolado do fungo têm sido suscetíveis a outros (RIBEIRO et al., 1986a; 1986b). Essa variação observada entre resistência de hospedeiros e agressividade de patógenos foi descrita como especialização entre patógeno-hospedeiro (BAKER et al., 2003; THORPE, 2004; ZAUZA et al., 2004; THORPE et al., 2005).

Não foi encontrado na literatura pesquisas sobre a interação entre fungos colonizadores do xilema ou floema e déficit hídrico em mangueiras. Devido à possibilidade de introdução da murcha-de-ceratocystis nas principais regiões produtoras de mangas do Brasil e do mundo, principalmente nas regiões de clima árido e semiárido, onde frequentemente são observadas condições de déficit hídrico, torna-se necessário o entendimento da interação entre variedades de mangueiras resistentes à murcha-de-ceratocystis e o desenvolvimento dessa doença em condições de seca.

O conhecimento dessa interação pode ser uma valiosa ferramenta para técnicos na recomendação de cultivares porta-enxertos e copas de mangueiras para o plantio em regiões semiáridas, considerando que variedades classificadas como resistentes podem ter a resistência enfraquecida ou suprimida pelo patógeno em tais ambientes.

Portanto, algumas hipóteses são lançadas para o comportamento de variedades resistentes à murcha-de-ceratocystis quando submetidas ao déficit hídrico e inoculadas com um isolado de *C. fimbriata*: 1) Há predisposição das variedades de mangueira à murcha-de-ceratocystis à medida que o déficit hídrico for mais severo; 2) As variedades de mangueiras tornam-se mais resistentes ao fungo *Ceratocystis fimbriata* à medida que o déficit hídrico for mais severo; 3) Não há relação entre déficit hídrico e a murcha-de-ceratocystis.

Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido para avaliar o efeito do déficit hídrico na incidência e severidade da murcha-de-ceratocystis em cultivares de mangueiras consideradas resistentes à doença.

A dissertação consiste em dois capítulos. No primeiro capítulo estudou-se o efeito do déficit hídrico na incidência e severidade da murcha-de-ceratocystis nas

cultivares 'Ubá' e 'Dura', enquanto o segundo capítulo explora o efeito do déficit hídrico na incidência e severidade da murcha-de-ceratocystis na cultivar 'Manila', mantida em condições mais severas de déficit hídrico do que as variedades 'Ubá' e 'Dura', e conduzido em período diferente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL ADAWI, A. O.; DEADMAN, M. L.; AL RAWAHI, A. K.; AL MAQBALI, Y. M.; AL JAHWARI, A. A.; AL SAADI, B. A.; AL AMRI, I. S.; WINGFIELD, M. J. Aetiology and causal agents of mango sudden decline disease in the Sultanate of Oman. *European Journal of Plant Pathology*, v.116, p.247-254, 2006.

AL SADI, A. M.; AL OUWEISI, F. A.; AL SHARIANI, N. K.; KAPLAN, E. J.; DEADMAN, M. L. Histological changes in mango seedling following infection with *Ceratocystis manginecans*, the cause of mango decline. *Journal of Phytopathology*, v.158, p.738-743, 2010.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. 2012. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz.

BAKER, C.J.; HARRINGTON, T.C.; KRAUS, U.; ALFENAS, A.C. Genetic variability and host specialization in the Latin American clade of *Ceratocystis fimbriata*. *Phytopathology*. 93:1274-1284. 2003.

BATISTA, D.C. **Cultivo da mangueira**. Doenças, Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/doencas.htm> Acesso em: 01 de jun. 2012.

BATISTA, D.C.; BARBOSA, M.A.G. **Doenças da Mangueira**, Embrapa, 2009. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA-2009-09/39780/1/OPB2067.pdf>>. Acesso em: 21 jan. de 2014.

CARVALHO, M.B. Sobre dois insetos nocivos à Mangueira. **Boletim da Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio**, Pernambuco, v.3(2), p.130-132,1938.

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

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=p&o=25&i=P>>. Acesso em: 07 set. 2014.

LUVAHA, E.; NETONDO G. W.; OUMA, G. Effect of water deficit on the physiological and morphological characteristic of mango (*Mangifera indica*) rootstock seedlings. *American Journal of Plant Physiology*, v.3 (1), p.1-15, 2008.

MALIK, T. M.; AKEM, C.; KHAN, S. M.; DASTI KAZMI, A. A.; GREWAL, A. G.; AWAN, M. Z. Confirmation of the capability of *Ceratocystis fimbriata* to cause mango sudden death syndrome in Pakistan. Pakistan, **Journal Phytopathology**, v.22 (2), p.120-125, 2010.

MARTINS, M. O. **Aspectos fisiológicos do Nim indiano sob déficit hídrico em condições de casa de vegetação**. 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Biologia. Recife-PE, 2008.

MICHEREFF, S.J. **Fundamento de Fitopatologia**. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2001. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&sqi=2&ved=0CCoQFjAA&url=http%3A%2F%2Ffiles.prof-vanderufersa.webnode.com.br%2F200000134-bc97ebd927%2FApostila%2520-%2520Fitopatologia.pdf&ei=4ruCUffoOejB0gGJy4C4Cw&usg=AFQjCNF0U_7bFJiPfmqzl3GXLalqizb_gQ&sig2=KDivG1q0MInV5GhU_95_3Q&bvm=bv.45960087,d.eWU>. Acesso em: 02 de mai. 2013.

MUKHERJEE, S.K.; LITZ, R.E. Introduction: Botany and Importance. In: LITZ, R.E. (Ed) **The mango: botany, production and uses**. 2nd ed. Preston, UK. p.716, 2009.

OLIVEIRA, L.S.S. **Ceratocystis wilt on *Mangifera indica*, *Colocasia esculenta* AND *Tilia americana***. 2014. 80 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Rio de Janeiro: Seropédica, 2004. 191p.

RIBEIRO, I.J.A.; ROSSETO, C.J.; SABINO, J.C.; GALLO, P.B. Seca-da-mangueira VIII. Resistência de porta-enxertos de mangueira ao fungo *Ceratocystis fimbriata* Ell. & Halst. **Bragantia**, v.45, p.317-322. 1986a.

RIBEIRO, I.J.A.; ROSSETTO, C.J.; MARTINS, A.L.M. Seca-da-mangueira IX. Ocorrência de isolado de *Ceratocystis fimbriata* patogênico a cultivar Jasmim de mangueira. **Fitopatologia Brasileira**, v.11, p.304. 1986b.

ROSSETTO, C.J.; RIBEIRO, I.J.A.; IGUE, T.; GALLO, P.B. Seca-da-mangueira: XV. Resistência varietal a dois isolados de *Ceratocystis fimbriata*. **Bragantia**, Campinas-SP, 55(1): 117-121. 1996.

SCHOENEWEISS, D.F. The role of environmental stress in diseases of woody plants. Illinois, **Plant Disease**, v.65, n.4, 1981.

SCHOLTHOF, K.B.G. The disease triangle: pathogens, the environment and society. **Nature Publishing Group**, v.5 p. 152-156. 2007.

SHAO, HONG-BO.; CHU, LI-YE; JALEEL, C. A.; ZHAO, CHANG-XING. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v.331, n.3, p.215-225, 2008.

TAVARES, S.C.C.H. **Cultivo da mangueira**. Manejo integrado de doenças. Embrapa Semiárido. Julho de 2004. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/doencas.htm>. Acesso em: 01 de jun. 2012.

THORPE, D.J. **Phylogenetics, intersterility and host specialization of *Ceratocystis fimbriata* from Brazil and the family Araceae**. 2004. 101 f. These (Mestrado) - Ames, I.A, USA: Iowa State University, 2004.

THORPE, D.J.; HARRINGTON, T.C.; UCHIDA, J.Y. Pathogenicity, internal transcribed spacer-rDNA variation, and human dispersal of *Ceratocystis fimbriata* on the family Araceae. **Phytopathology**, v.95, p. 316–23, 2005.

VAN WYK, M., AL ADAWI, A.O., KHAN, I.A., DEADMAN, M.L., AL JAHWARI, A.A., WINGFIELD, B.D., PLOETZ, R. AND WINGFIELD, M.J. *Ceratocystis manginecans* sp. nov., causal agent of a destructive mango wilt disease in Oman and Pakistan. **Fungal Diversity**, v.27, p. 213-230. 2007.

VIDA, J.B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D.J.; BRANDÃO-FILHO, J.U.T.; VERZIGNASSI, J.R. & CAIXETA, M.P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, 29: 355-372, 2004.

WALLER, M. Drought, disease, defoliation and death: forest pathogens as agents of past vegetation change. **Journal of quaternary science**, 28(4), 336-342, 2013.

WARGO, P.M. Consequences of environmental stress on oak: predisposition to pathogens. **Annals of Forest Science**, v.53, p. 359–368, 1996.

ZAUZA, E.A.V. ALFENAS, A.C.; HARRINGTON, T.C.; MIZUBUTI, E.S.; SILVA, J.F. Resistance of Eucalyptus clones to *Ceratocystis fimbriata*. **Plant Disease**, v.88, p.758–60, 2004.

CAPÍTULO 1

MURCHA-DE-CERATOCYSTIS NAS CULTIVARES DE MANGUEIRAS 'UBÁ' E 'DURA' SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO

INTRODUÇÃO

A mangueira (*Mangifera indica*) é originária da região situada entre Bangladesh e leste da Índia, onde evoluíram dois grandes grupos de plantas que são classificadas, principalmente, pela forma de germinação dos embriões, ou seja, monoembriônica, apenas um embrião zigótico, ou poliembriônica, havendo, geralmente, um embrião zigótico e vários embriões nucelares (PINTO, 2004; MUKHERJEE & LITZ, 2009).

No Brasil, a mangicultura se destaca nos mercados interno e externo. Em 2011, a manga ocupou o primeiro lugar entre frutas exportadas, gerando receita de US\$ 140,9 milhões (SOARES, 2012). Em 2012, o Brasil ocupou a oitava posição mundial em produção de mangas com 1,17 milhões de toneladas, com área colhida de 73.692 hectares. Os principais Estados produtores de mangas em 2012 foram: Bahia (35,96%), São Paulo (19,93%), Pernambuco (19,30%) e Minas Gerais (10,49%) (IBGE, 2014).

Considerando os principais Estados produtores, Bahia e Pernambuco se destacam na produção do Nordeste por estarem localizados no semiárido do Vale do São Francisco, com aproximadamente 39 mil hectares plantados, principalmente, com as variedades 'Tommy Atkins', 'Palmer' e 'Kent'. Entretanto, há tendência de substituição dos pomares da variedade 'Tommy Atkins' para 'Palmer' e 'Kent', por serem mais apreciadas no mercado externo (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2012).

O cultivo de mangueiras, em locais de clima árido, como em Omã e Paquistão, e semiárido, tal como no norte de Minas Gerais e no Nordeste, é comum a ocorrência de déficit hídrico nos pomares, mesmo com o uso de irrigação.

Nesses locais é possível a produção de mangas durante a maior parte do ano, devido ao manejo cultural que envolve várias práticas, tais como: podas, adubações, déficit hídrico e uso de reguladores de crescimento. Segundo Davenport (2009), mangueiras necessitam de temperaturas em torno de 15 °C para floração, contudo,

elas podem florescer na ausência dessa condição, se as plantas passarem por um período entre 6 a 12 semanas em déficit hídrico.

Pimentel (2004) e Martins (2008) consideram os fatores déficit hídrico e salinidade como sendo as principais fontes de estresse abiótico que afetam a produção e o desenvolvimento vegetal. Segundo Zambolim & Junqueira (2004), existem várias fontes de estresse abiótico que predisõem a mangueira a doenças, tais como: clima, muda de baixa qualidade ou utilização de porta-enxerto suscetível e não adaptado às regiões de plantio dos pomares. Para Waller (2013), fatores climáticos desfavoráveis às plantas podem favorecer o ataque primário de pragas e patógenos e reduzir sua resistência tornando-as mais vulneráveis para o ataque secundário, tais como doenças fúngicas.

Os autores Desprez-Loustau et al. (2006) afirmam que dentre os diversos fatores que comprometem as florestas de *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp. e *Quercus* spp., a seca e os fungos patogênicos são os mais importantes.

Diversos autores demonstraram, em outros patossistemas, que o estresse abiótico pode predispor as plantas às doenças (SCHOENEWEISS, 1981; RISTAINO & DUNIWAY, 1989; VIDA et al., 2004; DESPREZ-LOUSTAU et al., 2006; WALLER, 2013). Em contrapartida, outros autores comprovaram haver aumento de resistência ou menor severidade à doença quando a planta passa por um período de estresse abiótico (ACHUO et al., 2006; MAUCH-MANI & MAUCH, 2005; JACOBI & RIFFLE, 1989; SWART et al., 1992).

Michereff (2001) diz que para ocorrer doença em plantas é necessária a interação perfeita entre hospedeiro suscetível, patógeno virulento e condições ambientais favoráveis ao patógeno. A esses três fatores de estudo denomina-se triângulo da doença. Qualquer modificação em um dos fatores do triângulo provocará uma mudança na intensidade e severidade da patologia, podendo agravá-la ou amenizá-la.

A questão que se impõe é saber se houve elevação ou redução da incidência e severidade de doenças fúngicas em plantas, decorrentes dos fatores de estresses abióticos.

Existem várias maneiras de se avaliar o comportamento das plantas estressadas frente às doenças ocasionadas por patógenos fúngicos. Uma delas é a comparação entre o desenvolvimento de lesões causadas por patógenos em plantas submetidas a déficit hídrico e o desenvolvimento de lesões causadas por patógenos

em plantas bem irrigadas (AYRES, 1991; MAUREL et al., 2001a; MAUREL et al., 2001b). Chama-se de interação positiva se a doença for favorecida pelo aumento do déficit hídrico (DESPREZ-LOUSTAU et al., 2006).

As avaliações das características fotossintéticas, tais como trocas gasosas e as variáveis de fluorescência da clorofila *a* também são formas importantes de se avaliar os efeitos estresses abióticos na predisposição de plantas às doenças patogênicas (BAKER & ROSENQUVIST, 2004; BERGER et al., 2007; BAKER, 2008). Plantas infectadas por fungos, bactérias e vírus usualmente exibem redução da fotossíntese líquida (HERMANS et al., 2005), anormalidades na assimilação de dióxido de carbono (LOPES & BERGER, 2001) que estão relacionadas com a diminuição na condutância do mesófilo, na redução da atividade da Ribulose-1,5-bifosfato carboxilase (MEYER et al., 2001).

Outra maneira de avaliação é através do resultado do *status* hídrico de plantas estressadas, chamado de potencial hídrico foliar (Ψ_w). A colonização de fungos vasculares nas plantas pode causar redução no potencial hídrico foliar, pois as lesões vasculares impedem o fluxo de seiva, o que pode resultar no murchamento da planta (MACE et. al, 1984).

Dentre as doenças fúngicas vasculares da mangueira a murcha-deceratocystis, causada por *Ceratocystis fimbriata*, é uma das mais importantes e que pode levar a destruição de pomares inteiros, tal como ocorrido em Jardinópolis, SP (BATISTA & BARBOSA, 2009) e também de outros países como no Paquistão e em Omã (MALIK et al., 2010; Al ADAWI et al., 2006; Al SADI, 2010).

A dispersão do *C. fimbriata* e a infecção da parte aérea estão associadas a pequenas coleobrocas dos gêneros *Hypocryphalus* que perfuram os galhos da mangueira e levam consigo o fungo. Já o processo nas raízes se dá através do transporte do solo aderido aos implementos agrícolas, pela água de irrigação e mudas contaminadas (BATISTA, 2010).

No campo, os sintomas observados nas plantas doentes se assemelham aos de uma planta que teve a copa chamuscada pelo fogo. Batista (2010) descreve que as folhas ficam com coloração palha, secas e aderidas aos galhos afetados. Outros autores descrevem que os sintomas de gomose e descoloração dos tecidos vasculares, cancro, presença de micélios com subsequente produção de tiloses (AL ADAWI et al., 2006; VAN WYK et al., 2007; AL SADI et al., 2010).

Por não haver fungicidas registrados e eficientes para o controle da murcha-de-ceratocystis, a medida de controle mais recomendada é o uso de variedades resistentes (ROSSETTO et al., 1996; TAVARES, 2004). Contudo, vale destacar que o espectro de resistência varietal para murcha-de-ceratocystis é alto e se observam diferenças no comportamento entre o patógeno e variedades de mangueiras (ROSSETTO et al., 1996).

Observou-se que mangueiras ‘Ubá’ utilizadas como porta-enxerto pela Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, APTA de Ribeirão Preto, SP, eram consideradas resistentes ao *C. fimbriata* até que essas plantas começaram a morrer. Descobriu-se, através do isolamento do *C. fimbriata* das plantas que morreram, que esse isolado era mais agressivo para a variedade ‘Ubá’ e assim foi identificado como isolado IAC FITO 4905 (TAVARES, 2004; GALLI et al., 2011).

Já a variedade ‘IAC 104 Dura’, proveniente do Programa de melhoramento do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), é considerada resistente a ambos os isolados, IAC FITO 334-1, não patogênico para ‘Ubá’ e ‘Kent’, e isolado IAC FITO 4905, considerado agressivo para ‘Ubá’ e ‘Kent’ (RIBEIRO et al., 1998).

Outra variedade que se mostrou resistente ao *C. fimbriata* é a ‘Manga D’água’. Em relação às variedades que apresentaram alguma tolerância em estudos de avaliação de copa, podem ser mencionadas: ‘Rosa’, ‘Sabina’, ‘São Quirino’, ‘Oliveira Neto’, ‘Espada’, ‘Jasmim’, ‘Keitt’, ‘Sensation’, ‘Kent’, ‘Irwin’ e ‘Tommy Atkins’ (TAVARES, 2004). Outros estudos apontaram que variedades muito suscetíveis são: ‘Haden’ e ‘Zill’ (ROSSETTO et al., 1996); ‘Coquinho’ e ‘IAC 137’ (GALLI et al., 2011).

Como não há estudos sobre a interação entre fungos colonizadores de tecidos vasculares e déficit hídrico em mangueiras e sabendo que em diversos locais do Brasil e do mundo a mangicultura é conduzida em locais onde há déficit hídrico e com risco da introdução de *C. fimbriata*, é importante o entendimento da interação entre variedades de mangueiras resistentes à murcha-de-ceratocystis e o desenvolvimento dessa doença em condições de seca, pois o déficit hídrico pode causar, nas mangueiras, predisposição à doença.

Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido para avaliar o efeito do déficit hídrico na incidência e severidade da murcha-de-ceratocystis nas cultivares de mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’, consideradas resistentes à doença.

MATERIAIS E MÉTODOS

Instalação e condução dos experimentos e variedades utilizadas

Os experimentos com as variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’ foram instalados em telado com tela antiafídica com malha de 0,87 x 0,30 mm e coberto com plástico transparente de 150 micras de espessura e tratados contra radiação ultravioleta. O telado coberto está localizado no Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa (MG), cujas coordenadas são 20°45’14” Sul e 42°52’55” Oeste e a altitude é de 648 metros.

Plantas da variedade ‘Haden’ também foram utilizadas para confirmar a patogenicidade do fungo e determinar o final dos experimentos, que ocorreu após haver 100% de mortalidade das plantas dessa variedade. Foram utilizadas quatro plantas, sendo uma planta por vaso.

Os experimentos foram conduzidos simultaneamente para as variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’, de 19 de dezembro de 2012 a 30 de março de 2013.

Os valores das temperaturas máximas, mínimas e médias diárias, expressas em graus Celsius (°C), e umidade relativa do ar máxima, mínima e média diária, expressas em porcentagem (%) (Figura 1) foram registrados no interior do telado com o auxílio de *datalogger*.

Foram utilizadas mudas de mangueiras poliembriônicas das variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’ de aproximadamente um ano de idade, provenientes de sementes, sem enxertia, ou seja, mudas de “pé franco”. As sementes de cada variedade foram obtidas de uma única planta para reduzir o risco de variabilidade entre as mudas germinadas.

Todas as mudas foram cultivadas em vasos de polietileno com o substrato comercial Holambra HS Florestal, à base de casca de pinus e vermiculita. Foram utilizados vasos com capacidade para 12 L, que foram preenchidos com substrato até completarem 6,8 kg. As mudas foram selecionadas da forma mais homogênea possível, usando como critérios a altura, diâmetro do caule, número e sanidade das folhas.

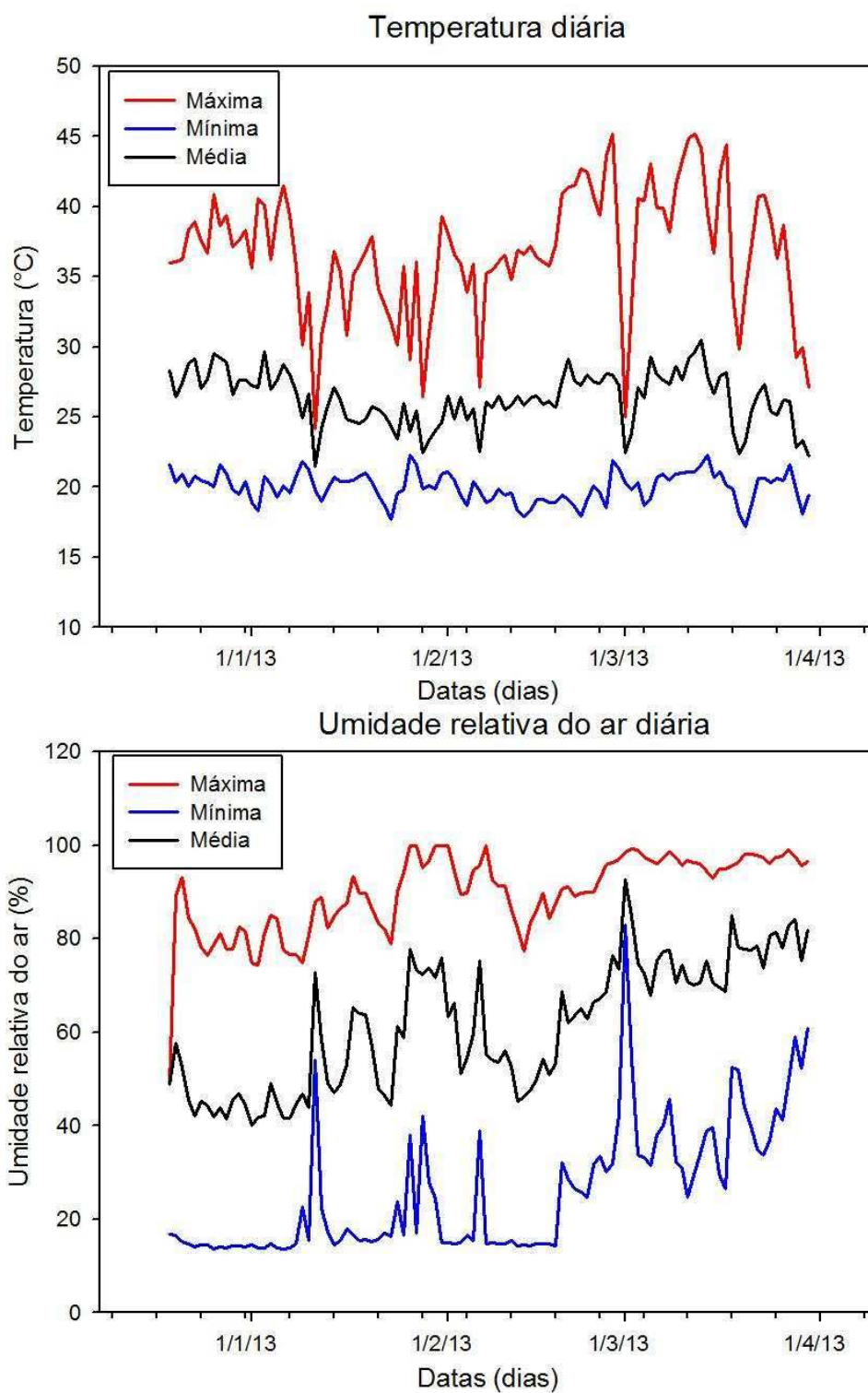


Figura 1- Temperaturas máxima, mínima e média diárias; umidade relativa do ar máxima, mínima e média para as variedades 'Ubá' e 'Dura', no período 19 de dezembro de 2012 a 30 de março de 2013, obtidas com *datalogger* instalado no interior do telado coberto no Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

Esquema e delineamento experimental, tratamentos e inoculação do fungo

Os experimentos foram conduzidos usando o esquema fatorial 4 x 2, utilizando o delineamento em blocos casualizados (DBC). Os fatores em estudo foram quatro níveis de estresse hídrico e dois níveis de inoculação com o fungo *Ceratocystis fimbriata* (Inoculado e Não Inoculado). Para a variedade 'Ubá' foram usadas quatro repetições e para as variedades 'Dura' foram empregadas três repetições. A parcela experimental foi formada por um vaso, contendo uma planta.

Os níveis de estresse hídrico foram definidos em 80%, 60%, 40% e 20% da capacidade de pote (Cp), ou seja, da porcentagem de retenção de água pelo conjunto substrato e vaso. O valor de 80% da Cp representou plantas mantidas em vasos sem déficit hídrico, enquanto que o valor de 20% da Cp representou plantas mantidas em déficit hídrico severo.

O isolado de *Ceratocystis fimbriata* (CEBS15) foi obtido no Laboratório de Patologia Florestal/BIOAGRO da Universidade Federal de Viçosa, MG. A inoculação artificial foi realizada segundo o método de Alfenas & Ferreira (2007), que consistiu em fazer um ferimento na casca das plantas de 0,5 cm de diâmetro, a 30 cm acima do coleto e inocular no local um disco de cultura do fungo em meio de batata-dextrose-ágar com 14 dias de incubação.

A área inoculada foi protegida com algodão esterilizado umedecido em água destilada e recoberta com filme plástico para impedir a entrada de outros organismos. O mesmo procedimento foi realizado nas plantas testemunha, contudo, foi inserido apenas o disco de meio de cultura esterilizado e sem a presença do fungo.

A inoculação foi realizada em 17 de fevereiro de 2013 para as variedades 'Ubá', 'Dura' e 'Haden', ou seja, 60 dias após o início da aplicação do estresse hídrico (DAEH) para as 'Ubá' e 'Dura'. A variedade 'Haden' não foi conduzida sob déficit hídrico, ou seja, foi mantida a 100% da Cp em todo o período.

Determinação da capacidade de pote e manutenção dos níveis de estresse

A capacidade de retenção de água do substrato em um vaso é conhecida como capacidade de vaso ou capacidade de pote (Cp). A determinação de 100% da Cp foi realizada pelo método gravimétrico direto, que consistiu em conhecer a quantidade de água retida pelo substrato após sofrer completa saturação e consequente drenagem do excedente pela ação da gravidade, como descreveram Souza et al. (2000).

Todos os vasos foram preenchidos com igual massa de substrato, ou seja, 6,8 kg. Considerou-se o peso de cada planta para composição do peso total, que foi estipulado pela somatória dos componentes: substrato úmido a cada nível de capacidade de pote, planta no momento de transplântio e vaso (kg).

O conjunto foi pesado em balança digital modelo Filizola, com capacidade de até 15 kg. A superfície dos vasos foi coberta com um disco de poliestireno expandido, com um furo central correspondente ao local do caule, como medida de reduzir a evaporação. O valor em peso obtido para cada tratamento foi mantido até o encerramento do experimento, para controle da reposição diária de água perdida pela evapotranspiração. A água foi adicionada até atingir o valor em peso correspondente à capacidade de pote proposta. A quantidade de água repostada variou de uma parcela a outra, pois esse fator dependeu da evapotranspiração diária de cada parcela.

Avaliações

Número de plantas mortas e número médio de dias da inoculação até morte das plantas (NMDM)

O número de plantas mortas foi expresso em valor fracionário, que corresponde o número de plantas mortas em relação ao total de plantas testadas para cada tratamento.

O número médio de dias entre a inoculação até a morte das plantas (NMDM) foi determinado para cada experimento pela média aritmética calculada com o número de dias compreendido entre a inoculação do fungo nas plantas e a constatação da morte de plantas de cada tratamento.

Comprimento das lesões e severidade linear da doença

Avaliou-se o comprimento da lesão na casca e lenho, no sentido longitudinal do caule, medido em centímetros. Para essa avaliação, o caule foi seccionado do colo ao ápice da planta (Figura 2).

A severidade da doença no sentido longitudinal do caule, aqui denominada severidade linear da doença, foi calculada em valores percentuais e obtida ao final do

experimento. Seus valores levam em consideração a porcentagem do comprimento dos tecidos lesionados em relação à altura total da planta.



Figura 2- Lesões internas no caule de *Mangifera indica*, variedade ‘Dura’, causadas pela colonização de *Ceratocystis fimbriata*.

Para o cálculo da severidade linear, a altura da planta foi medida a partir do coleto até o ápice.

Área da lesão no sentido radial e severidade radial da lesão

A área da lesão radial, medida em milímetros quadrados, causada por *C. fimbriata* nas mangueiras, foi avaliada na secção de um corte transversal do caule, feito a um centímetro acima do ponto de inoculação. A severidade radial da lesão foi representada pela porcentagem da área comprometida com a colonização do fungo em relação à área total da seção radial. Os valores dessas duas características foram obtidos utilizando um sistema computadorizado de captura de imagens digitais e um analisador de imagens, software WinDias 2.0, que diferencia tecidos sadios de tecidos doentes.

Potencial hídrico foliar (Ψ_w)

O Ψ_w , expresso em MPa, foi obtido utilizando a câmara de pressão de Scholander (Soil Moisture Equipment Corp USA), usando a sétima folha completamente expandida do ápice para base, coletadas nas primeiras horas da antemanhã (04:00 horas).

Para leitura do Ψ_w utilizou-se uma folha por planta e uma leitura por folha. Após destacar a folha da planta, realizou-se a remoção do látex exsudado no pecíolo com o auxílio de uma folha de papel toalha.

As avaliações foram realizadas aos 4, 18 e 32 dias após a inoculação (DAI).

Diâmetro do caule

O diâmetro do caule foi medido a aproximadamente 40 cm acima do coleto das plantas mediante o uso de um paquímetro digital, Starrett 727, com escala em milímetros. As avaliações foram realizadas aos 0, 10, 20, 30 e 40 DAI.

Trocas gasosas

Para determinação das trocas gasosas foi utilizado um analisador de gás carbônico a infravermelho (IRGA) modelo LCpro com controle de temperatura a 26°C e irradiância de 1.000 $\mu\text{mol. f\u00f3tons. m}^{-2}. \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar 200 mL.min⁻¹.

As variáveis utilizadas para avaliação fisiológica da planta após o período de déficit hídrico e posterior inoculação do fungo foram: concentração interna de CO₂ (*C_i*) expressa em $\mu\text{mol. mol}^{-1}$; condutância estomática (*g_s*) expressa em $\text{mol. m}^{-2}. \text{s}^{-1}$; transpiração foliar (*E*) expressa em $\text{mmol. m}^{-2}. \text{s}^{-1}$ e a fotossíntese líquida (*A*) expressa em $\mu\text{mol. m}^{-2}. \text{s}^{-1}$.

As leituras com o aparelho foram realizadas em folhas intactas, entre os períodos de 8:00 a 12:00 horas. Os dados registrados foram provenientes da média de três leituras da quarta folha completamente desenvolvida e totalmente madura, no sentido do ápice para a base. Foram realizadas 3 avaliações para as variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’, correspondente aos 12, 25 e 40 DAI.

Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística descritiva com auxílio do programa Sistemas para Análises Estatísticas de Genéticas (SAEG) (UFV, 1997).

A correlação de Pearson foi usada para determinar a relação entre as variáveis de potencial hídrico foliar, diâmetro do caule, trocas gasosas para a presença ou ausência de *C. fimbriata* nas plantas e a severidade das lesões longitudinal e radial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Número de plantas mortas e número médio de dias da inoculação até morte (NMDM) das mangueiras

O experimento foi encerrado em 30 de março de 2013, quando as quatro plantas da variedade ‘Haden’ inoculadas morreram devido à murcha-de-ceratocystis. Não houve morte de plantas nos tratamentos em que as mangueiras não foram inoculadas com *C. fimbriata*, em qualquer nível de Cp (Tabela 1).

Tabela 1. Número de plantas mortas (NM) e número médio de dias da inoculação até morte (NMDM) das mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’, cultivadas nos níveis de 20, 40, 60 e 80% da capacidade de pote (Cp), em plantas inoculadas (S) e não inoculadas (N) com o fungo *Ceratocystis fimbriata* em Viçosa - MG, 2013.

Cp (%)	‘Ubá’				‘Dura’			
	NM (n°)		NMDM (dias)		NM (n°)		NMDM (dias)	
	S	N	S	N	S	N	S	N
20	1/4	0	29	0	2/3	0	25	0
40	0	0	0	0	1/3	0	19	0
60	1/4	0	36	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	2/3	0	24	0

Na mangueira ‘Ubá’ o déficit hídrico não favoreceu a morte das plantas inoculadas. O número de plantas mortas foi baixo e aleatório para essa variedade. As plantas mortas estavam submetidas a 20% e 60% da Cp (Tabela 1) e em ambos os tratamentos morreram uma planta em quatro inoculadas, sendo o NMDM de 29 e 36 dias, respectivamente (Tabela 1).

Para as plantas inoculadas da ‘Dura’, apenas as submetidas a 60% da Cp não morreram. O maior número de plantas mortas foi observado para aquelas mantidas a 20% e 80% da Cp, apresentando morte de duas em três plantas inoculadas (Tabela

1). O NMDM para plantas desses tratamentos foram de 25 e 24 dias, respectivamente, ou seja, menor que a variedade 'Ubá' (Tabela 1).

A temperatura é um dos principais fatores que interferem sobre a interação patógeno-hospedeiro. Mafia et al., (2011) observaram que o maior desenvolvimento do *C. fimbriata* em eucalipto ocorreu quando a temperatura variou de 18 a 28 °C. Já Oliveira (2010) observou menores valores de severidade em clones de *Eucalyptus* spp. quando a inoculação foi feita em épocas mais frias do ano. Baseado nessas informações e na Figura 1, onde se observa temperaturas médias entre 22 e 28 °C é lógico afirmar que a variedade 'Dura' foi mais afetada pela doença apresentando maior número de plantas mortas e menor NMDM, o que indica maior susceptibilidade para o isolado CEBS15, já que ambos os experimentos foram realizados na mesma época.

Foi observado nas plantas inoculadas e não inoculadas da variedade 'Dura', que as plantas mantidas a 80% da Cp, consideradas inicialmente para ambas as variedades como ausência de déficit hídrico, apresentaram estresse por excesso de água. Essas plantas apresentavam menor vigor que as plantas mantidas a 60% da Cp. Nesse caso, o nível de 60% da Cp poderia ser considerado ótimo para a 'Dura'.

A variedade 'Dura' foi suscetível ao *Ceratocystis* em condições de estresse hídrico. O mesmo foi observado em outros patossistemas (ANSELMINI & PUCCINELLI, 1992; LEWIS JUNIOR & VAN ARSDEL, 1978; BLODGETT et al. 1997a; 1997b).

A variabilidade genética do patógeno ou do hospedeiro é fator importante a ser considerado como fonte de variação das respostas das plantas ao estresse hídrico e à infecção fúngica (SCHOENEWEISS, 1986). As espécies de um mesmo gênero podem diferir entre si quanto à susceptibilidade aos fungos, tal como foi observado entre as variedades 'Ubá' e 'Dura' deste trabalho, onde a 'Ubá' permaneceu resistente e 'Dura' foi suscetível ao *Ceratocystis fimbriata*. Vannini et al., (1996) observaram que nas mesmas condições de suplementação hídrica, as espécies de carvalho *Quercus cerris* e *Q. pubescens* diferiram significativamente quanto à taxa de mortalidade ao ataque do fungo *Botrytis mediterranea*. *Q. cerris* foi mais suscetível com 56,8% de mortalidade contra 1,9% de mortalidade do *Q. pubescens*.

No Brasil existe alta diversidade genética entre isolados de *C. fimbriata*, e também entre variedades de mangueiras. Consequentemente, as respostas das interações entre os isolados e as diferentes variedades de mangueiras diferem entre

si. Ao avaliar o comportamento de 16 variedades copa com dois isolados de *C. fimbriata* Rossetto et al. (1996) observaram que algumas variedades de mangueiras foram mais suscetíveis a um isolado do que a outro. Os autores constataram que plantas da variedade ‘Ubá’ foram muito resistentes ao isolado IAC FITO 334-1 com 0% de mortalidade e suscetíveis ao isolado IAC FITO 4905 com 60% de mortalidade. Já Galli et al. (2011), em que utilizaram dois isolados de *Ceratocystis*, IAC FITO 13.966 e IAC FITO 13.977, contataram 45% de mortalidade na variedade ‘Ubá’, caracterizada como resistente e 15% de mortalidade na variedade ‘Dura’, considerada muito resistente. Os resultados encontrados no presente trabalho diferiram dos resultados encontrados por Rossetto et al. (1996) e Galli et al. (2011), pelo fato de utilizar diferente isolado de *C. fimbriata*, pelas condições hídricas aplicadas serem diferentes e também pela variabilidade genética intra-cultivares, tal como descreveu Rocha (2009) para mangueiras ‘Ubá’.

Com os resultados encontrados por Rossetto et al. (1996), Galli et al. (2011) e os resultados apresentados neste trabalho, pode-se afirmar que existem diferentes interações entre cultivares de mangueira e isolados de *C. fimbriata*. De acordo com a Tabela 1 e as definições de resistência de Rossetto e Galli, o enquadramento de resistência para os cultivares testados no presente trabalho são: a variedade ‘Ubá’ se enquadra em muito resistente, não importando a porcentagem da capacidade de pote conduzida; ‘Dura’ apresentou susceptibilidade quando conduzida em 20% e 80% da Cp, resistência moderada quando conduzida em 40% Cp e altamente resistente quando conduzida em 60% da Cp.

Severidade da doença, comprimento e a área da lesão nos sentidos longitudinal e radial nas mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’

A severidade, o comprimento e a área das lesões no sentido longitudinal e radial, a partir do ponto de inoculação com *C. fimbriata*, foram avaliados apenas para os tratamentos cujas plantas foram inoculadas. Não houve lesão nos ramos de plantas nos sentidos linear e radial dos tratamentos de plantas não inoculados de quaisquer níveis de Cp.

Severidade da doença e comprimento da lesão no sentido longitudinal

A severidade da doença ocasionada por *C. fimbriata* nas plantas da variedade 'Ubá' foi crescente e linear à medida que a diminuiu a disponibilidade de água no substrato, ou seja, de 80% para 20% da Cp. O mesmo aconteceu com o comprimento da lesão. Nessa variedade, a maior severidade e os maiores comprimentos de lesão ocorreram nas plantas submetidas a 20% da Cp e foram de $21,52 \pm 8,08\%$ e $14,83 \pm 3,85$ cm, respectivamente (Figura 3). O aumento na severidade e no comprimento da lesão nas plantas mantidas a 20% da Cp em relação às plantas mantidas a 80% da Cp foi de 48,01% e 44,26%, respectivamente.

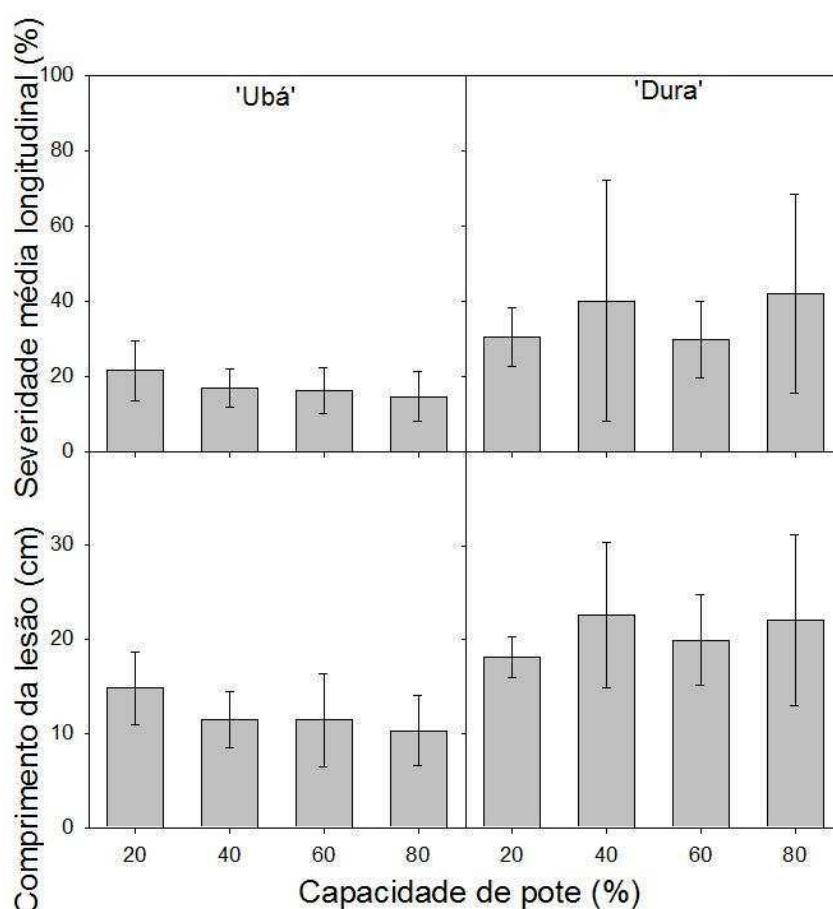


Figura 3- Severidade média e comprimento da lesão longitudinal nas mangueiras 'Ubá' e 'Dura', inoculadas com o fungo *Ceratocystis fimbriata* em função dos níveis de capacidade de pote (Cp).

A severidade da murcha-de-ceratocystis nas mangueiras da variedade 'Dura' não apresentou comportamento linear em função dos níveis de Cp, como ocorreu na variedade 'Ubá'. Os menores valores de severidade foram encontrados em plantas mantidas nos níveis de 20% e 60% da Cp e os maiores em 40% e 80% da Cp. Plantas

na ausência de déficit hídrico (80% da Cp) apresentaram severidade de $41,94 \pm 26,38\%$ e comprimento de lesão $22,06 \pm 9,03$ cm. O menor comprimento de lesão foi de $18,06 \pm 2,17$ cm em plantas sob 20% da Cp e o maior foi de $22,60 \pm 7,71$ cm em plantas sob 40% da Cp (Figura 3). Houve aumento de 25,14% no comprimento das lesões apenas aumentando a disponibilidade de água no substrato de 20% para 40% da Cp. Também houve aumento da lesão quando passou de 60% para 80% da Cp.

As plantas da variedade ‘Ubá’, testadas no presente trabalho para as condições de déficit hídrico severo, apresentaram comportamento semelhante às plantas da variedade ‘Kent’ inoculadas com o isolado IAC FITO 4905 (ROSSETTO et al., 1996). A variedade ‘Kent’ foi classificada pelos autores como muito resistente ao *C. fimbriata*, assim como a variedade ‘Ubá’. Quando plantas da ‘Kent’ foram inoculadas com diferentes isolados desse fungo, os autores observaram comprimento de lesão 15,8 cm para o isolado IAC FITO 4905 (agressivo para ‘Ubá’) e de 0,9 cm para o isolado IAC FITO 334-1 (não agressivo para ‘Ubá’).

No presente trabalho, as lesões ocorridas nas plantas inoculadas com o isolado CSEB15 apresentaram comprimentos de lesões superiores a 10 cm, mesmo em condições consideradas não estressantes. Já na avaliação realizada por Van Wyk et al. (2008), o comprimento da lesão causada pelo isolado 13750 na variedade ‘IAC 106 Jasmim’, também conhecida como ‘Ubá’, foi de 4,6 cm. Essa diferença entre os comprimentos de lesões pode ser uma indicação de que o isolado utilizado no presente trabalho, em relação ao de Van Wyk et al. (2008), é mais agressivo, ou o clone de ‘Ubá’ é mais suscetível.

Em outros patossistemas também é possível observar variações nos comprimentos de lesões que são decorrentes do nível de déficit hídrico. O comprimento da lesão causada por *Diplodia pinea* em *Pinus radiata* foi dez vezes maior em plantas sob déficit hídrico severo, quando o potencial hídrico foliar foi de -3,0 MPa, do que em plantas que foram mantidas sem déficit hídrico (CHOU, 1987). Estresse hídrico moderado, ou seja, entre -1,5 e -2,0 MPa, o aumento do comprimento da lesão foi cerca de duas vezes maior (BACHI & PETERSON, 1985; BLODGETT et al., 1997a; BLODGETT et al., 1997b ; CHOU, 1987).

Severidade da doença e área da lesão no sentido radial

Com relação à severidade radial das lesões na variedade 'Ubá', notou-se que a progressão foi semelhante à ocorrida com a severidade linear, ou seja, aumento de severidade radial à medida que a Cp diminuiu. O maior valor da severidade radial foi de $44,69 \pm 6,63\%$ e o menor de $40,04 \pm 5,59\%$, em plantas sob 20% e 80% da Cp, respectivamente (Figura 10). O incremento da severidade radial, ao passar de 80% para 20% da Cp, foi de 11,61%. Já a lesão radial, diminuiu à medida que a Cp aumentou, até o nível de 60%, e aumentou de 60% para 80% da Cp (Figura 4).

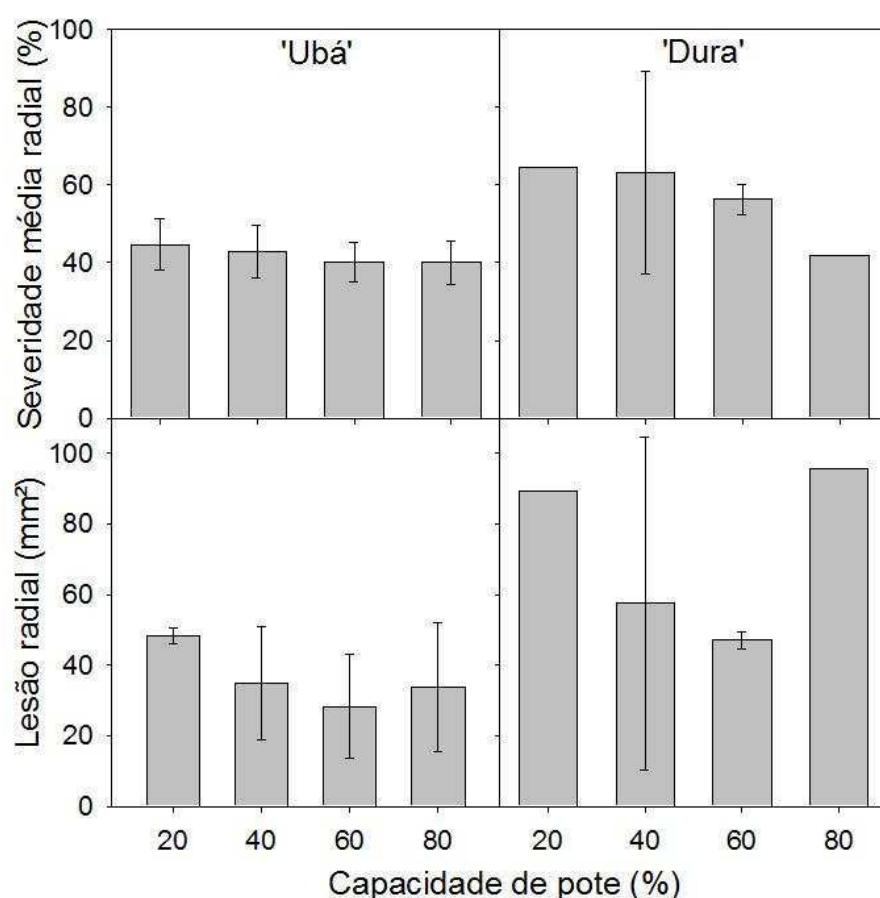


Figura 4- Severidade da doença e área da lesão no sentido radial nas mangueiras 'Ubá' e 'Dura', inoculadas com *Ceratocystis fimbriata* em função dos níveis de capacidade de pote (Cp).

A severidade radial nas plantas da variedade 'Dura' variou de forma semelhante à observada nas plantas de 'Ubá', sendo o maior valor de $64,53 \pm 0,00\%$ encontrado em plantas conduzidas a 20% da Cp e o menor valor de $41,97 \pm 0,00\%$ em plantas conduzidas a 80% da Cp (Figura 4). O incremento observado para severidade

radial ao passar de 80% para 20% da Cp foi de 53,73%. O comportamento da lesão radial foi similar ao encontrado para as plantas da variedade 'Ubá', contudo a área de tecidos lesionados foi maior (Figura 4).

Houve alta correlação entre as características de severidade linear e radial avaliadas para as plantas da variedade 'Ubá', pois ambas as características representam a colonização do fungo nos caule. A correlação foi de $r=0,8118$ e significativa a 1%. A correlação entre essas características não foi significativa a 5% de probabilidade para as plantas da variedade 'Dura', pois o comportamento de colonização foi muito diferente do que se observou na 'Ubá'.

Em estudo realizado por Al Sadi et al. (2010), no qual se avaliou a progressão da colonização do fungo nos sentidos acrópeto, basípeto e radial, em mangueiras conduzidas em vaso e inoculadas com *C. manginecans*, observou-se que na região do corte transversal do caule, 2,0 cm acima do ponto de inoculação, a porcentagem de tecidos lesionados foi de 100% aos 35 DAI. Esse valor de 100% na severidade radial encontrado por esses autores pode estar relacionado à suscetibilidade da variedade utilizada, cujo nome não foi mencionado. Esse resultado difere dos obtidos no presente trabalho, provavelmente pelo fato de que foram avaliadas variedades consideradas resistentes ao *C. fimbriata*.

Potencial hídrico foliar (Ψ_w)

As maiores reduções no Ψ_w ocorreram em plantas inoculadas com *C. fimbriata*, e submetidas ao déficit hídrico severo. Dentre as variedades testadas constatou-se que o menor Ψ_w ocorreu na variedade 'Dura' aos 32 DAI (Figura 5).

Na variedade 'Ubá' plantas inoculadas e não inoculadas e mantidas 20% da Cp, mostraram reduções no Ψ_w dos 4 aos 18 DAI. Na sequência, aos 32 DAI, plantas não inoculadas apresentaram elevação no valor do Ψ_w de 39,66% em relação ao valor do Ψ_w medido aos 18 DAI. Já as plantas inoculadas apresentaram contínua redução do Ψ_w , finalizando aos 32 DAI com um valor de $-0,95 \pm 0,5$ MPa. Essa redução do Ψ_w observada em plantas inoculadas e mantidas a 20% da Cp, quando comparada com plantas não inoculadas e mantidas sem déficit hídrico (80% da Cp), significa uma redução de 46%. Aos 32 DAI, em média, o valor do Ψ_w obtido em todas as plantas, exceto plantas inoculadas e mantidas a 20% da Cp, foram iguais ou superiores à $-0,65$ MPa (Figura 5).

A correlação das características severidade linear e severidade radial com Ψ_w foram negativas e não significativas a 5% de probabilidade.

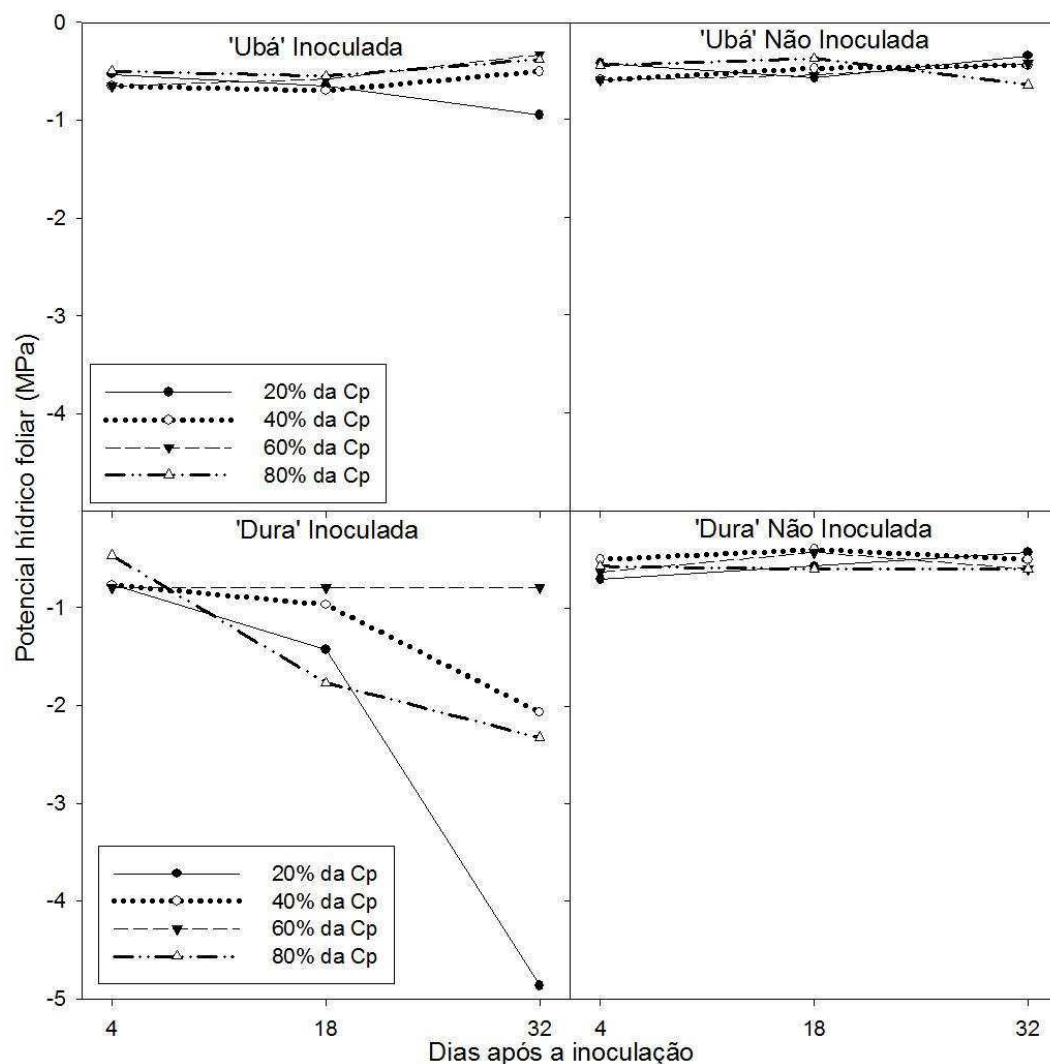


Figura 5- Potencial hídrico foliar (Ψ_w) em folhas das mangueiras 'Ubá' e 'Dura', cultivadas em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com *Ceratocystis fimbriata* em função dos dias após a inoculação (DAI).

Em trabalho com mudas de mangueira da variedade 'Cogshall' enxertadas sobre 'Maison Rouge', cultivadas em vasos de 40 litros de substrato, Damour et al. (2009) observaram variações nos valores de Ψ_w quando submeteram as plantas a déficit hídrico. Eles observaram reduções significativas do valor do Ψ_w da primeira para a segunda avaliação, ou seja, passados 2,5 meses em déficit hídrico, diferindo em relação à testemunha. O menor Ψ_w foi registrado para as plantas mantidas nos vasos em condições de déficit hídrico, aos 2,5 e 3,5 meses após imposição do déficit. Nessas duas ocasiões o valor do Ψ_w foi de aproximadamente $-0,70 \pm 0,05$ MP. Esse

valor representou redução no Ψ_w de 100% em relação ao valor registrado nas condições controle. Após a reidratação dessas plantas o Ψ_w voltou a ter valores iguais aos da testemunha. O Ψ_w das variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’, registrado no presente trabalho, dos tratamentos de plantas não inoculadas e mantidas em condições de déficit hídrico foram semelhantes aos encontrados por Damour et al. (2009). Com base nessa semelhança de resultados, as diferenças dos resultados do Ψ_w encontrados entre plantas inoculadas e não inoculadas, mantidas nas condições de déficit hídrico, pode ser explicada pela colonização dos vasos condutores de seiva dos cultivares pelo fungo *C. fimbriata*, levando à redução do Ψ_w para níveis inferiores à -0,7 MPa.

Segundo Munns (2002), a salinidade reduz a habilidade da planta em absorver água, reduzindo a taxa de crescimento e causa mudanças metabólicas idênticas às aquelas causadas por déficit hídrico. Com base nessa informação e por falta de estudos envolvendo déficit hídrico em mangueiras, serão abordados resultados de mangueiras submetidas a estresse por salinidade para comparação de resultados.

Alguns resultados relevantes sobre a redução do Ψ_w em mangueiras submetidas a diferentes níveis de salinidade foram reportados por diferentes autores. Lucena (2009) relatou que em todas as variedades de mangueiras testadas houve reduções no Ψ_w com o aumento da concentração salina. O menor valor observado foi de -0,51 MPa na variedade ‘Palmer’ na concentração de 45 mmol.l⁻¹ de NaCl. Para as condições do presente trabalho, -0,51 MPa, pode representar tanto plantas mantidas em condições de déficit hídrico quanto em condições ótimas de hidratação

Já Vieccelli et al. (2012) observaram reduções nos valores do Ψ_w da variedade ‘Tommy Atkins’, em plantas inoculadas e não inoculadas com *C. fimbriata* e submetidas a 10, 20 e 30 mmol.l⁻¹ até a avaliação realizada aos 10 DAI. Após esse período, houve aumento nos valores do Ψ_w em todas as plantas. Esse fenômeno foi explicado pelos autores através do fenômeno do ajustamento osmótico da planta, fundamentado no que descreveu Neves et al. (2004), ou seja, o ajustamento osmótico é uma adaptação no teor de solutos celulares que auxiliam as plantas a resistirem melhor às condições de salinidade. Variações no Ψ_w de plantas não inoculadas e mantidas em déficit hídrico severo também foram observadas no presente trabalho.

Em outros patossistemas, fungo considerado não agressivo colonizou a planta quando o Ψ_w foi inferior a -1,2 MPa (CRIST & SCHOENEWEISS, 1975). Em outro caso houve completa quebra de resistência dos tecidos da planta quando o Ψ_w variou

de -2,75 a -3,00 MPa (CHOU, 1987). Oscilações do comportamento de resistência foi notado com a variação do Ψ_w , ou seja, alta resistência das plantas quando o Ψ_w decresceu até -0,5 MPa, baixa resistência de -0,6 a -1,5 MPa e voltou a ser resistente em potenciais inferiores à -1,5 MPa (LINDBERG & JOHANSSON, 1992).

Diâmetro do caule (DC)

A capacidade de expansão radial do caule das plantas depende da quantidade de água retida nos tecidos. Se os tecidos jovens estiverem hidratados suficientemente, há pressão celular positiva nas paredes celulares, ocorrendo o alongamento e expansão celular.

Nos caules das plantas da variedade 'Ubá' houve contínua expansão radial em todos os tratamentos, exceto em plantas inoculadas e submetidas a 60% da Cp, nas quais, aos 30 DAI constatou-se retração de 1,32% na expansão radial do caule, passando de $7,60 \pm 0,49$ para $7,50 \pm 0,62$ mm e permanecendo nesse valor até a última avaliação que foi aos 40 DAI (Figura 6).

O menor aumento da expansão radial dos caules da variedade 'Ubá' foi observado em plantas inoculadas e mantidas a 20% da Cp, passando de $7,88 \pm 1,07$ para $8,58 \pm 1,04$ mm, o que corresponde a um aumento de 8,88% contra 9,73% (DC de $7,50 \pm 0,12$ para $8,23 \pm 0,38$ mm) das plantas não inoculadas da mesma Cp. Já a maior expansão radial ocorreu nas plantas não inoculadas e mantidas a 80% da Cp com incremento de 18,13% (DC de $8,00 \pm 0,63$ para $9,45 \pm 1,01$ mm) (Figura 6). O déficit hídrico não limitou a expansão radial do caule das plantas, contudo, observou-se que em todas as plantas que foram inoculadas com *C. fimbriata*, houve menor expansão radial em relação às suas respectivas testemunhas, mantidas a 20%, 40%, 60% e 80% da Cp não inoculado.

Na variedade 'Dura' retrações na expansão radial do caule das plantas foram observadas aos 10 DAI em plantas inoculadas e submetidas a 20%, 40% e 80% da Cp, com redução no DC de 8,97% (DC de $7,36 \pm 0,51$ para $6,70 \pm 0,82$ mm), 12,33% (DC de $7,30 \pm 0,56$ para $6,40 \pm 2,43$ mm) e 12,15% (DC de $6,83 \pm 1,51$ para $6,0 \pm 2,91$ mm), respectivamente, até aos 30 DAI (Figura 6). A menor taxa de expansão radial foi de 4,70% (DC de $7,23 \pm 2,20$ para $7,57 \pm 2,08$ mm) em plantas inoculadas e submetidas a 60% da Cp. O maior incremento do DC foi observado em plantas não

inoculadas e mantidas a 80% da Cp, passando de $6,73 \pm 1,10$ para $7,77 \pm 0,78$ mm. Esse aumento correspondeu a 15,45% do valor inicial.

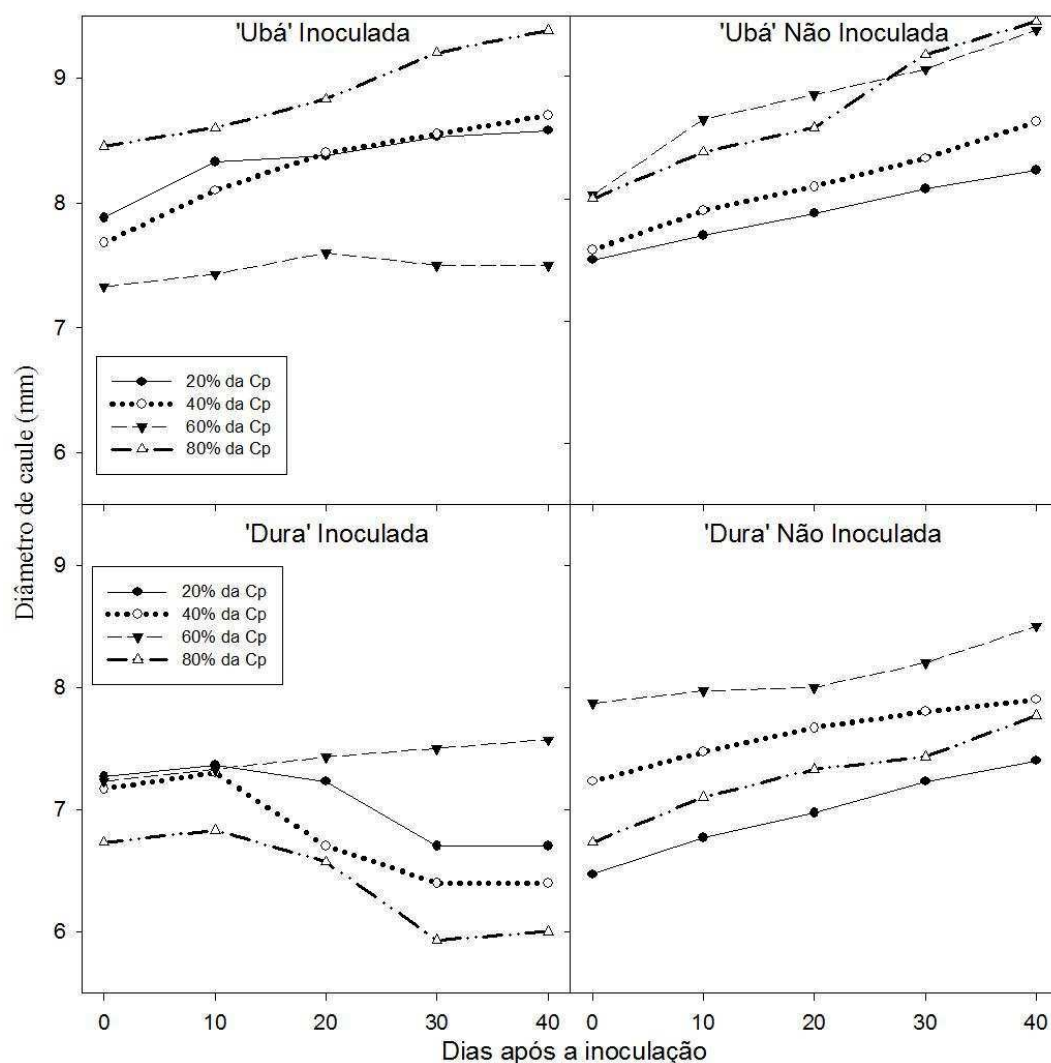


Figura 6- Diâmetro do caule (*DC*) das mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’, cultivadas em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com *Ceratocystis fimbriata*, em função dos dias após a inoculação (DAI).

Mesmo em condições de déficit hídrico severo (20% da Cp) constatou-se elevado aumento da expansão radial para plantas não inoculadas, passando de $6,47 \pm 0,91$ para $7,40 \pm 1,47$ mm, o que representa a um incremento de 14,37% do valor inicial (Figura 6).

De maneira geral, as plantas não inoculadas apresentaram contínua expansão radial do caule, ou seja, o *DC* aumentou mesmo em condições de déficit hídrico

severo (20% da C_p), demonstrando que o déficit hídrico não foi causa da retração/murcha dos caules (Figura 6).

Segundo Schaffer et al. (2009) a expansão radial de mangueiras sob déficit hídrico é contínua, mesmo em condições de seca prolongada (período de 8 meses). Esse fato foi constatado por Reich & Borchert (1988), que observaram contínua expansão do diâmetro de troncos de mangueiras que estavam sob déficit hídrico enquanto que em várias outras espécies o diâmetro do caule estava regredindo.

Com o intuito de estudar as respostas de mudas de mangueiras conduzidas em vasos e submetidas a déficit hídrico, Luvaha et al. (2008) observaram que a expansão radial dos caules das mudas foi contínua até os 42 dias após estresse hídrico (DAEH), mesmo em condições severas de déficit hídrico, em que, as plantas tinham, como turno de rega, uma irrigação a cada duas semanas. Essa informação corrobora os dados apresentados na presente investigação e auxiliam na conclusão de que as reduções do DC observadas neste trabalho não foram causadas pelo déficit hídrico e sim pela ação do *C. fimbriata*.

Diversos autores explicam que mangueiras e outras plantas que produzem látex são tolerantes ao déficit hídrico pelo fato de que estas substâncias resinosas favorecem a redução do potencial osmótico. Essa redução traz como consequência a redução do potencial hídrico da planta em relação ao solo. Isso permite que a planta absorva água pelas raízes e ocorra a hidratação, possibilitando que os poros estomáticos permaneçam com certo grau de abertura. A abertura parcial dos poros estomáticos permite a realização de trocas gasosas suficientes para ter taxa de assimilação de CO_2 (A) em condições de produzir os fotoassimilados necessários para a expansão radial contínua, principalmente crescimento das raízes (DOWNTON, 1981; KALLARACKAL et al., 1990, KRAMER, 1991).

Trocas gasosas

Concentração de CO_2 na câmara subestomática (C_i)

Na variedade 'Ubá', aos 40 DAI, as médias de C_i das plantas inoculadas e mantidas a 20%, 40% e 60% da C_p , foram maiores que as médias de plantas não inoculadas e mantidas nas mesmas condições de déficit hídrico (Figura 7).

Na variedade 'Dura', aos 40 DAI, as médias de C_i tomadas nas folhas das plantas inoculadas e mantidas a 40%, 60% e 80% da Cp, foram maiores do que os avaliados nas folhas das respectivas plantas testemunhas não inoculadas. Em todas as plantas, as médias de C_i foram menores aos 40 DAI do que aos 12 DAI, exceto as plantas inoculadas e mantidas a 60% da Cp (Figura 7).

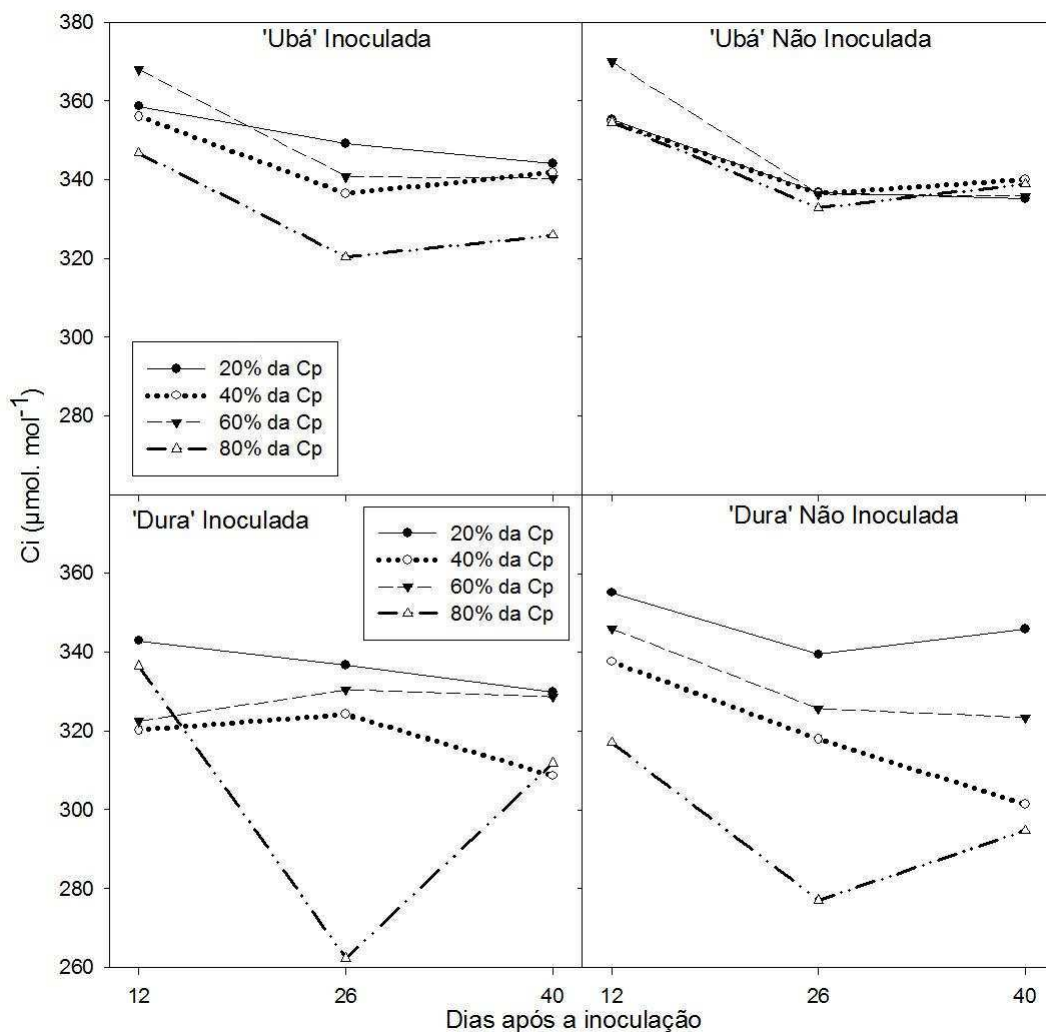


Figura 7- Concentração de CO_2 na câmara subestomatal (C_i) das mangueiras 'Ubá' e 'Dura', cultivadas em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com *Ceratocystis fimbriata* em função dos dias após a inoculação (DAI).

Os resultados de C_i avaliados nas folhas de 'Ubá' e 'Dura', tanto de plantas inoculadas quanto não inoculadas, apresentam correlação negativa com a fotossíntese líquida (A). Na variedade 'Ubá' a correlação (r) dessas características em plantas inoculadas foi de $-0,8860$ e $p < 0,000$. Nas plantas não inoculadas, r foi igual a $0,9120$

e $p < 0,0001$. Na variedade ‘Dura’ em plantas inoculadas r foi igual a $-0,9047$ e $p < 0,0001$ e nas plantas não inoculadas o valor de r foi de $-0,5222$ e $p < 0,0005$.

A correlação entre essas variáveis e as informações de temperatura e umidade (Figuras 1) vigentes durante o período experimental, permite fazer inferências sobre as reduções e aumentos dos valores de C_i ao longo das datas. O aumento de temperatura e umidade no período avaliado para as variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’, provavelmente acelerou o metabolismo dessas plantas, sendo que o maior aquecimento foliar pode ter resultado em fechamento estomático e consequente redução de fotossíntese líquida (A).

Aumentos em C_i enquanto a condutância estomática (g_s) permanece constante, ou mesmo enquanto g_s reduz, são indicações de que há limitações fotossintéticas, pois reduções em A tendem a causar aumento em C_i (LUO, 1991; BRODRIBB, 1996; LAWLOR & CORNIC, 2002; MEDRANO et al., 2002; MACFARLANE et al., 2004).

Quando as avaliações são pontuais, os fatores temperatura e umidade têm pouca influência nos valores registrados de C_i , pois a coleta de dados é realizada de forma padronizada, visando diminuir as variações ao longo das horas. Entretanto, quando são feitas avaliações ao longo do tempo, as variações na temperatura, umidade, luminosidade, entre outros, interferem nos resultados das avaliações, dificultando a interpretação dos resultados. Portanto, é importante analisar a variação de C_i entre os tratamentos que diferenciam o déficit hídrico e inoculação de fungo. Constatou-se que entre as plantas dos tratamentos inoculados e não inoculados das variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’, houve tendência de aumento das médias de C_i com o aumento do déficit hídrico. Essa tendência foi mais acentuada para as plantas dos tratamentos de plantas inoculadas com *C. fimbriata*.

A elevação nos valores de C_i também pode estar relacionada aos baixos valores de potencial hídrico foliar, que reduz a atividade de enzimas envolvidas no processo de fixação de CO_2 (MACHADO et al., 1999). Além disso, Leite & Pascholati (1995) afirmam que a atividade de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e no metabolismo de fenilpropanoides é aumentada em tecidos infectados, o que se correlaciona com a ativação de mecanismos de reparo dos tecidos infectados e/ou injuriados, que no final, contribuem para um maior C_i . Neste estudo foram observadas reduções nos potenciais hídricos foliares de plantas inoculadas com *C. fimbriata* e mantidas em condições de déficit hídrico severo (20%

da Cp). Além da redução do potencial hídrico foliar, constatou-se que, em média, plantas inoculadas da variedade 'Dura', aos 40 DAI, apresentaram maior C_i ($320 \mu\text{mol. mol}^{-1}$) em relação a plantas não inoculadas ($316 \mu\text{mol. mol}^{-1}$). Portanto, para essa variedade que se mostrou suscetível observa-se que a redução da disponibilidade hídrica somada a infecções de *C. fimbriata* aumentam o valor de C_i . Já a variedade 'Ubá' apresentou maior média de C_i nos tratamentos de plantas inoculadas e mantidas a 20, 40 e 60% da Cp ($342 \mu\text{mol. mol}^{-1}$) em relação às suas respectivas testemunhas ($337 \mu\text{mol. mol}^{-1}$).

Segundo Munns (2002), a salinidade reduz a habilidade da planta em absorver água, reduzindo a taxa de crescimento, causando mudanças metabólicas idênticas àquelas causadas por déficit hídrico. Respalhando-se nesta informação, Lucena (2009) encontrou que a C_i foi incrementada com o aumento da concentração de NaCl de 15 para 45 mmol l^{-1} . A variação verificada por ele foi de 44,68, 17,57, 23,2 e 31,92% nas cultivares 'Haden', 'Palmer', 'Tommy Atkins' e 'Ubá', respectivamente. O menor valor de C_i a 0 mmol l^{-1} foi de $235,76 \mu\text{mol. mol}^{-1}$ e o maior foi a 45 mmol l^{-1} de $341,36 \mu\text{mol. mol}^{-1}$. Neste trabalho, verificou-se que a tendência de variação da C_i nas folhas das mangueiras 'Ubá' e 'Dura' foi aumentar ligeiramente quando os tratamentos passaram de não estressado (80% da Cp e não inoculado) para muito estressado (20% da Cp e inoculado). O aumento no valor de C_i para as variedades 'Ubá' e 'Dura', aos 40 DAI, das condições consideradas ótimas para extremamente estressadas, foi de 1,7% e 12,18%, respectivamente, portanto inferiores aos encontrado por Lucena (2009).

Shao et al. (2008) relataram que a redução de C_i é uma indicação fisiológica da tolerância ao estresse hídrico em plantas arbóreas. Esse fato foi observado nesta pesquisa apenas para a variedade 'Ubá', aos 40 DAI, em plantas não inoculadas.

Resultados de redução de C_i foram descritos por Damour et al. (2009). Encontraram na variedade de mangueira 'Cogshall' enxertada sobre 'Maison Rouge' redução significativa dos valores de C_i , em relação às plantas testemunha, até o período de 2,5 meses de imposição do déficit hídrico. Após esse período houve incremento nos valores de C_i , ainda com diferenças significativas, até completar 3,5 meses de imposição do estresse hídrico. A partir desse período as plantas foram reidratadas e a C_i continuou se elevando até os 4,0 meses do início do experimento, contudo o valor final foi significativamente inferior ao encontrado nas plantas

testemunha. A variação de C_i encontrada por esses autores foi de aproximadamente 175 a 250 $\mu\text{mol. mol}^{-1}$.

Condutância estomática (g_s)

Na avaliação realizada aos 40 DAI para a mangueira ‘Ubá’, a menor g_s foi registrada para as folhas das plantas de ambos os tratamentos, inoculadas e não inoculadas que foram mantidas a 20% da Cp. Nessa mesma avaliação constatou-se que as plantas mantidas a 60% da Cp apresentaram maiores valores de g_s . Registrou-se redução da g_s em todas as plantas de todos os tratamentos aos 40 DAI em comparação com a avaliação realizada aos 12 DAI. Aos 40 DAI, plantas inoculadas apresentaram menor g_s do que plantas não inoculadas, exceto em relação às mantidas a 20% da Cp, que apresentaram o mesmo valor (Figura 8).

Para a variedade ‘Dura’, na avaliação dos 40 DAI, a menor g_s foi nas folhas das plantas inoculadas e mantidas a 20% da Cp. Nessa mesma avaliação, constatou-se que plantas sob as condições de déficit hídrico de 20% e 40% da Cp apresentaram menores g_s que as plantas nos demais níveis de Cp. Semelhante ao encontrado para a variedade ‘Ubá’, a g_s das plantas de todos os tratamentos foi menor aos 40 DAI em relação aos 12 DAI, exceto para as plantas não inoculadas e mantidas a 60%, que apresentaram o maior valor registrado entre as avaliações, e também as plantas não inoculadas e mantidas a 20% da Cp que apresentaram valores iguais. As plantas inoculadas apresentaram menores g_s quando relacionados com testemunhas não inoculadas, principalmente as plantas mantidas a 20 e 40% da Cp (Figura 8).

Em média, aos 40 DAI, as condutâncias estomáticas foram menores para as plantas que foram inoculadas com o fungo, independentemente da variedade testada. Observou-se que os resultados da g_s , encontrados aos 40 DAI, foram inferiores para plantas conduzidas nos níveis de déficit hídrico severo (20% da Cp) (Figura 8).

Houve correlação positiva e significativa entre as variáveis g_s e transpiração foliar (E), para as duas variedades, tanto de plantas inoculadas quanto de não inoculadas. Essas características são controladas pela abertura do poro estomático. Nas plantas inoculadas das variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’, as correlações entre g_s e E foram: $r=0,9785$, $p<0,0001$ e $r=0,9349$, $p<0,0001$, respectivamente. Já para as plantas não inoculadas, foram: $r=0,9844$, $p<0,0001$ e $r=0,9876$, $p<0,0001$, respectivamente.

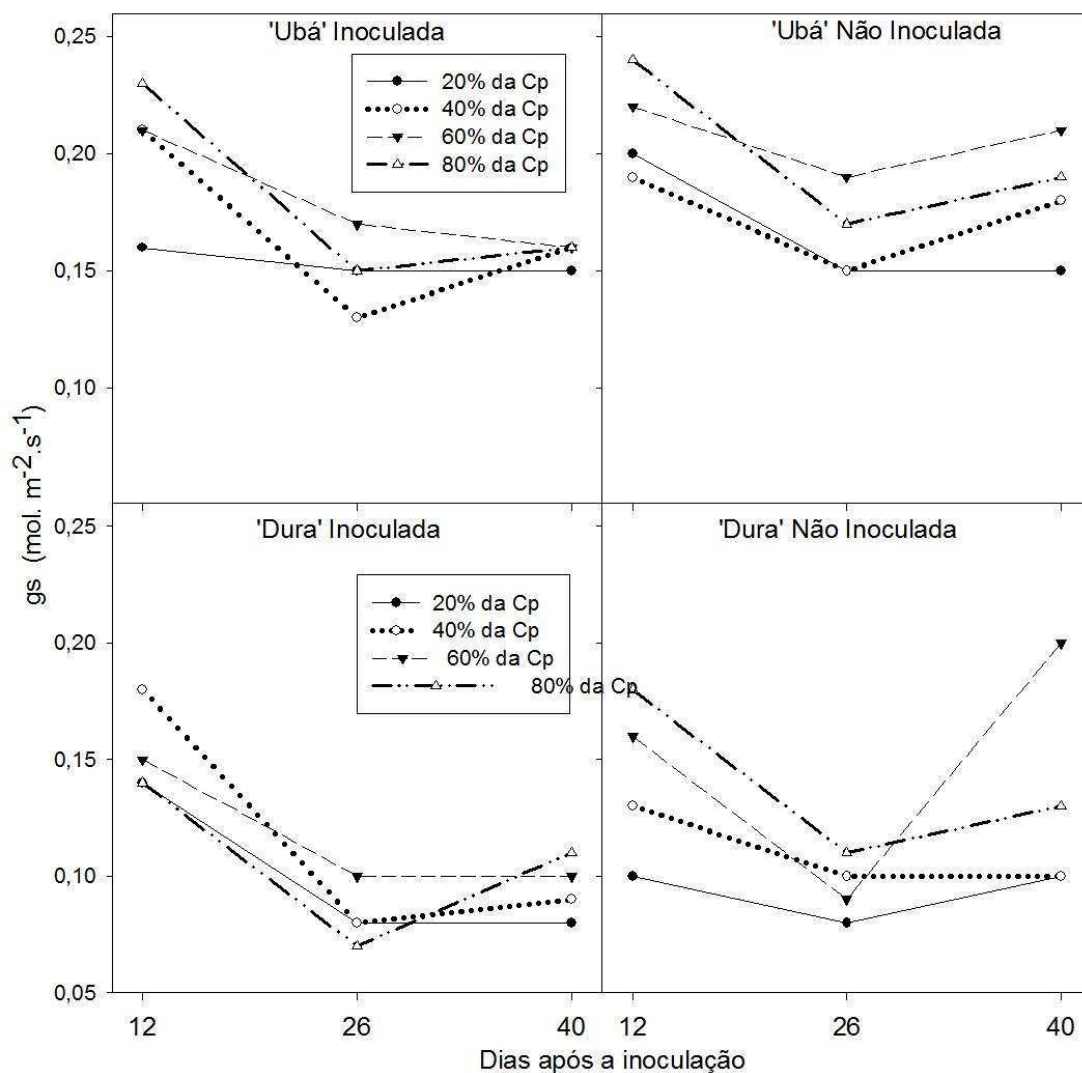


Figura 8– Condutância estomática (g_s) das mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’, cultivadas em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com *Ceratocystis fimbriata* em função dos dias após a inoculação (DAI).

Quando os valores da g_s são comparados entre os diferentes níveis de déficit hídrico, observa-se que g_s é menor em plantas mais estressadas. Outros autores também registraram reduções de g_s ao aumentar o nível de estresse. Dentre eles, Lucena (2009) observou redução linear da g_s para as variedades ‘Haden’ e ‘Palmer’, com valores de 22,55% e 17,94%, respectivamente, à medida que aumentava a concentração de NaCl de 15 para 45 mmol l^{-1} . Segundo Munns (2002), a salinidade causa mudanças metabólicas idênticas àquelas causadas por déficit hídrico. No presente trabalho, as reduções observadas na g_s para as plantas não inoculadas e mantidas em condições de déficit hídrico severo (20% da Cp), das variedades ‘Ubá’

e ‘Dura’, foram de: 21,05% e 23,08%, respectivamente, em relação às plantas consideradas não estressadas (80% da Cp e não inoculadas).

Luvaha et al. (2008) encontraram diferenças significativas na *gs* avaliada em mudas de mangueiras. No tratamento de plantas irrigadas diariamente a *gs* foi maior do que o registrado para o tratamento de plantas irrigadas uma vez a cada duas semanas, em todo o período avaliado, exceto aos 0 e 14 dias após estresse hídrico (DAEH), quando não houve diferença significativa em *gs* a 1% de significância. Esse resultado corrobora os resultados deste trabalho.

Registrou-se, para mangueiras da variedade ‘Cogshall’ conduzidas em vasos e submetidas a déficit hídrico, valores de *gs* que variaram, em média, de 0,04 e 0,08 mol.m⁻².s⁻¹. Já, nas plantas não estressadas, a variação ficou entre as médias de 0,15 e 0,3 mol.m⁻².s⁻¹ (URBAN et al., 2006). Damour et al. (2009) também registraram redução significativa em *gs* de mudas de mangueira da variedade ‘Cogshall’ que passaram de 0,12 ± 0,007 para 0,02 ± 0,005 mol.m⁻².s⁻¹ após 2,5 meses em déficit hídrico e permaneceu assim até completar 3,5 meses na mesma condição. Após 15 dias da reidratação, a *gs* voltou a ter o mesmo valor inicial. Os valores descritos por esses autores são similares às variações observadas no presente trabalho.

Reduções na *gs* também foram observadas na variedade de mangueira ‘Chokanan’ enxertada sobre ‘Telor’ em experimento de restrição de crescimento das raízes e déficit hídrico, conduzido por Zaharah & Rali (2009). Nesse experimento, a *gs* foi menor e mais rapidamente observada em plantas com restrição de crescimento de raízes e imposição de déficit hídrico, apresentando murchas aos 12 DAEH. A redução da *gs* aos 40 dias após início dos tratamentos foi de aproximadamente 58,9% quando comparada com plantas bem irrigadas e sem restrição de raízes. Todas as plantas mantidas em déficit hídrico e sem restrição de crescimento de raízes apresentaram redução gradual na *gs*.

No presente estudo observou-se que em plantas mantidas sob déficit hídrico severo e inoculadas com *C. fimbriata*, ou seja, plantas que sofreram danos vasculares devido às lesões causadas pelo fungo, apresentaram as maiores reduções na *gs* em comparação com as plantas não inoculadas e mantidas a 80% da Cp. Nesse caso, as reduções observadas na *gs* para as variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’, inoculadas com *C. fimbriata*, na média, foram de: 21,05% e 38,46%, respectivamente.

Encontra-se na literatura, em outros patossistemas, reduções na *gs* quando aplicadas condições adversas de estresse e inoculação de outros agentes patogênicos,

podendo aumentar ou reduzir a resistência da planta e consequentemente a ação do patógeno sobre a mesma (LOPES & BERGER, 2001; ACHUO et al., 2006).

Transpiração foliar (*E*)

Para as plantas da variedade ‘Ubá’ na avaliação feita aos 40 DAI, observou-se que todas as plantas inoculadas apresentaram menores valores de *E* em relação às suas respectivas testemunhas não inoculadas e que o menor valor de *E* foi encontrado para as plantas inoculadas e mantidas a 20% da Cp. Em ambos os tratamentos de plantas inoculadas e não inoculadas observa-se que aos 40 DAI a maior *E* foi encontrada em folhas das plantas mantidas 60% da Cp e as menores nas folhas das plantas mantidas sob 20% da Cp (Figura 9).

Na variedade ‘Dura’, aos 40 DAI, os menores valores de *E* foram encontrados em plantas inoculadas e mantidas em 20% e 40% da Cp e as maiores *E* foram observadas em plantas não inoculadas e mantidas a 60% da Cp. Observou-se que, nessa avaliação, o comportamento de *E* foi semelhante ao encontrado para as plantas de mangueira ‘Ubá’, pois todas as plantas inoculadas apresentaram menores valores de *E* em relação às suas respectivas testemunhas não inoculados (Figura 9).

Houve tendência decrescente nos valores de *E*, percebida nas duas variedades com o aumento do déficit hídrico, ou seja, de 80% da Cp para 15% ou 20% da Cp.

As correlações entre *E* e severidade linear e radial da lesão foram não significativas a 5% da probabilidade.

A semelhança na tendência de variação, ao longo do tempo, entre as variáveis *E* e *gs*, deve-se ao fato de que a abertura e fechamento dos poros estomáticos controlam ambas as características, que são influenciadas pelas mesmas variações ambientais. Segundo Jones (1992) as variações são: temperatura, radiação e umidade relativa. Segundo Davenport et al. (1980), em condições de estresse hídrico, há redução do fluxo de seiva via xilema devido à limitação de água no solo e consequente redução da *E* devido ao aumento da resistência estomática. No presente trabalho foi observada redução de *E* com o aumento do déficit hídrico.

Segundo Luvaha et al. (2008), mudas de mangueiras bem irrigadas apresentaram os maiores valores de *E* em comparação com as mudas sob déficit hídrico severo, exceto aos 0 e 14 DAEH. Ao 0 DAEH não houve diferenças porque as plantas de todos os tratamentos estavam com substrato úmido e aos 14 DAEH a

temperatura na casa de vegetação foi inferior a 24°C e umidade relativa do ar superior a 40%. A redução dos valores de E entre plantas irrigadas diariamente e plantas que foram irrigadas uma vez a cada duas semanas, aos 70 DAEH, foi de aproximadamente 32%. No presente trabalho, aos 40 DAI, as reduções de E no tratamento de plantas não inoculadas e mantidas a 80% da Cp em relação às mantidas em déficit hídrico severo, foram de aproximadamente: 15% e 31% para as variedades 'Ubá' e 'Dura', respectivamente.

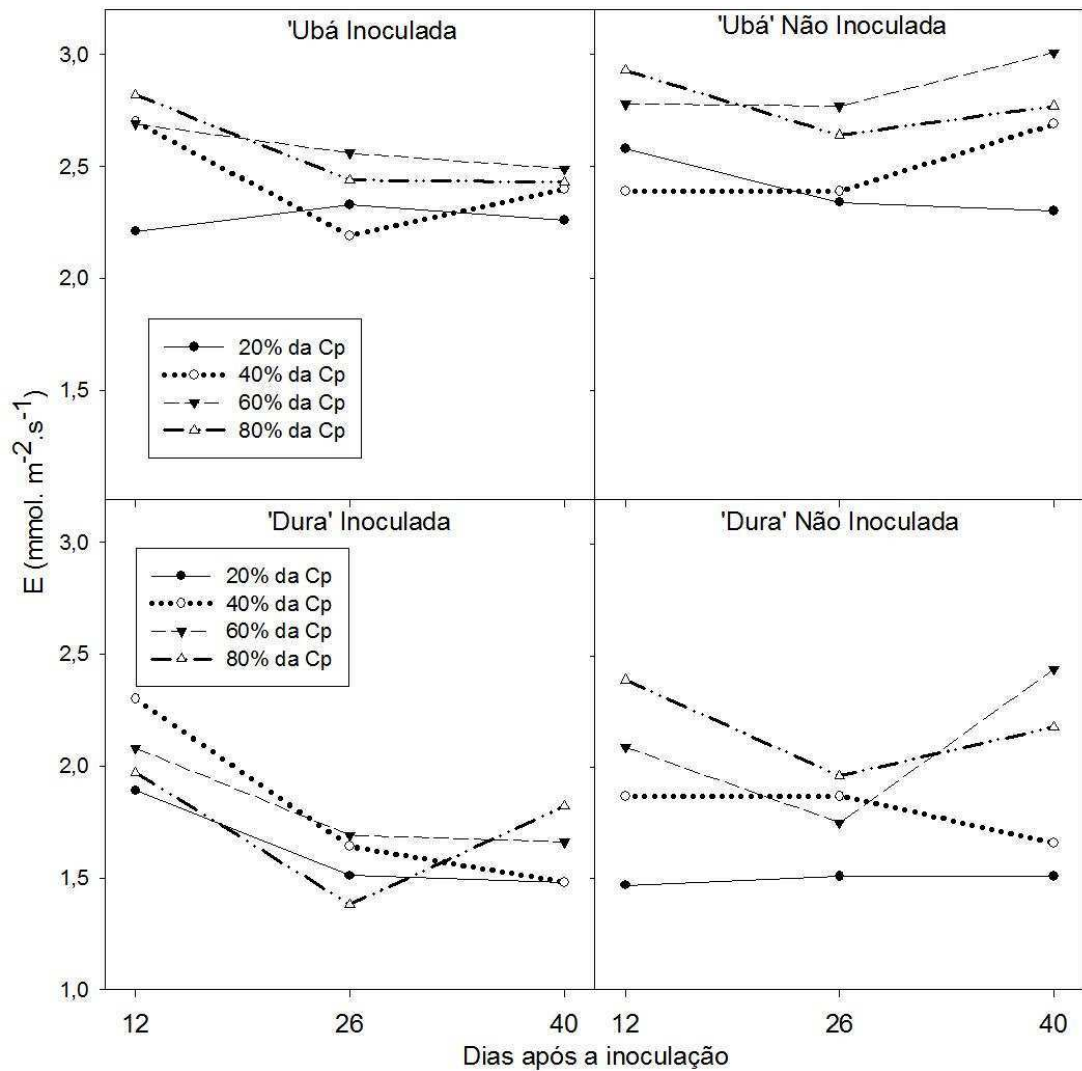


Figura 9- Transpiração foliar (E) das mangueiras 'Manila', cultivadas em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com *Ceratocystis fimbriata* em função dos dias após a inoculação (DAI).

Diferentes variedades de mangueiras apresentam comportamento diferente, quando submetidas ao estresse hídrico. Houve redução nos valores da E , g_s e A em folhas de mudas de mangueiras das variedades 'Khieo Sawoei' e 'Choke Anand', submetidas ao déficit hídrico e iluminação plena (100% radiação solar). As reduções

mais drásticas foram encontradas nas plantas da variedade ‘Khieo Sawoei’ com apenas cinco dias sem irrigação e mantidas em sistema de iluminação plena. As reduções passa a variedade ‘Khieo Sawoei’ foram: 35,2%, 20,6% e 31,7% para g_s , E e A , respectivamente, em relação à testemunha (ELSHEERY & CAO, 2008).

Segundo Munns (2002), a salinidade causa mudanças metabólicas idênticas àquelas causadas por déficit hídrico. Lucena (2009) observou que houve redução linear da E nas folhas das variedades ‘Haden’ e ‘Palmer’ em função do aumento das concentrações salinas, contudo, as variedades ‘Tommy Atkins’ e ‘Ubá’ apresentaram pouco decréscimo de E quando o estresse salino foi menor, ou seja, 15mmol^{-1} de NaCl, o que indica maior tolerância em baixas concentrações salinas.

Em folhas de plantas de outra espécie, como aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*) que também pertence à família Anacardiaceae, foi constatada redução na E , com a imposição de estresse hídrico às plantas. Houve redução da E quando mudas foram submetidas a 25% da Cp. O valor de $0,46\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, foi registrado aos 11 DAEH. As mudas recuperaram quando o substrato foi irrigado com 100% da Cp e o valor de E elevou para $5,5\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (SILVA et al., 2008).

Estudos conduzidos em outros patossistemas mostraram que o estresse salino e o estresse hídrico causaram reduções da E em plantas inoculadas com *Botrytis cinerea* e como consequência houve redução de 10% e 70%, respectivamente, nas lesões (ACHUO et al., 2006). Comportamento semelhante foi observado para as plantas da variedade ‘Dura’ no presente trabalho. No tratamento das plantas inoculadas, foi registrada redução de 22% em E entre as plantas mantidas a 80% da Cp das plantas mantidas a 20% da Cp, resultando na redução de 28% da severidade linear causada nos ramos pelo *C. fimbriata*. Contudo, essa redução não foi suficiente para diminuir a mortalidade. O oposto foi observado para a variedade ‘Ubá’. Redução de 7% nos valores de E , e com o aumento do déficit hídrico, constatou-se aumento da severidade linear em 48%.

Fotossíntese líquida (A)

Nas plantas da variedade ‘Ubá’ houve redução da fotossíntese líquida com o aumento do déficit hídrico (Figura 10). As plantas inoculadas que passaram pelo déficit hídrico severo (20% da Cp) apresentaram a maior redução de A aos 40 DAI, ou seja, redução de 27% em relação às plantas mantidas a 80% da Cp e não

inoculadas. Já as plantas não inoculadas e mantidas também a 20%, apresentaram 8,02% de redução em A quando comparadas com plantas não inoculadas e mantidas a 80% da Cp. Houve redução de A entre 12 e 40 DAI, exceto para as plantas submetidas a 60% da Cp (Figura 10). Nesse caso, nas plantas inoculadas, o valor de A aumentou 10,1% e 51,78% nas plantas não inoculadas, dos 12 aos 40 DAI. As plantas inoculadas apresentaram em média 12,52% menores valores de A aos 40 DAI em relação às plantas não inoculadas.

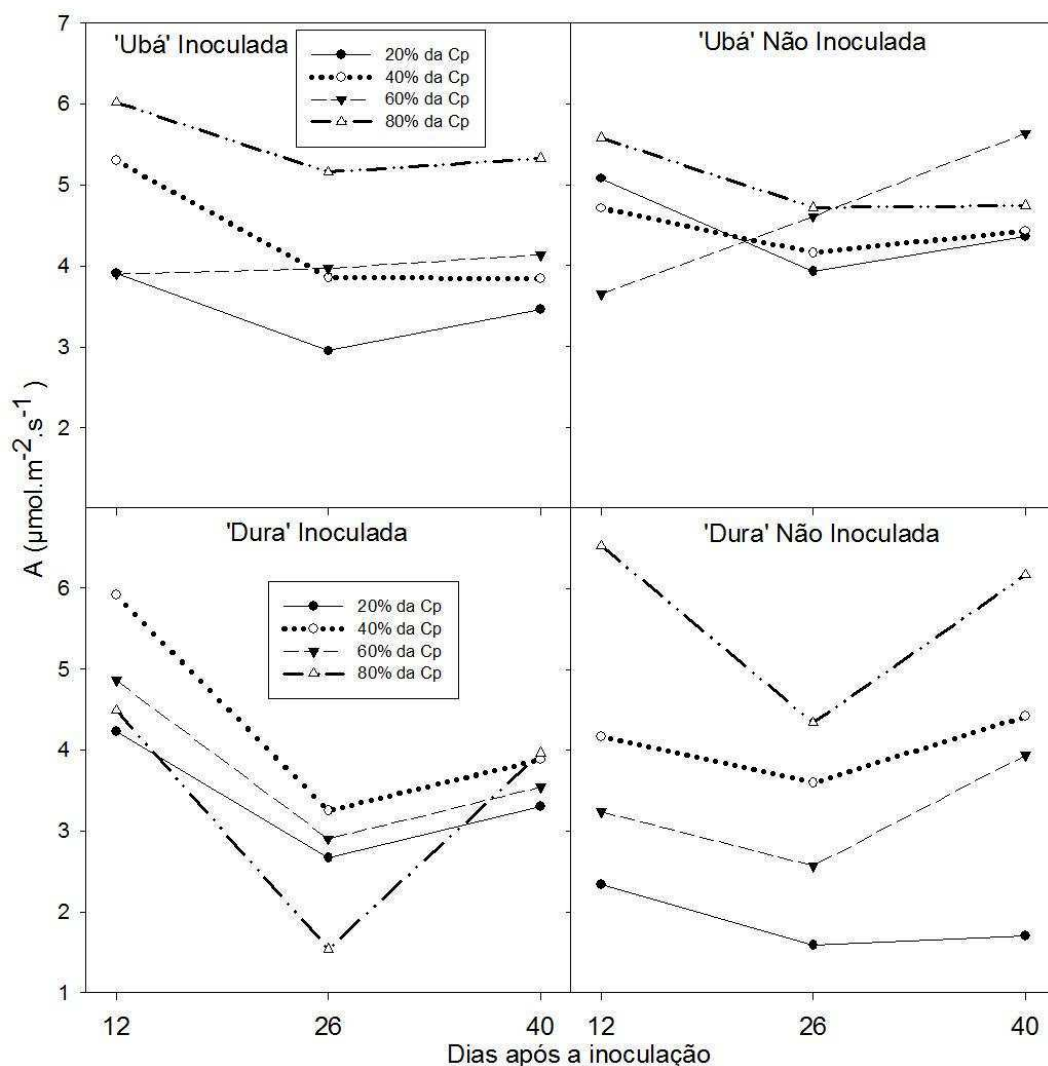


Figura 10- Fotossíntese líquida (A) das mangueiras 'Ubá' e 'Dura', cultivadas em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com *Ceratocystis fimbriata*, em função dos dias após a inoculação (DAI).

Já para a variedade 'Dura', foi constatado que houve redução dos valores de A entre 12 e 40 DAI, exceto para as plantas não inoculadas e mantidas a 40% e 60% da Cp, em que houve elevação na A (Figura 10). Aos 40 DAI, se observa que o valor

de A para plantas inoculadas foi menor do que o encontrado para as respectivas plantas não inoculadas (testemunha), exceto para as plantas não inoculadas e mantidas a 20% da C_p , que apresentaram redução de 49% em relação às plantas inoculadas da mesma C_p . Plantas submetidas a 20% da C_p dos tratamentos inoculados e não inoculados resultaram, aos 40 DAI, em reduções de 46,52% e 72,44%, respectivamente, dos valores de A em relação às plantas não inoculadas e mantidas a 80% da C_p .

Houve correlação significativa entre as características A e E nas variedades 'Ubá' e 'Dura'. Nas plantas inoculadas dessas variedades, a correlação foi de: $r=0,5913$, $p<0,0001$ e $r=0,5754$, $p<0,0050$, respectivamente. Já nas plantas não inoculadas das variedades 'Ubá' e 'Dura', a correlação foi de: $r=0,7356$, $p<0,001$ e $r=0,8369$, $p<0,0001$, respectivamente.

Temperaturas ambientais diurnas superiores a 30 °C (Figura 1) no período avaliado para as variedades 'Ubá' e 'Dura' provavelmente levaram a um excesso de temperatura foliar, que provoca o fechamento estomático e reduções de g_s e E que, por sua vez, influenciarão na redução de A .

Para as mudas de mangueiras testadas por Luvaha et al. (2008) a maior assimilação de CO_2 foi encontrada aos 70 DAEH para plantas sob o regime de irrigação de duas vezes por semana onde o teor de umidade do substrato foi de 22,5%. Nessa avaliação, A diferiu, a 5% de significância, entre plantas dos tratamentos irrigados duas vezes por semana dos tratamentos de plantas irrigadas diariamente e uma vez a cada duas semanas, que por sua vez continham 30% e 10% de umidade no substrato, respectivamente.

Segundo Munns (2002), a salinidade causa mudanças metabólicas idênticas àquelas causadas por déficit hídrico. Lucena (2009) também observou comprometimento de A nas variedades 'Palmer', 'Haden', 'Tommy Atkins' e 'Ubá' com decréscimos de 17,66, 13,69, 9,33 e 3,89%, respectivamente, no nível mais baixo de estresse salino (15 mmol.l⁻¹ de NaCl) em comparação com plantas testemunha (0 mmol.l⁻¹ de NaCl). As maiores reduções de A foram encontradas para as variedades 'Haden' e 'Ubá' com decréscimos de 79,14% e 77,06%, respectivamente, nas condições de maior concentração salina (45 mmol.l⁻¹ de NaCl) em comparação com controle. Nessa condição os valores de A observados foram de 4,36 e 4,26 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, respectivamente. Valores semelhantes foram observados no

presente trabalho para variedade ‘Ubá’ e ‘Manila’ e inferiores para a variedade ‘Dura’ em plantas não inoculadas e conduzidas sob 15 e 20% da Cp.

Mirisola Filho (2003) também observou reduções de A em variedades de mangueiras submetidas a diferentes concentrações de salinidade. Aos 62 dias após o início dos tratamentos (DAIT) houve redução de A nas cinco variedades seguintes: ‘Amarelinha’, ‘Carlotinha’, ‘Espada’, ‘Ubá’, ‘Extrema’. A maior redução de A foi observada na variedade ‘Ubá’ com 75,7% ao passar da dose 0 para 80 mmol.l⁻¹ de NaCl. Apenas nas variedades ‘Soares Gouveia’ e ‘Felipe’ não houve reduções em A . Para a variedade ‘Ubá’, aos 90 DAIT, houve redução de 89,4% em A com o aumento da salinidade para 80 mmol.l⁻¹ de NaCl.

Damour et al. (2009) observaram reduções drásticas em A das plantas de mangueira ‘Cogshall’ enxertada sobre ‘Maison Rouge’ conduzidas em vaso e submetidas ao déficit hídrico. Ao longo de 3,5 meses sob déficit hídrico, houve redução de A , passando de $10,01 \pm 0,36$ para $1,86 \pm 0,21 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, da primeira para a última avaliação (0-2,5 meses). Nas plantas testemunha, as poucas variações observadas foram em decorrência do clima. Após a reidratação, A aumentou passando para $6,99 \pm 0,12 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, porém permaneceu menor que a testemunha que foi de $9,61 \pm 0,22 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Neste estudo, os menores valores de A observados aos 40 DAI para plantas não inoculadas das variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’ foram de $4,36 \pm 0,78$ e $1,70 \pm 0,69 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, respectivamente.

Ao comparar plantas testemunha (não inoculadas e mantidas a 80% da Cp) com plantas inoculadas e mantidas sob déficit hídrico severo (20% da Cp) as reduções em A foram maiores. Nessas condições, observou-se, para as variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’, aos 40 DAI, reduções de A em 27,64 e 46,52%, respectivamente. As reduções de A estão relacionadas, também, à maior severidade linear da doença, pois se observou que para que ocorressem essas reduções em A as severidades lineares nas plantas inoculadas das variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’, foram de 21,52 e 30,37%, respectivamente.

Foi observado em outro patossistema a redução de A com o aumento da severidade da doença (LOPES & BERGER, 2001). Neste trabalho, também foram observadas reduções de A entre plantas inoculadas em comparação com plantas não inoculadas. Na média geral, as reduções de A observadas aos 40 DAI para plantas das variedades ‘Ubá’ e ‘Dura’ foram de 12,52% e 9,55%, respectivamente.

CONCLUSÕES

- 1- O déficit hídrico não é fator de predisposição à morte de plantas das variedades 'Ubá' e 'Dura', inoculadas com o isolado CEBS15 do *C. fimbriata*.
- 2- Em mangueiras 'Ubá' inoculadas com o isolado CEBS15 do *C. fimbriata*, o déficit hídrico aumentou a severidade e comprimentos de lesões, contudo, plantas dessa variedade apresentaram os menores valores de mortalidade e severidade, mostrando ser mais resistente que a variedade 'Dura'.
- 3- A variedade 'Dura' apresentou altos valores de mortalidade e severidade, tanto em condições de déficit hídrico, quanto nas condições de ausência de déficit hídrico, sendo considerada, nesse caso, de alta susceptibilidade ao isolado CEBS15 de *C. fimbriata*.
- 4- O déficit hídrico não foi severo o suficiente para causar morte de mangueiras não inoculadas das variedades 'Ubá' e 'Dura'.
- 5- As maiores reduções do potencial hídrico foliar foram observadas em plantas inoculadas com o isolado CEBS15 e mantidas em déficit hídrico severo (20% da Cp).
- 6- O déficit hídrico severo (20% da Cp) propiciou ao isolado CEBS 15 condições favoráveis de causar maiores danos vasculares nas plantas das variedades 'Ubá' promovendo redução do DC. Não houve relação de déficit hídrico e redução do DC para plantas da variedade 'Dura', pois com exceção das plantas inoculadas e conduzidas sob 60% da Cp, todas as plantas inoculadas apresentaram redução do DC.
- 7- As plantas inoculadas com o isolado CEBS15 das variedades 'Ubá' e 'Dura' apresentaram os valores das variáveis de trocas gasosas, C_i , g_s , E e A , comprometidos em relação às plantas não inoculadas, principalmente aquelas mantidas em déficit hídrico severo.
- 8- A resistência ou suscetibilidade das variedades 'Ubá' e 'Dura' está ligada à diversidade genética entre patógeno e hospedeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. 2012. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz.

ACHUO, E.A.; PRINSEN, E. and HÖFTE, M. Influence of drought, salt stress and abscísico acid on the resistance of tomato to *Botrytis cinerea* and *Oidium neolycopersici*. **Plant Pathology**, v.55, 178-186, 2006.

AL ADAWI, A. O.; DEADMAN, M. L.; AL RAWAHI, A. K.; AL MAQBALI, Y. M.; AL JAHWARI, A. A.; AL SAADI, B. A.; AL AMRI, I. S.; WINGFIELD, M. J. Aetiology and causal agents of mango sudden decline disease in the Sultanate of Oman. **European Journal of Plant Pathology**, v.116, p.247-254, 2006.

AL SADI, A. M.; AL OUWEISI, F. A.; AL SHARIANI, N. K.; KAPLAN, E. J.; DEADMAN, M. L. Histological changes in mango seedling following infection with *ceratocystis manginecans*, the cause of mango decline. **Journal of Phytopathology**, v.158, p.738-743, 2010.

ALFENAS, A. C. e FERREIRA, F. A. Inoculação de fungos fitopatogênicos. In: ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. **Métodos em Fitopatologia**. Viçosa, Ed. UFV, 2007. p.116-137.

ANSELMINI, N.; PUCCINELLI, P. **Studies on Armillaria attacks on declining oak trees**. In: LUISI, N.; LERARIO, P.; VANNINI, A. (Eds.) Recent advances in Studies on oak decline, Università degli studi, Bari, Italia, 1992, pp. 23–29.

AYRES, P.G. Growth responses induced by pathogens and other stresses. In: MOONEY, H.A.; WINNER, W.E.; PELL, E.J.; CHU, E. (Eds.), **Response of plants to multiple stresses**, Academic Press, 1991, pp. 227–248.

BACHI, P.R.; PETERSON, J.L. Enhancement of *Sphaeropsis sapinea* stem invasion of pines by water deficits. **Plant Disease**, v.69, p. 798– 799, 1985.

BAKER, N.R. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis *In Vivo*. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 89-113, 2008.

BAKER, N.R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 55, p. 1607-1621, 2004.

BATISTA, D.C. **Cultivo da mangueira**. Doenças, Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/doencas.htm> Acesso em: 01 de jun. 2012.

BATISTA, D.C.; BARBOSA, M.A.G. **Doenças da Mangueira**, Embrapa, 2009. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA-2009-09/39780/1/OPB2067.pdf>>. Acesso em: janeiro de 2014.

BERGER, S.; SINHA, A.K.; ROITSCH, T. Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant-pathogen interactions. **Journal of Experimental Botany**, London, v.58, p. 4019-4026, 2007.

BLODGETT, J.T.; KRUGER, E.L.; STANOSZ, G.R. Effects of moderate water stress on disease development by *Sphaeropsis sapinea* on red pine. **Phytopathology**, v.87, p.422–428, 1997a.

BLODGETT, J.T.; KRUGER, E.L.; STANOSZ, G.R. *Sphaeropsis sapinea* and water stress in a red pine plantation in central Wisconsin. **Phytopathology**, v.87, p. 429–434, 1997b.

BRODRIBB, T. Dynamics of changing intercellular CO₂ concentration (C_i) during drought and determination of minimum functional C_i. **Plant Physiology**, v. 11, p. 179–185, 1996.

CHOU, C.K.S. Crown wilt of *Pinus radiata* associated with *Diplodia pinea* infection of woody stems. **European Journal of Forest Pathology**, v.17, p. 398–411, 1987.

CRIST, C.R.; SCHOENEWEISS, D.F. The influence of controlled stresses on susceptibility of European white birch stems to attack by *Botryosphaeria dothidea*. **Phytopathology**, v.65, p. 369–373, 1975.

DAMOUR, G.; VANDAME, M.; URBAN, L. Long-term drought results in a reversible decline in photosynthetic capacity in mango leaves, not just a decrease in stomatal conductance. **Tree Physiology**, v. 29, p. 675-684, 2009.

DAVENPORT, T.L. Reproductive Physiology. In: LITZ, R.E. (Ed) **The mango: botany, production and uses**. 2nd ed. Preston, UK. p.716, 2009.

DAVENPORT, T.L., MORGAN, P.W. AND JORDAN, W.R. Reduction of auxin transport capacity with age and internal water deficits in cotton petioles. **Plant Physiology**, v. 65, p. 1023–1025, 1980.

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

DOWNTON, W.J.S. Water relations in *Nerium oleander*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.8, p.329–334, 1981.

ELSHEERY, N.; CAO, K.F. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, and osmotic adjustment in two mango cultivars under drought stress. **Acta Physiol Plant**, 30: 769-777, 2008.

GALLI, J.A.; MARTINS, A.L.; ITO, M.F.; BRAGHINI, M.T.; NARITA, N.; ROSSETTO, C.J. Seca-da-mangueira XXII. Sobrevivência de variedades poliembriônicas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.33, n.4, p.1119-1126, 2011.

HERMANS, C.; BOURGIS, F.; FAUCHER, M.; DELTOT, S.; STRASSER, R.J.; VERBRUGGEN, N. Magnesium deficiency in sugar beet alters sugar partitioning and phloem loading in young mature leaves. **Journal of Experimental Botany**, London, v.56, n. 418, p. 541-549, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Disponível em:<
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=p&o=25&i=P>>.
Acesso em 07 set. 2014.

JACOBI, W.R.; RIFFLE, J.W. Effects of water stress on *Thyronectria* canker of honey locusts. **Phytopathology**, v.79, p. 1333–1337, 1989.

JONES, H.G. Plants and microclimate a quantitative approach to environment. **Cambridge University Press**, pp. 264-269, 1992.

KALLARACKAL, J., MILBURN, J.A.; BAKER, D.A. Water relations of the banana. III. Effects of controlled water stress on water potential, transpiration, photosynthesis and leaf growth. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.17, p.79–90,1990.

KRAMER, P.J. **Water Relations of Plants**. Academic Press, London, 1983.

KRAUSE, H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The Basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 42, p. 313-349, 1991.

LAWLOR, D.W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant Cell Environmental**, v. 25, p. 275–294, 2002.

LEITE, B.; PASCHOLATI, S.F. Hospedeiro: alterações fisiológicas induzidas por fitopatógenos. In: BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORUM, L. (Ed). **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v.1, p.393-414.

LEWIS JUNIOR, R.; VAN ARSDEL, E.P. Vulnerability of water-stressed sycamores to strains of *Botryodiplodia theobromae*. **Plant Disease**, v. 62, p.62–63, 1978.

LINDBERG, M.; JOHANSSON, M. Resistance of *Picea abies* seedlings to infection by *Heterobasidion annosum* in relation to drought stress. **European Journal of Forest Pathology**, v.22, p.115–124, 1992.

LOPES, D.B.; BERGER, R.D. The effects of Rust and Anthracnose on the photosynthetic competence of diseased bean leaves. **Phytopathology**, v.91, p.212-220, 2001.

LUCENA, C.C. **Crescimento vegetativo, absorção de nutrientes e trocas gasosas em mangueiras submetidas a estresse salino**. 2009. 116 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Viçosa-MG, 2009.

LUO, Y. Changes of C_i/C_a in association with stomatal and non-stomatal limitation to photosynthesis in water stressed *Abutilon theophrasti*. **Photosynthetica**, v.25, p. 273–279, 1991.

LUVAHA, E.; NETONDO G. W.; OUMA, G. Effect of water deficit on the physiological and morphological characteristic of mango (*Mangifera indica*) rootstock seedlings. **American Journal of Plant Physiology**, v.3 (1), p.1-15, 2008.

MALIK, T. M.; AKEM, C.; KHAN, S. M.; DASTI KAZMI, A. A.; GREWAL, A. G.; AWAN, M. Z. Confirmation of the capability of *Ceratocystis fimbriata* to cause mango sudden death syndrome in Pakistan. Pakistan, **Journal Phytopathology**, v.22 (2), p.120-125, 2010.

MACE, E.M.; BELL, A.A.; BECKMAN, C.H. **Fungal wilt diseases of plants**. New York, Academic Press, 1984, 640 p.

MACFARLANE, C.; WHITE, D.A.; ADAMS, M.A. The apparent feed-forward response to vapour pressure deficit of stomata in droughted, field-grown *Eucalyptus globulus* Labill. **Plant Cell Environment**, v. 27, p. 1268–1280, 2004.

MACHADO, E.C.; MEDINA, C.L.; GOMES, M.M.A. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranjeira “Valença”. **Bragantia**, v.58, p.217-226, 1999.

MAFIA, R.G.; ALFENAS, A.C.; FERREIRA, E.M; BINOTI, D.H.B. Métodos de seleção e identificação de fontes de resistência à murcha do eucalipto causada por *Ceratocystis fimbriata*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.4, p.817-824, 2011.

MARTINS, M. O. **Aspectos fisiológicos do Nim indiano sob déficit hídrico em condições de casa de vegetação**. 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Biologia. Recife-PE, 2008.

MAUCH-MANI, B. & MAUCH, F. The role of abscísico acid in plant-pathogen interaction. **Current Opinion in Plant Biology**, 8:409-414, 2005.

MAUREL, M.; ROBIN, C.; CAPDEVIELLE, X.; LOUSTAU, D.; DESPREZ-LOUSTAU, M.L. Effects of variable root damage caused by *Phytophthora cinnamomi* on water relations of chestnut saplings. **Annual of Science Forest**, v.58, p. 639–651, 2001b.

MAUREL, M.; ROBIN, C.; CAPRON, G.; DESPREZ-LOUSTAU, M.L. Effects of root damage associated with *Phytophthora cinnamomi* on water relations, biomass accumulation, mineral nutrition and vulnerability to water deficit of five oak and chestnut species. **Forest Pathology**, v.31, p. 353–369, 2001a.

MEDRANO, H.; ESCALONA, J.M.; BOTA, J.; GULIAS, J.; FLEXAS, J. Regulation of photosynthesis of C₃ plants in response to progressive drought: stomatal conductance as reference parameter. **Annals of Botany**, v. 89, p. 895–905, 2002.

MEYER, S.; SACCARDY, K.; RIZZA, F.; GENTY, B. Inhibition of photosynthesis by *Colletotrichum lindemuthianum* in bean leaves determined by chlorophyll fluorescence imaging. **Plant Cell and Environmental**, v.24, p. 947-955, 2001.

MICHEREFF, S.J. **Fundamento de Fitopatologia**. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2001. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&sqi=2&ved=0CCoQFjAA&url=http%3A%2F%2Ffiles.prof-vanderufersa.webnode.com.br%2F200000134-bc97ebd927%2FApostila%2520-%2520Fitopatologia.pdf&ei=4ruCUffoOejB0gGJy4C4Cw&usg=AFQjCNF0U_7bFJiPfmqz13GXLalqizb_gQ&sig2=KDivG1q0MInV5GhU_95_3Q&bvm=bv.45960087,d.eWU>. Consultado em: 02, maio, 2013.

MIRISOLA FILHO, L.A. **Tolerância de sete cultivares de mangueira ao estresse salino**. 2003. 129 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

MUKHERJEE, S.K.; LITZ, R.E. Introduction: Botany and Importance. In: LITZ, R.E. (Ed) **The mango: botany, production and uses**. 2nd ed. Preston, UK. p.716, 2009.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; RODRIGUES, C. R. Crescimento e nutrição mineral de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* arr. cam.) submetidas a níveis de salinidade em solução nutritiva. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 997-1006, 2004.

OLIVEIRA, L.S.S. **Agressividade de isolados de *Ceratocystis fimbriata* em clones de *Eucalyptus* spp.** 2010. 18 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitopatologia. Viçosa-MG, 2010.

OLIVEIRA, L.S.S. ***Ceratocystis* Wilton *Mangifera indica*, *Colocasia esculenta* AND *Tilia americana***. 2014. 80 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Rio de Janeiro: Seropédica, 2004. 191p.

PINTO, A. C. Q. Melhoramento genético da manga (*Mangifera indica* L.) no Brasil. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004, p.604.

REICH, P.B. & BORCHERT, R. Changes with leaf age in stomatal function and water status of several tropical tree species. **Biotropica**, v.20, p.60–69, 1988.

RIBEIRO, I.J.A.; ROSSETTO, C.J.; GALLO, P.B.; BORTOLETTO, N.; SOARES, N.B.; CARVALHO, L.H.; SABINO, J.C.; MARTINS, A.L.M.; SILVEIRA, L.C.P. Manga: Cultivar – IAC 104 ‘Dura’. 1998. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/cultivares/inicio/Folders/Manga/IAC104Dura.htm>>. Acesso em: 12, dez. 2013.

RISTAINO J.B. & DUNIWAY J.M. Effect of preinoculation and postinoculation water-stress on the severity of *Phytophthora* root rot and yield in processing tomatoes. **Plant Disease**, v.73, p. 349–52, 1989.

ROCHA, A. **Identificação de embriões zigótico e nucelares de sementes e caracterização agrônômica e molecular de acesso de mangueira ‘Ubá’**. 2009. 117 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

ROSSETTO, C.J.; RIBEIRO, I.J.A.; IGUE, T.; GALLO, P.B. Seca-da-mangueira: XV. Resistência varietal a dois isolados de *Ceratocystis fimbriata*. **Bragantia**, Campinas-SP, 55(1): 117-121. 1996.

SCHAFFER, B.; URBAN, L.; LU, P.; WHILEY, A.W. Ecophysiology. In: LITZ, R.E. (Ed) **The mango: botany, production and uses**. 2nd ed. Preston, UK. p.716, 2009.

SCHOENEWEISS, D.F. The role of environmental stress in diseases of woody plants. Illinois, **Plant Disease**, v. 65, n.4, 1981.

SCHOENEWEISS, D.F. Water stress predisposition to disease, an overview, in: Ayres P.G., Boddy L. (Eds.), **Water, fungi and plants**, Cambridge University Press, pp. 157–174, 1986.

SHAO, HONG-BO.; CHU, LI-YE; JALEEL, C. A.; ZHAO, CHANG-XING. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v.331, n.3, p.215-225, 2008.

SILVA, M.A.V.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; OLIVEIRA, A.F.M.; SANTOS, V.F. Resposta estomática e produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira submetidas a diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.2, p.335-344, 2008.

SOARES, A.F. Manga. **Hortifruti Brasil**. Jan/Fev 2012. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/109/manga.pdf>. Acesso em: 30 de nov. 2013.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I.F.; AMORIM NETO, M.S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.338-342, 2000.

SWART, W.J.; CONRADIE, E.; WINGFELD M.J.; VENTER, W.B. Effects of water stress on the development of cambial lesions caused by *Cryphonectria cubensis* on *Eucalyptus grandis*. **Plant Disease**, 76, p.744–746, 1992.

TAVARES, S.C.C.H. Cultivo da mangueira. Manejo integrado de doenças. Embrapa Semiárido. Julho de 2004. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/doencas.htm>. Acesso em: 01 de jun. 2012.

URBAN, L., MONTPIED, P. AND NORMAND, F. Season effects on leaf nitrogen partitioning and photosynthetic water use efficiency in mango. **Journal of Plant Physiology** 163, 48–57, 2006.

VAN WYK, M., AL ADAWI, A.O., KHAN, I.A., DEADMAN, M.L., AL JAHWARI, A.A., WINGFIELD, B.D., PLOETZ, R. AND WINGFIELD, M.J. *Ceratocystis manginecans* sp. nov., causal agent of a destructive mango wilt disease in Oman and Pakistan. **Fungal Diversity**, v.27, p. 213-230. 2007.

VAN WYK, M.; ROSSETTO, C.J.; ITO, M.F. BRAGHINI, M.T.; MORAES, S.A.; AL-ADAWI, A.O.; ZUCCHI, M.I.; WINGFIELD, M.J. Seca-da-Mangueira XXI. Posição filogenética do patógeno paulista e suscetibilidade de variedades. In CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA [20: Vitória, 2008]. Resumo expandido. [CD-ROM]. Vitória: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008.

VANNINI, A.; VALENTINI, R.; LUISI, N. Impact of drought and *Hypoxyton mediterraneum* on oak decline in the Mediterranean region. **Annals of Forest Science**, v.53, p. 753–760, 1996.

VIDA, J.B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D.J.; BRANDÃO-FILHO, J.U.T.; VERZIGNASSI, J.R. & CAIXETA, M.P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, 29: 355-372, 2004.

VIECCELLI, J. C.; SIQUEIRA, D.L.; LEMOS, L. M. C.; SILVA, S. D. R. ; SALOMAO, L. C. C.; RODRIGUES, F. A. Efeito da salinidade sobre a incidência de *Ceratocystis fimbriata* em mangueira ‘Tommy Atkins’. In: XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2012, Bento Gonçalves, RS. Fruticultura: **Anais**. Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2012.

WALLER, M. Drought, disease, defoliation and death: forest pathogens as agents of past vegetation change. **Journal of Quaternary Science**, 28(4), 336-342, 2013.

ZAHARAH, S.S.; RAZI, I.M. Growth, stomata aperture, biochemical changes and branch anatomy in mango (*Mangifera indica*) cv. Chokanan in response to root restriction and water stress. **Scientia Horticulturae**, v.123, p. 58-67, 2009.

ZAMBOLIM, L. & JUNQUEIRA, N.T.V. Manejo integrado de doenças da mangueira. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004, p.604.

CAPÍTULO 2

MURCHA-DE-CERATOCYSTIS NA MANGUEIRA ‘MANILA’ SUBMETIDA A DÉFICIT HÍDRICO

INTRODUÇÃO

A mangueira (*Mangifera indica*) é originária da região situada entre Bangladesh e leste da Índia. Existe uma diversidade muito grande entre variedades de *M. indica* o que levou à separação de dois grandes grupos de plantas, recebendo a classificação, principalmente, pela forma de germinação dos embriões, ou seja, monoembriônica, apenas um embrião zigótico, ou poliembriônica, havendo, geralmente, um embrião zigótico e vários embriões nucelares (PINTO, 2004; MUKHERJEE & LITZ, 2009).

Em 2011, os produtores de mangas no Brasil receberam a notícia de que a exportação dessa fruta ficou em primeiro lugar e gerou receita de US\$ 140,9 milhões (SOARES, 2012). Em 2012, o Brasil ocupava a oitava posição mundial em produção de mangas com 1,17 milhões de toneladas, com área colhida de 73.692 hectares. Os Estados de destaque na produção de manga em 2012 foram: Bahia (35,96%), São Paulo (19,93%), Pernambuco (19,30%), Minas Gerais (10,49%) (IBGE, 2014).

A mangicultura nos Estados da Bahia e Pernambuco então localizadas, principalmente, no semiárido do Vale do São Francisco, e lá existem mais de 39 mil hectares plantados, principalmente, com as variedades ‘Tommy Atkins’, ‘Palmer’ e ‘Kent’. Entretanto, com a demanda do mercado externo, há tendência de substituição dos pomares da variedade ‘Tommy Atkins’ para ‘Palmer’ e ‘Kent’ (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2012).

Além do semiárido brasileiro, norte de Minas Gerais e no Nordeste, a mangueira pode ser cultivada também em locais de clima árido, tal como em Omã e Paquistão devido ao uso de sistema de irrigação, contudo, é comum a ocorrência de déficit hídrico, mesmo com o uso da irrigação. Nesses locais é possível produzir mangas durante a maior parte do ano devido à irrigação e ao manejo cultural que envolve várias práticas como podas, adubações, déficit hídrico e uso de reguladores de crescimento. Segundo Davenport (2009), mangueiras necessitam de temperaturas em torno de 15 °C, um período de frio para floração, contudo na ausência dessa

condição, elas podem florescer se passarem por um período entre 6 a 12 semanas em déficit hídrico.

Pimentel (2004) e Martins (2008) consideram que déficit hídrico e salinidade são as principais fontes de estresse abiótico afetando a produção e o desenvolvimento vegetal. Segundo Zambolim & Junqueira (2004), fatores como o clima, material propagativo de baixa qualidade ou utilização de porta-enxerto suscetível e não adaptado às regiões de plantio dos pomares são fatores que predispõem à mangueira a doença. Para Waller (2013), intempéries climáticas podem favorecer o ataque de pragas e patógenos primários, que por sua vez, podem comprometer a resistência das plantas, tornando-as mais vulneráveis para o ataque secundário, tais como doenças fúngicas.

Os autores Desprez-Loustau et al. (2006) afirmam que dentre os diversos fatores que comprometem as florestas de *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp. e *Quercus* spp., a seca e os fungos patogênicos são os mais importantes.

A predisposição a doenças por causa do estresse abiótico têm sido demonstrada em outros patossistemas por diversos autores (RISTAINO & DUNIWAY, 1989; VIDA et al., 2004; DESPREZ-LOUSTAU et al., 2006; WALLER, 2013). Em contrapartida, o aumento da resistência das plantas ou a menor severidade à doença em virtude do estresse abiótico, têm sido demonstrados por outros autores (ACHUO et al., 2006; MAUCH-MANI & MAUCH, 2005; JACOBI & RIFFLE, 1989; SWART et al., 1992).

Segundo Michereff (2001), para que uma doença ocorra, três fatores devem interagir entre si de forma perfeita. Esses fatores são chamados de triângulo da doença, ou seja, hospedeiro suscetível, patógeno virulento e condições ambientais favoráveis ao patógeno. A modificação em um desses fatores provocará uma mudança na intensidade e severidade da patologia, podendo agravá-la ou amenizá-la.

Neste contexto, uma maneira de se avaliar se houve redução ou elevação da severidade de doenças fúngicas em plantas, em virtude dos fatores de estresses abióticos é através da comparação entre o desenvolvimento de lesões causadas por patógenos em plantas submetidas a déficit hídrico e o desenvolvimento de lesões causadas por patógenos em plantas bem irrigadas (AYRES, 1991; MAUREL et al., 2001a; MAUREL et al., 2001b). Se a doença é favorecida pelo estresse, então a interação é positiva. Do contrário, a interação é negativa (DESPREZ-LOUSTAU et al., 2006).

Outra maneira de se avaliar os efeitos de um estresse abiótico na predisposição da planta a uma doença patogênica é através das características fotossintéticas, tais como trocas gasosas e variáveis de fluorescência da clorofila *a* (BAKER & ROSENQUVIST, 2004; BERGER et al., 2007; BAKER, 2008). Usualmente, a fotossíntese líquida é reduzida em plantas infectadas por fungos, bactérias e vírus (HERMANS et al., 2005), além disso, ocorrem anormalidades na assimilação de dióxido de carbono (LOPES & BERGER, 2001) que estão relacionadas com a diminuição na condutância do mesófilo, na redução da atividade da Ribulose-1,5-bifosfato carboxilase (MEYER et al., 2001). Outra redução observada, quando plantas são expostas a estresses abióticos e bióticos, é na eficiência fotoquímica máxima (F_v/F_m) na presença de luz. Esse fenômeno é uma forma rápida e simples de monitorar estresse em plantas (ADAMS & DEMMING-ADAMS, 2004, 2006).

A colonização de fungos vasculares provoca lesões internas que impede o fluxo de seiva para as folhas e pode levar ao murchamento da planta. Portanto, ao avaliar o estado fisiológico de plantas estressadas, através do potencial hídrico foliar (Ψ_w), pode-se saber se as reduções dessa característica são em virtude da colonização fúngica ou pela condição de estresse abiótica, para o caso de déficit hídrico (MACE et al., 1984).

A murcha-de-ceratocystis (*Ceratocystis fimbriata*) é uma doença fúngica vasculares da mangueira e também de outros hospedeiros. Essa doença tem grande importância no Brasil e no mundo, pois pode resultar na destruição de pomares inteiros, tal como já ocorrido no Estado de São Paulo, nas décadas de 1950 e 1960 (BATISTA & BARBOSA, 2009) e no Paquistão e em Omã em 1998 e 1999 (MALIK et al., 2010; Al ADAWI et al., 2006; Al SADI, 2010).

A principal forma de dispersão do fungo e a infecção da parte aérea estão associadas a pequenas coleobrocas dos gêneros *Hypocryphalus* que perfuram os galhos da mangueira e levam consigo o patógeno. Já o processo nas raízes se dá através do transporte do solo aderido aos implementos agrícolas, pela água de irrigação e mudas contaminadas (BATISTA, 2010).

Os sintomas da doença observados nas plantas no campo são semelhantes aos de uma planta que teve a copa chamuscada pelo fogo. As folhas ficam com coloração palha, secas e aderidas aos galhos afetados (BATISTA, 2010). Outros sintomas podem ser observados, tais como: gomose e descoloração dos tecidos vasculares

devido à colonização, cancro, presença de micélios com subsequente produção de tiloses (AL ADAWI et al., 2006; VAN WYK, et al., 2007; AL SADI et al., 2010).

A medida de controle mais recomendada contra murcha-de-ceratocystis é o uso de variedades resistentes (ROSSETTO et al., 1996; TAVARES, 2004), pois não há fungicidas registrados e eficientes para essa finalidade. Vale destacar que o espectro de resistência varietal para murcha-de-ceratocystis é alto e há diferenças no comportamento entre o patógeno e variedades de mangueiras (ROSSETTO et al., 1996).

A variedade ‘Manila’, também conhecida como ‘Carabao’, de origem filipina tem sido recomendada para utilização como porta-enxerto em locais onde é encontrado *C. fimbriata*, pois é considerada resistente a esse patógeno (CUNHA et al., 2002), conforme comprovaram Galli et al. (2011) observando o comportamento dessa variedade em condições de campo, em Pindorama, SP, com solo contaminado de inóculo de *Ceratocystis spp.*

Outro exemplo de resistência ao *C. fimbriata* é o da variedade ‘Manga D’água’. Outras variedades apresentam alguma tolerância em estudos de avaliação de copa, sendo elas: ‘Rosa’, ‘Sabina’, ‘São Quirino’, ‘Oliveira Neto’, ‘Espada’, ‘Jasmim’, ‘Keitt’, ‘Sensation’, ‘Kent’, ‘Irwin’ e ‘Tommy Atkins’ (TAVARES, 2004). Já variedades muito suscetíveis são: ‘Haden’ e ‘Zill’ (ROSSETTO et al., 1996); ‘Coquinho’ e ‘IAC 137’ (GALLI et al., 2011).

Como não há estudos sobre a interação entre fungos colonizadores de tecidos vasculares e déficit hídrico em mangueiras e sabendo que em diversos locais do Brasil e do mundo a mangicultura é conduzida em locais onde há déficit hídrico e com risco da introdução de *C. fimbriata*, é importante o entendimento da interação entre variedades de mangueiras resistentes à murcha-de-ceratocystis e o desenvolvimento dessa doença em condições de seca, pois o déficit hídrico pode causar predisposição à doença nas mangueiras.

Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido para avaliar o efeito do déficit hídrico na incidência e severidade da murcha-de-ceratocystis na mangueira ‘Manila’, considerada resistente à doença.

MATERIAIS E MÉTODOS

Instalação e condução do experimento e variedades utilizadas

O experimento com variedade ‘Manila’ foi instalado em telado antiafídica com malha de 0,87 x 0,30 mm e coberto com plástico transparente de 150 micras de espessura tratado contra raio ultravioleta. O telado coberto está localizado no Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa (MG), cujas coordenadas são 20°45’14” Sul e 42°52’55” Oeste e a altitude é de 648 metros.

Plantas da variedade ‘Haden’ também foram utilizadas para confirmar a patogenicidade do fungo e determinar o final dos experimentos, que ocorreu após haver 100% de mortalidade das plantas dessa variedade. Foram utilizadas quatro plantas, sendo uma planta por vaso.

O experimento foi conduzido no período de 17 de fevereiro de 2013 a 17 de junho de 2013.

Os valores das temperaturas máximas, mínimas e médias diárias são expressas em graus Celsius (°C) e umidade relativa do ar máxima, mínima e média diária são expressas em porcentagem (%) e foram registrados no interior do telado com o auxílio de um *datalogger* (Figura 1).

Foram utilizadas mudas de mangueiras ‘Manila’ de aproximadamente um ano de idade. As mudas foram provenientes de enxertia por garfagem de topo, cujos garfos foram provenientes de uma única planta. O porta-enxerto utilizado foi a variedade ‘Espada’.

Todas as mudas foram cultivadas em vasos de polietileno com o substrato comercial Holambra HS Florestal, à base de casca de pinus e vermiculita. Foram utilizados vasos com capacidade para 12 L, que foram preenchidos com substrato até completarem 6,8 kg. As mudas foram selecionadas da forma mais homogênea possível, usando como critérios a altura, diâmetro do caule, número e sanidade das folhas.

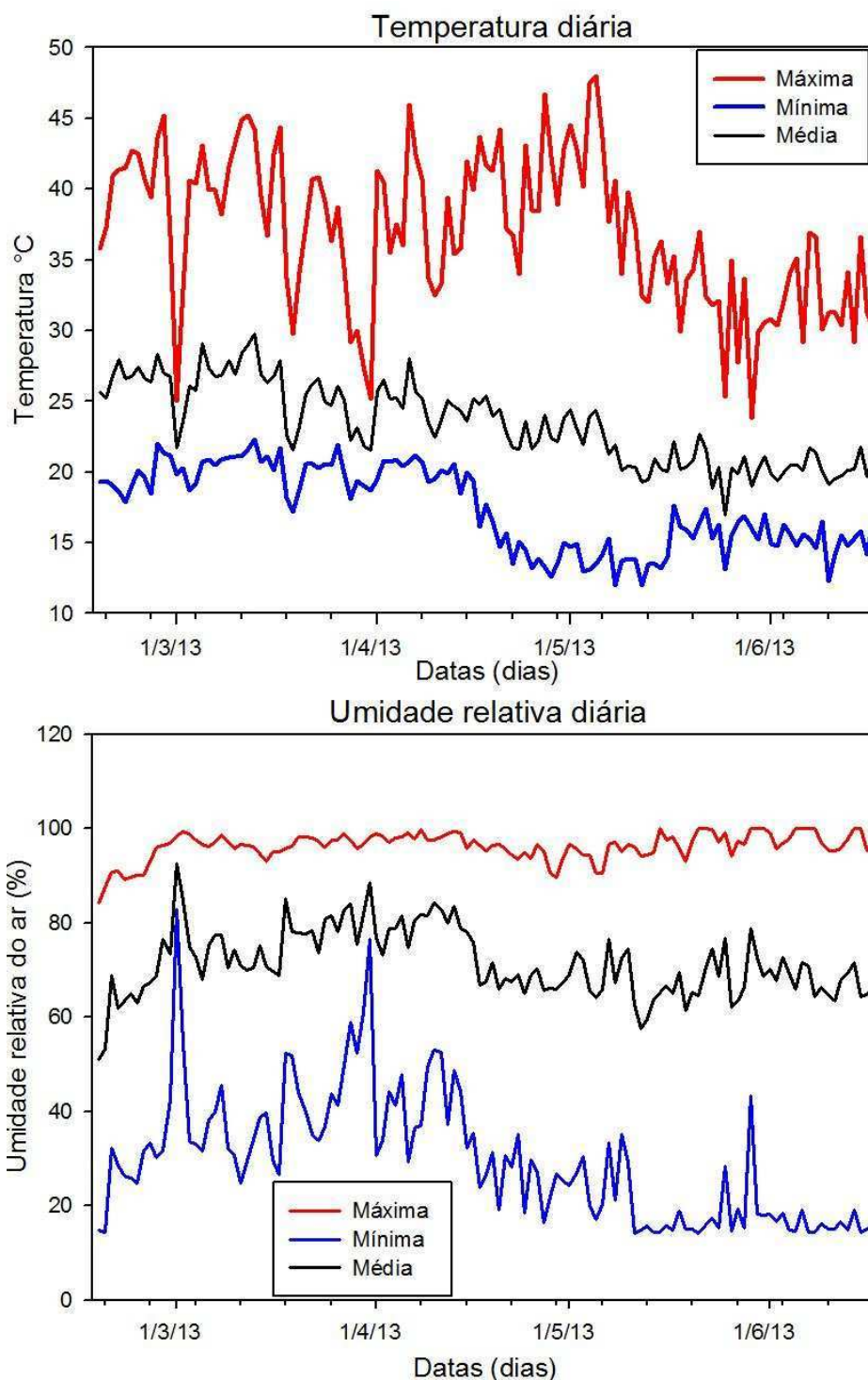


Figura 1 – Temperaturas máxima, mínima e média diária; umidade relativa do ar máxima, mínima e média para a variedade ‘Manila’, no período de 17 de fevereiro de 2014 a 17 de junho de 2013, obtidas com *datalogger* instalado no interior do telado coberto no Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

Esquema e delineamento experimental, tratamentos e inoculação do fungo

O experimento com a variedade ‘Manila’ foi conduzido usando o esquema fatorial 4 x 2 e delineamento em blocos casualizados (DBC). Os fatores em estudo foram quatro níveis de estresse hídrico e dois níveis de inoculação com o fungo *Ceratocystis fimbriata* (Inoculado e Não Inoculado). Foram empregadas três repetições. A parcela experimental foi formada por um vaso, contendo uma planta.

Os níveis de estresse hídrico foram definidos em 80%, 45%, 30% e 15% da capacidade de pote (Cp), ou seja, da porcentagem de retenção de água pelo conjunto substrato e vaso. Os níveis da Cp de 80% representaram plantas sem déficit hídrico. Já os níveis de Cp de 15% representaram os níveis de maior déficit hídrico. A variedade ‘Haden’ não foi conduzida sob déficit hídrico, ou seja, foi mantida a 100% da Cp em todo o período.

O isolado de *Ceratocystis fimbriata* (CEBS15) foi obtido no Laboratório de Patologia Florestal/BIOAGRO da Universidade Federal de Viçosa, MG. A inoculação artificial foi realizada segundo o método de Alfenas & Ferreira (2007), que consistiu em fazer um ferimento na casca das plantas de 0,5 cm de diâmetro, a 15 cm acima do ponto de enxertia e inocular no local um disco de cultura do fungo em meio de batata-dextrose-ágar com 14 dias de incubação.

A área inoculada foi protegida com algodão umedecido em água destilada, ambos esterilizados, e recoberta em filme plástico para impedir a entrada de outros organismos. O mesmo procedimento foi realizado nas plantas testemunha, contudo, foi inserido apenas o disco de meio de cultura esterilizado e sem a presença do fungo.

A inoculação foi realizada em 22 de abril de 2013, ou seja, aos 64 dias após estresse hídrico (DAEH).

Determinação da capacidade de pote e manutenção dos níveis de estresse

A capacidade de retenção de água do substrato em um vaso é conhecida como capacidade de vaso ou capacidade de pote (Cp). A determinação de 100% da Cp foi realizada pelo método gravimétrico direto, que consistiu em conhecer a quantidade de água retida pelo substrato após sofrer completa saturação e consequente drenagem do excedente pela ação da gravidade, como descreveram Souza et al. (2000).

Todos os vasos foram preenchidos com igual massa de substrato, ou seja, 6,8 kg. Considerou-se o peso de cada planta para composição do peso total, que foi estipulado pela somatória dos componentes: substrato úmido a cada nível de capacidade de pote, planta no momento de transplântio e vaso (kg).

O conjunto foi pesado em balança digital modelo Filizola, com capacidade de até 15 kg. A superfície dos vasos foi coberta com um disco de poliestireno expandido, com um furo central correspondente ao local do caule, como medida de reduzir a evaporação. O valor em peso obtido para cada tratamento foi mantido até o encerramento do experimento, para controle da reposição diária de água perdida pela evapotranspiração. A água foi adicionada até atingir o valor em peso correspondente à capacidade de pote proposta. A quantidade de água repostada variou de uma parcela a outra, pois esse fator dependeu da evapotranspiração diária de cada parcela.

Avaliações

Número de plantas mortas e número médio de dias da inoculação até morte das plantas (NMDM)

O número de plantas mortas foi expresso em valor fracionário, que corresponde o número de plantas mortas em relação ao total.

O número médio de dias entre a inoculação até a morte das plantas (NMDM) foi determinado para cada experimento pela média aritmética calculada com o número de dias compreendido entre a inoculação do fungo nas plantas e a constatação da morte de plantas de cada tratamento.

Comprimento das lesões e severidade linear da doença

Avaliou-se o comprimento da lesão na casca e lenho, no sentido longitudinal do caule, medido em centímetros. Para essa avaliação, o caule foi seccionado do colo ao ápice da planta (Figura 2).

A severidade da doença no sentido longitudinal do caule, aqui denominada severidade linear da doença, foi calculada em valores percentuais e obtida ao final do experimento. Seus valores levam em consideração a porcentagem do comprimento dos tecidos lesionados em relação à altura total da planta.

Para o cálculo da severidade linear, a altura da planta foi medida do ponto de enxertia até o ápice.

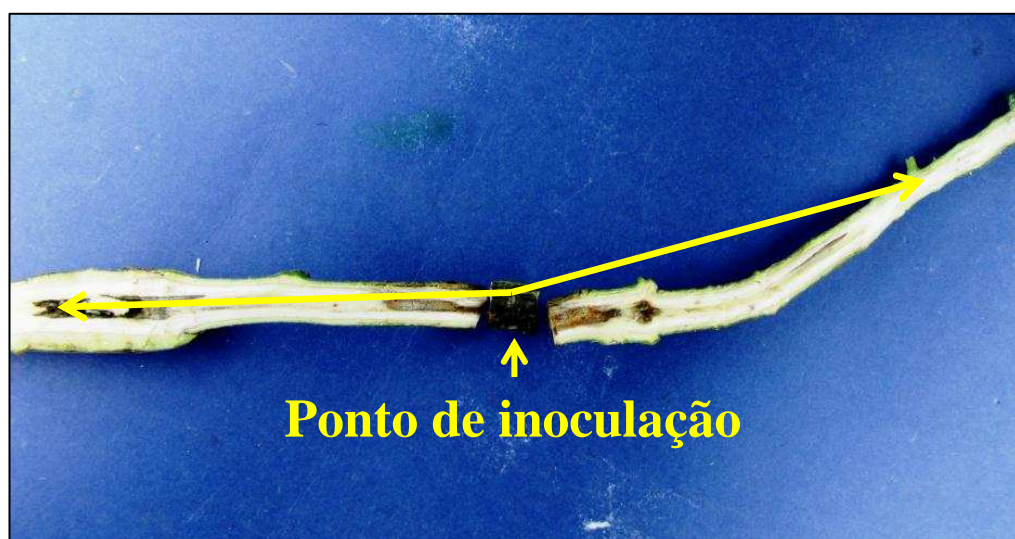


Figura 2- Lesões internas no caule de *Mangifera indica*, variedade 'Manila', causadas pela colonização de *Ceratocystis fimbriata*.

Área da lesão no sentido radial e severidade radial da lesão

A área da lesão radial, medida em milímetros quadrados, causada por *C. fimbriata* nas mangueiras, foi avaliada na secção de um corte transversal do caule, feito a um centímetro acima do ponto de inoculação. A severidade radial da lesão foi representada pela porcentagem da área comprometida com a colonização do fungo em relação à área total da seção radial. Os valores dessas duas características foram obtidos utilizando um sistema computadorizado de captura de imagens digitais e um analisador de imagens, software WinDias 2.0, que diferencia tecidos sadios de tecidos doentes.

Potencial hídrico foliar (Ψ_w)

O Ψ_w , expresso em MPa, foi obtido utilizando a câmara de pressão de Scholander (Soil Moisture Equipment Corp USA), usando a sétima folha completamente expandida do ápice para base, coletadas nas primeiras horas da antemã (04:00 horas).

Para leitura do Ψ_w utilizou-se uma folha por planta e uma leitura por folha. Após destacar a folha da planta, realizou-se a remoção do látex exsudado no pecíolo com o auxílio de uma folha de papel toalha.

As avaliações foram realizadas aos 10, 24, 38 e 52 dias após a inoculação (DAI).

Diâmetro do caule (DC)

O diâmetro do caule foi medido a aproximadamente 20 cm acima do ponto de enxertia mediante o uso de um paquímetro digital, Starrett 727, com escala em milímetros. As avaliações foram realizadas aos 6, 16, 26, 36, 46 e 56 DAI.

Trocas gasosas

Para determinação das trocas gasosas foi utilizado um analisador de gás carbônico a infravermelho (IRGA) modelo LCpro com controle de temperatura a 26°C e irradiância de 1.000 $\mu\text{mol. f\u00f3tons. m}^{-2}. \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar 200 mL.min^{-1} .

As variáveis utilizadas para avaliação fisiológica da planta após o período de déficit hídrico e posterior inoculação do fungo foram: concentração interna de CO_2 (C_i) expressa em $\mu\text{mol. mol}^{-1}$; condutância estomática (g_s) expressa em $\text{mol. m}^{-2}. \text{s}^{-1}$; transpiração foliar (E) expressa em $\text{mmol. m}^{-2}. \text{s}^{-1}$ e a fotossíntese líquida (A) expressa em $\mu\text{mol. m}^{-2}. \text{s}^{-1}$.

As leituras com o aparelho foram realizadas em folhas intactas, entre os períodos de 8:00 a 12:00 horas. Os dados registrados foram provenientes da média de três leituras da quarta folha completamente desenvolvida e totalmente madura, no sentido do ápice para a base. Foram realizadas 4 avaliações, correspondentes aos 4, 18, 32 e 46 DAI.

Fluorescência da clorofila *a*

As avaliações da cinética de emissão de fluorescência da clorofila *a* foram realizadas com o auxílio de um fluorômetro portátil modelo Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer OS5p (Opti-Sciences). Foi seguido o modelo descrito por Roháček (2002) que consiste na utilização de folhas pré-condicionadas no escuro, por um

período de 30 minutos, para realizar a leitura e determinação das variáveis do estado adaptado ao escuro (EAE): F_m (fluorescência máxima), F_o (fluorescência inicial) e F_v/F_m (eficiência fotoquímica máxima) e também da leitura e determinação das variáveis do estado adaptado à luz (EAL): $Y = F/F_m'$ (rendimento quântico fotossintético), e taxa de transporte de elétrons (ETR).

As avaliações da fluorescência da clorofila foram tomadas apenas para a variedade 'Manila' aos 32, 39 e 46 DAI. As avaliações foram realizadas na quarta folha intacta, completamente desenvolvida e madura, no sentido do ápice para a base, entre os períodos de 8:00 a 10:00 horas.

Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística descritiva com auxílio do programa Sistemas para Análises Estatísticas de Genéticas (SAEG) (UFV, 1997).

A correlação de Pearson foi usada para determinar a relação entre as variáveis de potencial hídrico foliar, diâmetro do caule, trocas gasosas para a presença ou ausência do fungo *C. fimbriata* nas plantas e as severidades das lesões total e radial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Número de plantas mortas e número médio de dias da inoculação até morte (NMDM) das mangueiras

O experimento foi encerrado em 17 de junho de 2013, quando as quatro plantas da variedade 'Haden' inoculadas morreram devido à murcha-de-ceratocystis. Não houve morte de plantas nos tratamentos em que as mangueiras não foram inoculadas com *C. fimbriata*, em qualquer nível de Cp (Tabela 1).

Constatou-se que em condições de déficit hídrico severo (15% da Cp) houve predisposição das plantas para maior colonização do fungo o que resultou em morte de todas as plantas desse tratamento, ou seja, três em três plantas inoculadas (Tabela 1). O NMDM das plantas mantidas a 15% da Cp foi de 49 dias. Quando se reduziu a intensidade do déficit hídrico para 30% da Cp, a mortalidade das plantas foi de uma planta em três e a média de dias da inoculação até a morte foi de 56 dias (Tabela 1).

Tabela 1. Número de plantas mortas (NM) e número médio de dias da inoculação até morte (NMDM) das mangueiras ‘Manila’, cultivadas nos níveis de 15, 30, 45 e 80% da capacidade de pote (Cp), em plantas inoculadas (S) e não inoculadas (N) com *Ceratocystis fimbriata* em Viçosa - MG, 2013.

‘Manila’				
Cp (%)	NM (n°)		NMDM (dias)	
	S	N	S	N
15	3/3	0	49,3	0
30	1/3	0	56,0	0
45	0	0	0	0
80	0	0	0	0

Ao analisar a Tabela 1 em conjunto com a Figura 1, se observa que as temperaturas máximas, mínimas e médias diárias foram decrescentes após a inoculação com *C. fimbriata*. As médias foram sempre inferiores a 22 °C, chegando até a 17,5 °C no dia mais frio. Já as temperaturas mínimas foram sempre inferiores a 18 °C, chegando a 12 °C no dia mais frio. Verifica-se, portanto, que a temperatura esta fortemente relacionada com a interação *C. fimbriata*-mangueira o que prolongou o período de NMDM até os 56 dias. Segundo Mafia et al. (2011) o maior desenvolvimento do *C. fimbriata* em eucalipto estava ligado a temperatura entre 18 a 28 °C. Oliveira (2010) observou o oposto, ou seja, em épocas mais frias do ano houve menor severidade da murcha-de-ceratocystis em clones de *Eucalyptus* spp. o que corroboram com os resultados encontrados no presente trabalho.

Houve predisposição da variedade ‘Manila’ à murcha-de-ceratocystis, ocasionada pelo déficit hídrico severo, indicando que essa variedade de mangueira é muito suscetível ao *C. fimbriata* em condições de déficit hídrico severo. Tal observação também foi constatada por Anselmi & Puccinelli (1992) e Blodgett et al. (1997a; 1997b) em outros patossistemas.

Galli et al. (2011) testaram dois isolados de *Ceratocystis*, IAC FITO 13.966 e IAC FITO 13.977 e constataram 60% de mortalidade em plantas de variedade ‘Manila’, que foi caracterizada como tendo resistência moderada.

Segundo Rossetto et al. (1996) a mangueira ‘Manila’ é muito resistente ao isolado IAC 334-1, com 0% de mortalidade das plantas inoculadas, e resistente ao isolado IAC 4905, com 20% de mortalidade. De acordo com os dados apresentados

por Galli et al. (2011), os resultados apresentados neste trabalho (Tabela 1), mostraram que a ‘Manila’ foi altamente suscetível quando conduzida em déficit hídrico severo (15% da Cp) e moderadamente resistente quando o déficit hídrico foi menor (30% Cp) e altamente resistente nos demais níveis de Cp.

Severidade da doença, comprimento e a área da lesão nos sentidos longitudinal e radial

A severidade, o comprimento e a área das lesões no sentido longitudinal e radial, a partir do ponto de inoculação com *C. fimbriata*, foram avaliados apenas para os tratamentos cujas plantas foram inoculadas. Não houve lesão nos ramos de plantas nos sentidos linear e radial dos tratamentos de plantas não inoculadas de quaisquer níveis de Cp.

Severidade da doença e comprimento da lesão no sentido longitudinal

A severidade linear da doença e o comprimento da lesão apresentaram comportamento decrescente à medida que aumentou a disponibilidade de água no substrato, com um ponto de mínimo em plantas mantidas a 45% da Cp (Figura 3).

Houve incremento na severidade e no comprimento da lesão quando a disponibilidade de água no substrato aumentou, ou seja, quando a Cp passou de 45% para 80% (Figura 3). Os maiores valores registrados de severidade e comprimento de lesão foram de $68,21 \pm 27,63\%$ e $25,79 \pm 8,49$ cm, respectivamente, em plantas conduzidas a 15% da Cp, enquanto que os menores foram de $30,75 \pm 6,12\%$ e $14,93 \pm 5,91$ cm, respectivamente, registrados em plantas conduzidas a 45% da Cp. Os aumentos na severidade da doença e no comprimento da lesão, observados entre plantas mantidas a 15% da Cp e plantas mantidas a 45% da Cp, representam 121,82% e 72,14%, respectivamente de aumento.

No presente trabalho, se observou que o comprimento da lesão causada por *C. fimbriata* nas plantas mantidas a 30% da Cp foram semelhantes aos encontrados por Ribeiro et al. (1984). Os autores mediram o comprimento da lesão ao longo do tempo e observaram que em um período de aproximadamente 120 dias o comprimento da lesão na variedade ‘Manila I’ foi de 19,5 cm. Já Van Wyk et al. (2008) reportaram que o comprimento médio de lesão foi de 0,4 centímetros para a variedade ‘Manila’.

No presente trabalho, as lesões ocorridas nas plantas inoculadas com o isolado CEBS15 de *C. fimbriata* apresentaram comprimentos superiores a 10 cm, mesmo em condições consideradas não estressantes. Essa pode ser uma indicação de que o isolado utilizado no presente trabalho, em relação ao que utilizaram Van Wyk et al. (2008), é mais agressivo, pelo menos para essa variedade.

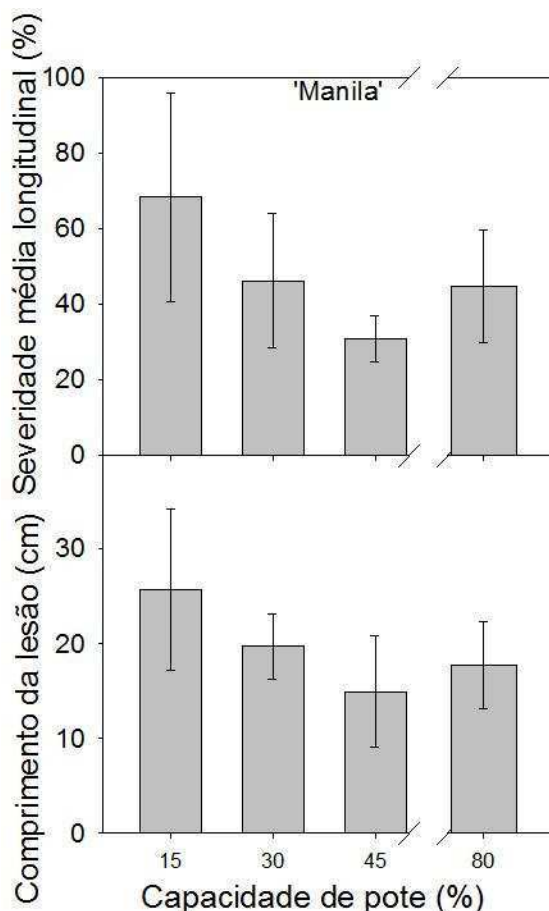


Figura 3- Severidade média e comprimento da lesão longitudinal nas mangueiras ‘Manila’, inoculadas com o fungo *Ceratocystis fimbriata* em função dos níveis de capacidade de pote (Cp).

Houve interação positiva entre murcha-de-ceratocystis e déficit hídrico. Nas plantas de ‘Manila’ inoculadas com o isolado CEBS 15 de *C. fimbriata* e mantidas nas condições de 15% da Cp foram constatadas as maiores severidades e os maiores comprimentos de lesão, resultando em 100% de mortalidade das plantas. Resultado semelhante foi observado por Chou (1987) em outros patossistema. O autor observou variações nos comprimentos de lesões que foram decorrentes da variação do nível de déficit hídrico, ou seja, o comprimento da lesão foi 10 vezes maior em plantas sob déficit hídrico severo, potencial hídrico foliar de -3,0 MPa, do que em plantas

mantidas sem déficit hídrico. Solla & Gil (2002) também encontraram resultados de que o déficit hídrico favoreceu a doença fúngica em plantas.

Severidade da doença e área da lesão no sentido radial

A severidade radial foi mínima em plantas submetidas a 45% da Cp e seu valor foi de $57,22 \pm 3,16\%$. Já o maior valor de severidade radial foi de $87,79 \pm 7,75\%$ nas plantas submetidas a 15% da cp. A diferença na severidade radial, ao passar plantas inoculadas de 45% da Cp para 15% da Cp, representa aumento de 53,43%. A maior área da lesão radial foi observada nas plantas a 45% da Cp que foi de $61,59 \pm 11,27 \text{ mm}^2$ (Figura 4).

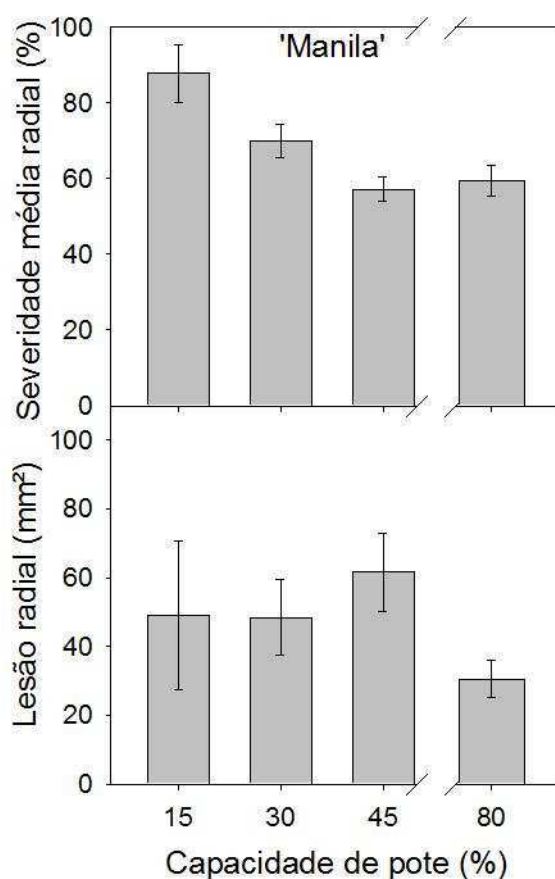


Figura 4- Severidade da doença e área da lesão no sentido radial nas mangueiras 'Manila', inoculadas com *Ceratocystis fimbriata* em função dos níveis de capacidade de pote (Cp).

Houve alta correção entre as características severidade linear e severidade radial, $r=0,7844$ e $p<0,001$, indicando que a doença evolui nos dois sentidos (longitudinal e transversal) simultaneamente.

O déficit hídrico favoreceu a severidade radial chegando a 90% em plantas mantidas a 15% da Cp, contudo, plantas consideradas não estressadas apresentaram severidade radial acima de 55%. O comprometimento de 100% dos tecidos, aos 35 DAI, foi observado por Al Sadi et al. (2010) que avaliaram a progressão da colonização de *C. manginecans* (GCC120) em algumas variedades de mangueira, não identificadas pelo autor, inoculadas com esse fungo. O resultado divergente pode estar relacionado ao fato de que no presente trabalho foi utilizada uma variedade considerada resistente à doença.

Potencial hídrico foliar (Ψ_w)

Ocorreram reduções bruscas no Ψ_w de plantas inoculadas e mantidas a 15% e 30% da Cp a partir de 24 DAI. Aos 52 DAI, plantas desses tratamentos apresentaram os menores valores de Ψ_w que foram de $-1,17 \pm 0,38$ e $-1,23 \pm 0,67$ MPa, respectivamente (Figura 5). Ao comparar com as plantas testemunha não inoculadas mantidas a 15% e 30% da Cp, aos 53 DAI, esses valores representam redução de aproximadamente 86% e 146%, respectivamente. O Ψ_w das plantas inoculadas e não inoculadas, cultivadas a 45 e 80% da Cp foram semelhantes e registrando valores sempre superiores à $-0,7$ MPa.

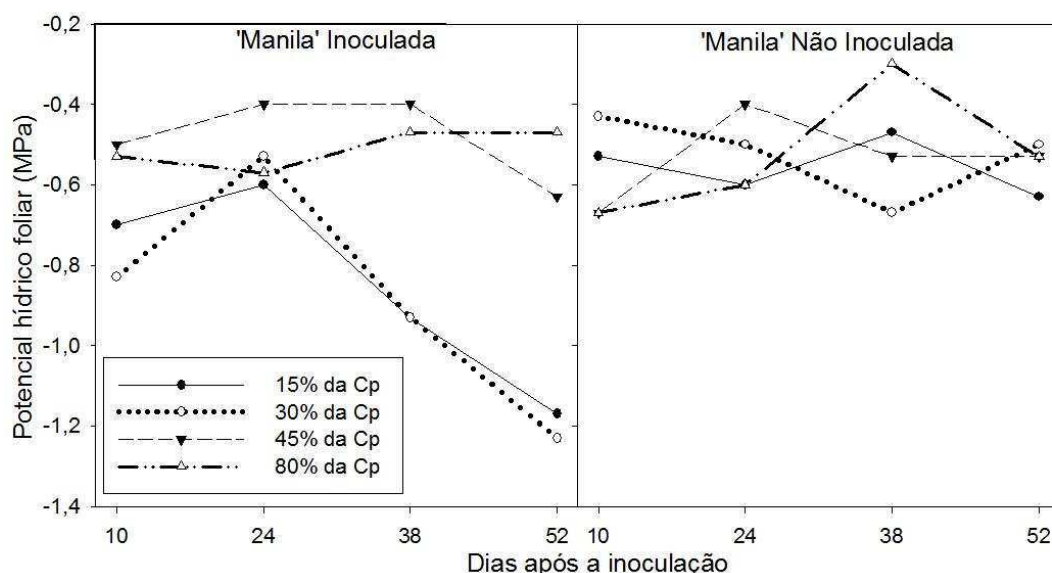


Figura 5- Potencial hídrico foliar (Ψ_w) em folhas das mangueiras 'Ubá' e 'Dura', cultivadas em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com *Ceratocystis fimbriata* em função dos dias após a inoculação (DAI).

A correlação das características severidade linear e severidade radial com Ψ_w foram negativas e não significativas a 5% de probabilidade, indicando que os danos ocorridos nos tecidos condutores das plantas pelo fungo *Ceratocystis* pouco alteraram o fluxo de água para a parte aérea das plantas.

Os Ψ_w observado nas plantas não inoculadas de ‘Manila’, mantidas em condições de déficit hídrico, foram semelhantes aos encontrados por Damour et al. (2009) avaliou a variedade ‘Cogshall’ enxertadas sobre a ‘Maison Rouge’. Os autores observaram reduções significativas do valor do Ψ_w após 2,5 meses de déficit hídrico, quando comparadas com plantas testemunha. O menor Ψ_w registrado foi de aproximadamente $-0,70 \pm 0,05$ MPa, que em comparação com o valor registrado para as plantas testemunha, hidratadas, representou redução de 100% no Ψ_w . A diferença entre o Ψ_w de plantas inoculadas e não inoculadas, mantidas nas condições de déficit hídrico, pode ser explicada pela ação da colonização fúngica dos vasos condutores de seiva das plantas, levando à redução do Ψ_w para níveis inferiores à $-0,7$ MPa.

Segundo Munns (2002), a salinidade reduz a habilidade da planta em absorver água, reduzindo a taxa de crescimento e causa mudanças metabólicas idênticas àquelas causadas por déficit hídrico. Com base nessa informação e por falta de estudos envolvendo déficit hídrico em mangueiras, serão abordados resultados de mangueiras submetidas a estresse por salinidade para discussão dos resultados.

Lucena (2009) trabalhou com diversas variedades de mangueira e observou que houve reduções no Ψ_w foliar com o aumento da concentração salina. O menor valor observado foi de $-0,51$ MPa na variedade ‘Palmer’ na concentração de 45 mmol.l^{-1} de NaCl. Para as condições do presente trabalho, $-0,51$ MPa, pode representar tanto plantas mantidas em condições de déficit hídrico quanto em condições ótimas de hidratação, exceto para plantas inoculadas e mantidas a 15 e 30% da Cp.

As plantas inoculadas e mantidas em 15% da Cp foram suscetíveis ao *C. fimbriata*. Vieccelli et al. (2012) não observaram suscetibilidade da variedade ‘Tommy Atkins’ em condições de estresse abiótico, contudo, houve reduções nos valores do Ψ_w para as plantas inoculadas e não inoculadas com *C. fimbriata* e submetidas a 10, 20 e 30 mmol.l^{-1} até a avaliação realizada aos 10 DAI. Após esse período, houve aumento nos valores do Ψ_w em todas as plantas. Esse fenômeno foi explicado pelos autores através do fenômeno do ajustamento osmótico da planta.

Segundo Neves et al. (2004), o ajustamento osmótico é uma adaptação no teor de solutos celulares que auxiliam as plantas a resistirem melhor às condições de salinidade.

Em outros patossistemas, fungos considerados não agressivos aumentaram a colonização e quebraram a resistência de tecidos de plantas quando o Ψ_w foi inferior a -1,2 MPa (CRIST & SCHOENEWEISS, 1975; CHOU, 1987). Entretanto, o oposto pode ocorrer, ou seja, alta resistência das plantas quando o Ψ_w decresceu até -0,5 MPa, baixa resistência de -0,6 a -1,5 MPa e voltou a ser resistente em potenciais inferiores à -1,5 MPa (LINDBERG & JOHANSSON, 1992).

Diâmetro do caule (*DC*)

O acúmulo de água nos tecidos das plantas, resultando em pressão celular positiva em tecidos jovens, permite o alongamento dos tecidos. A expansão radial do caule ocorre se houver acúmulo de água suficiente para tornar a pressão celular positiva.

Houve o aumento no *DC* em todas as plantas, exceto para as plantas que foram inoculadas e submetidas a 15% da *Cp* (Figura 6). Nessas plantas, a partir dos 16 DAI houve redução de *DC* passando de $7,2 \pm 1,59$ para $6,46 \pm 1,42$ mm. Essa redução no *DC* de plantas inoculadas e mantidas a 15% da *Cp* correspondeu a uma retração de 10,28% em relação ao valor inicial. A maior expansão do *DC* foi observada para plantas inoculadas e mantidas a 45% da *Cp* sendo que o seu incremento foi de 10,78% em relação ao inicial (*DC* de $7,70 \pm 1,40$ para $8,53 \pm 1,50$ mm). Já o menor incremento no *DC* foi de 6,84% em relação ao valor inicial (*DC* de $6,43 \pm 0,15$ para $6,87 \pm 0,15$ mm) em plantas não inoculadas a 15% da *Cp* (Figura 6).

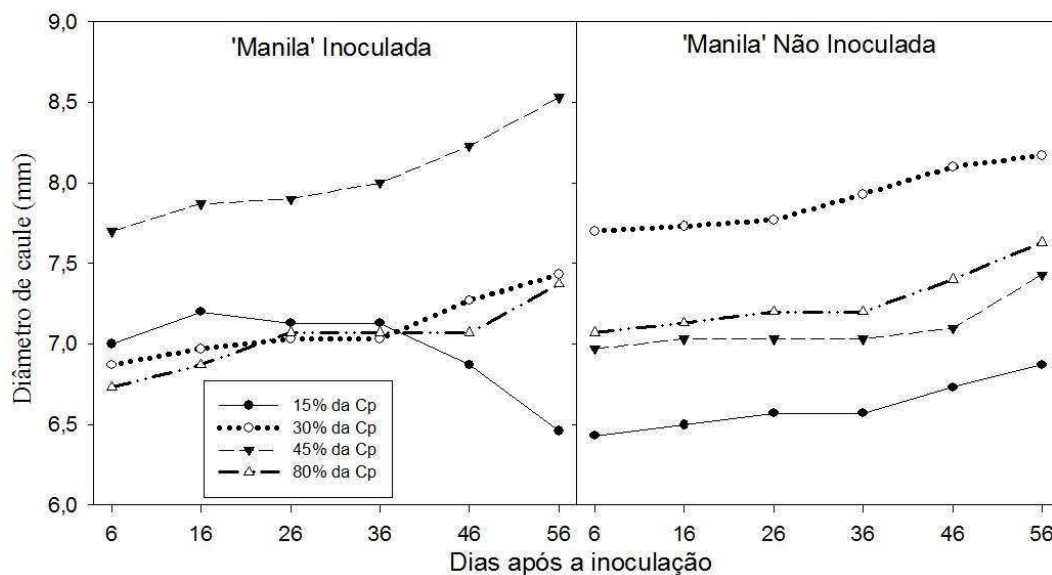


Figura 6- Diâmetro do caule (*DC*) das mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’, cultivadas em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com *Ceratocystis fimbriata*, em função dos dias após a inoculação (DAI).

As plantas não inoculadas apresentaram contínua expansão radial do caule, havendo aumento do *DC* mesmo sob condições de déficit hídrico severo (15% da Cp), demonstrando que o déficit hídrico não foi causa da retração/murcha dos caules e sim pela ação de *C. fimbriata* (Figura 6). Tais resultados são semelhantes ao que encontraram Reich & Borchert (1988). Observaram contínua expansão do diâmetro de troncos de mangueiras que estavam em condições de déficit hídrico, enquanto em várias outras espécies o diâmetro do caule regrediu. Luvaha et al. (2008) observaram que a expansão radial dos caules das mudas de mangueira em déficit hídrico severo foi contínua até os 42 dias após estresse hídrico (DAEH).

Segundo Schaffer et al. (2009) a expansão radial de mangueiras sob déficit hídrico é contínua, mesmo em condições de seca prolongada (período de 8 meses).

Esse fato pode ser explicado pela ação das resinas do látex. Essas substâncias favorecem a redução do potencial osmótico, auxiliando a planta a tolerar o déficit hídrico, pois com menor potencial osmótico, a água é absorvida pelas raízes com maior facilidade, hidratando a planta como um todo. As folhas da planta hidratada permitem a abertura parcial dos poros estomáticos o que ocasiona a realização de trocas gasosas suficientes para ter taxa de assimilação de CO_2 (*A*) em condições de produzir os fotoassimilados necessários para a expansão radial contínua,

principalmente crescimento das raízes (DOWNTON, 1981; KALLARACKAL et al., 1990, KRAMER, 1991).

Trocas gasosas

Concentração de CO₂ na câmara subestomática (*C_i*)

Nas folhas das plantas da variedade ‘Manila’ submetidas ao tratamento de maior déficit hídrico (15% da Cp), tanto de plantas inoculadas quanto de plantas não inoculadas, os valores de *C_i*, aos 46 DAI, foram maiores que o *C_i* das plantas não estressadas (80% da Cp) (Figura 7).

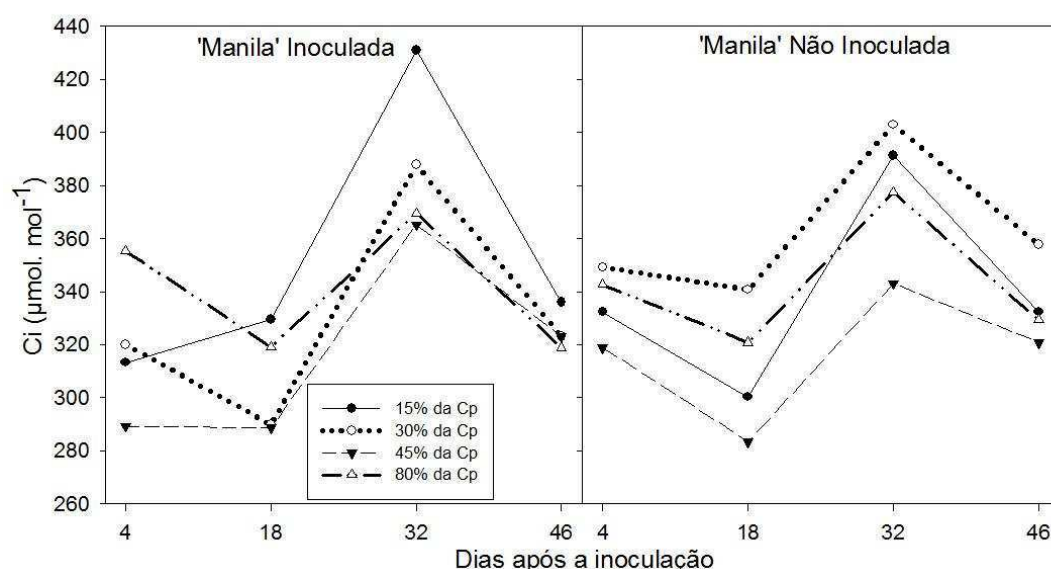


Figura 7- Concentração de CO₂ na câmara subestomatal (*C_i*) das mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’, cultivadas em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com *Ceratocystis fimbriata* em função dos dias após a inoculação (DAI).

Temperaturas médias próximas de 20 °C e umidade relativa do ar média próxima de 60% (Figura 1) permitem que os poros estomáticos permaneçam com certo grau de abertura, realizando trocas gasosas. Contudo, é possível observar que tanto em plantas inoculadas quanto não inoculadas, sob déficit hídrico severo, a *C_i* foi maior devido à redução da fotossíntese líquida (*A*) (Figura 10), ou seja, menor consumo de dióxido de carbono no processo fotossintético.

Aumentos em *C_i* enquanto a condutância estomática (*g_s*) permanece constante, ou mesmo enquanto *g_s* reduz, são indicações de que há limitações

fotossintéticas, pois reduções em A tendem a causar aumento em C_i (LUO, 1991; BRODRIBB, 1996; LAWLOR & CORNIC, 2002; MEDRANO et al., 2002; MACFARLANE et al., 2004).

A elevação nos valores de C_i também pode estar relacionada aos baixos valores de potencial hídrico foliar, que reduz a atividade de enzimas envolvidas no processo de fixação de CO_2 (MACHADO et al., 1999). Além disso, Leite & Pascholati (1995) afirmam que a atividade de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e no metabolismo de fenilpropanoides é aumentada em tecidos infectados, o que se correlaciona com a ativação de mecanismos de reparo dos tecidos infectados e/ou injuriados, que no final, contribuem para um maior C_i .

Neste estudo foram observadas reduções nos potenciais hídricos foliares e elevação de C_i de plantas inoculadas com *C. fimbriata* e mantidas em condições de déficit hídrico severo (15% da C_p), portanto, conclui-se que a redução da disponibilidade hídrica somada a infecções de *C. fimbriata* aumentam o valor de C_i .

A salinidade reduz a habilidade da planta em absorver água, reduzindo a taxa de crescimento, causando mudanças metabólicas idênticas àquelas causadas por déficit hídrico (MUNNS, 2002). Lucena (2009) encontrou que a C_i foi incrementada com o aumento da concentração de NaCl de 15 para 45 mmol l^{-1} . A variação verificada por ele foi de 44,68, 17,57, 23,2 e 31,92% nas cultivares ‘Haden’, ‘Palmer’, ‘Tommy Atkins’ e ‘Ubá’, respectivamente. O menor valor de C_i a 0 mmol l^{-1} foi de 235,76 $\mu\text{mol. mol}^{-1}$ e o maior foi a 45 mmol l^{-1} de 341,36 $\mu\text{mol. mol}^{-1}$. No presente trabalho, verificou-se que aos 46 DAI a elevação de C_i das folhas das plantas em condições consideradas ótimas (80% da C_p) e não inoculadas para extremamente estressadas e inoculadas (15% da C_p), foi de 2,13%, inferiores aos encontrado por Lucena (2009).

Resultados de redução de C_i também foram descritos por Damour et al. (2009), que observaram na variedade de mangueira ‘Cogshall’ enxertada sobre ‘Maison Rouge’ redução significativa dos valores de C_i , em relação às plantas controle, até o período de 2,5 meses de imposição do déficit hídrico. Após esse período houve incremento nos valores de C_i , ainda com diferenças significativas, até completar 3,5 meses de imposição do estresse hídrico. A partir desse período as plantas foram reidratadas e a C_i continuou se elevando até os 4,0 meses do início do experimento, contudo o valor final foi significativamente inferior ao encontrado nas plantas controle. A variação de C_i encontrada por esses autores foi de

aproximadamente 175 a 250 $\mu\text{mol. mol}^{-1}$. Já as observadas no presente trabalho, tiveram maior amplitude.

Condutância estomática (g_s)

O menor valor da g_s foi registrado aos 46 DAI para as folhas das plantas inoculadas e mantidas a 15% Cp. Nesta mesma data, em comparação com as plantas não estressadas e não inoculadas (80% da Cp) as plantas inoculadas e mantidas a 15% da Cp apresentaram g_s 64,71% menor. Todas as plantas apresentaram redução na g_s aos 46 DAI em relação aos quatro DAI, exceto as plantas dos tratamentos inoculadas mantidas a 45% da Cp e não inoculadas mantidas a 80% da Cp que apresentaram elevação da g_s (Figura 8).

Houve correlação positiva e significativa entre os valores da g_s e transpiração foliar (E), pois ambas as características são controladas pela abertura dos poros estomáticos. Nas plantas inoculadas a correlação foi de $r=0,9682$, $p<0,0001$. Já para as plantas não inoculadas a correlação foi $r=0,9828$, $p<0,0001$. As correlações entre severidade linear e radial da lesão e g_s foram não significativas a 5% de probabilidade.

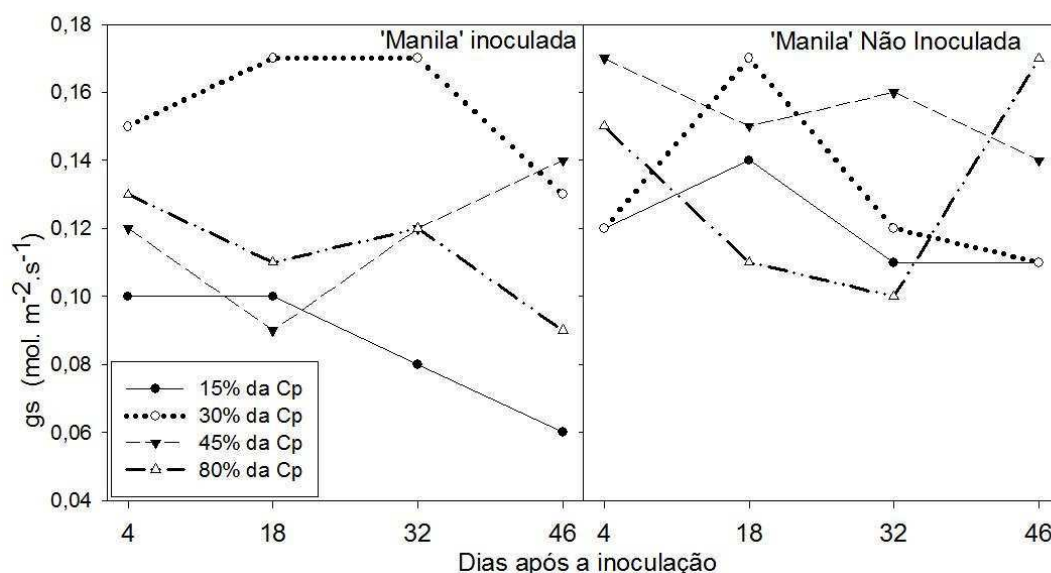


Figura 8- Condutância estomática (g_s) das mangueiras 'Ubá' e 'Dura', cultivadas em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com *Ceratocystis fimbriata* em função dos dias após a inoculação (DAI).

A redução da g_s de plantas estressadas, tal como ocorreu no presente trabalho, também foi observada por outros autores em plantas de mangueira estressadas por déficit hídrico e concentração salina.

Luvaha et al. (2008) encontraram que em mudas de mangueiras cujas plantas foram irrigadas diariamente a g_s foi maior, significativamente, do que o registrado para o tratamento de plantas irrigadas uma vez a cada duas semanas, em todo o período avaliado, exceto aos 0 e 14 dias após estresse hídrico (DAEH), quando não houve diferença significativa em g_s a 1% de significância.

Urban et al. (2006) registraram, para mangueiras da variedade ‘Cogshall’ conduzidas em vasos e submetidas a déficit hídrico, valores de g_s que variaram, em média, de 0,04 e 0,08 mol.m⁻².s⁻¹. Já, nas plantas não estressadas, a variação ficou entre as médias de 0,15 e 0,3 mol.m⁻².s⁻¹. Damour et al. (2009) também registraram redução significativa em g_s de mudas de mangueira da variedade ‘Cogshall’ que passaram de 0,12 ± 0,007 para 0,02 ± 0,005 mol.m⁻².s⁻¹ após 2,5 meses em déficit hídrico e permaneceu assim até completar 3,5 meses na mesma condição. Após 15 dias da reidratação, a g_s voltou a ter o mesmo valor inicial. Os valores descritos por esses autores são similares às variações observadas no presente trabalho.

Reduções da g_s também foram observadas na variedade de mangueira ‘Chokanan’ enxertada sobre ‘Telor’ em experimento de restrição de crescimento das raízes e déficit hídrico, conduzido por Zaharah & Rali (2009). Nesse experimento, a g_s foi menor e mais rapidamente observada em plantas com restrição de crescimento de raízes e imposição de déficit hídrico, apresentando murchas aos 12 DAEH. A redução da g_s aos 40 dias após início dos tratamentos foi de aproximadamente 58,9% quando comparada com plantas bem irrigadas e sem restrição de raízes. Todas as plantas mantidas em déficit hídrico e sem restrição de crescimento de raízes apresentaram redução gradual da g_s .

Lucena (2009) observou redução linear da g_s para as variedades ‘Haden’ e ‘Palmer’, com valores de 22,55% e 17,94%, respectivamente, à medida que a concentração de NaCl aumentou de 15 para 45 mmol l⁻¹. Segundo Munns (2002), a salinidade causa mudanças metabólicas idênticas àquelas causadas por déficit hídrico. No presente trabalho, a redução observada na g_s para as plantas não inoculadas e mantidas em condições de déficit hídrico severo (15% da C_p), foi de 35,29% em relação às plantas consideradas não estressadas e não inoculadas (80% da C_p).

No presente trabalho, observou-se acentuada redução na g_s de plantas inoculadas e mantidas a 15% da Cp após os 18 DAI. Encontra-se na literatura reduções na g_s de outros patossistemas em condições adversas de estresse (LOPES & BERGER, 2001; ACHUO et al., 2006).

Transpiração foliar (E)

Os menores valores de E foram encontrados nas plantas inoculadas e mantidas a 15% da Cp, na avaliação feita aos 46 DAI (Figura 9).

As plantas inoculadas e mantidas a 15 e 30% da Cp acentuada redução de E a partir dos 18 DAI. Semelhante comportamento foi observado para plantas não inoculadas e mantidas a 15 e 30% da Cp (Figura 9).

Houve tendência decrescente nos valores de E com o aumento do déficit hídrico, ou seja, de 80% da Cp para 15% Cp.

As correlações entre E e severidade linear e radial da lesão foram não significativas a 5% da probabilidade.

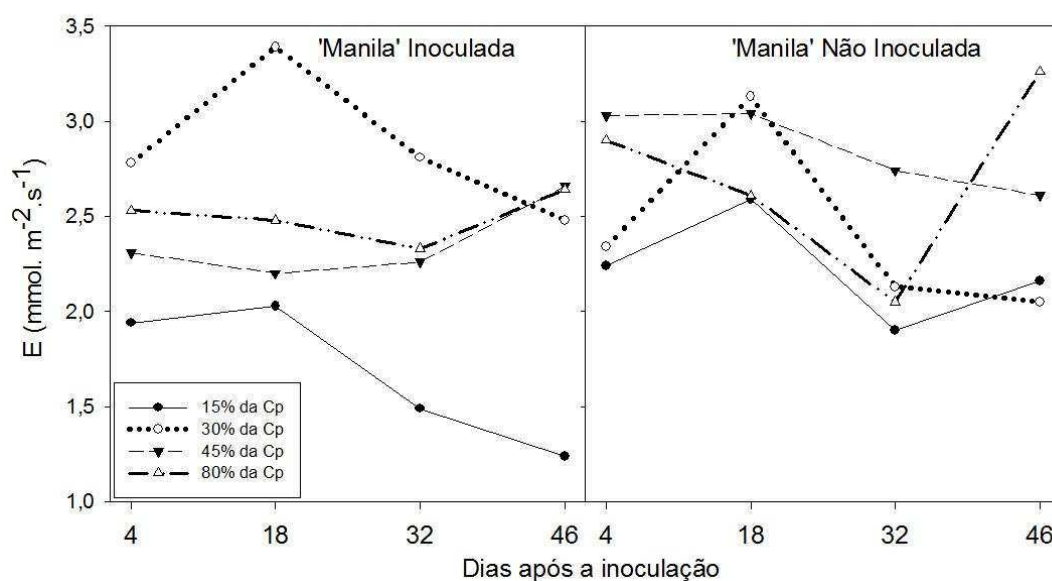


Figura 9- Transpiração foliar (E) das mangueiras 'Manila', cultivadas em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com *Ceratocystis fimbriata* em função dos dias após a inoculação (DAI).

As variáveis E e g_s apresentaram comportamento semelhante. Ambas as características são controladas pela abertura estomática que é influenciada pelas variações ambientais. Segundo Jones (1992) as variações são: temperatura, radiação

e umidade relativa. Segundo Davenport et al. (1980), em condições de estresse hídrico, há redução do fluxo de seiva via xilema devido à limitação de água no solo e consequente redução da E devido ao aumento da resistência estomática.

De forma semelhante ao que foi encontrado no presente trabalho, Luvaha et al. (2008) reportou que em mudas de mangueiras que foram bem irrigadas os valores de E foram maiores em comparação com as mudas sob déficit hídrico severo. A redução dos valores de E entre plantas irrigadas diariamente e plantas que foram irrigadas uma vez a cada duas semanas, aos 70 DAEH, foi de aproximadamente 32%. No presente trabalho, a redução de E no tratamento de plantas não inoculadas e mantidas a 80% da C_p em relação às mantidas em déficit hídrico severo (15% da C_p), foram de aproximadamente 35%.

Houve redução nos valores de E , g_s e A em folhas de mudas de mangueiras das variedades ‘Khieo Sawoei’ e ‘Choke Anand’ quando submetidas ao déficit hídrico e iluminação plena (100% radiação solar). As reduções mais drásticas foram encontradas nas plantas da variedade ‘Khieo Sawoei’ com apenas cinco dias sem irrigação e mantidas em sistema de iluminação plena, cujos valores foram de 35,2%, 20,6% e 31,7% para g_s , E e A , respectivamente, em relação à testemunha (ELSHEERY & CAO, 2008).

A salinidade causa mudanças metabólicas idênticas àquelas causadas por déficit hídrico (MUNNS, 2002). Lucena (2009) observou que houve redução linear de E nas folhas das variedades ‘Haden’ e ‘Palmer’ em função do aumento das concentrações salinas e que o decréscimo de E foi pequeno para as variedades ‘Tommy Atkins’ e ‘Ubá’ quando o estresse salino foi menor (15mmol^{-1} de NaCl).

Em outro patossistema, observou-se que a redução de E diminuiu a severidade da doença (ACHUO et al., 2006). O oposto foi observado no presente trabalho onde a reduções 53% nos valores de E , em plantas inoculadas e mantidas a 15% da C_p , constatou-se aumento da severidade linear em 53% quando comparadas com plantas inoculadas e mantidas a 80% da C_p .

Fotossíntese líquida (A)

Aos 46 DAI houve reduções nos valores de A em todas as plantas, quando comparado com o valor inicial dos quatro DAI, exceto plantas não inoculadas e mantidas a 80% da C_p (Figura 10).

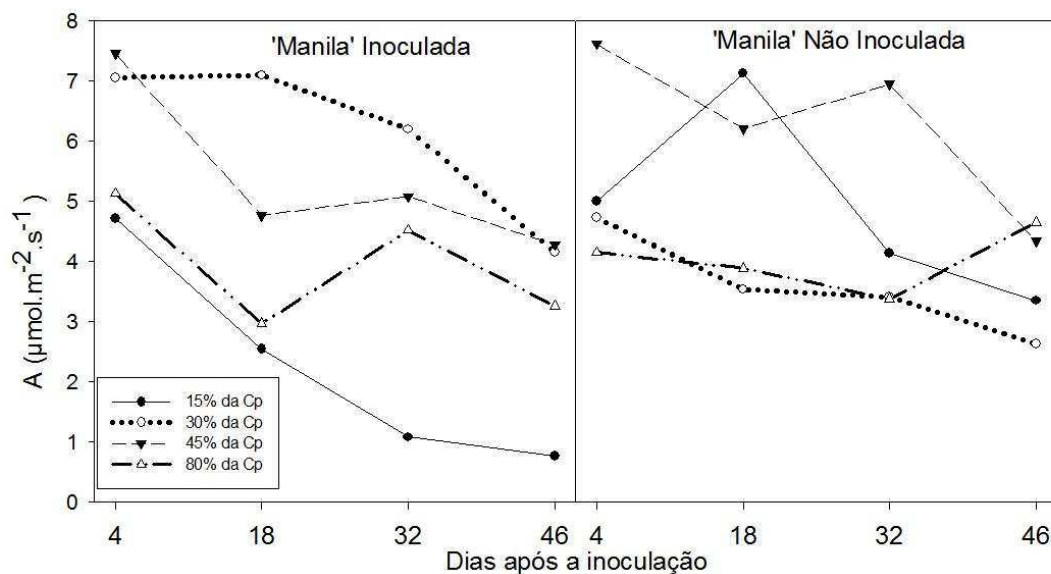


Figura 10- Fotossíntese líquida (A) das mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’, cultivadas em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com *Ceratocystis fimbriata*, em função dos dias após a inoculação (DAI).

A média da redução de A nas plantas dos tratamentos inoculados em comparação com as plantas não inoculadas foi de 16,57%. As reduções mais drásticas de A foram observadas nas plantas inoculadas e mantidas a 15% Cp (Figura 10). Quando comparadas com as plantas testemunha, não inoculadas e também mantidas a 15% da Cp, a redução de A foi de aproximadamente 335%.

Plantas não inoculadas e mantidas a 80% da Cp apresentaram maior A. Comportamento semelhante ao que encontraram Luvaha et al. (2008), aos 70 DAEH, onde a maior assimilação de CO_2 ocorreu em mudas de mangueira em regime de irrigação duas vezes por semana e a menor assimilação em plantas irrigadas uma vez a cada duas semanas.

Reduções drásticas da A em outra variedade de mangueiras, em função do déficit hídrico, também foi reportada por Damour et al. (2009). Observaram que ao longo de 3,5 meses sob déficit hídrico, plantas de mangueira ‘Cogshall’ enxertada sobre ‘Maison Rouge’ conduzidas em vaso, apresentaram redução de A, passando de $10,01 \pm 0,36$ para $1,86 \pm 0,21 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, da primeira para a última avaliação (0-2,5 meses). Nas plantas testemunha, as poucas variações observadas foram em decorrência do clima. Após a reidratação A aumentou, porém permaneceu menor que o controle que foi de $9,61 \pm 0,22 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Segundo Munns (2002), a salinidade causa mudanças metabólicas idênticas àquelas causadas por déficit hídrico. Lucena (2009) também observou comprometimento de *A* nas variedades ‘Palmer’, ‘Haden’, ‘Tommy Atkins’ e ‘Ubá’ com decréscimos de 17,66, 13,69, 9,33 e 3,89%, respectivamente, no nível mais baixo de estresse salino (15 mmol.l⁻¹ de NaCl) em comparação com plantas testemunha (0 mmol.l⁻¹ de NaCl). As maiores reduções foram encontradas para as variedades ‘Haden’ e ‘Ubá’ com decréscimos de 79,14% e 77,06%, respectivamente, nas condições de maior concentração salina (45 mmol.l⁻¹ de NaCl) em comparação com a testemunha. Nessa condição os valores de *A* observados foram de 4,36 e 4,26 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, respectivamente, e são semelhantes aos observados no presente trabalho em plantas não inoculadas e conduzidas sob 15% da Cp, onde se constatou redução de aproximadamente 39% em comparação com plantas não inoculadas e mantidas a 80% da Cp.

Mirisola Filho (2003) também observou reduções de *A* em variedades de mangueiras submetidas a diferentes concentrações de salinidade. Aos 62 dias após o início dos tratamentos (DAIT) houve redução de *A* nas cinco variedades estudadas: ‘Amarelinha’, ‘Carlotinha’, ‘Espada’, ‘Ubá’, ‘Extrema’. A maior redução de *A* foi observada na variedade ‘Ubá’ com 75,7% ao passar da dose 0 para 80 mmol.l⁻¹ de NaCl. Apenas nas variedades ‘Soares Gouveia’ e ‘Felipe’ não houve reduções em *A*. Para a variedade ‘Ubá’, aos 90 DAIT, houve redução de 89,4% em *A* com o aumento da salinidade para 80 mmol.l⁻¹ de NaCl.

No presente trabalho foi constatado que a maior redução de *A* ocorreu em plantas inoculadas e mantidas a 15% da Cp, aos 46 DAI, com valor de $0,77 \pm 0,41 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, quando foi registrada a maior severidade linear, cujo valor foi de 68,21%. De forma semelhante, Lopes & Berger (2001) também observaram reduções de *A* em outro patossistema, que contribuiu para reduzir a severidade da doença.

FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a*

Fluorescência máxima, fluorescência inicial e eficiência fotoquímica máxima (*Fv/Fm*)

Nas plantas inoculadas e mantidas sob déficit hídrico severo (15% da Cp) houve comprometimento das três variáveis de fluorescência da clorofila *a* analisadas.

Na primeira avaliação, aos 32 DAI, observa-se que houve redução nos valores de fluorescência máxima, fluorescência inicial e F_v/F_m em 47,18%, 45,82% e 8,82%, respectivamente, em comparação com plantas não inoculadas e mantidas a 15% da Cp (Figura 11).

Aos 46 DAI os valores de fluorescência máxima, fluorescência inicial e F_v/F_m das plantas inoculadas e mantidas a 15% da Cp foram de 842 ± 655 , 621 ± 272 e $0,14 \pm 0,24$, respectivamente. Esses valores representam reduções de 75,06%, 37,65% e 80% quando comparados com os valores registrados para plantas não inoculadas e submetidas ao mesmo déficit hídrico.

Os valores de fluorescência máxima, fluorescência inicial e F_v/F_m foram normais nas plantas submetidas a 30, 45 e 80% da Cp, ou seja, sem alterações bruscas que fossem explicadas pela ação da colonização do fungo ou pela ação do déficit hídrico (Figura 11). As pequenas variações podem ser atribuídas às variações ambientais (Figura 1).

A fluorescência máxima é atingida em um tecido fotossintetizante após receber um pulso de luz actínia saturante por 0,5 a 2,0 tendo esse tecido passado por um período de adaptação ao escuro (30 minutos). Ao apresentar todos os centros de reações fechados, ou seja, plastoquinona *a* na forma reduzida, a dissipação fotoquímica é nula e a fluorescência alcança o nível máximo (KRAUSE & WEIS, 1991).

No presente trabalho, aos 46 DAI, a fluorescência máxima de plantas não inoculadas e mantidas em déficit hídrico severo (15% da Cp) foi de 3376 ± 512 , valor 9,79% maior que o das plantas não inoculadas e mantidas a 80% da Cp. Já as plantas inoculadas e mantidas a 15% da Cp, apresentaram redução de 72,62% em relação às plantas não inoculadas e mantidas a 80% da Cp. LUCENA et al. (2012) encontraram resultados divergentes para a fluorescência máxima avaliada em mangueiras das variedades ‘Haden’, ‘Palmer’, ‘Tommy Atkins’ e ‘Ubá’, submetidas a 45 mmol.l^{-1} de NaCl em cultivo hidropônico. Os valores decresceram 36,89%, 28,40%, 24,94% e 40,39%, respectivamente, em comparação com a testemunha. Também Mirisola Filho (2003) encontrou para florescência máxima na mangueira ‘Ubá’ submetida a 80 mmol.l^{-1} de NaCl, redução de 50,10% em relação à testemunha. No presente trabalho, diferentemente do que foi relatado por Lucena e Mirisola filho em plantas sob estresse salino, o déficit hídrico isoladamente não foi

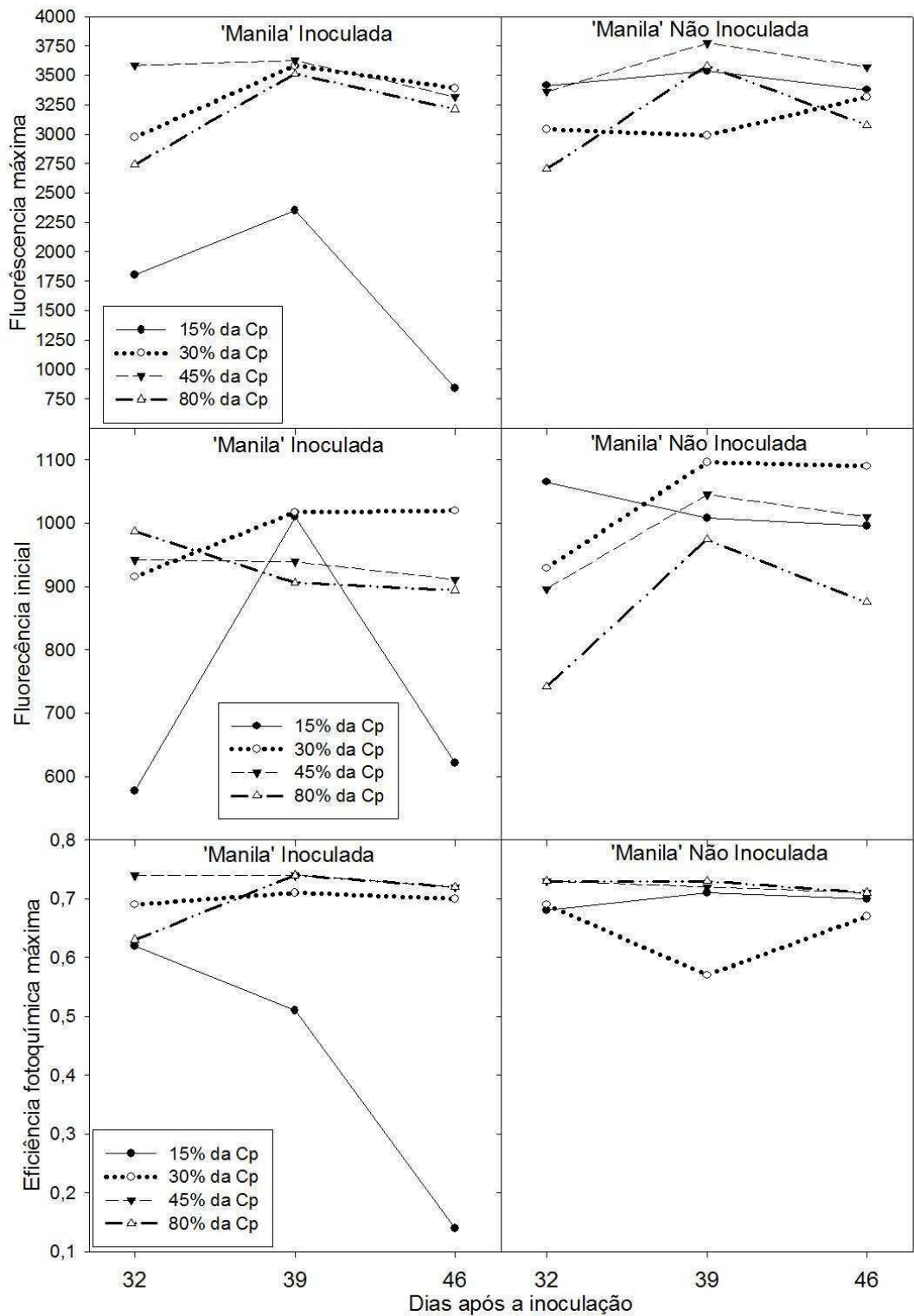


Figura 11- Fluorescência da clorofila *a* no estado adaptado ao escuro: fluorescência máxima (F_m), fluorescência inicial (F_o) e eficiência fotoquímica máxima (F_v/F_m) na mangueira 'Manila', cultivada em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com o fungo *Ceratocystis fimbriata*, em função dos dias após a inoculação (DAI).

capaz de reduzir fluorescência máxima, mas foi fator de predisposição à doença e consequente redução dos valores dessa característica.

A fluorescência inicial representa a emissão de luz pelas moléculas de clorofila *a* excitadas, antes da energia ser dissipada para o centro de reação do PSII (MATHIS et al., 1981). É o valor de referência para a determinação das outras variáveis da fluorescência (HIPKINS & BAKER, 1986).

No presente estudo, incrementos na fluorescência inicial foram observados, contudo, os maiores valores foram registrados aos 46 DAI para plantas mantidas a 30% da Cp. Em plantas inoculadas, nesse nível de Cp, os incrementos em relação às plantas não inoculadas e mantidas a 80% da Cp foram de 16,57%. Já o incremento em plantas não inoculadas e mantidas a 30% da Cp foram de 24,57%. Lucena et al. (2012) também observaram incrementos na fluorescência inicial quando submeteu variedades de mangueira às maiores concentrações salinas, sendo que a ‘Tommy Atkins’ foi a que apresentou menor incremento com relação às demais variedades estudadas. Já Mirisola Filho (2003) observou incremento em fluorescência inicial para as variedades ‘Amarelinha’ e ‘Felipe’ e redução em ‘Ubá’, ‘Soares Gouveia’ e ‘Carlottinha’ em função do aumento da concentração de NaCl.

Pode ser observado neste experimento que, com exceção das plantas inoculadas e submetidas a 15% da Cp, as plantas de todos os tratamentos apresentaram, aos 46 DAI, F_v/F_m muito próxima da faixa ótima, indicando que nenhum dano substancial tenha ocorrido no PSII. Segundo os autores Bolhàr-Nordenkampf & Orquist (1993) uma faixa ideal para F_v/F_m seria entre 0,75 e 0,85 para plantas saudáveis e na ausência de estresse (biótico ou abiótico).

Em um trabalho conduzido por Elsheery & Cao (2008) com mangueiras plantadas em vasos e mantidas sob diferentes sistemas de iluminação e regime hídrico, observou-se redução de F_v/F_m . A redução de F_v/F_m foi observada para as variedades ‘Choke Anand’ e ‘Khieo Sawoei’ aos 15 dias após estresse hídrico (DAEH) e mantidas em um sistema sob 100% de iluminação solar. Quando comparadas com plantas irrigadas diariamente e mantidas no mesmo sistema de iluminação, as reduções foram de 9,6% para ‘Choke Anand’ e 11,3% para ‘Khieo Sawoei’. Quando se reduziu a intensidade luminosa para 50% da capacidade total, a redução de F_v/F_m para aquelas plantas mantidas em déficit hídrico foi de 7,0% para ‘Choke Anand’ e 18% para ‘Khieo Sawoei’, quando comparadas com plantas controle. No presente trabalho, plantas inoculadas e mantidas a 15% da Cp,

apresentaram redução F_v/F_m de 80,56% em relação às plantas não inoculadas e mantidas a 80% da Cp. Já as plantas não inoculadas e mantidas a 30% da Cp sofreram redução de 6,94%, o que se assemelha a plantas da variedade ‘Choke Anand’ mantidas a 50% de iluminação e em déficit hídrico.

As reduções observadas na F_v/F_m no presente trabalho foram menores do que as reportadas por Lucena et al. (2012). Eles observaram que ao manter as variedades ‘Haden’, ‘Palmer’, ‘Tommy Atkins’ e ‘Ubá’ em solução hidropônica, com 45 mmol.l⁻¹ de NaCl, a redução de F_v/F_m foi de 27,9%, 18,7%, 20,5% e 27,4%, respectivamente, em relação ao controle (0 mmol.l⁻¹ de NaCl).

No trabalho de Damour et al. (2009) utilizando de mudas de mangueira da variedade ‘Cogshall’ enxertadas sobre a variedade ‘Maison Rouge’, constataram que não houve diferenças significativas em F_v/F_m entre plantas com 3,5 meses de déficit hídrico e plantas controle. Houve uma pequena redução ao longo do tempo, porém nunca inferior a 0,7.

Quando não há variações significativas entre tratamentos com déficit hídrico e controle, significa que não houve danos no centro de reação do PSII (FOYER et al., 1994; ASADA, 1999). Essa condição é encontrada em espécies resistentes à seca (GENTY et al., 1989; CORNIC et al., 1992), tal como mangueiras (Schaffer et al., 2009). Essas observações foram constatadas na variedade de mangueira testada no presente trabalho que não apresentaram grandes variações.

Rendimento quântico fotossintético (Y) e taxa de transporte de elétrons (ETR)

O Y representa a eficiência de conversão da energia dos elétrons, pelos centros de reação abertos do PSII, em energia química (SCHREIBER et al., 1998). Houve reduções drásticas de Y em plantas inoculadas e mantidas a 15% da Cp, significando que, houve menos conversão de energia química (Figura 12).

Reduções da ETR estão associadas com a regeneração limitada da Ribulose 1,5 bifosfatase (RuBP) e com a atividade de enzimas solúveis no estroma tal como sedoheptulose 1,7 bifosfatase e frutose 1,6 bifosfatase (ALLEN et al., 1998; HARRISON et al., 1998; FLEXAS et al., 2004). Essa regeneração limitada da RuBP é uma das primeiras respostas de plantas submetidas ao déficit hídrico (PANKOVIC et al., 1999; TEZARA et al., 1999; MEDRANO et al., 2002; FLEXAS et al., 2004). Observou-se também comprometimento da ETR em plantas da variedade ‘Manila’

nas condições de déficit hídrico severo (15% Cp) e inoculadas com o fungo *C. fimbriata* (Figura 12).

As reduções de Y e ETR , aos 46 DAI, de plantas inoculadas e mantidas a 15% da Cp relação às plantas não inoculadas e mantidas a 80% da Cp, foi de 91,67% e 91,16%, respectivamente.

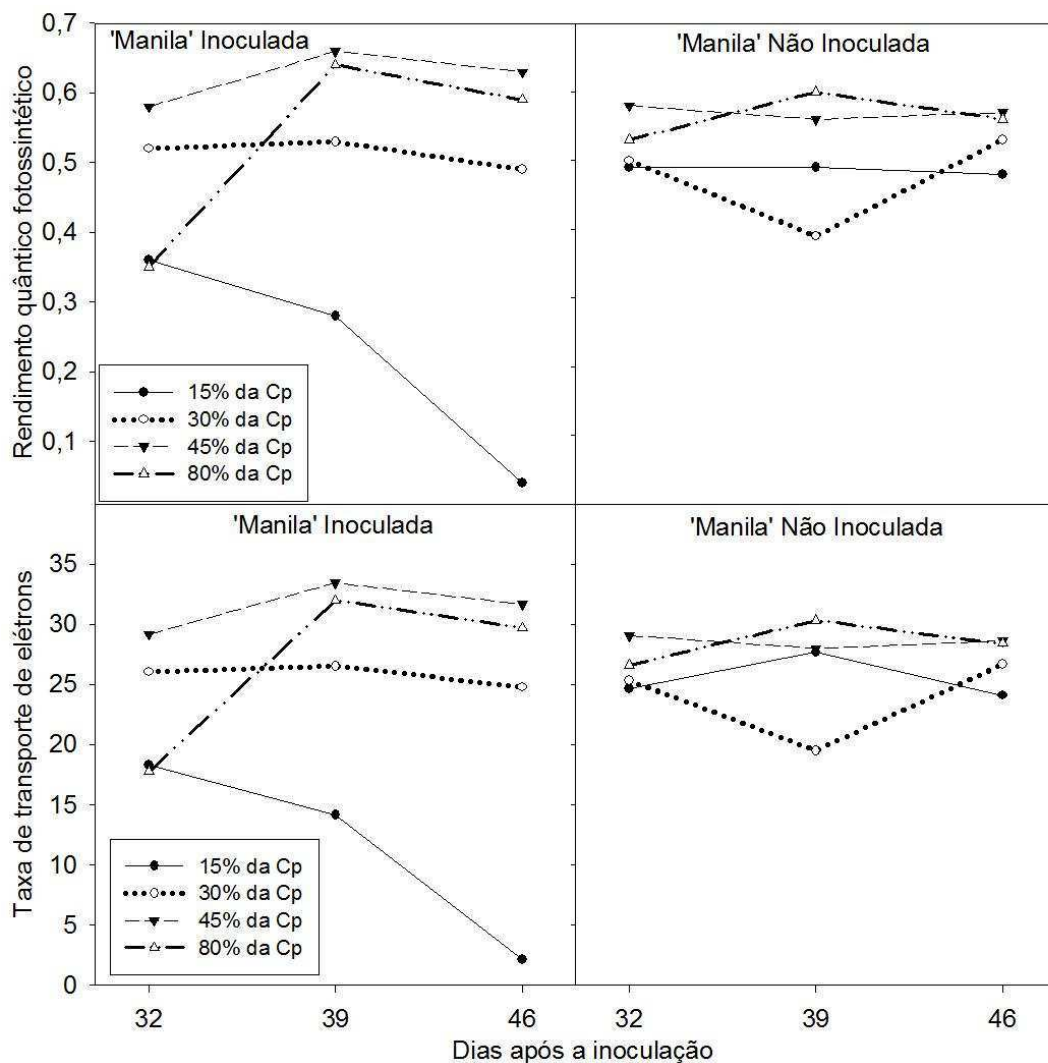


Figura 12- Fluorescência da clorofila a no estado adaptado ao claro: rendimento quântico fotossintético (Y) e taxa de transporte de elétrons (ETR) na mangueira 'Manila', cultivada em diferentes níveis de capacidade de pote, em plantas inoculadas e não inoculadas com o fungo *Ceratocystis fimbriata*, em função dos dias após a inoculação (DAI).

Aos 46 DAI, plantas inoculadas e mantidas a 30% da Cp tiveram valores de Y e ETR semelhantes aos encontrados para plantas não inoculadas e mantidas a 15% da Cp. O déficit hídrico somado a uma fonte de estresse biótico, *C. fimbriata*, reduziu Y e ETR de forma semelhante a um déficit hídrico mais severo. Já nas plantas

inoculadas e mantidas a 45% e 80% da Cp, os valores de Y e ETR , aos 46 DAI, foram maiores que os das plantas não inoculadas e mantidas a 45% e 80% da Cp, respectivamente (Figura 12).

Damour et al. (2009) encontraram diferenças significativas em Y de mudas de mangueira da variedade ‘Cogshall’ que estavam em condições de déficit hídrico durante 2,5 meses. Y passou de aproximadamente 0,37 para próximo de 0,3, representando redução de aproximadamente 19% nesse período. Ligeira elevação de Y foi observada entre os 2,5 e 3,5 meses sob condições de déficit hídrico, contudo sem mudanças significativas. Após reidratação, aos quatro meses após início dos tratamentos, houve aumento gradativo de Y , finalizando com média semelhante à inicial.

Valores semelhantes foram encontrados no presente trabalho para plantas que não foram inoculadas com *C. fimbriata*. Observa-se que as plantas mantidas a 15% da Cp apresentaram, ao longo do tempo, menores médias de Y do que plantas mantidas a 80% da Cp. Aos 46 DAI as plantas mantidas a 15% da Cp apresentaram as médias de Y 14% menor em relação às plantas não inoculadas e mantidas a 80% da Cp.

Lucena et al. (2012) observaram declínio de Y em mangueiras conduzidas em cultivo hidropônico com o aumento da concentração de NaCl, sendo as variedades ‘Haden’ e ‘Palmer’ as mais sensíveis. Os valores observados de Y para essas variedades, na solução de 0 mmol.l⁻¹ de NaCl, tratamento controle, foram de 0,56 e 0,57, respectivamente, porém quando submetidas ao estresse salino severo, 45 mmol.l⁻¹ de NaCl, os valores de Y caíram para 0,36 e 0,42, respectivamente. Os valores de Y das variedades ‘Haden’ e ‘Palmer’, encontrados por Lucena et al. (2012) na condição controle, foram semelhantes ao encontrado para plantas da variedade ‘Manila’ não inoculadas e mantidas a 80% da Cp, neste trabalho.

Quando Lucena et al. (2012) expuseram as mangueiras ao estresse de maior concentração salina, 45 mmol.l⁻¹ de NaCl, as reduções em ETR foram de 29,8% para a variedade ‘Tommy Atkins’, considerada de menor sensibilidade ao estresse severo, 50,8% para ‘Haden’, 59,4% para ‘Palmer’ e 50,1% para ‘Ubá’, quando comparadas às plantas controle. No presente trabalho, aos 46 DAI, a maior redução de ETR nas plantas não inoculadas, foi observada para plantas mantidas a 15% da Cp, o que representou um decréscimo de 15,1% em relação às plantas não inoculadas e mantidas a 80% da Cp. Também foi observada redução 42,85% na ETR de

mangueiras da variedade ‘Cogshall’ conduzidas em vasos e mantidas por 2,5 meses sob déficit hídrico. Na avaliação realizada aos 3,5 meses, sob déficit hídrico, constatou-se ligeira elevação na *ETR* em comparação com a anterior, contudo não houve diferenças significativas. Ao reidratar as plantas, na última avaliação, que ocorreu aos 4,0 meses após o início do experimento, observou-se que o valor da *ETR* foi 37, ou seja, 5,71% maior que o valor encontrado na primeira avaliação (DAMOUR et al., 2009). No presente estudo não foi possível realizar avaliações de *Y* e *ETR* posterior à reidratação, pois ao final do experimento houve destruição do material para avaliações de severidade.

CONCLUSÕES

- 1- O déficit hídrico severo (15% da C_p) é fator de predisposição à murcha-deceratocystis em mangueiras ‘Manila’, o que ocasionou a morte de todas as plantas inoculadas.
- 2- O déficit hídrico não foi severo o suficiente para causar morte de mangueiras não inoculadas.
- 3- Todas as plantas inoculadas com o isolado CEBS15 do *Ceratocystis fimbriata*, independentemente do nível de estresse hídrico, apresentaram lesões nos ramos.
- 4- As maiores reduções do potencial hídrico foliar e no diâmetro do caule foram observadas em plantas inoculadas com o isolado CEBS15 e mantidas em déficit hídrico severo (15% da C_p).
- 5- As plantas inoculadas com o isolado CEBS15 apresentaram os valores das variáveis de trocas gasosas, C_i , g_s , E e A , comprometidas em relação às plantas não inoculadas, principalmente aquelas mantidas em déficit hídrico severo.
- 6- As variáveis de fluorescência da clorofila *a* apresentaram reduções severas em plantas mantidas em déficit hídrico severo e inoculadas com o isolado CEBS15.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ACHUO, E.A.; PRINSEN, E.; HÖFTE, M. Influence of drought, salt stress and abscisic acid on the resistance of tomato to *Botrytis cinerea* and *Oidium neolycopersici*. **Plant Pathology**, v.55, 178-186, 2006.

ADAMS, W.W. III; DEMMIG-ADAMS, B. Energy dissipation and Photoinhibition: continuum of photoprotection. In **Photoprotection, Photoinhibition, Gene Regulation and Environment**, ed. DEMMIG-ADAMS, B., ADAMS, W.W. III, AK Mattoo, pp. 49–64, 2006.

ADAMS, W.W.III; DEMMIG-ADAMS, B. Chlorophyll fluorescence as a tool to monitor plant response to the environment. In **Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis**, ed. PAPAGEORGIOU, G.C., Govindjee, pp. 583–604, 2004.

AL ADAWI, A. O.; DEADMAN, M. L.; AL RAWAHI, A. K.; AL MAQBALI, Y. M.; AL JAHWARI, A. A.; AL SAADI, B. A.; AL AMRI, I. S.; WINGFIELD, M. J. Aetiology and causal agents of mango sudden decline disease in the Sultanate of Oman. **European Journal of Plant Pathology**, v.116, p.247-254, 2006.

AL SADI, A. M.; AL OUWEISI, F. A.; AL SHARIANI, N. K.; KAPLAN, E. J.; DEADMAN, M. L. Histological changes in mango seedling following infection with *ceratocystis manginecans*, the cause of mango decline. **Journal of Phytopathology**, v.158, p.738-743, 2010.

ALFENAS, A. C. e FERREIRA, F. A. Inoculação de fungos fitopatogênicos. In: ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. **Métodos em Fitopatologia**. Viçosa, Ed. UFV, 2007. p.116-137.

ALLEN, D.J.; NOGUES, S.; BAKER, N.R. Ozone depletion and increased UV-B radiation: is there a real threat to photosynthesis? **Jounal of Experimental Botany**, v. 49, p. 1775–1788, 1998.

ANSELMINI, N.; PUCCINELLI, P. **Studies on *Armillaria* attacks on declining oak trees**. In: LUISI, N.; LERARIO, P.; VANNINI, A. (Eds.) Recent advances in Studies on oak decline, Università degli studi, Bari, Italia, 1992, pp. 23–29.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. 2012. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz.

ASADA, K. The water-water cycle in chloroplasts: Scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 50: 601–639, 1999.

AYRES, P.G. Growth responses induced by pathogens and other stresses. In: MOONEY, H.A.; WINNER, W.E.; PELL, E.J.; CHU, E. (Eds.), **Response of plants to multiple stresses**, Academic Press, 1991, pp. 227–248.

BAKER, N.R. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis *In Vivo*. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 89-113, 2008.

BAKER, N.R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 55, p. 1607-1621, 2004.

BATISTA, D.C. **Cultivo da mangueira**. Doenças, Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/doencas.htm>. Acesso em: 01 de jun. 2012.

BATISTA, D.C.; BARBOSA, M.A.G. **Doenças da Mangueira**. Embrapa, 2009. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA-2009-09/39780/1/OPB2067.pdf>>. Acesso em: 15 de jan. de 2014.

BERGER, S.; SINHA, A.K.; ROITSCH, T. Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant-pathogen interactions. **Journal of Experimental Botany**, London, v.58, p. 4019-4026, 2007.

BLODGETT, J.T.; KRUGER, E.L.; STANOSZ, G.R. Effects of moderate water stress on disease development by *Sphaeropsis sapinea* on red pine. **Phytopathology**, v.87, p.422–428, 1997a.

BLODGETT, J.T.; KRUGER, E.L.; STANOSZ, G.R. *Sphaeropsis sapinea* and water stress in a red pine plantation in central Wisconsin. **Phytopathology**, v.87, p. 429–434, 1997b.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R.; ORQUIST, G. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: HALL, D.O.; SCURLOCK, J.M.O.; BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R.; LEEGOOD, R.C. LONG, S.P. (Eds.) **Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual**. Chapman & Hall, London, p. 193-206, 1993.

BRODRIBB, T. Dynamics of changing intercellular CO₂ concentration (C_i) during drought and determination of minimum functional C_i. **Plant Physiology**, v. 11, p. 179–185, 1996.

CHOU, C.K.S. Crown wilt of *Pinus radiata* associated with *Diplodia pinea* infection of woody stems. **European Journal of Plant Pathology**, v.17, p. 398–411, 1987.

CORNIC, G.; GHASHGHAIE, J.; GENTY, B.; BRIANTAIS, J.M. Leaf photosynthesis is resistant to a mild drought stress. **Photosynthetica**, 27: 295–309, 1992.

CRIST, C.R.; SCHOENEWEISS, D.F. The influence of controlled stresses on susceptibility of European white birch stems to attack by *Botryosphaeria dothidea*. **Phytopathology**, v.65, p. 369–373, 1975.

CUNHA, G.A.P.; PINTO, A.C.Q.; FERREIRA, F.R. Origem, dispersão, taxonomia e botânica. In: GENUÍ P.J.C., PINTO, C.A.Q. (Ed. Tecs.). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.31-36, 2002.

DAMOUR, G.; VANDAME, M.; URBAN, L. Long-term drought results in a reversible decline in photosynthetic capacity in mango leaves, not just a decrease in stomatal conductance. **Tree Physiology**, v. 29, p. 675-684, 2009.

DAVENPORT, T.L. Reproductive Physiology. In: LITZ, R.E. (Ed) **The mango: botany, production and uses**. 2nd ed. Preston, UK. p.716, 2009.

DAVENPORT, T.L., MORGAN, P.W. AND JORDAN, W.R. Reduction of auxin transport capacity with age and internal water deficits in cotton petioles. **Plant Physiology**, v. 65, p. 1023–1025, 1980.

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

DOWNTON, W.J.S. Water relations in *Nerium oleander*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.8, p.329–334, 1981.

ELSHEERY, N.; CAO, K.F. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, and osmotic adjustment in two mango cultivars under drought stress. **Acta Physiol Plant**, 30: 769-777, 2008.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; CIFRE, J.; et al. Understanding down regulation of photosynthesis under water stress: future prospects and searching for physiological tools for irrigation management. **Annals of Applied Biology**, v. 144, p. 273–283, 2004.

FOYER, C.H.; LELANDAIS, M.; KUNERT, K.J. Photooxidative stress in plants. **Physiologia Plantarum**, 92: 696–717, 1994.

GALLI, J.A.; MARTINS, A.L.; ITO, M.F.; BRAGHINI, M.T.; NARITA, N.; ROSSETTO, C.J. Seca-da-mangueira XXII. Sobrevivência de variedades poliembriônicas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.33, n.4, p.1119-1126, 2011.

GENTY, B.; BRIANTAIS, J.M.; BAKER, N.R. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 990, p.87– 92, 1989.

HARRISON, E.P.; WILLINGHAM, N.M.; LLOYD, J.C.; RAINES, C.A. Reduced sedoheptulose-1, 7-bisphosphatase levels in transgenic tobacco lead to decreased photosynthetic capacity and altered carbohydrate accumulation. **Plant Physiology**, v. 204, p. 27–36, 1998.

HERMANS, C.; BOURGIS, F.; FAUCHER, M.; DELTOT, S.; STRASSER, R.J.; VERBRUGGEN, N. Magnesium deficiency in sugar beet alters sugar partitioning and phloem loading in young mature leaves. **Journal of Experimental Botany**, London, v.56, n. 418, p. 541-549, 2005.

HIPKINS, M.F.; BAKER, N.R. Spectroscopy. In: **Photosynthesis-energy transduction: a practical approach**. HIPKINS, M.F.; BAKER, N.R. (Eds.). IRL Press, Oxford, 1986. p. 51-101.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=p&o=25&i=P>>. Acesso em 07 set. 2014.

JACOBI, W.R.; RIFFLE, J.W. Effects of water stress on *Thyronectria* canker of honeylocusts. **Phytopathology**, v.79, p. 1333–1337, 1989.

JONES, H.G. Plants and microclimate a quantitative approach to environment. **Cambridge University Press**, pp. 264-269, 1992.

KALLARACKAL, J., MILBURN, J.A.; BAKER, D.A. Water relations of the banana. III. Effects of controlled water stress on water potential, transpiration, photosynthesis and leaf growth. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.17, p.79–90,1990.

KRAMER, P.J. **Water Relations of Plants**. Academic Press, London, 1983.

KRAUSE, H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The Basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 42, p. 313-349, 1991.

LAWLOR, D.W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell and Environmental**, v. 25, p. 275–294, 2002.

LEITE, B.; PASCHOLATI, S.F. Hospedeiro: alterações fisiológicas induzidas por fitopatógenos. In: BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORUM, L. (Ed). **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v.1, p.393-414.

LINDBERG, M.; JOHANSSON, M. Resistance of *Picea abies* seedlings to infection by *Heterobasidion annosum* in relation to drought stress. **European Journal of Plant Pathology**, v.22, p.115–124, 1992.

LOPES, D.B.; BERGER, R.D. The effects of Rust and Anthracnose on the photosynthetic competence of diseased bean leaves. **Phytopathology**, v.91, p.212-220, 2001.

LUCENA, C.C. **Crescimento vegetativo, absorção de nutrientes e trocas gasosas em mangueiras submetidas a estresse salino**. 2009. 116 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Viçosa-MG, 2009.

LUCENA, C.C.; SIQUEIRA, D.L.; MARTINEZ, H.E.P.; CECON, P.R. Salt stress change Chlorophyll fluorescence in mango. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v.34, n.4, p. 1245-1255, 2012.

LUO, Y. Changes of C_i/C_a in association with stomatal and non-stomatal limitation to photosynthesis in water stressed *Abutilon theophrasti*. **Photosynthetica**, v.25, p. 273–279, 1991.

LUVAHA, E.; NETONDO G. W.; OUMA, G. Effect of water deficit on the physiological and morphological characteristic of mango (*Mangifera indica*) rootstock seedlings. **American Journal of Plant Physiology**, v.3 (1), p.1-15, 2008.

MALIK, T. M.; AKEM, C.; KHAN, S. M.; DASTI KAZMI, A. A.; GREWAL, A. G.; AWAN, M. Z. Confirmation of the capability of *Ceratocystis fimbriata* to cause mango sudden death syndrome in Pakistan. Pakistan, **Journal Phytopathology**, v.22 (2), p.120-125, 2010.

MACE, E.M.; BELL, A.A.; BECKMAN, C.H. **Fungal wilt diseases of plants**. New York, Academic Press, 1984, 640 p.

MACFARLANE, C.; WHITE, D.A.; ADAMS, M.A. The apparent feed-forward response to vapour pressure deficit of stomata in droughted, field-grown *Eucalyptus globulus* Labill. **Plant, Cell and Environmental**, v. 27, p. 1268–1280, 2004.

MACHADO, E.C.; MEDINA, C.L.; GOMES, M.M.A. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranjeira “Valença”. **Bragantia**, v.58, p.217-226, 1999.

MAFIA, R.G.; ALFENAS, A.C.; FERREIRA, E.M; BINOTI, D.H.B. Métodos de seleção e identificação de fontes de resistência à murcha do eucalipto causada por *Ceratocystis fimbriata*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.4, p.817-824, 2011.

MARTINS, M. O. **Aspectos fisiológicos do Nim indiano sob déficit hídrico em condições de casa de vegetação**. 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Biologia. Recife-PE, 2008.

MATHIS, P.; PAILLOTIN, G.; MATHIS, G.; PAILLOTIN, G. Primary processes in photosynthesis of plants. In: HATCHI, M.D.; BOARDMAN, N.K. (Eds.). **The biochemistry of plants**. Academic Press, New York, 1981. p. 129-137.

MAUCH-MANI, B. & MAUCH, F. The role of abscísico acid in plant-pathogen interaction. **Current Opinion in Plant Biology**, 8:409-414, 2005.

MAUREL, M.; ROBIN, C.; CAPDEVIELLE, X.; LOUSTAU, D.; DESPREZ-LOUSTAU, M.L. Effects of variable root damage caused by *Phytophthora cinnamomi* on water relations of chestnut saplings. **Annual of Forest Science**, 58, p. 639–651, 2001b.

MAUREL, M.; ROBIN, C.; CAPRON, G.; DESPREZ-LOUSTAU, M.L. Effects of root damage associated with *Phytophthora cinnamomi* on water relations, biomass accumulation, mineral nutrition and vulnerability to water deficit of five oak and chestnut species. **Forest Pathology**, v.31, p. 353–369, 2001a.

MEDRANO, H.; ESCALONA, J.M.; BOTA, J.; GULIAS, J.; FLEXAS, J. Regulation of photosynthesis of C₃ plants in response to progressive drought: stomatal conductance as reference parameter. **Annals of Botany**, v. 89, p. 895–905, 2002.

MEYER, S.; SACCARDY, K.; RIZZA, F.; GENTY, B. Inhibition of photosynthesis by *Colletotrichum lindemuthianum* in bean leaves determined by chlorophyll fluorescence imaging. **Plant, Cell and Environmental**, v.24, p. 947-955, 2001.

MICHEREFF, S.J. **Fundamento de Fitopatologia**. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2001. Disponível em: <

https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&sqi=2&ved=0CCoQFjAA&url=http%3A%2F%2Ffiles.prof-vanderufersa.webnode.com.br%2F200000134-bc97ebd927%2FApostila%2520-%2520Fitopatologia.pdf&ei=4ruCUffoOejB0gGJy4C4Cw&usg=AFQjCNF0U_7bFJiPfmqzl3GXLalqizb_gQ&sig2=KDivG1q0MInV5GhU_95_3Q&bvm=bv.45960087,d.eWU>. Consultado em: 02, maio, 2013.

MIRISOLA FILHO, L.A. **Tolerância de sete cultivares de mangueira ao estresse salino**. 2003. 129 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

MUKHERJEE, S.K.; LITZ, R.E. Introduction: Botany and Importance. In: LITZ, R.E. (Ed) **The mango: botany, production and uses**. 2nd ed. Preston, UK. p.716, 2009.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; RODRIGUES, C. R. Crescimento e nutrição mineral de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* arr. cam.) submetidas a níveis de salinidade em solução nutritiva. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 997-1006, 2004.

OLIVEIRA, L.S.S. **Agressividade de isolados de *Ceratocystis fimbriata* em clones de *Eucalyptus* spp.** 2010. 18 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitopatologia. Viçosa-MG, 2010.

OLIVEIRA, L.S.S. ***Ceratocystis* wilt on *Mangifera indica*, *Colocasia esculenta* AND *Tilia americana***. 2014. 80 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

PANKOVIC, D.; SAKAC, Z.; KEVRESAN, S.; PLESNICAR, M. Acclimation to long-term water deficit in the leaves of two sunflower hybrids: photosynthesis, electron transport and carbon metabolism. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, p. 127–138, 1999.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Rio de Janeiro: Seropédica, 2004. 191p.

PINTO, A. C. Q. Melhoramento genético da manga (*Mangifera indica* L.) no Brasil. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004, p.604.

RAGHAVENDRA, A.S. (Eds.). **Photosynthesis: a comprehensive treatise**. Cambridge University Press, Cambridge, 1998, p. 320-336.

REICH, P.B.; BORCHERT, R. Changes with leaf age in stomatal function and water status of several tropical tree species. **Biotropica**, v.20, p.60–69, 1988.

RIBEIRO, I.J.A.; LORENÇÃO, A.L.; PARADELA FILHO, O.; SOARES, N.B. Seca da mangueira. VII. Resistência de cultivares de mangueira ao fungo *Ceratocystis fimbriata* ELL. & HALST. **Bragantia**, Campinas, 43 (1): p. 237-243, 1984.

RISTAINO J.B. & DUNIWAY J.M. Effect of preinoculation and postinoculation water-stress on the severity of *Phytophthora* root rot and yield in processing tomatoes. **Plant Disease**, v.73, 349–52. 1989.

ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameter: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetic**, v.40, n.1, p.13-29, 2002.

ROSSETTO, C.J.; RIBEIRO, I.J.A.; IGUE, T.; GALLO, P.B. Seca-da-mangueira: XV. Resistência varietal a dois isolados de *Ceratocystis fimbriata*. **Bragantia**, Campinas-SP, 55(1): 117-121. 1996.

SCHAFFER, B.; URBAN, L.; LU, P.; WHILEY, A.W. Ecophysiology. In: LITZ, R.E. (Ed) **The mango: botany, production and uses**. 2nd ed. Preston, UK. p.716, 2009.

SCHREIBER, U.; BILGER, W.; HORMANN, H., NEUBAUER, C. Chlorophyll fluorescence as a diagnostic tool: basics and some aspects of practical relevance. In: SOARES, A.F. Manga. **Hortifrutti Brasil**. Jan/Fev 2012. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/109/manga.pdf>. Acesso em: 30 de nov. 2013.

SOLLA, A.; GIL, L. Influence of water stress on Dutch elm disease symptoms in *Ulmus minor*. **Canadian Journal of Botany**, v.80, p. 810–817, 2002.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I.F.; AMORIM NETO, M.S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.338-342, 2000.

SWART, W.J.; CONRADIE, E.; WINGFELD M.J.; VENTER, W.B. Effects of water stress on the development of cambial lesions caused by *Cryphonectria cubensis* on *Eucalyptus grandis*. **Plant Disease**, v.76, p.744–746, 1992.

TAVARES, S.C.C.H. **Cultivo da mangueira**. Manejo integrado de doenças. Embrapa Semiárido. Julho de 2004. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/doencas.htm>. Acesso em: 01 de jun. 2012.

TEZARA, W.; MITCHELL, V.J.; DRISCOLL, S.D.; LAWLOR, D.W. Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. **Nature**, v. 401, p. 914–917, 1999.

URBAN, L., MONTPIED, P. AND NORMAND, F. Season effects on leaf nitrogen partitioning and photosynthetic water use efficiency in mango. **Journal of Plant Physiology** 163, 48–57, 2006.

VAN WYK, M., AL ADAWI, A.O., KHAN, I.A., DEADMAN, M.L., AL JAHWARI, A.A., WINGFIELD, B.D., PLOETZ, R. AND WINGFIELD, M.J. *Ceratocystis manginecans* sp. nov., causal agent of a destructive mango wilt disease in Oman and Pakistan. **Fungal Diversity**, v.27, p. 213-230. 2007.

VAN WYK, M.; ROSSETTO, C.J.; ITO, M.F. BRAGHINI, M.T.; MORAES, S.A.; AL-ADAWI, A.O.; ZUCCHI, M.I.; WINGFIELD, M.J. Seca-da-Mangueira XXI. Posição filogenética do patógeno paulista e suscetibilidade de variedades. In CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA [20: Vitória, 2008]. **Resumo expandido**. [CD-ROM]. Vitória: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008.

VIDA, J.B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D.J.; BRANDÃO-FILHO, J.U.T.; VERZIGNASSI, J.R. & CAIXETA, M.P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, 29: 355-372, 2004.

VIECCELLI, J. C.; SIQUEIRA, D.L.; LEMOS, L. M. C.; SILVA, S. D. R. ; SALOMAO, L. C. C.; RODRIGUES, F. A. Efeito da salinidade sobre a incidência de *Ceratocystis fimbriata* em mangueira ‘Tommy Atkins’. In: XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2012, Bento Gonçalves, RS. Fruticultura: **Anais**. Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2012.

WALLER, M. Drought, disease, defoliation and death: forest pathogens as agents of past vegetation change. **Journal of Quaternary Science**. 28(4), 336-342, 2013.

ZAHARAH, S.S.; RAZI, I.M. Growth, stomata aperture, biochemical changes and branch anatomy in mango (*Mangifera indica*) cv. Chokanan in response to root restriction and water stress. **Scientia Horticulturae** , v.123, p. 58-67, 2009.

ZAMBOLIM, L. & JUNQUEIRA, N.T.V. Manejo integrado de doenças da mangueira. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA,

G. H. A.; ZAMBOLIM, L. **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004, p.604.

APÊNDICES

Tabela 1. Severidade linear da doença (SL), severidade radial (SR), comprimentos das lesões lineares (CLL) e áreas da lesão radiais (ALR) dos tecidos danificados. As características foram medidas nas mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’, cultivadas sob os níveis de 20, 40, 60 e 80% da capacidade de pote (Cp) e nas mangueiras ‘Manila’ nos níveis de 15, 30, 45 e 80% da Cp, em plantas inoculadas com o fungo *Ceratocystis fimbriata*, Viçosa-MG, 2013.

Cp (%)	SL (%)		SR (%)		CLL (cm)		ALR (mm ²)	
	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio
‘Ubá’								
20	21,52	±8,08	44,68	±6,63	14,83	±3,85	48,25	±2,29
40	17,00	±5,07	42,95	±6,72	11,41	±2,97	34,98	±16,11
60	16,28	±6,09	40,07	±5,06	11,40	±4,96	28,35	±14,56
80	14,54	±6,59	40,04	±5,59	10,28	±3,74	33,66	±18,20
‘Dura’								
20	30,37	±7,83	64,52	±0,00	18,06	±2,17	89,28	±0,00
40	40,08	±32,04	63,21	±26,06	22,60	±7,71	57,45	±47,13
60	29,80	±10,17	56,38	±3,90	19,90	±4,81	47,00	±2,30
80	41,94	±26,38	41,97	±0,00	22,06	±9,03	95,66	±0,00
‘Manila’								
15	68,21	±27,63	87,79	±7,75	25,70	±8,49	49,07	±21,51
30	46,11	±17,83	69,90	±4,34	19,70	±3,41	48,32	±10,97
45	30,75	±6,12	57,22	±3,16	14,93	±5,91	61,59	±11,27
80	44,57	±15,00	59,43	±4,07	17,69	±4,60	30,49	±5,28

Tabela 2. Potencial hídrico foliar (MPa) das mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’, cultivadas sob os níveis de 20, 40, 60 e 80% da capacidade de pote (Cp) e nas mangueiras ‘Manila’ nos níveis de 15, 30, 45 e 80% da Cp, em plantas inoculadas e não inoculadas com o fungo *Ceratocystis fimbriata* em Viçosa-MG, 2013, em função dos dias após a inoculação (DAI).

‘Ubá’																
Capacidade de pote																
Inoculação																
DAI	20%		40%		60%		80%		60%		80%		80%		80%	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
	média	Desvio	Media	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio
4	-0,53	±0,15	-0,43	±0,13	-0,65	±0,31	-0,60	±0,29	-0,65	±0,19	-0,60	±0,22	-0,50	±0,29	-0,45	±0,10
18	-0,65	±0,13	-0,58	±0,17	-0,70	±0,20	-0,48	±0,15	-0,58	±0,26	-0,55	±0,30	-0,55	±0,13	-0,38	±0,05
32	-0,95	±0,50	-0,35	±0,13	-0,50	±0,29	-0,45	±0,06	-0,33	±0,19	-0,43	±0,17	-0,38	±0,15	-0,65	±0,19
‘Dura’																
4	-0,77	±0,21	-0,70	±0,30	-0,77	±0,21	-0,50	±0,17	-0,80	±0,40	-0,63	±0,21	-0,47	±0,12	-0,57	±0,06
18	-1,43	±0,15	-0,57	±0,15	-0,97	±1,07	-0,40	±0,20	-0,80	±0,20	-0,43	±0,15	-1,77	±1,94	-0,60	±0,20
32	-4,87	±1,01	-0,43	±0,06	-2,07	±2,54	-0,50	±0,17	-0,80	±0,20	-0,60	±0,20	-2,33	±2,44	-0,60	±0,00
‘Manila’																
Capacidade de pote																
Inoculação																
	15%		30%		45%		80%		45%		80%		80%		80%	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
	média	Desvio	Media	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio
10	-0,70	±0,17	-0,53	±0,21	-0,83	±0,06	-0,43	±0,06	-0,50	±0,20	-0,67	±0,21	-0,53	±0,06	-0,67	±0,15
24	-0,60	±0,20	-0,60	±0,10	-0,53	±0,32	-0,50	±0,20	-0,40	±0,26	-0,40	±0,17	-0,57	±0,12	-0,60	±0,26
38	-0,93	±0,23	-0,47	±0,12	-0,93	±0,46	-0,67	±0,32	-0,40	±0,10	-0,53	±0,15	-0,47	±0,12	-0,30	±0,00
52	-1,17	±0,38	-0,63	±0,06	-1,23	±0,67	-0,50	±0,17	-0,63	±0,32	-0,53	±0,21	-0,47	±0,06	-0,53	±0,32

Tabela 3. Diâmetro do caule (mm) das mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’, cultivadas sob os níveis de 20, 40, 60 e 80% da capacidade de pote (Cp) e para mangueiras ‘Manila’ conduzidas nos níveis de 15, 30, 45 e 80% da Cp, em plantas inoculadas e não inoculadas com o fungo *Ceratocystis fimbriata* em Viçosa-MG, 2013, em função dos dias após a inoculação (DAI).

‘Ubá’																
Capacidade de pote																
Inoculação																
DAI	20%		40%				60%				80%					
	Sim		Não		Sim		Não		Sim		Não		Sim		Não	
	média	Desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio
0	7,88	± 1,08	7,50	± 0,16	7,68	± 0,69	7,58	± 0,13	7,33	± 0,33	8,03	± 0,39	8,45	± 0,62	8,00	± 0,63
10	8,33	± 1,07	7,70	± 0,12	8,10	± 1,07	7,90	± 0,32	7,43	± 0,43	8,65	± 0,70	8,60	± 0,79	8,38	± 0,51
20	8,38	± 1,16	7,88	± 0,22	8,40	± 1,01	8,10	± 0,26	7,60	± 0,49	8,85	± 0,62	8,83	± 0,81	8,58	± 0,74
30	8,53	± 1,06	8,08	± 0,29	8,55	± 0,70	8,33	± 0,35	7,50	± 0,62	9,06	± 0,59	9,20	± 0,52	9,18	± 1,02
40	8,58	± 1,04	8,23	± 0,38	8,70	± 0,65	8,63	± 0,28	7,50	± 0,62	9,38	± 0,64	9,38	± 0,49	9,45	± 1,01
‘Dura’																
0	7,27	± 0,87	6,47	± 0,91	7,17	± 0,64	7,23	± 0,52	7,23	± 2,20	7,87	± 1,60	6,73	± 1,46	6,73	± 1,10
10	7,36	± 0,51	6,77	± 1,00	7,30	± 0,56	7,47	± 0,42	7,33	± 2,11	7,97	± 1,46	6,83	± 1,51	7,10	± 0,85
20	7,23	± 0,45	6,97	± 1,10	6,70	± 1,74	7,67	± 0,42	7,43	± 2,03	8,00	± 1,45	6,57	± 2,14	7,33	± 0,83
30	6,70	± 0,87	7,23	± 1,21	6,40	± 2,43	7,80	± 0,36	7,50	± 2,10	8,20	± 1,67	5,93	± 2,83	7,43	± 0,67
40	6,70	± 0,87	7,40	± 1,47	6,40	± 2,43	7,90	± 0,26	7,57	± 2,08	8,50	± 1,83	6,00	± 2,91	7,77	± 0,78
‘Manila’																
Capacidade de pote																
Inoculação																
	15%		30%				45%				80%					
	Sim		Não		Sim		Não		Sim		Não		Sim		Não	
	média	Desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio
6	7,00	± 1,61	6,43	± 0,15	6,87	± 1,39	7,70	± 0,96	7,70	± 1,40	6,97	± 1,33	6,73	± 1,10	7,07	± 0,55
16	7,20	± 1,59	6,50	± 0,17	6,97	± 1,27	7,73	± 1,02	7,87	± 1,69	7,03	± 1,44	6,87	± 1,19	7,13	± 0,67
26	7,13	± 1,54	6,57	± 0,06	7,03	± 1,29	7,77	± 1,00	7,90	± 1,66	7,03	± 1,44	7,07	± 1,18	7,20	± 0,78
36	7,13	± 1,54	6,57	± 0,06	7,03	± 1,29	7,93	± 1,29	8,00	± 1,84	7,03	± 1,44	7,07	± 1,18	7,20	± 0,78
46	6,87	± 1,80	6,73	± 0,12	7,27	± 1,27	8,10	± 1,13	8,23	± 1,69	7,10	± 1,56	7,07	± 1,18	7,40	± 0,87
56	6,46	± 1,42	6,87	± 0,15	7,43	± 1,10	8,17	± 1,07	8,53	± 1,50	7,43	± 1,27	7,37	± 1,37	7,63	± 0,84

Tabela 5. Condutância estomática (gs) em $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, das mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’, cultivadas sob os níveis de 20, 40, 60 e 80% da capacidade de pote (C_p) e para as mangueiras ‘Manila’ sob os níveis de 15, 30, 45 e 80% da C_p , em plantas inoculadas e não inoculadas com o fungo *Ceratocystis fimbriata* em Viçosa-MG, 2013, em função dos dias após a inoculação (DAI).

‘Ubá’																
Capacidade de pote																
Inoculação																
DAI	20%		40%		60%		80%		60%		80%		80%		80%	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
	média	Desvio	média	desvio	média	desvio	Media	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio
12	0,16	±0,03	0,20	±0,06	0,21	±0,06	0,19	±0,06	0,21	±0,02	0,22	±0,04	0,23	±0,04	0,24	±0,05
26	0,15	±0,04	0,15	±0,03	0,13	±0,03	0,15	±0,04	0,17	±0,02	0,19	±0,06	0,15	±0,02	0,17	±0,02
40	0,15	±0,04	0,15	±0,07	0,16	±0,05	0,18	±0,06	0,16	±0,01	0,21	±0,04	0,16	±0,04	0,19	±0,03
‘Dura’																
12	0,14	±0,03	0,10	±0,00	0,18	±0,06	0,13	±0,01	0,15	±0,05	0,16	±0,06	0,14	±0,03	0,18	±0,01
26	0,08	±0,04	0,08	±0,01	0,08	±0,04	0,10	±0,03	0,10	±0,02	0,09	±0,01	0,07	±0,04	0,11	±0,02
40	0,08	±0,03	0,10	±0,04	0,09	±0,05	0,10	±0,02	0,10	±0,01	0,20	±0,13	0,11	±0,03	0,13	±0,03
‘Manila’																
Capacidade de pote																
Inoculação																
	15%		30%		45%		80%		45%		80%		80%		80%	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
	média	Desvio	média	desvio	média	desvio	Media	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio
4	0,10	±0,01	0,12	±0,05	0,15	±0,04	0,12	±0,02	0,12	±0,02	0,17	±0,07	0,13	±0,05	0,15	±0,02
18	0,10	±0,03	0,14	±0,11	0,17	±0,04	0,17	±0,10	0,09	±0,02	0,15	±0,13	0,11	±0,02	0,11	±0,00
32	0,08	±0,03	0,11	±0,06	0,17	±0,03	0,12	±0,07	0,12	±0,04	0,16	±0,04	0,12	±0,01	0,10	±0,00
46	0,06	±0,06	0,11	±0,05	0,13	±0,03	0,11	±0,07	0,14	±0,05	0,14	±0,06	0,09	±0,02	0,17	±0,01

Tabela 7. Fotossíntese líquida (A) em $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, das mangueiras ‘Ubá’ e ‘Dura’ cultivadas sob os níveis de 20, 40, 60 e 80% da capacidade de pote (Cp) e para as mangueiras ‘Manila’ sob os níveis de 15, 30, 45 e 80% da Cp, em plantas inoculadas e não inoculadas com o fungo *Ceratocystis fimbriata* em Viçosa-MG, 2013, em função dos dias após a inoculação (DAI).

‘Ubá’																
Capacidade de pote																
Inoculação																
DAI	20%		40%		60%		80%		20%		40%		60%		80%	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio
12	3,91	±0,64	5,08	±1,35	5,30	±1,41	4,71	±2,06	3,90	±0,56	3,65	±1,41	6,02	±1,84	5,58	±2,76
26	2,95	±0,57	3,93	±0,63	3,86	±1,49	4,16	±1,27	3,97	±1,26	4,61	±2,25	5,16	±1,89	4,72	±1,67
40	3,46	±1,23	4,36	±0,78	3,84	±1,43	4,43	±0,77	4,14	±1,43	5,64	±1,43	5,33	±1,93	4,74	±1,88
‘Dura’																
12	4,23	±3,00	2,34	±0,51	5,91	±2,59	4,17	±1,65	4,86	±1,80	3,24	±1,52	4,49	±1,11	6,53	±2,72
26	2,67	±2,65	1,59	±0,59	3,25	±3,07	3,60	±1,34	2,90	±0,83	2,57	±0,75	1,54	±1,27	4,34	±2,09
40	3,30	±2,60	1,70	±0,69	3,88	±2,81	4,42	±0,95	3,54	±0,45	3,94	±1,21	3,96	±0,57	6,17	±3,05
‘Manila’																
Capacidade de pote																
Inoculação																
	15%		30%		45%		80%		15%		30%		45%		80%	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio
4	4,71	±1,38	5,01	±2,89	7,06	±1,38	4,73	±0,68	7,46	±4,17	7,62	±2,67	5,13	±2,21	4,15	±1,56
18	2,54	±0,95	7,13	±5,68	7,10	±1,72	3,54	±2,17	4,77	±2,52	6,21	±3,59	2,97	±1,33	3,89	±1,16
32	1,08	±1,06	4,14	±3,94	6,20	±2,41	3,41	±1,98	5,08	±2,97	6,95	±2,77	4,52	±1,26	3,38	±0,46
46	0,77	±0,41	3,35	±2,26	4,15	±0,76	2,63	±1,38	4,28	±2,72	4,34	±2,55	3,26	±1,53	4,65	±2,56

Tabela 8. Fluorescência máxima (F_m), fluorescência inicial (F_o), e eficiência fotoquímica máxima (F_v/F_m) medidos com o fluorômetro adaptado ao escuro, das mangueiras ‘Manila’ cultivadas nos níveis de 15, 30, 45 e 80% da capacidade de pote (Cp), em plantas inoculadas e não inoculadas com o fungo *Ceratocystis fimbriata* em Viçosa-MG, 2013, em função dos dias após a inoculação (DAI).

		Fluorescência máxima															
		Capacidade de pote															
		15%				30%				45%				80%			
		Inoculação															
DAI	Sim		Não		Sim		Não		Sim		Não		Sim		Não		
	média	Desvio	Media	Desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	
32	1803	±944	3414	±365	2971	±305	3039	± 540	3583	±184	3361	±463	2738	±238	2704	±403	
39	2352	±991	3534	±500	3583	±276	2988	±1106	3625	±269	3772	±211	3513	±332	3579	±309	
46	842	±655	3376	±512	3391	±421	3316	± 35	3318	±500	3570	±557	3212	±238	3075	±288	
		Fluorescência inicial															
32	577	±132	1065	±231	915	±21	929	± 43	942	±56	896	±77	987	±136	742	±177	
39	1010	± 47	1008	±146	1017	±91	1096	±162	939	±64	1045	±67	906	± 33	974	± 16	
46	621	±272	996	± 57	1020	±51	1090	±153	911	±18	1010	±53	894	±150	875	± 40	
		Eficiência fotoquímica máxima															
32	0,62	±0,18	0,68	±0,10	0,69	±0,04	0,69	±0,08	0,74	±0,03	0,73	±0,05	0,63	±0,09	0,73	±0,04	
39	0,51	±0,21	0,71	±0,08	0,71	±0,04	0,57	±0,26	0,74	±0,01	0,72	±0,03	0,74	±0,03	0,73	±0,03	
46	0,14	±0,24	0,70	±0,05	0,70	±0,03	0,67	±0,05	0,72	±0,04	0,71	±0,05	0,72	±0,07	0,71	±0,03	

Tabela 9. Rendimento quântico fotossintético ($Y = F/Fm'$) e taxa de transporte de elétrons (ETR) medidos com o fluorômetro adaptado à luz, das mangueiras 'Manila' cultivadas nos níveis de 15, 30, 45 e 80% da capacidade de pote (C_p), em plantas inoculadas e não inoculadas com o fungo *Ceratocystis fimbriata* em Viçosa-MG, 2013, em função dos dias após a inoculação (DAI).

		Rendimento quântico fotossintético															
		Capacidade de pote															
		15%				30%				45%				80%			
		Inoculação															
DAI	Sim		Não		Sim		Não		Sim		Não		Sim		Não		
	média	Desvio	Media	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	média	desvio	
32	0,36	±0,21	0,49	±0,20	0,52	±0,08	0,50	±0,16	0,58	±0,05	0,58	±0,13	0,35	±0,14	0,53	±0,04	
39	0,28	±0,26	0,49	±0,19	0,53	±0,09	0,39	±0,26	0,66	±0,07	0,56	±0,16	0,64	±0,08	0,60	±0,10	
46	0,04	±0,07	0,48	±0,18	0,49	±0,08	0,53	±0,01	0,63	±0,04	0,57	±0,10	0,59	±0,13	0,56	±0,11	
		Taxa de transporte de elétrons															
32	18,30	±10,4	24,67	±10,1	26,03	±3,8	25,33	±8,3	29,17	±2,3	29,07	±6,6	17,73	±6,8	26,60	±2,0	
39	14,17	±13,3	27,73	±9,6	26,53	±4,6	19,50	±13,1	33,43	±3,3	28,00	±8,0	31,97	±3,9	30,33	±5,0	
46	2,13	±3,4	24,10	±9,1	24,77	±4,0	26,67	±0,7	31,67	±2,0	28,63	±5,2	29,67	±6,3	28,40	±5,3	

Tabela 10. Estimativa de coeficiente de correlação de Pearson das características severidade total (ST), severidade radial (SR), potencial hídrico foliar (Ψ_w), diâmetro do caule (DC), concentração interna de CO_2 (Ci), condutância estomática (gs), transpiração foliar (E) e fotossíntese líquida (A) em mangueiras da variedade ‘Ubá’ inoculadas e não inoculadas com *C. fimbriata*.

Variáveis	ST	SR	Ψ_w	DC	Ci	gs	E	A
ST	1	0,8118**	-0,1171ns	-0,2396ns	-0,3098ns	0,0415ns	-0,0548ns	0,1033ns
SR	-	1	-0,1478ns	-0,2179ns	-0,4786*	-0,1528ns	-0,2270ns	0,2042ns
Ψ_w	-	-	1	-0,3169ns	-0,0693ns	0,2530ns	0,3038ns	0,1730ns
DC	-	-	-0,0536ns	1	-0,0712ns	-0,2054ns	-0,2493ns	0,0816ns
Ci	-	-	-0,2661ns	-0,1001ns	1	-0,3035ns	-0,2126ns	-0,8860**
gs	-	-	0,2317ns	0,5624*	-0,5267ns	1	0,9785**	0,6509**
E	-	-	0,1901ns	0,5996**	-0,4885ns	0,9844**	1	0,5913**
A	-	-	0,3152ns	0,3463ns	-0,9120**	0,7558**	0,7356**	1

Valores acima e abaixo da diagonal ($r = 1$) correspondem às plantas Inoculadas e Não Inoculadas com *C. fimbriata*, respectivamente. ^{ns} não significativo 5% pelo teste “t”; ** significativo a 1% pelo teste “t” e * significativo a 5% pelo teste “t”.

Tabela 11. Estimativa de coeficiente de correlação de Pearson das características severidade total (ST), severidade radial (SR), potencial hídrico foliar (Ψ_w), diâmetro do caule (DC), concentração interna de CO_2 (Ci), condutância estomática (gs), transpiração foliar (E) e fotossíntese líquida (A) em mangueiras da variedade ‘Dura’ inoculadas e não inoculadas com *C. fimbriata*.

Variáveis	ST	SR	Ψ_w	DC	Ci	gs	E	A
ST	1	-0,1365ns	-0,1134ns	-0,1695ns	0,4766ns	-0,3320ns	-0,2920ns	-0,3187ns
SR	-	1	-0,3716ns	0,3094ns	-0,0819ns	-0,4658ns	-0,4688ns	0,0419ns
Ψ_w	-	-	1	-0,2636ns	0,0085ns	0,3034ns	0,2717ns	-0,1545ns
DC	-	-	-0,2503ns	1	-0,3716ns	-0,2098ns	-0,0284ns	0,4700ns
Ci	-	-	0,2664ns	-0,3637ns	1	-0,2815ns	-0,5510*	-0,9047**
gs	-	-	0,6646**	-0,0913ns	-0,1105ns	1	0,9349**	0,3260ns
E	-	-	0,6693**	-0,1083ns	-0,1538ns	0,9876**	1	0,5754*
A	-	-	0,4307ns	-0,2046ns	-0,5222*	0,8048**	0,8369**	1

Valores acima e abaixo da diagonal ($r = 1$) correspondem às plantas Inoculadas e Não Inoculadas com *C. fimbriata*, respectivamente. ^{ns} não significativo 5% pelo teste “t”; ** significativo a 1% pelo teste “t” e * significativo a 5% pelo teste “t”.

Tabela 12. Estimativa de coeficiente de correlação de Pearson das características severidade total (ST), severidade radial (SR), potencial hídrico foliar (Ψ_w), diâmetro do caule (DC), concentração interna de CO_2 (Ci), condutância estomática (gs), transpiração foliar (E) e fotossíntese líquida (A) em mangueiras da variedade ‘Manila’ inoculadas e não inoculadas com *C. fimbriata*.

Variáveis	ST	SR	Ψ_w	DC	Ci	gs	E	A
ST	1	0,7844**	-0,4304ns	-0,4550ns	-0,4143ns	0,4008ns	0,4455ns	-0,2961ns
SR	-	1	-0,6206*	-0,2987ns	-0,1910ns	0,1194ns	0,1751ns	-0,3835ns
Ψ_w	-	-	1	-0,0275ns	0,4158ns	-0,1818ns	-0,3140ns	0,0480ns
DC	-	-	-0,0724ns	1	0,1091ns	-0,1320ns	-0,0910ns	-0,939ns
Ci	-	-	-0,2685ns	0,4434ns	1	-0,4312ns	-0,4264ns	-0,2694ns
gs	-	-	0,0654ns	-0,2751ns	-0,0816ns	1	0,9682**	-0,3378ns
E	-	-	0,0261ns	-0,3452ns	-0,1785ns	0,9828**	1	-0,3676ns
A	-	-	-0,0432ns	-0,3360ns	-0,4591ns	0,1698ns	0,2217ns	1

Valores acima e abaixo da diagonal ($r = 1$) correspondem às plantas Inoculadas e Não Inoculadas com *C. fimbriata*, respectivamente. ^{ns} não significativo 5% pelo teste “t”; ** significativo a 1% pelo teste “t” e * significativo a 5% pelo teste “t”.