

Efeito do deficit hídrico sobre a ocorrência de doenças de plantas

Francislene Angelotti e Emília Hamada

Introdução

O Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), baseado em estudos científicos, considera com alta confiabilidade (probabilidade acima de 90%) que a maior parte do incremento observado nas temperaturas médias globais desde meados do século 20 é decorrente do aumento das concentrações de gases de efeito estufa de origem antrópica, evidenciando a influência humana sobre o clima (STOCKER et al., 2013). A mudança no clima não é projetada somente se considerando a alteração dos valores de temperatura, mas também no ritmo esperado de outras variáveis climáticas, tais como precipitação, umidade e ventos, embora se considere que as projeções de temperatura sejam as mais confiáveis (NOBRE et al., 2011). Assim, todos os modelos climáticos globais apresentam concordância entre si, projetando elevações na temperatura global para o próximo século, diferindo apenas quanto à intensidade. As projeções de chuvas, por sua vez, apresentam certa divergência entre os modelos quanto aos padrões ou até mesmo, em alguns lugares, quanto à tendência da mudança.

A escassez de precipitação durante a estação de crescimento afeta a produção agrícola (seca agrícola) ou o ecossistema em geral e, durante a época de ocorrência do escoamento superficial e da percolação, o deficit incide principalmente sobre o suprimento de

água (seca hidrológica). Além disso, as alterações na manutenção da umidade do solo e das águas subterrâneas são adicionalmente influenciadas pelo aumento da evapotranspiração real (FIELD et al., 2012).

A água é um elemento importante tanto para crescimento e o desenvolvimento das plantas quanto para o processo de infecção dos patógenos e, conseqüentemente, atua diretamente na interação planta-patógeno. A ocorrência de doenças em plantas é resultante da favorabilidade do ambiente, da suscetibilidade do hospedeiro e da presença do patógeno. Deste modo, as mudanças climáticas, e em particular a redução da precipitação, por meio do deficit hídrico, poderão causar impactos na ocorrência de doenças em plantas (Figura 1). Além disso, o deficit hídrico poderá causar um efeito direto e/ou indireto tanto no patógeno, quanto na planta hospedeira. No patógeno, poderá causar impacto nas diferentes fases do ciclo de desenvolvimento e nas plantas poderá afetar todo o seu desenvolvimento, aumentando ou diminuindo a suscetibilidade das mesmas. Lonsdale e Gibbs (2002) afirmam que a umidade do ar é um dos elementos fundamentais para a distribuição geográfica de plantas e fungos, interferindo no crescimento, reprodução e dispersão, tanto do patógeno quanto do hospedeiro.

Neste capítulo serão apresentados os cenários climáticos futuros para precipitação e os possíveis impactos sobre a ocorrência de doenças em plantas.

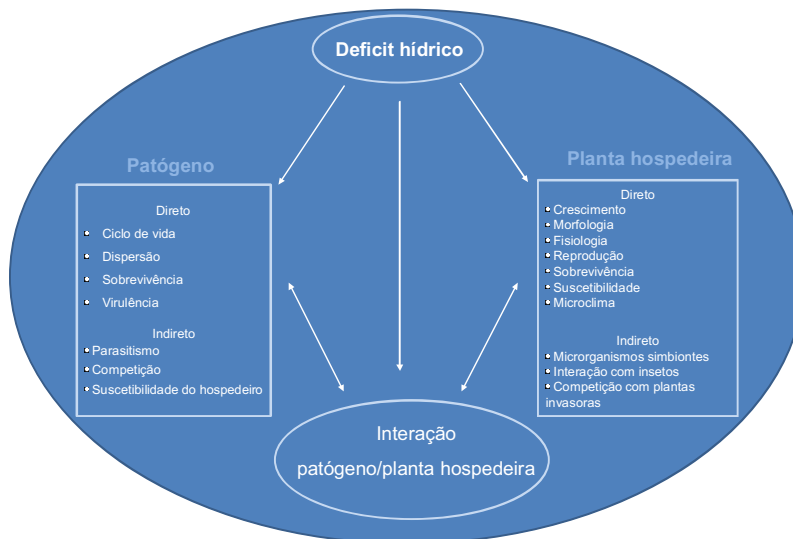


Figura 1. Impactos do deficit hídrico na interação patógeno-hospedeiro.

Projeções climáticas e deficit hídrico

Os recentes relatórios do IPCC vêm indicando melhoria na simulação dos modelos de projeções climáticas e nas técnicas de análise, levando ao aumento na confiança no entendimento da influência das forçantes externas no clima (SOLOMON et al., 2007; STOCKER et al., 2013).. Contudo, apesar de ter havido melhoria na simulação dos padrões de precipitação em escala continental; em escalas regionais, a precipitação ainda não é bem simulada (STOCKER et al., 2013).

Existe uma confiança mediana que eventos de seca se intensificarão no século 21 em algumas estações e áreas, em consequência da redução da precipitação e/ou ao aumento da evapotranspiração, como o sul da Europa e região do Mediterrâneo, a Europa Central, o centro da América do Norte, a América Central e México, o Nordeste do Brasil e o sul da África. Para as demais regiões, em geral, existe uma baixa confiança, em razão da inconsistência

das projeções das mudanças da seca. Uma confiança maior que a média nas projeções de seca tem sido ainda restringida por questões de definição, pela ausência de dados observacionais e pela incapacidade dos modelos atuais de incluir todos os fatores que influenciam a seca (FIELD et al., 2012).

Para o Brasil, Hamada et al. (2011) avaliaram as projeções de precipitações pluviométricas de 15 modelos climáticos globais do Quarto Relatório do IPCC (SOLOMON et al., 2007) e observaram, em média, uma diminuição da precipitação nas estações de inverno e primavera e aumento no verão e outono para o período de 2071-2100, comparado a 1961-1990. Regionalmente, para o Nordeste e Sudeste será estimada diminuição da precipitação no outono, inverno e primavera; porém, os maiores decréscimos ocorrerão no Nordeste e Norte. Destaca-se, o panorama de precipitação para a região Nordeste, que hoje possui a menor precipitação acumulada anual do País e que por essas projeções terá uma escassez de precipitação ainda mais agravada pelos efeitos da mudança climática.

Essa vulnerabilidade à seca do Nordeste brasileiro é enfatizada pelo estudo de Marengo et al. (2016), que consideraram as projeções de precipitação de 24 modelos climáticos globais do Quinto Relatório do IPCC (STOCKER et al., 2013) para o clima projetado para o fim deste século (2071-2100), comparado ao período 1961-1990. Esses autores observaram que mudanças na precipitação regional dependem das forçantes regionais e em como os modelos simulam seus efeitos locais e distantes; e que para o Nordeste, foi observado um espalhamento entre as projeções de precipitação dos diferentes modelos, tornando difícil identificar qualquer mudança. No entanto, considerando-se a média do conjunto de todos os modelos, os autores concluíram, com boa confiabilidade, que as projeções climáticas futuras para a área mostram grandes aumentos de temperatura e reduções de chuvas, o que, juntamente com uma

tendência para períodos mais longos com dias secos consecutivos, sugerem a ocorrência de períodos de deficit hídrico e secas mais frequentes/intensas e uma tendência à aridificação na região.

Deficit hídrico e a interação patógeno-hospedeiro

A água é o componente mais abundante na natureza e um fator limitante para o desenvolvimento das plantas (KRAMER; BOYER, 1995). Assim, o estresse hídrico por seca pode causar um impacto negativo para os cultivos agrícolas. O impacto do deficit hídrico nas espécies vegetais depende da sua intensidade, da duração, do estágio de desenvolvimento da cultura e da capacidade genética das plantas em responder às mudanças do ambiente (SANTOS; CARLESSO, 1998). A compreensão das respostas dos processos fisiológicos quanto às mudanças provocadas por estresse e dos mecanismos de adaptação e de aclimatação de plantas é de grande importância para a agricultura (TAIZ; ZEIGER, 2009), porque a falta de água pode tornar as plantas vulneráveis a problemas fitossanitários.

O estresse por deficit hídrico pode contribuir para aumentar a suscetibilidade das plantas à infecção por patógenos, ou até mesmo, induzir mecanismos de defesa, aumentando a resistência das mesmas. Assim, a interação planta-patógeno, poderá responder de diferentes maneiras ao deficit hídrico, podendo aumentar a tolerância e/ou a suscetibilidade das plantas. Além disso, a falta de água pode interferir diretamente no ciclo de desenvolvimento do patógeno, que será discutido no item seguinte. Por isso, os efeitos do deficit hídrico sobre o risco de ocorrência de doenças de plantas também têm sido alvo de pesquisas para os diferentes patossistemas (MAXWELL et al., 1997; MAYEK-PEREZ et al., 2002; XU et al., 2008).

A resposta das plantas ao déficit hídrico é caracterizada por alterações nos processos fisiológicos e bioquímicos, como fotossíntese, respiração, translocação, absorção de íons, carboidratos e metabolismo de nutrientes (JALEEL et al., 2008). A redução no potencial da água no solo pode promover o fechamento parcial dos estômatos e a partir daí há uma redução na condutância estomática, com conseqüente queda na transpiração e na assimilação de CO₂ e redução na produção de fotoassimilados (TAIZ; ZEIGER, 2009). Desta maneira, algumas plantas, submetidas a períodos prolongados de seca, apresentam maior suscetibilidade ao ataque de fungos, pois as alterações na fotossíntese e na produção de fotoassimilados podem reduzir a oferta de carboidratos, interferindo no metabolismo de compostos de defesa das plantas (McDOWELL et al., 2011). A redução na produção de fotoassimilados diminui a capacidade da planta em produzir compostos de defesa. Em sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), a baixa umidade do solo provocou uma redução na produção de açúcares totais, que foi correlacionada com o aumento da colonização da *Macrophomina phaseolina* (GOUDARZI et al., 2011). No entanto, o déficit hídrico pode promover a produção de substâncias que estimulam o crescimento de patógenos, como ocorreu em plântulas de *Populus*. Essas plântulas apresentaram um aumento na concentração de aminoácidos como prolina, alanina e asparagina, promovendo maior crescimento das hifas de *Hypoxyton mammatum* (BELANGER et al., 1990).

O déficit hídrico provoca mudanças na relação da célula com a água, incluindo mudanças fisiológicas e morfológicas, como o decréscimo da área foliar e murcha (TAIZ; ZEIGER, 2009). Assim, plantas sob déficit hídrico e com ataque de patógenos podem apresentar maior severidade das doenças. Em feijão (*Phaseolus vulgaris*), o déficit hídrico, associado ao ataque do fungo *Macrophomina phaseolina*, resultou em maior taxa de transpiração e temperatura da folha, em

comparação com plantas submetidas apenas ao estresse hídrico (MAYEK-PEREZ et al., 2002). Em plantas de hera-americana (*Parthenocissus quinquefolia*), cultivadas em solo com baixa umidade e infectadas pela bactéria *Xylella fastidiosa*, foi observada maior severidade da queima das folhas, com redução da área foliar e no comprimento da parte aérea e alterações no potencial hídrico, na condutância estomática, em comparação com plantas infectadas que cresceram em solo com umidade adequada (McELRONE et al., 2001).

Em algumas situações, os microrganismos causadores de doenças podem estar presentes no hospedeiro antes do deficit hídrico, como saprófitas ou endofíticos, podendo causar maior dano às plantas em períodos de seca (BOYER, 1995). Os fungos *Fusarium* e *Verticillium*, por exemplo, precisam da umidade do solo para causar a infecção. Entretanto, após o seu estabelecimento nas plantas, os maiores danos são observados em plantas sob restrição hídrica, porque a murcha causada por estes patógenos reduz o transporte de água pelo xilema (MARKELL et al., 2008). Outros patógenos como os fungos *Botryosphaeria dothidea* (MA et al., 2001) e *Diplodia mutila* (RAGAZZI et al., 1999) também aumentaram a sua agressividade em plantas submetidas ao deficit hídrico. O aumento da suscetibilidade das plantas, sob déficit hídrico, foi observada nas interações: “*Macrophomina phaseolina* - feijão” (MAYEK-PEREZ et al., 2002); “*Septoria musiva* – álamo” (MAXWELL et al., 1997); “*Lasiodiplodia theobromae* – *Cornus florida*” (MULLEN et al., 1991); “Vírus do mosaico severo do caupi (CPSMV) – feijão-caupi” (SILVA, et al., 2016); “*Phytophthora cinnamomi* – carvalho” (MARÇAIS et al., 1993).

O efeito do deficit hídrico pode diminuir a importância de alguns problemas fitossanitários por causa do fechamento dos estômatos das plantas. Isso porque, diversos fungos utilizam os estômatos como via de entrada para o início do processo de infecção. Assim,

o fechamento dos estômatos pelo déficit hídrico pode restringir a penetração do patógeno na planta hospedeira. Os fungos *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* (LEONARD; SZABO, 2005), *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (MOLDENHAUER et al., 2006) e *Plasmopara viticola* (ALLÈGRE et al., 2007) são alguns exemplos de patógenos que utilizam os estômatos como a via de penetração no tecido da planta hospedeira.

O tipo de interação trófica estabelecida entre o patógeno e o hospedeiro também terá influência sobre a ocorrência de doenças em plantas sob déficit hídrico. Em espécies florestais, os patógenos necrotróficos, que mantêm uma atividade saprofítica e retiram os nutrientes de células mortas, podem acelerar a mortalidade de árvores em ambiente com déficit hídrico. Já os patógenos biotróficos, que obtêm alimento diretamente a partir de tecidos vivos, podem causar menor impacto em plantas sob déficit hídrico (OLIVA et al., 2014).

A complexidade da interação patógeno-hospedeiro evidencia que diferentes mecanismos são apresentados pelas espécies em resposta às mudanças climáticas. Tanto a infecção por patógeno, quanto o déficit hídrico, promovem o estresse nas plantas e interferem em sua capacidade de defesa. Às vezes, ocorre uma sobreposição na sinalização das respostas pelas plantas, o que pode explicar a proteção ou a tolerância cruzada (DESPREZ-LOUSTAU et al., 2006).

Em coníferas, mudas sob déficit hídrico apresentaram a produção de quitinase, substância produzida em resposta ao ataque de *Rhizoctonia* sp. (NAGY et al., 2004). Outra resposta interessante é a produção de substâncias como prolina, açúcares, putrescina e antioxidantes, em plantas infectadas por vírus, conferindo tolerância à seca, em plantas de tabaco (XU et al., 2008). Em alguns estudos é relatado que podem ocorrer alterações na transcrição de

genes associados à resistência do hospedeiro em decorrência do deficit hídrico (ARANGO-VELEZ et al., 2014). Assim, os estudos moleculares têm avançado nos últimos anos, a fim de entender as vias de sinalização e os genes envolvidos na resistência a agentes fitopatogênicos e ao deficit hídrico.

Deficit hídrico e o ciclo de desenvolvimento do patógeno

A precipitação é um elemento climático importante para a infecção de patógenos em plantas e pode atuar nas diferentes etapas do ciclo de desenvolvimento da doença. Assim, o deficit hídrico pode causar um impacto direto sobre o patógeno, tornando o ambiente mais ou menos favorável para a infecção, para o desenvolvimento da doença e sua disseminação.

No início do processo de infecção, a maioria dos fungos necessita de água livre para a germinação dos conídios. Para *Phytophthora* spp., água livre é necessária para a produção, dispersão e germinação de zoósporos (MAFFIA; MIZUBUTI, 2005). Os esporos de *Alternaria brassicae*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Ustilago maydis* também exigem umidade atmosférica acima de 90% para germinarem. Da mesma maneira que a umidade, o período de molhamento foliar também é importante para o estabelecimento de doenças em plantas, determinando a intensidade da infecção. Algumas doenças típicas como o míldio da videira e o mal-das-folhas em seringueira, causadas pelos fungos *Plasmopara viticola* e *Microcylus ulei*, respectivamente, requerem no mínimo 2 horas de molhamento foliar para causar a infecção. Esses fungos também necessitam de água livre para a formação de suas estruturas reprodutivas. Assim, a seca pode retardar o desenvolvimento de fungos patogênicos, porque muitos dependem da água para o seu desenvolvimento (KLOPFENSTEIN et al., 2009).

Os patógenos respondem de modo diferente à umidade e existem valores mínimos, ótimos e máximos de umidade para cada fase do ciclo de desenvolvimento dos mesmos. No caso dos oídios, o molhamento foliar pode inibir a germinação dos conídios. Outro exemplo de patógeno favorecido pela seca é o fungo *Macrophomina phaseolina*, porque ele consegue produzir grandes quantidades de microesclerócios em condições de baixo potencial osmótico (KENDIG et al., 2000).

Além de atuar na fase inicial do ciclo de infecção, a precipitação poderá interferir na disseminação dos fungos fitopatogênicos, por meio dos respingos de chuva (KLOPFENSTEIN et al., 2009). Alguns patógenos foliares, como *Colletotrichum gloeosporioides* (VIEGAS, 2001) e *Lasiodiplodia theobromae* (ÚRBEZ-TORRES et al., 2010) são dispersos por meio de respingos de chuva. Assim, os agentes patogênicos que necessitam chuva para a sua disseminação poderão apresentar menor impacto em períodos secos.

As alterações na precipitação também influenciarão diretamente a sobrevivência dos patógenos de plantas. Alguns patógenos de solo, como *Phytophthora* e *Sclerotium*, apresentam o desenvolvimento de estruturas de resistência, denominadas de oósporos e escleródios, respectivamente. Essas estruturas são capazes de sobreviver em condições de baixa umidade. Além disso, existem doenças causadas por *Sclerotium* e *Macrophomina*, cuja medida de controle é a inundação do solo. Desta maneira, em um cenário de diminuição na precipitação, a sobrevivência destes fungos poderá ser favorecida, sendo necessárias medidas de manejo para o seu controle.

Considerações finais

O conhecimento sobre os efeitos do deficit hídrico na ocorrência e severidade de problemas fitossanitários é um assunto complexo. Entretanto, os pesquisadores estão em alerta para entender os prováveis impactos da seca na interação patógeno/praga-hospedeiro. A ocorrência de uma doença, sua distribuição e severidade estão condicionadas à ação direta do ambiente sobre o agente fitossanitário e a planta hospedeira. Os resultados de pesquisa já indicam que alterações na precipitação irão interferir no desenvolvimento da doença, modificando a resistência do hospedeiro e a interação patógeno-hospedeiro. Isso implicará em novas interações entre patógeno-hospedeiro para os diversos sistemas de cultivo, causando perdas na produção agrícola e alterações nos ecossistemas com consequentes modificações nas estratégias de manejo. Assim, a geração desses conhecimentos será determinante para orientar políticas e práticas de mitigação e adaptação, com o objetivo de minimizar os impactos da seca, que já é um fator limitante para a produção agrícola.

Referências

- ALLÈGRE, M.; DAIRE, X.; HÉLOIR, M. C.; TROUVELOT, S.; MERCIER, L.; ADRIAN, M.; PUGIN, A. Stomatal deregulation in *Plasmopara viticola* - infected grapevine leaves. **New phytologist**, v. 173, n. 4, p. 832-840, 2007.
- ARANGO-VELEZ, A.; GONZALEZ, L. M.; MEENTS, M. J.; EL-KAYAL, W.; COOKE, B. J.; LINSKY, J.; LUSEBRINK, I.; COOKE, J. E. K. Influence of water deficit on the molecular responses of *Pinus contorta* x *Pinus banksiana* mature trees to infection by the mountain pine beetle fungal associate *Grosmannia clavigera*. **Tree Physiology**, v. 34, n. 11, p. 1220-1239, 2014.
- BELANGER, R. R.; MANION, P. D.; GRIFFIN, D. H. Amino acid content of water-stressed plantlets of *Populus tremuloides* clones in relation to clonal susceptibility to *Hypoxyton mammatum* in vitro. **Canadian Journal Botany**, v. 68, n. 1, p. 26-29, 1990.

BOYER, J. S. Biochemical and biophysical aspects of water deficits and the predisposition to disease. **Annual Review of Phytopathology**, v. 33, p. 251-274, 1995.

DESPREZ-LOUSTAU, M. L.; MARCAIS, B.; NAGELEISEN, L.-M.; PIOU, D. A.; VANNINI, A. Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. **Annals of Forest Science**, v. 63, n. 6, p. 597-612, 2006.

FIELD, C. B.; BARROS, V.; STOCKER, T. F.; QIN, D.; DOKKEN, D. J.; EBI, K. L.; MASTRANDREA, M. D.; MACH, K. J.; PLATTNER, G.-K.; ALLEN, S. K.; TIGNOR, M.; MIDGLEY, P. M. (Ed.). **Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: a special report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University, 2012. 582 p.

GOUDARZI, S.; BANIHASHEMI, Z.; MAFTOUN, M. Effect of salt and water stress on root infection by *Macrophomina phaseolina* and ion composition in shoot in sorghum. **Iran Journal Plant Pathology**, v. 47, n. 3, p. 69-83, 2011.

HAMADA, E.; GHINI, R.; MARENGO, J. A.; THOMAZ, M. C. Projeções de mudanças climáticas para o Brasil no final do século XXI. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (Ed.). **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. p. 41-74.

JALEEL, C. A.; GOPI, R.; SANKAR, B.; GOMATHINAYAGA, M.; PANNEERSELVAM, R. Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus roseus* under drought stress. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, n. 1, p. 42-47, 2008.

KENDIG, S. R.; RUPE, J. C.; SCOTT, H. D. Effect of irrigation and soil water stress on densities of *Macrophomina phaseolina* in soil and roots of two soybean cultivars. **Plant Disease**, v. 84, n. 8, p. 895-900, 2000.

KLOPFENSTEIN, N. B.; KIM, M. -S.; HANNA, J. W. **Approaches to predicting potential impacts of climate change on forest disease: an example with Armillaria root disease**. Fort Collins: Department of Agriculture, Rocky Mountain Research Station, 2009. 10 p. (Research Paper RMRS-RP-76).

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. New York: Academic, 1995. 482 p.

LEONARD, K. J.; SZABO, L. J. Stem rust of small grains and grasses caused by *Puccinia graminis*. **Molecular Plant Pathology**, v. 6, n. 2, p. 99-111, 2005.

LONSDALE, D.; GIBBS, J. Effects of climate change on fungal diseases of trees. In: BROADMEADOW, M. (Ed.) **Climate change: impacts on UK forests**. Bristol, UK: Forestry Commission, 2002. p. 83-97 (Forestry Commission Bulletin, 125).

MA, Z. H.; MORGAN, D. P.; MICHAILIDES, T. J. Effects of water stress on Botryosphaeria blight of pistachio caused by *Botryosphaeria dothidea*. **Plant Disease**, v. 85, n. 7, p. 745-749, 2001.

MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G. **Epidemiologia de doenças radiculares**. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Org.). Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais. Recife: Ed. da UFRPE, 2005. p. 207-236.

MARÇAIS, B.; DUPUIS, F.; DESPREZ-LOUSTAU, M. L. Influence of water stress on susceptibility of red oak (*Quercus rubra*) to *Phytophthora cinnamomi*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 23, n. 5, p. 295-305, 1993.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in northeast Brazil – past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, 2016. DOI:10.1007/s00704-016-1840-8.

MARKELL, S.; KHAN, M.; SECOR, G.; GULYA, T.; LAMEY, A. **Row crop diseases in drought years**. Fargo: NDSU, 2008. 2 p. (NDSU. PP 1371).

MAXWELL, D. L.; KRUGER, E. L.; STANOSZ, G. R. Effects of water stress on colonization of poplar stems and excised leaf disks by *Septoria musiva*. **Phytopathology**, v. 87, n. 4, p. 381-88, 1997.

MAYEK-PEREZ, N.; GARCIA-ESPINOSA, R.; LOPEZ-CASTANEDA, C.; ACOSTA-GALLEGOS, J. A.; SIMPSONV, J. Water relations, histopathology and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during pathogenesis of *Macrophomina phaseolina* under drought stress. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 60, n. 4, p. 185-195, 2002.

McDOWELL, N. G.; BEERLING, D. J.; BRESHEARS, D. D. The interdependence of mechanisms underlying climate-driven vegetation mortality. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 26, n. 10, p. 523-532, 2011.

McELRONE, A. J.; SHERALD, J. L.; FORSETH, I. N. Effects of water stress on symptomatology and growth of *Parthenocissus quinquefolia* infected by *Xylella fastidiosa*. **Plant Disease**, v. 85, n. 11, p. 1160-1164, 2001.

MOLDENHAUER, J.; MOERCSHBACHER, B. M.; WESTHUIZEN, A. J. van der. Histological investigation of stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*). **Plant Pathology**, v. 55, n. 4, p. 469-474, 2006.

MULLEN, J. M.; GILLIAM, C. H.; HAGAN, A. K.; MORGAN-JONES, G. Canker of dogwood caused by *Lasiodiplodia theobromae*, a disease influenced by drought stress or cultivar selection. **Plant Disease**, v. 5, p. 886-889, 1991.

NAGY, N. E.; FOSSDAL, C. G.; DALEN, L. S.; LONNEBORG, A.; HELDAL, I.; JOHNSEN, O. Effects of *Rhizoctonia* infection and drought on peroxidase and chitinase activity in Norway spruce (*Picea abies*). **Physiological Plant**, v. 120, n. 3, p. 465-473, 2004.

NOBRE, C.; MARENGO, J. A.; SAMPAIO, G.; BETTS, R.; KAY, G. Mudanças climáticas globais e regionais. In: MARENGO, J. A.; BETTS, R. (Coord.). **Riscos das mudanças climáticas no Brasil: análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia**. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 25-29. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/relatorio_port.pdf> Acesso em: 23 jul. 2012.

OLIVA, J.; STENLID, J.; MARTINEZ-VILALTA, J. The effect of fungal pathogens on the water and carbon economy of trees: implications for drought-induced mortality. **New Phytologist**, v. 203, n. 4, p. 1028-1035, 2014.

RAGAZZI, A.; MORICCA, S.; DELLAVALLE, I. Water stress and the development of cankers by *Diplodia mutila* on *Quercus robur*. **Journal Phytopathology**, v. 147, n. 7-8, p. 425-428, 1999.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SILVA, R. G. G.; VASCONCELOS, I. M.; MARTINS, T. F.; VARELA, A. L. N.; SOUZA, P. F. N.; LOBO, A. K. M.; SILVA, F. D. A.; SILVEIRA, J. A. G.; OLIVEIRA, J. T. A. Drought increases cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) susceptibility to cowpea severe mosaic virus (CPSMV) at early stage of infection. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 109, p. 91-102, 2016.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (Ed.). **Climate Change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University, 2007. 996 p.

STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G. K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. (Ed.). **Climate Change 2013: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University, 2013. 1535 p.

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

ÚRBEZ-TORRES, J. R.; BATTANY, M.; BETTIGA, L. J.; GISPERT, C.; MCGOURTY, G.; RONCORONI, J.; SMITH, R. J.; VERDEGAAL, P.; GUBLER, W. D. *Botryosphaeriaceae* species spore-trapping studies in California vineyards. **Plant Disease**, v. 94, n. 6, p. 717-724, 2010.

VIEGAS, E. N. **Dispersão de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente etiológico de antracnose da cebola, pela água**. 2001. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

XU, P.; CHEN, F.; MANNAS, J. P.; FELDMAN, T.; SUMNER L. W.; ROOSSINCK, M. J. Virus infection improves drought tolerance. **New Phytologist**, v. 180, n. 4, p. 911-921, 2008.