



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

MARCILENE FAVALESSA

**IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA RESISTÊNCIA DE
CLONES DE EUCALIPTO A *Ceratocystis fimbriata***

JERÔNIMO MONTEIRO
2014

MARCILENE FAVALESSA

**IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA RESISTÊNCIA DE
CLONES DE EUCALIPTO A *Ceratocystis fimbriata***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Waldir Cintra de Jesus Junior

Coorientador: José Eduardo Macedo Pezzopane

Coorientadora: Carla Cristina Rosado Gonçalves

JERÔNIMO MONTEIRO

2014

**IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA RESISTÊNCIA DE
CLONES DE EUCALIPTO A *Ceratocystis fimbriata***

Marcilene Favalessa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em:

Prof. Dr. Willian Bucker Moraes
UFES
Membro Externo

Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane
UFES
Coorientador

Prof. Dr. Waldir Cintra de Jesus Junior
UFSCAR
Orientador

DEDICO

Aos que me apoiaram para que eu chegasse até aqui.

Pai, mãe, irmão, cunhada, sobrinha, namorado e os meus amigos de batalha.

MUITO OBRIGADA!

AGRADECIMENTOS

À Deus por me permitir chegar até esse momentos, por ter colocado em meu caminhos pessoas especiais que jamais serão esquecidas, por ter me dado força nos momentos difíceis e sabedoria para seguir em frente.

Aos meus pais, que não mediram esforços para que eu pudesse realizar esse sonho. Ao meu irmão, cunhada e sobrinha, pelo amor e paciência durante essa etapa.

Ao Marcio, pelo companheirismo, amor e carinho ao longo de mais uma caminhada e etapa da minha vida.

Aos meus amigos, em especial às meninas do laboratório, meu muito OBRIGADA, sem vocês isso teria sido muito mais difícil.

À Julia e á Laís pelo companheirismo e amizade, pelos momentos de descontração e por me suportarem nos meus momentos mais difíceis.

Aos professores, pelos ensinamentos, que mais uma vez contribuíram no meu crescimento acadêmico.

Gostaria de agradecer também ao professor Dr. Waldir C. de Jesus Junior pela orientação e pela confiança depositada em mim. Também agradeço ao Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane, pela paciência, disponibilidade e ensinamento durante a execução desse trabalho.

Agradeço também a Dra. Carla C. G. Rosado pela atenção e disponibilidade no decorrer desse trabalho.

À empresa Fibria Celulose S. A., na pessoa do pesquisador Dr. Reginaldo G. Mafia, pela concessão das mudas para o estudo.

E por fim, e não menos importante, a CAPES pelo auxílio financeiro durante o período do mestrado.

Se você está andando no caminho certo e está disposto a continuar caminhando, eventualmente, você vai progredir.

Barack Obama

O otimista erra tanto quanto o pessimista, mas não sofre por antecipação.

Fernando Sabino

A sabedoria de um homem não está em não errar, chorar, se angustiar e se fragilizar, mas em usar seu sofrimento como alicerce de sua maturidade.

Augusto Cury

BIOGRAFIA

MARCILENE FAVLESSA, filha de Pedro Favalessa e Domingas Maria Scopel Favalessa, natural de Linhares, Espírito Santo, nasceu no dia 03 de Novembro de 1985. Terminou Ensino Médio na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dyllo Penedo, no município de Aracruz- ES no ano de 2003. Em 2007 ingressou na Universidade do Espírito Santo (UFES) graduando-se em Engenharia Florestal no ano de 2012. Em agosto do mesmo ano, iniciou o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo, ES, submetendo-se à defesa de dissertação em 17 de Setembro de 2014.

RESUMO

FAVALESSA, Marcilene. **IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA RESISTÊNCIA DE CLONES DE EUCALIPTO A *Ceratocystis fimbriata***. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. Dr. Waldir Cintra de Jesus Junior. Coorientador: José Eduardo Macedo Pezzopane e Carla Cristina Gonçalves Rosado.

O eucalipto é uma das espécies florestais de importância comercial cultivada em vários países do mundo, possuindo ampla adaptabilidade ambiental, representando grande fonte de recursos financeiros para a economia do Brasil. A murcha de *Ceratocystis fimbriata* no eucalipto é uma das doenças que limitam o crescimento e a produtividade da cultura. O patossistema, bem como suas interações pode ser afetado pelas mudanças climáticas globais, principalmente com relação às alterações de temperatura e de dióxido de carbono (CO₂). Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar o efeito do aumento da concentração de CO₂ e da temperatura sobre o comportamento de dois clones de eucalipto com diferentes níveis de resistência a *Ceratocystis fimbriata*. O estudo foi desenvolvido em câmara de crescimento (“fitotron”) do Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Jerônimo Monteiro, ES. Foram utilizadas mudas de eucalipto com diferentes graus de resistência ao patógeno, em fase inicial transplantadas para vasos de 12L e permanecendo em casa de vegetação por 45 dias, sendo em seguida inoculadas com o patógeno e mantidas no “fitotron” por 30 dias. O experimento foi desenvolvido em dois cenários com condições ambientais diferentes, onde se simulou o aumento da temperatura conforme dados de trabalhos científicos, para a região norte do estado do Espírito Santo. O cenário atual foi desenvolvido com temperatura variando de 18 a 30°C e concentração de CO₂ de 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ e o cenário futuro com temperatura variando de 22 a 34°C e concentração de CO₂ de 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$. Foram quantificadas as características de crescimento através da mensuração de altura, diâmetro, área foliar e massa seca das plantas. Para caracterizar as respostas ecofisiológicas,

foram realizadas medidas das trocas gasosas. O delineamento experimental utilizado foi Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x2, sendo três clones e dois cenários, as médias quando significativas foram submetidas ao teste de Tukey para comparação a nível de 5% de probabilidade. Para os dois materiais genéticos de eucalipto avaliados, a elevada concentração de CO₂ e da temperatura no cenário futuro, atuou como um fator estressante para as mudas de eucalipto, onde foi possível notar que as mudas submetidas a esse cenário apresentaram menores valores de massa seca total, área foliar, altura da parte aérea e fotossíntese líquida. Quanto à severidade da doença, o clone suscetível inoculado apresentou a doença nos dois cenários em estudo, já o clone resistente apresentou comportamento distinto quando comparados os dois cenários estudados, observando-se a doença apenas nas mudas do cenário futuro. Com base nos resultados dessa pesquisa, acredita-se que as mudanças climáticas devem alterar as condições de resistência de plantas de eucalipto, aumentando a intensidade das doenças.

Palavras-chave: Suscetibilidade; temperatura elevada; resistência; fitotron.

ABSTRAT

FAVALESSA, Marcilene. **IMPACT OF CLIMATE CHANGE IN RESISTANCE OF EUCALYPTUS TO *Ceratocystis fimbriata***. 2014 Thesis (Master of Forest Science) - Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Prof. Dr. Waldir Cintra Jesus Junior. Co-Advisor: José Eduardo Macedo Pezzopane and Carla Cristina Gonçalves Rosado.

Eucalyptus is one of the commercially important tree species grown in several countries in the world with wide environmental adaptability, representing major source of financial resources for the economy of Brazil. The wilting of *Ceratocystis fimbriata* in Eucalyptus is one of the diseases that limit the growth and crop productivity. The pathosystem, as well as their interactions can be affected by global climate change, particularly with respect to changes in temperature and carbon dioxide (CO₂). In this context, the aim of this study was to analyze the effect of increased CO₂ concentration and temperature on the behavior of two eucalyptus clones with different levels of resistance to *Ceratocystis fimbriata*. The study was conducted in growth ("phytotron") of the Laboratory of Ecophysiology and Forest Meteorology in the Department of Forest Science and Wood Center for Agricultural Sciences, Federal University of Espírito Santo chamber, located in the town of Jeromino Monteiro, ES. Eucalyptus seedlings with different degrees of resistance to the pathogen were used in the initial phase transplanted to pots 12L and staying in a greenhouse for 45 days and then inoculated with the pathogen and maintained in "phytotron" for 30 days. The experiment was conducted in two scenarios with different environmental conditions, where the simulated temperature increase according to data from scientific paper, for the northern region of the state of Espirito Santo. The current scenario was developed with temperature ranging from 18 to 30 ° C and CO₂ concentration of 400 µmol.mol⁻¹ and the future scenario with temperatures ranging from 22 to 34°C and CO₂ concentration of 800 µmol.mol¹. Growth characteristics were quantified by measuring height, diameter, leaf area and plant dry matter. To characterize the ecophysiological responses of gas exchange measurements were performed. The experimental

design was completely randomized (DIC) in a 3x2 factorial design, with three clones and two scenarios, the averages were significant when subjected to Tukey's test to compare the level of 5% probability. For those genetic materials eucalyptus evaluated, the high concentration of CO₂ and temperature on the future scenario, acted as a stressor for eucalyptus seedlings, where it was possible to notice that the seedlings subjected to this scenario had significantly lower total dry mass, leaf area, shoot height and net photosynthesis. As the severity of the disease, the clone susceptible inoculated had the disease in the two scenarios under study, since the clone resistant showed different behavior when comparing the two scenarios studied, observing the disease only in the seedling of the future scenario. Based on the results of this research, it is believed that climate change should alter the conditions of resistance of Eucalyptus plants by increasing the intensity of the disease.

Keywords: Susceptibility; high temperature; resistance; phytotron.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1 HIPOTHESES.....	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 A CULTURA DO EUCALIPTO	14
3.2 <i>Ceratocystis fimbriata</i>	16
3.3 IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM DOENÇAS DE PLANTAS	18
3.4 EFEITO DO CO ₂ EM DOENÇAS DE PLANTAS	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 MATERIAL VEGETAL.....	23
4.2 OBTENÇÃO, MULTIPLICAÇÃO E MANUTENÇÃO DO INÓCULO DE <i>Ceratocystis fimbriata</i>	24
4.3. INOCULAÇÃO DAS MUDAS	24
4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	25
4.5 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS.....	28
4.5.1. Características da doença.....	28
4.5.2. Características de crescimento das mudas.....	28
4.5.3. Características Fisiológicas.....	29
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	29
5. RESULTADOS	30
5.1. SEVERIDADE	30
5.2. AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS PLANTAS.....	31
5.3. TROCAS GASOSAS	38
5.3.1. Fotossíntese.....	38
5.3.2. Condutância estomática	40
5.3.3. Transpiração	41
5.3.4. Concentração intercelular de CO ₂ /concentração ambiente de CO ₂ (Ci/Ca)	43
6. DISCUSSÃO	45

7. CONCLUSÕES	50
8. REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial, as emissões de dióxido de carbono (CO₂) vêm aumentando significativamente em razão da necessidade de queima de combustíveis fósseis como fonte de energia e devido às modificações do uso da terra, tendo como consequência o aumento da temperatura global. Estas emissões podem causar alterações no clima do planeta e, conseqüentemente, mudanças no atual cenário dos problemas fitossanitários, com graves consequências econômicas, sociais e ambientais (JESUS JUNIOR et al., 2008).

De acordo com o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2013) houve aumento da concentração de CO₂ na atmosfera de 280 ppm na época pré-industrial para 379 ppm em 2005. A concentração prevista para 2100, nas projeções mais pessimista, pode ultrapassar o valor de 700 ppm. Essas prováveis mudanças no clima do planeta podem provocar mudanças positivas, negativas ou neutras, no que se refere à ocorrência e intensidade de doenças em plantas. Por esse motivo, a análise dos possíveis efeitos da mudança climática sobre doenças de plantas é fundamental na adoção de medidas efetivas, com a finalidade de evitar prejuízos mais sérios (GHINI, 2005; HAMADA et al., 2005)

Os impactos das mudanças climáticas sobre as plantas e patógenos podem se expressar em diferentes aspectos, podendo causar efeitos diretos e indiretos tanto sobre o patógeno quanto sobre as plantas hospedeiras e também na interação de ambos (COAKLEY, 1995; MANNING; TIEDMANN, 1995; CHAKRABORTY et al., 2000; CHAKRABORTY et al., 2001; CHAKRABORTY, 2005; GHINI, 2005, CHAKRABORTY, 2013).

Apesar do aumento das pesquisas, ainda existem lacunas sobre o efeito direto e o impacto do aumento da concentração de dióxido de carbono atmosférico no desenvolvimento de doenças, crescimento e produtividade de espécies florestais (JESUS JUNIOR et al., 2013).

As doenças de plantas sempre causaram um impacto negativo na produção de qualquer cultura. No setor florestal, as florestas plantadas de

eucalipto representam grande importância econômica para o Brasil, onde proporciona a geração de 4,4 milhões de postos de empregos, incluindo empregos diretos e empregos indiretos. A produtividade dessa cultura pode ser totalmente afetada pela ocorrência de doenças, as quais causam danos por reduzir a quantidade e qualidade dos produtos bem como a vida útil das áreas reflorestadas (ALFENAS, 2009).

Uma doença de grande importância para o eucalipto devido as consequências que causa em plantações e no sistema de produção de mudas clonais é a murcha de *Ceratocystis*, podendo inviabilizar o sistema devido à sua natureza letal, ampla distribuição geográfica e variada gama de hospedeiros (ALFENAS; GUIMARÃES, 2007).

A murcha de *Ceratocystis* é causada por *Ceratocystis fimbriata* Ellis e Halsted, detectada pela primeira vez no Brasil em plantios clonais de Eucalipto no sudoeste da Bahia no ano de 1997 (FERREIRA et al., 1999; FERREIRA, 2000).

O *Ceratocystis* é um fungo que ataca uma vasta gama de hospedeiro incluindo espécies dentro dos gêneros *Eucalyptus*, *Hevea*, *Ipomoea*, *Mangifera*, *Platanus*, *Populus*, *Prunus*, *Coffea*, *Punica*, *Colocasia*, *Ficus*, *Crotalaria*, *Acacia*, *Populus*, *Theobroma*, *Herrania*, *Spathodea*, *Citrus*, *Erythrina*, *Syngonium*, *Platanus*, *Prunus*, *Alocasia*, *Gmelina Mangifera*, *Annona*, *Daucus*, *Xanthosoma*, *Actinidia deliciosa* (BAKER; HARRINGTON, 2004; PIVETA et al., 2013; ALFENA et al., 2009). A grande maioria dessas espécies está presente no território brasileiro, e pode servir de fonte de inóculo do patógeno para plantios de eucalipto isentas de doença.

Diante deste contexto, é necessário entendimento dos possíveis impactos das mudanças climáticas, notadamente do aumento na temperatura e da concentração de dióxido de carbono atuaram no desenvolvimento do eucalipto e na relação clones de eucalipto x *C. fimbriata*.

2. OBJETIVOS

Verificar o comportamento de dois clones híbridos de eucaliptos, procedente de materiais genéticos de *E. urophylla* x *E. grandis*, com diferentes padrões de resistência e susceptibilidade ao *Ceratocystis fimbriata* em dois cenários climáticos, atual e futuro, com variação conjunta no aumento da temperatura e na concentração de dióxido de carbono, para o norte do Espírito Santo.

2.1 HIPÓTESES

➤ A variação na temperatura e a alteração na concentração de dióxido de carbono irão afetar os padrões de resistência e susceptibilidade dos clones de eucalipto nos cenários estudados.

➤ A variação na temperatura e a alteração na concentração de dióxido de carbono não irão afetar os padrões de resistência e susceptibilidade dos clones de eucalipto nos cenários estudados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A CULTURA DO EUCALIPTO

O eucalipto (*Eucalyptus* spp.) ocorre naturalmente na Austrália, Indonésia e ilhas próximas. O gênero *Eucalyptus* pertence à Divisão Angiospermae, Classe Dicotyledonea, Ordem Myrtales e família Myrtaceae, com muitas espécies, subespécies e alguns híbridos naturais, sendo também notórias as variedades fenotípicas intraespecíficas decorrentes de condições ambientais ou da hibridação (BERTOLUCCI et al., 1995).

Esse gênero apresenta ampla capacidade de modificar-se e considerável dispersão mundial, com crescimento satisfatório em diferentes situações edafoclimáticas, devido á grande capacidade de extração de água e nutrientes e assimilação fotossintética (SANTOS; AUER; GRIGOLETTI JUNIOR, 2001; FERREIRA et al., 2007).

O gênero *Eucalyptus* possui aproximadamente 700 espécies, sendo considerado um valor alto quando se comparado a outros gêneros florestais. Apesar da grande variedade, as espécies mais plantadas no mundo são *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. nitens*, *E. saligna*, *E. dunnii* e *E. pellita*, que associado aos híbridos, somam 90% dos plantios de eucalipto (HARWOOD, 2011; BOOTH, 2013).

Essa cultura foi introduzida na América do Sul, provavelmente, em 1823, em regiões próximas ao Chile. Em meados de 1865, a espécie foi introduzida na Argentina e por volta de 1868 foi implantada no Brasil (MARTINI, 2004).

Em um período de 56 anos (1909 a 1965) foram plantados 470.000 ha de eucalipto no Brasil, sendo que o estado de São Paulo compreendia 80 % dessa área cultivada (COUTO, 2002).

Entretanto, no período que compreende os anos de 2006 - 2012 houve uma desaceleração do crescimento da área de plantios de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp. (ABRAF, 2013).

Acredita-se que foram vários os motivos que induziram essa redução no plantio de eucalipto no Brasil no ano de 2012, dentre esses motivos pode-se mencionar, restrições do governo brasileiro para a aquisição de terras por grupos nacionais que tinham a maioria do capital advindo do exterior; a diminuição da competitividade internacional dos produtos da cadeia produtiva brasileira de base florestal; burocratização e longos prazos exigidos pelos órgãos ambientais para a liberação de processos de licenciamento ambiental para projetos florestais e industriais no país (ABRAF, 2013).

Dados recentes da ABRAF (2013) revelam que a cultura do Eucalipto dispõe de uma área cultivada de 5.102.030 ha, representando crescimento de 4,5% (228.078 ha) em relação ao ano de 2012, quando houve o desaceleramento do plantio dessa cultura (ABRAF, 2013).

O Brasil está entre os países com maior produtividade, em consequência das condições ambientais favoráveis do país, ao melhoramento genético e o avanço das técnicas silviculturais. (TONINI et al., 2004).

A cultura do eucalipto é uma das mais importantes do Brasil, constituindo-se em fonte de energia e madeira renovável, além de suportar importantes processos agroindustriais para produção de papel, celulose e essências (FURTADO, SANTOS e MASSON, 2008).

Estima-se que o setor florestal manteve 4,4 milhões de postos de empregos, incluindo empregos diretos (0,6 milhão), empregos indiretos (1,3 milhão) e empregos resultantes do efeito-renda (2,4 milhões) (ABRAF, 2013).

Por essa notoriedade e abrangência, plantações de eucalipto estão sujeitas a vulnerabilidade climática, pois apesar da alta capacidade de adaptação, há possibilidade de a seleção genética estar reduzindo a capacidade de adaptação climática da espécie (BOOTH, 2013).

Essa cultura era praticamente isenta de doenças até a década de 70. Porém, devido o avanço das áreas reflorestadas para regiões mais quentes e úmidas, o plantio de espécies mais suscetíveis e a utilização repetitiva de uma mesma área para plantio criaram condições favoráveis à ocorrência de doenças, sendo na sua maioria causada por fungos (FURTADO; SANTOS e MASSON, 2008; JUNGHANS, 2000; KRUGNER; AUER, 2005).

Dentre essas doenças uma que merece destaque é a murcha causada por *Ceratocystis fimbriata*.

3.2 *Ceratocystis fimbriata*

Ceratocystis fimbriata Ellis & Halsted causa doenças em muitas plantas lenhosas de importância econômica como, por exemplo, acácia negra, cacau, café, mangueira, seringueira, eucalipto, teca e atemoia (TRINDADE; FURTADO, 1997, FIRMINO et al., 2012a; FIRMINO et al., 2012b), sendo um dos fitopatógenos de maior relevância para a cultura do eucalipto.

O patógeno, *C. fimbriata*, pertence ao filo Ascomycota, subfilo Pezizomycotina, classe Sordariomycetes, subclasse Hypocreomycetidae, ordem Microascales e família Ceratocystidaceae (INDEX FUNGORUM, 2008).

O fungo apresenta duas fases distintas, a teleomórfica que apresenta peritécios globosos, escuros, ostiolado e com longo pescoço que finaliza com franjas de hifas estiolares e a anamórfica que apresenta conídios enteroblásticos e clamidósporos globosos, marrons escuros (CARVALHO e CARMO, 2003).

O fungo é incapaz de penetrar diretamente através da epiderme do ramo sadio que oferece forte barreira mecânica, necessitando de vetor ou ferimentos. Uma vez no interior da planta, seu desenvolvimento inicial dá-se na região do câmbio, entre a casca e o lenho e com o passar do tempo avança para o interior do cerne da planta (SANTOS et al., 2013).

Normalmente, uma planta infectada por *C. fimbriata*, apresenta como sintomas a perda de coloração verde-escura da folhagem, murcha das folhas, seca e morte da planta (FIRMINO et al., 2013).

Os sintomas surgem devido ao impedimento da expansão dos vasos pelo crescimento micelial do fungo, impossibilitando que a água absorvida pelo sistema radicular chegue até a parte aérea da planta. Em ambientes favoráveis ao desenvolvimento da doença, a planta morre e o fungo passa a crescer no

tecido em decomposição sobre o qual realiza sua reprodução através da formação de esporos e estruturas de resistência (clamidósporos) (BEDENDO, 2011).

Esses sintomas podem ser observados de formas e intensidades diferentes conforme o clone de eucalipto utilizado, a forma de inoculação artificial empregada e o grau de resistência à doença do eucalipto em estudo (ZAUZA, 2004).

No Brasil até meados de 1990, o *C. fimbriata* era considerado problema somente em plantações de manga. Porém no ano de 1997, a doença foi relatada pela primeira vez no Brasil em reflorestamentos clonais no sudeste da Bahia (FERREIRA, 2000). A partir de 2001, relatou-se a doença em plantios monoclonais também nos estados de Mato Grosso do Sul, Bahia, Pará, Minas Gerais, Maranhão e São Paulo, fato que permite inferir que existe grande risco de introdução da doença em áreas livres do patógeno via mudas propagadas vegetativamente (FERREIRA et al., 2006 ; ALFENAS et al., 2009).

O fungo está amplamente distribuído em todo o mundo e consiste em inúmeras linhagens morfológicas, fisiológicas e patológicas (SANTOS et al., 2013). A murcha causada por *Ceratocystis fimbriata* em eucalipto foi relatada somente em dois países da América do sul, sendo eles o Brasil e o Uruguai, porém essa doença já foi relatada em Uganda, República do Congo e África do Sul (ROUX et al., 2004).

O patógeno apresenta diferentes formas de dispersão, sendo as mais comuns, a dispersão por fragmentos de micélio, conídios, clamidósporos ou ascósporos, por contato de raiz e a dispersão por insetos (Santos et al., 2013). Essa forma de dispersão pelos insetos acontece devido o patógeno produzir um odor frutado forte, o qual atrai os insetos para as plantas doentes e conseqüentemente podem ficar cobertos por estruturas do fungo e assim o disseminar (TEVIOTDALE e HARPER, 1991).

C. fimbriata apresenta melhor crescimento em temperaturas de 18-28 °C e é capaz de produzir ascósporos em uma semana. O fungo pode sobreviver em condições desfavoráveis, como micélio no interior da planta hospedeira, ou como clamidósporos, no solo, em plantas hospedeiras ou em restos de plantas (SINCLAIR et al., 1987).

C. fimbriata tem como condições favoráveis para infecção a presença de ferimentos nas plantas provocados por insetos, práticas silviculturais incorretas, temperaturas e umidade elevada (SANTOS et al., 2013).

3.3 IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM DOENÇAS DE PLANTAS

A problemática em torno das mudanças climáticas começou a ser discutida no final da década de 1980, pelos membros do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e da Organização Meteorológica Mundial, com o apoio dos estudos do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática) (HAMADA, GHINI, GONÇALVES, 2006).

O IPCC é responsável por estudar e avaliar as mudanças climáticas junto com pesquisadores de diversos órgãos e países, e já lançou cinco relatórios de 1990 até 2012, abordando dados referentes ao aumento da concentração de gases de efeito estufa de origem antrópica e informações sobre as consequências desse aumento sobre a eficiência de resfriamento da Terra (GHINI et al., 2011).

Os impactos das mudanças climáticas globais nos sistemas naturais e humanos apresentam efeitos diferentes dependendo do nível de vulnerabilidade do sistema. Nesse contexto, países em desenvolvimento são mais vulneráveis a essas mudanças do clima, podendo ser atingidos pelos seus efeitos negativos, principalmente para o Brasil, cujo país tem sua economia fortemente atrelada aos recursos naturais ligados ao clima, como na agricultura, na geração de energia hidroelétrica, entre outros setores (MUDANÇA DO CLIMA, 2005).

As mudanças climáticas globais podem ser originárias de causas naturais, porém, segundo Chakraborty (2001), as modificações antrópicas são as que vêm causando maior efeito no cenário dessas mudanças nas últimas décadas.

Essas mudanças vêm se manifestando de diversas formas, tanto pelas alterações no aumento das temperaturas médias, como, também, pela maior frequência e intensidade de eventos extremos de clima, como enchentes, nevascas, ondas de calor e secas (HAMADA; GHINI; GONÇALVES, 2006).

As relações entre clima e doenças são rotineiramente utilizadas para a previsão e gestão de epidemias e da gravidade da doença ao longo de vários anos de acordo com a variação climática (COAKLEY, 1995; SCHERM; YANG, 1995).

Diversos patógenos, especialmente os que infectam folhas, apresentam flutuações quanto à incidência e à severidade durante o ano, que podem ser frequentemente atribuídas às variações de clima. Muitos desses patógenos são favorecidos pelo aumento da umidade durante a estação de crescimento, devido ao aumento da produção de esporos. As condições favoráveis são específicas para cada patossistema e, assim, não podem ser generalizadas (GHINI, 2005).

Qualquer mudança climática pode afetar o zoneamento agrícola, os métodos de manejo, a produtividade e o progresso de epidemias de doenças de plantas (SMITH e TIRPAK, 1989). Para ocorrência de uma doença é necessário à interação de um hospedeiro suscetível, um patógeno virulento e fatores ambientais favoráveis (AGRIOS, 2005). O ambiente é um componente importante nesse triângulo, pois pode impedir a ocorrência da doença mesmo na presença de planta suscetível e patógeno virulento (JESUS JUNIOR et al., 2003).

As mudanças climáticas se caracterizam como uma série ameaça ao cenário fitossanitário do Brasil, pois poderão promover significativas alterações na ocorrência e severidade das doenças de plantas. Estas alterações climáticas poderão ter efeitos diretos e indiretos, tanto sobre os patógenos quanto sobre as plantas hospedeiras, bem como na interação de ambos, afetando a importância de cada doença de plantas (CHAKRABORTY, 2005; MANZATTO, 2011). Além disso, poderá haver maior potencial de estabelecimento de patógenos quarentenários em função das condições climáticas.

Dentre todos os setores econômicos, a agricultura é o que apresenta maior dependência das condições ambientais, especialmente as climáticas.

Essas mudanças tendem a alterar formas tradicionais dos sistemas de cultivo de várias culturas, porém, também pode fornecer oportunidades de melhorias desses sistemas de cultivo (GORNALL et al., 2010).

Com base nos conhecimentos atuais, não é possível determinar qual será o comportamento das doenças em relação às mudanças climáticas, pois além das alterações climáticas, pode haver modificações no triângulo da doença, possibilitando aumento ou diminuição de doença (MAFFIA, ALFENAS, LOSS, 2011).

3.4 EFEITO DO CO₂ EM DOENÇAS DE PLANTAS

O aquecimento global provocado pela emissão de gases de efeito estufa é uma das maiores preocupações do meio científico na atualidade (Moraes et al., 2011). As previsões de modelos climáticos divulgados têm despertado a atenção e o interesse não apenas para as variações climáticas sazonais, mas também para os efeitos que possíveis mudanças climáticas podem causar (CONTI, 2005).

Desde a Revolução Industrial as emissões de dióxido de carbono vêm aumentando significativamente em razão da necessidade de queima de combustíveis fósseis, acarretando aumento da temperatura global. Estas emissões podem causar alterações no clima do planeta e, conseqüentemente, mudanças no atual cenário dos problemas fitossanitários, com graves conseqüências econômicas, sociais e ambientais (JESUS JUNIOR et al., 2008).

A concentração de dióxido de carbono na atmosfera aumentou de 280 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ no período da revolução industrial para 379 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ no ano de 2005. Atualmente, a concentração de CO₂ excede os limites naturais registrados ao longo dos últimos 800.000 anos, variando de 391 a 410 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ (IPCC, 2013). Segundo último relatório do IPCC, a previsão é de que no

futuro essa concentração aumente para algo em torno de 780 a 840 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ no ano de 2050.

Um aumento nos níveis de CO_2 pode incentivar a produção de biomassa vegetal. No entanto, a produtividade é regulada pela disponibilidade de água e nutrientes, pela competição com as plantas daninhas e danos por pragas e doenças.

Alterações na fisiologia e na morfologia da planta hospedeira, provocadas pelo aumento da concentração de CO_2 na atmosfera, podem modificar a estrutura da parte aérea da planta, como por exemplo, a abertura dos estômatos, impedindo a penetração do patógeno no tecido da planta hospedeira, podendo ainda haver alterações na resistência da planta ao agente patogênico (CHAKRABORTY; TIEDEMANN; TENG, 1999).

O CO_2 , além de atuar como gás de efeito estufa aumentando a temperatura terrestre, pode causar impactos diretos e indiretos nos agroecossistemas, e em particular na incidência e severidade de doenças de plantas, afetando a evolução do sistema planta-patógeno, aumentando assim a virulência da doença (CHAKRABORTY, 2005).

Estudos sobre o impacto do aumento da concentração de CO_2 na interação patógeno-hospedeiro para fungos biotróficos demonstraram que a alta concentração de carboidrato no tecido da planta hospedeira poderá promover maior desenvolvimento de algumas doenças, como inibir o desenvolvimento de outras (MANNING; TIEDEMANN, 1995; HIBBERD et al., 1996).

Ainda não existem informações se os efeitos benéficos do CO_2 ocorrerão em presença de patógenos ou de outros fatores limitantes. Há algumas notícias sobre a influência de quantidades elevadas de CO_2 sobre fitopatógenos em cultura pura, mas pouco se sabe com relação às consequências do gás no desenvolvimento de importantes doenças de plantas, sobretudo em países tropicais (GHINI, 2005).

Ao dobrar-se a concentração de CO_2 atmosférico, pode haver um aumento de produtividade em torno de 33% em plantas C3 e 10% nas plantas C4 (CHAKRABORTY et al., 2000b; JWA ;WALLING, 2001).

Luck et al (2011), em uma revisão sobre os efeitos de altas concentrações de dióxido de carbono da atmosfera sobre patógenos,

concluíram que as respostas dependem do patossistema analisado. Um exemplo é o caso de *Fusarium pseudograminearum*, que pode ter sua taxa de crescimento aumentada, caso as concentrações deste gás não sejam limitadas por medidas mitigatórias nos próximos anos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em câmaras climatizadas tipo “fitotron” (Marca Eletrolab. Modelo EI 101), no Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Jerônimo Monteiro – ES.

4.1 MATERIAL VEGETAL

As mudas dos dois clones híbridos de eucaliptos, procedente de materiais genéticos de *E. urophylla* x *E. grandis* utilizados foram provenientes da empresa Fibria Celulose S/A. Para a realização do experimento foram utilizados dois clones de eucalipto, classificados de acordo com pesquisas da empresa, em suscetível e resistente à murcha do *Ceratocystis fimbriata*. Foram utilizadas mudas com 70 dias de idade, produzidas em tubetes de 55 cm³ com substrato composto por vermiculita, casca de arroz e fibra de coco.

As mudas foram transferidas para vasos de 30 centímetros de altura, 25 centímetros de diâmetro superior, 22 centímetros de diâmetro inferior, com cerca de 12 L de capacidade, preenchidos com substrato comercial e enriquecida com 300 gramas de fosfato super simples e 100 gramas de Osmocot[®], para cada 25 kg do substrato.

No momento do transplântio as mudas foram imersas em uma solução de 25 g por L MAP[®] (utilizadas para facilitar o enraizamento). Após esse processo, as mudas foram mantidas em condição de casa de vegetação, com duas irrigações diárias, por 45 dias até apresentarem diâmetro adequado para a realização da inoculação.

4.2 OBTENÇÃO, MULTIPLICAÇÃO E MANUTENÇÃO DO INÓCULO DE *Ceratocystis fimbriata*.

O inóculo do patógeno em estudo foi doado pelo professor Dr. Acelino Couto Alfenas do Laboratório de Patologia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, denominado SBS 1.

O patógeno foi repicado para placa de Petri de 9 cm contendo meio de cultura MEYA (2% extrato de malte, 0,2% extrato de levedura e 2% ágar) e mantida em ambiente com 25°C e com luz fluorescente constante, por 15 dias.

Após esse período, fez-se o preparo da suspensão para inoculação, sendo que em cada placa foram adicionados 5 mL de água destilada e sobre a colônia esporulada foi passada uma alça de Drigalski para retirada dos conídios. As suspensões obtidas foram filtradas em pano tipo gaze e colocada em um agitador automático. A concentração de conídios foi contada três vezes e ajustada com um auxílio de um hemacitômetro tipo Neubauer para $2,5 \times 10^6$ conídios mL⁻¹ (LAIA, et al., 2000).

O inóculo foi novamente repicado e mantido em local com luz fluorescente constante e temperatura de 25°C, para a garantia da manutenção do patógeno.

4.3. INOCULAÇÃO DAS MUDAS

As mudas foram inoculadas após 45 dias de crescimento na casa de vegetação. Para a inoculação, foi realizado um corte de 2 cm de comprimento no caule das mudas com auxílio de um bisturi cirúrgico a 3 cm acima do coleto.

Em seguida, com o auxílio de uma micropipeta, foram inoculados 500µL da suspensão de conídios de *C. fimbriata* sobre o ferimento, conforme utilizado por Oliveira (2010).

A área inoculada foi recoberta com parafilme para manter a umidade do local e evitar a entrada de microrganismos contaminantes. As mudas permaneceram com o parafilme até o término do experimento.

4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi mantido em câmaras climatizadas (fitotron), com controle computadorizado de temperatura, umidade e intensidade de fluxo de fótons (Figura 1).

Figura 1: Imagens do conjunto de lâmpadas que compõe os fotoperíodo (A) e das plantas sobre as bancadas no interior das câmaras de crescimento tipo fitotron (B).



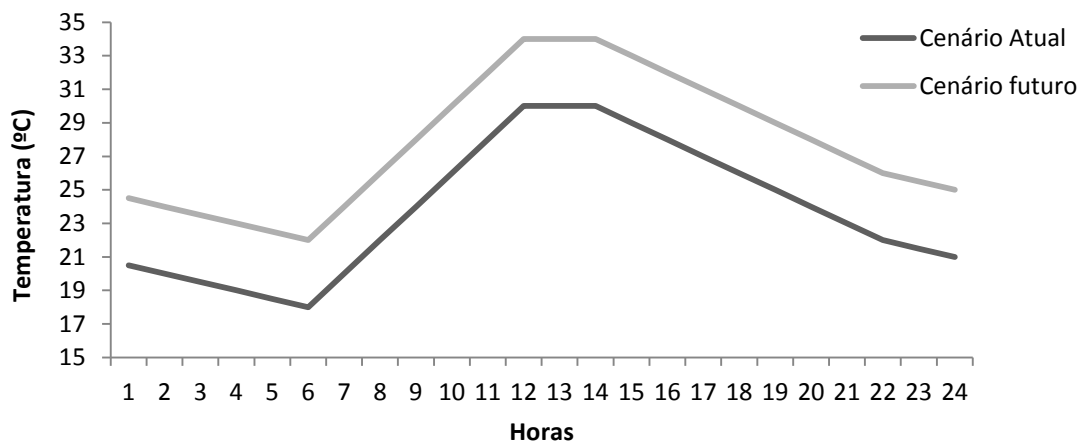
Fonte: o autor

Foram utilizadas duas câmaras para a realização do experimento, simulando, assim, um cenário com temperatura e concentração de CO₂ atuais e um cenário futuro com aumento da temperatura e concentração de CO₂.

As curvas de temperatura foram definidas conforme resultados encontrados no trabalho de Pirovani (2014), onde foi avaliada a temperatura média nos dias atuais e possível projeção futura, para a região norte do Espírito Santo, devido a sua grande importância como área produtora de eucalipto para o estado.

A partir dos valores de temperatura média, foram delimitadas as temperaturas máximas e mínimas para cada cenário climático estudado nessa pesquisa (Figura 2), onde decidiu-se empregar faixas de temperaturas variando de 18 a 30°C e 22 a 34°C , para os cenários, atual e futuro, respectivamente.

Figura 2: Descrição dos horários e temperatura para os dois cenários em estudo.



Fonte: O autor.

Os valores de concentração de CO₂ definidos foram de 400 e 800 para o ambiente atual e futuro, respectivamente, com base no último relatório do IPCC (IPCC, 2013). O monitoramento da concentração de CO₂ nas câmaras climatizadas foi realizado utilizando-se o aparelho de medição de CO₂ da marca Testo e modelo Testo 535®.

Apesar do monitoramento diário da concentração de CO₂ no interior dos fitotrons, não foi possível manter as concentrações constante conforme previsto no IPCC, portanto, as concentrações de CO₂ para os cenários atuais e futuros foram de 530 e 840 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, respectivamente. Esses valores foram obtidos a partir da média das medições diárias que foram realizadas.

Além da variação da temperatura e concentração de CO₂, nas duas câmaras foi mantido fotoperíodo de 12 horas e umidade relativa de 60-70%. A intensidade luminosa nas câmaras foi ajustada em forma de uma curva de densidade de fluxo de fótons, simulando, assim, uma situação mais próxima possível ao dia. Para se obter essa simulação mais próxima ao real, foi

determinado os horários de ligamento e desligamento dos fotoperíodo de luz, simulando assim a luminosidade no decorrer do dia, conforme tabela 1.

Tabela 1. Horários de ligamento e desligamento dos intervalos de luz.

Intervalos de luz	Liga	Desliga
Intervalo 1	6:00 horas	18:00 horas
Intervalo 2	6:30 horas	17:00 horas
Intervalo 3	7:00 horas	16:00 horas
Intervalo 4	8:00 horas	15:30 horas

Fonte: o autor.

Após a definição do fotoperíodo, da concentração de CO₂ e da curva de temperatura foram estipulados os tratamentos utilizados no experimento, onde em cada ambiente foi estabelecida uma interação entre os clones e os cenários em delineamento inteiramente casualizado com fatorial duplo (3x2). Cada tratamento foi composto por sete repetições, sendo cada planta considerada uma repetição.

Tabela 2: Descrição dos tratamentos do experimento.

Trat	Clones	Cenários	[CO ₂] μmol.mol ⁻¹)	Forma de inoculação	T _{max}	T _{min}
1	CS	Atual	400	Inoculado	30°C	18°C
2	CS	Atual	400	Não inoculado (Testemunha)	30°C	18°C
3	CR	Atual	400	Inoculado	30°C	18°C
4	CS	Futuro	800	Inoculado	34°C	22°C
5	CS	Futuro	800	Não inoculado (Testemunha)	34°C	22°C
6	CR	Futuro	800	Inoculado	34°C	22°C

Trat.: Tratamentos; CR: clone resistente; CS: clone suscetível, T_{max}: temperatura máxima, T_{min}: Temperatura mínima.

Fonte: o autor

As mudas foram mantidas nos fitotrons por um período de 30 dias, sendo realizada irrigação manual uma vez ao dia em todas as plantas de forma que cada muda recebesse 200 mL de água em cada irrigação.

4.5 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

4.5.1. Características da doença

A severidade da doença foi quantificada ao final do experimento por meio de cortes no caule das mudas e medição do comprimento da lesão causada pelo fungo, com auxílio de uma fita métrica. Posteriormente utilizou-se a fórmula abaixo para definir o grau de severidade da doença, conforme utilizado por Oliveira (2010). (fórmula 1)

$$\text{Severidade} = \frac{\text{Comprimento da lesão}}{\text{Altura}} \times 100 \quad (1)$$

4.5.2. Características de crescimento das mudas

As características de desenvolvimento da planta, altura da parte aérea, diâmetro do coleto, área foliar, peso de massa seca da parte aérea, peso da massa seca de raiz e peso da massa seca total foram avaliados ao final do experimento (30 dias após a inoculação).

O diâmetro do coleto foi medido na altura do colo utilizando-se um paquímetro digital. A altura das mudas foi medida com auxílio de uma régua de metal graduada, medindo-se da base ao ápice das mudas.

Após a determinação da severidade, as plantas foram separadas nas frações folhas, ramos e raiz, e secas em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas. Após esse período foram pesadas em balança analítica para obtenção da massa seca da parte aérea, radicular e total.

Para a determinação da área foliar total da planta foi utilizado um aparelho medidor de área foliar (marca Li-Cor Inc, modelo LI-3100).

4.5.3. Características Fisiológicas

Aos 30 dias após a inoculação, foi realizada uma caracterização das trocas gasosas foliares, com analisador de gases a infravermelho - IRGA (modelo LI-6400, marca LICOR) as 8:30h. Foram medidas a fotossíntese líquida (A), a condutância estomática (gs), transpiração por unidade de área foliar (E) e a relação entre a concentração interna e ambiente de CO₂ (C_i/C_a), para essas análises foram escolhidas folhas completamente expandidas localizadas no terço inferior da planta. Foram realizadas sete medições em cada tratamento, sendo cada repetição composta por uma folha por planta.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2, constituído de três clones e dois cenários.

Os dados de crescimento de plantas, severidade da doença, e trocas gasosas foram submetidos a análise de variância e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR 5.

5. RESULTADOS

5.1. SEVERIDADE

A severidade apresentou interação significativa ao nível de 5% de probabilidade entre cenário x clone.

Na figura 3 observa-se a porcentagem da severidade da doença, causada pelo *Ceratocystis fimbriata* em clones de eucaliptos, caracterizados nesse trabalho, respectivamente como suscetível e resistente.

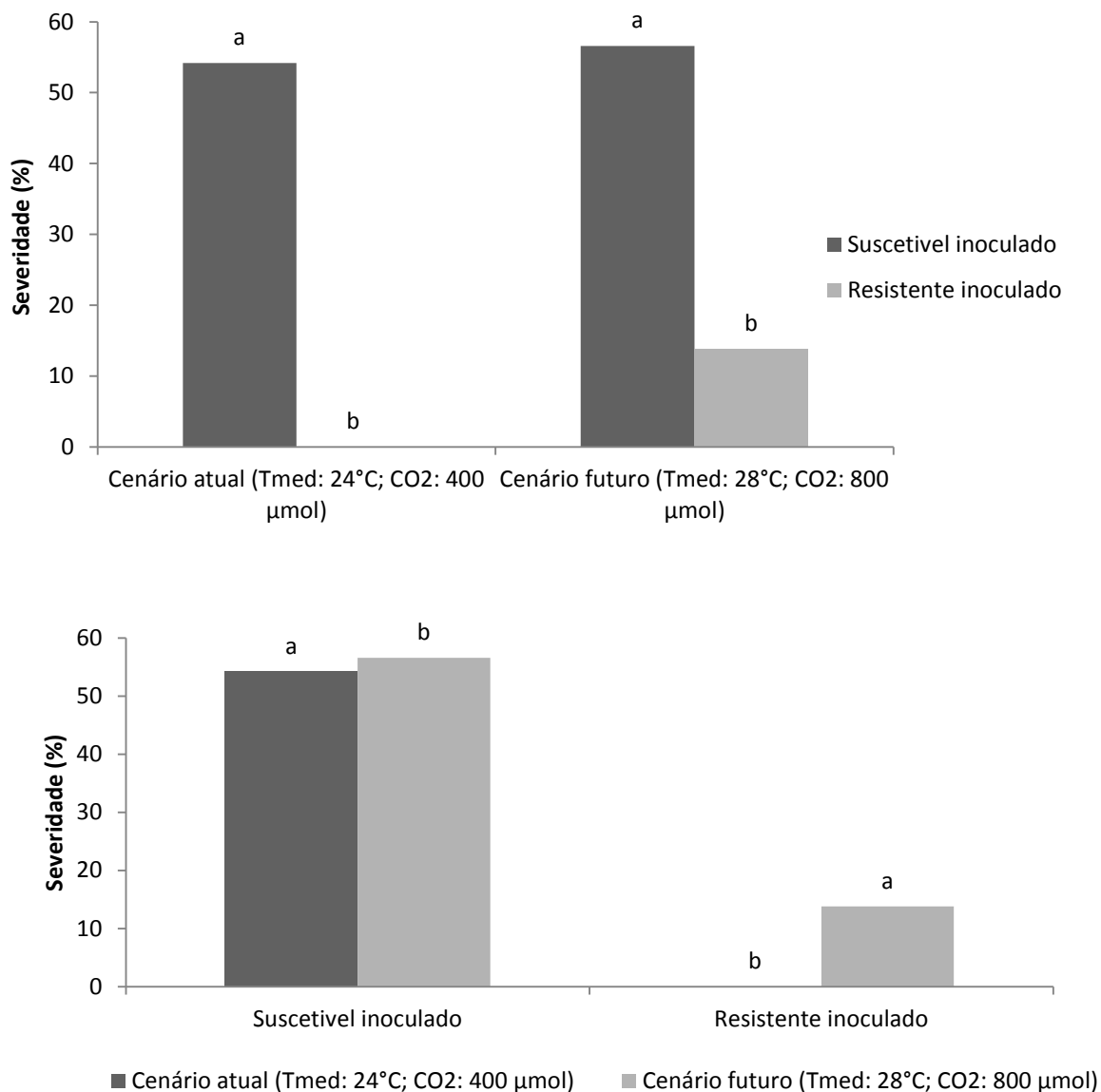
Ao analisar o efeito da porcentagem da doença dentro de cada cenário (Figura 3A), pode-se observar que em ambos os cenários o clone suscetível inoculado apresentou valores superiores de severidade, diferindo estatisticamente do clone resistente inoculado.

Quando se avalia o efeito da porcentagem da doença nos clones estudados (Figura 3B) dentro dos diferentes cenários, verifica-se que o clone suscetível inoculado apresentou a doença de forma expressiva nos dois cenários em estudo. Nota-se que o clone suscetível inoculado demonstrou não ter sofrido influência das condições climáticas imposta no cenário futuro, uma vez que os valores observados da severidade não apresentou diferença entre os cenários.

O clone resistente inoculado apresentou a doença no cenário futuro, diferindo estatisticamente do cenário atual, que não havia apresentado a doença nesse clone. Nota-se que as condições de temperatura elevada e aumento de concentração de CO₂ imposta no cenário futuro afetou a efetividade dos genes de resistência das mudas do clone resistente, observando-se assim a presença da doença no clone submetido a esse cenário.

Evidencia-se com base nesse resultado que as possíveis mudanças climáticas tendem a alterar as condições de resistência e suscetibilidade de plantas a patógenos.

Figura 3. Severidade de clones de eucaliptos inoculados com *Ceratocystis fimbriata*, conduzidos em cenários climáticos, com diferentes temperaturas e concentração de CO₂ no período de 26/03/2014 a 25/04/2014 (Médias seguidas de mesma letra no mesmo cenário (A) e dentro de cada clone (B) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade).



5.2. AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS PLANTAS

Foi observada interação significativa entre cenário x clone para a variável massa seca total.

Na Figura 4, observa-se o acúmulo de massa seca total dos clones de eucalipto nos diferentes cenários. Ao analisar todos os clones em cada cenário (4A), é possível verificar que no cenário atual o clone suscetível não inoculado (testemunha) foi o que apresentou valores superiores, seguido pelo clone resistente inoculado e posteriormente pelo clone suscetível inoculado, que apresentou o menor valor de massa seca total.

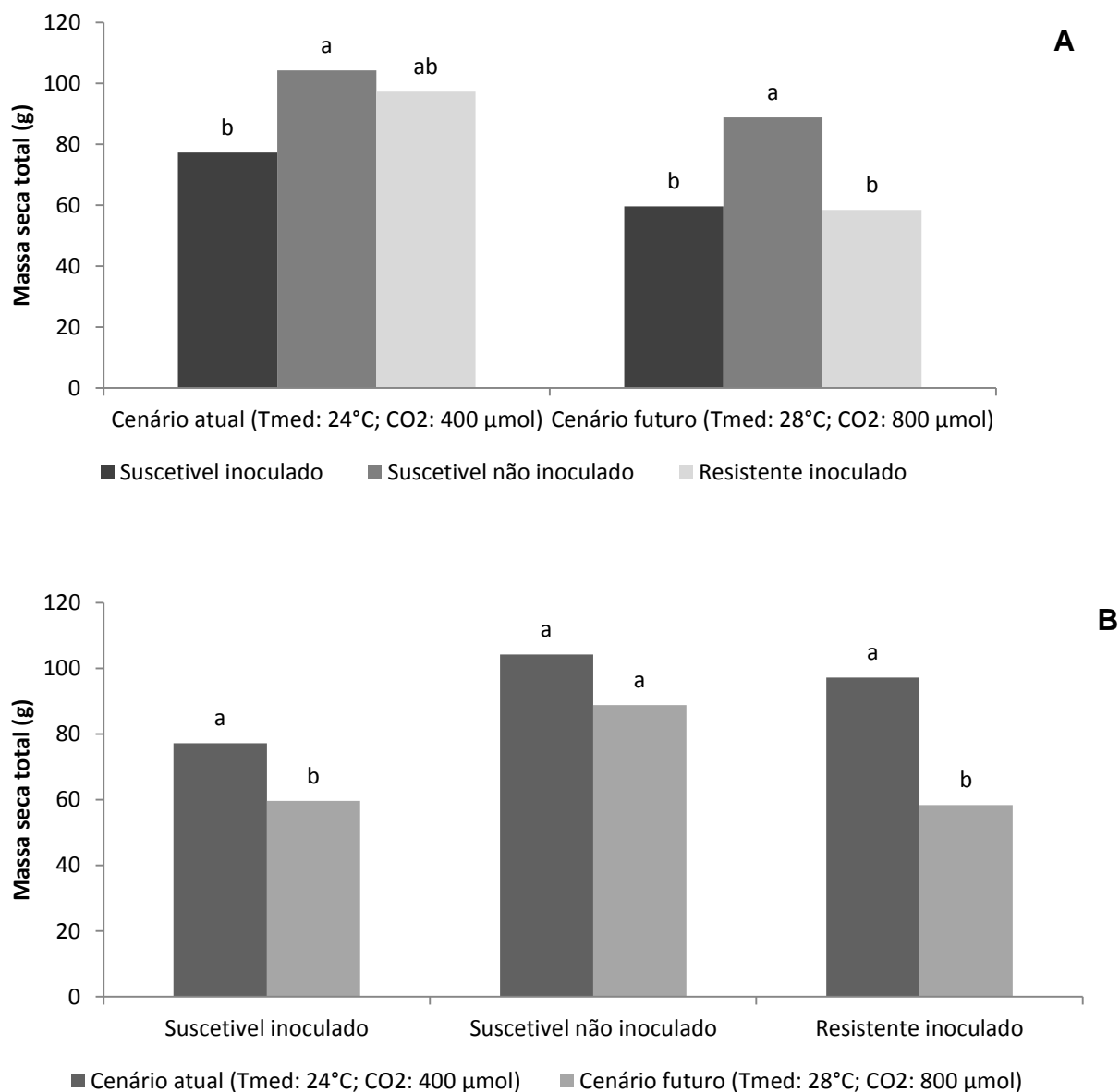
No cenário futuro, nota-se que o clone suscetível não inoculado (testemunha) apresentou valores significativamente superiores, e o clone resistente inoculado e suscetível inoculado apresentaram valores inferiores de massa seca total, não havendo diferença estatística entre eles.

Nota-se que o clone suscetível não inoculado foi o que apresentou valores relativamente superiores para massa seca total nos dois cenários estudados nesse trabalho.

Quando se avalia o efeito dos clones nos diferentes cenários (figura 4B), nota-se que o clone suscetível inoculado e resistente inoculado apresentaram o mesmo comportamento, onde apresentaram valores relativamente superiores no cenário atual e um decréscimo de massa seca total quando se avalia o cenário futuro, havendo diferença estatística entre os cenários. O clone suscetível não inoculado (testemunha), não apresentou diferença estatística nos dois cenários estudados.

Nota-se que a massa seca total foi influenciada tanto pela infecção pelo patógeno como pelo aumento da temperatura e concentração de CO₂ (cenário futuro), pois foi possível observar valores inferiores dessa característica para os clones suscetível e resistentes inoculados mantidos no cenário futuro. O decréscimo de massa seca total nesse clones no cenário futuro foi de 25 % quando comparado aos valores observados no cenário atual.

Figura 4. Massa seca total de clones de eucaliptos inoculados e não inoculados com *Ceratocystis fimbriata*, conduzidos em cenários climáticos, com diferentes temperaturas e concentração de CO₂, no período de 26/03/2014 a 25/04/2014 (Médias seguidas de mesma letra no mesmo cenário (A) e dentro de cada clone (B) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade).



A área foliar, altura da parte aérea e diâmetro do coleto apresentaram interação significativa ao nível de 5% de probabilidade entre cenário x clone.

Na Figura 5 pode-se observar a área foliar dos clones de eucalipto. Ao analisar os clones dentro do mesmo cenário (Figura 5A), nota-se que, no cenário atual, o clone resistente inoculado apresentou valores superiores, já o

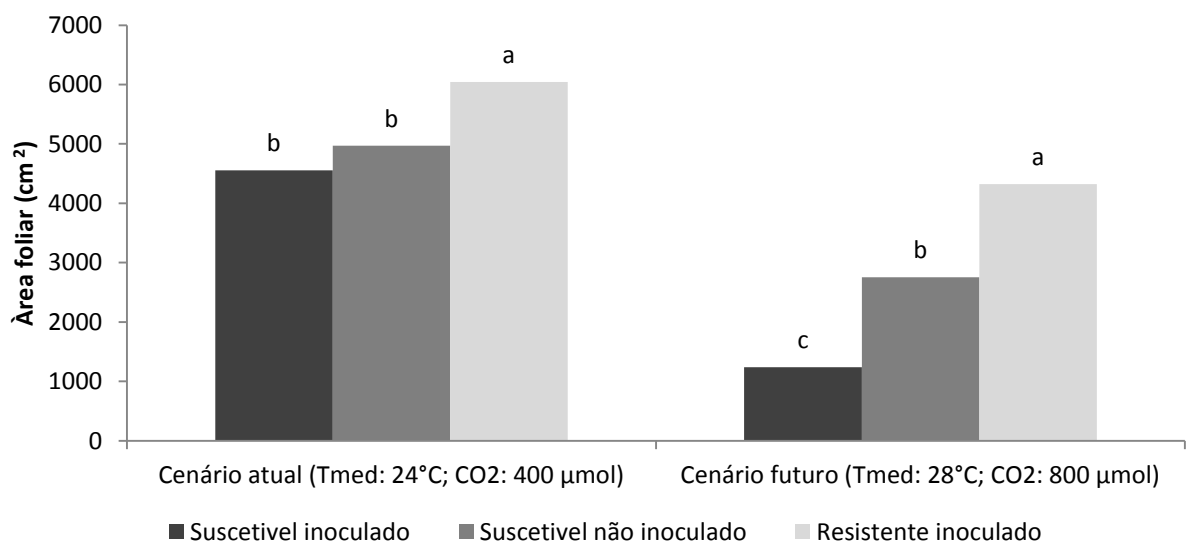
clone suscetível não inoculado (testemunha) e o suscetível inoculado apresentaram valores inferiores de área foliar.

No cenário futuro, o clone resistente inoculado apresentou valores superiores de área foliar, em seguida pelo clone suscetível não inoculado (testemunha) e por fim pelo clone suscetível inoculado, que para esse cenário apresentou valores inferiores de área foliar.

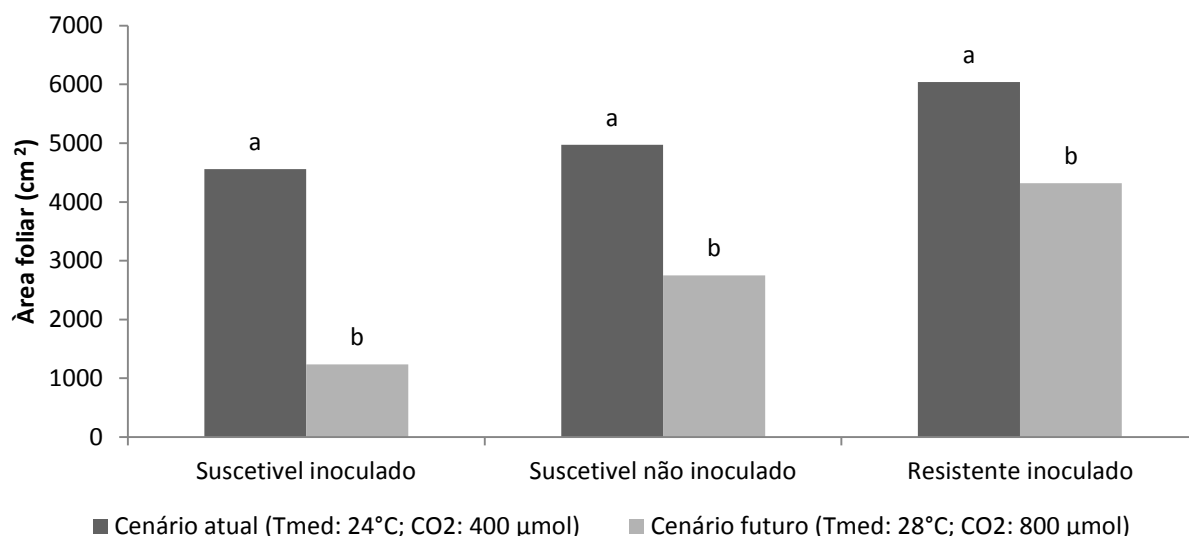
Ao avaliar os clones nos dois cenários (5B), nota-se que os clones suscetível inoculado, suscetível não inoculado (testemunha) e o clone resistente inoculado apresentaram o mesmo comportamento, onde no cenário atual foi possível observar valores superiores de área foliar, diferindo estatisticamente entre os cenários.

Percebe-se com base nos resultados, que a área foliar foi fortemente influenciada pelas condições climáticas adversas impostas no cenário futuro (aumento de temperatura e concentração de CO₂), pois nota-se que as plantas submetidas a esse cenário apresentaram os menores resultados para essa característica.

Figura 5. Área foliar de clones de eucaliptos inoculados e não inoculados com *Ceratocystis fimbriata*, conduzido em cenários climáticos, com diferentes temperaturas e concentração de CO₂, no período de 26/03/2014 a 25/04/2014 (Médias seguidas de mesma letra no mesmo cenário (A) e dentro de cada clone (B) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade).



A

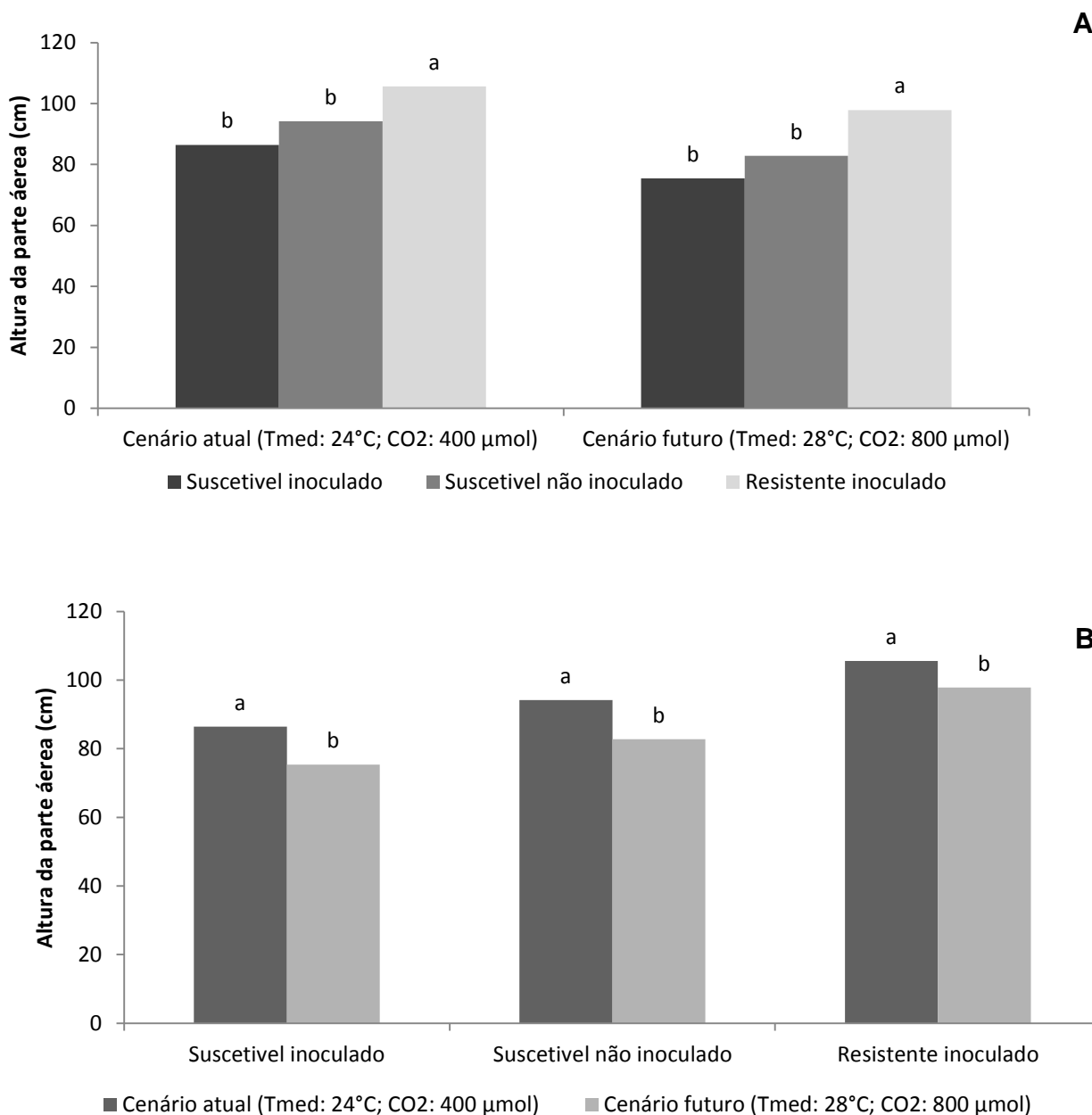


Na figura 6A observam-se os valores de altura da parte aérea dos clones estudados. Ao se avaliar os clones dentro do mesmo cenário, nota-se que no cenário atual o clone resistente inoculado foi o que apresentou valores superiores de altura da parte aérea, seguido do clone suscetível não inoculado (testemunha) e suscetível inoculado, que apresentaram os valores inferiores para essa característica. O mesmo comportamento foi observado para os clones no cenário futuro.

Ao se avaliar os clones nos dois cenários (6B), nota-se que os clones suscetível inoculado, suscetível não inoculado (testemunha) e resistente inoculado apresentaram o mesmo comportamento nos cenários estudados, apresentando valores superiores no cenário atual e uma considerável redução da altura da parte aérea no cenário futuro, diferindo estatisticamente entre os cenários.

Observa-se que os valores de altura da parte aérea foram inferiores no cenário futuro, o que demonstra que as condições climáticas desse cenário atuaram como fator limitante a essa característica.

Figura 6. Altura da parte aérea de clones de eucaliptos inoculados e não inoculados com *Ceratocystis fimbriata*, conduzido em cenários climáticos, com diferentes temperaturas e concentração de CO₂, no período de 26/03/2014 a 25/04/2014 (Médias seguidas de mesma letra no mesmo cenário (A) e dentro de cada clone (B) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade).

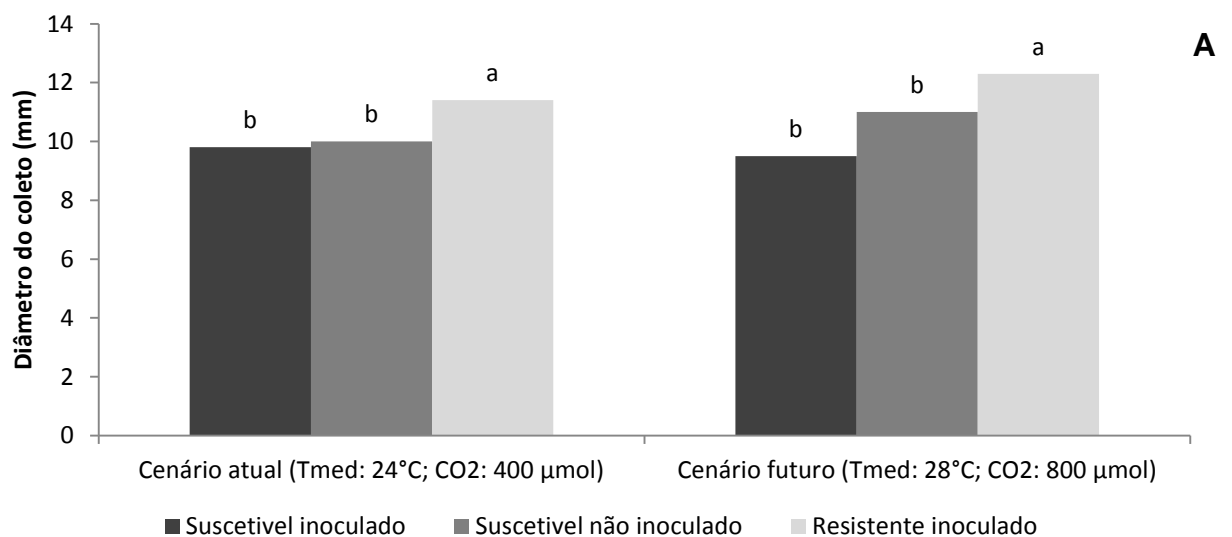


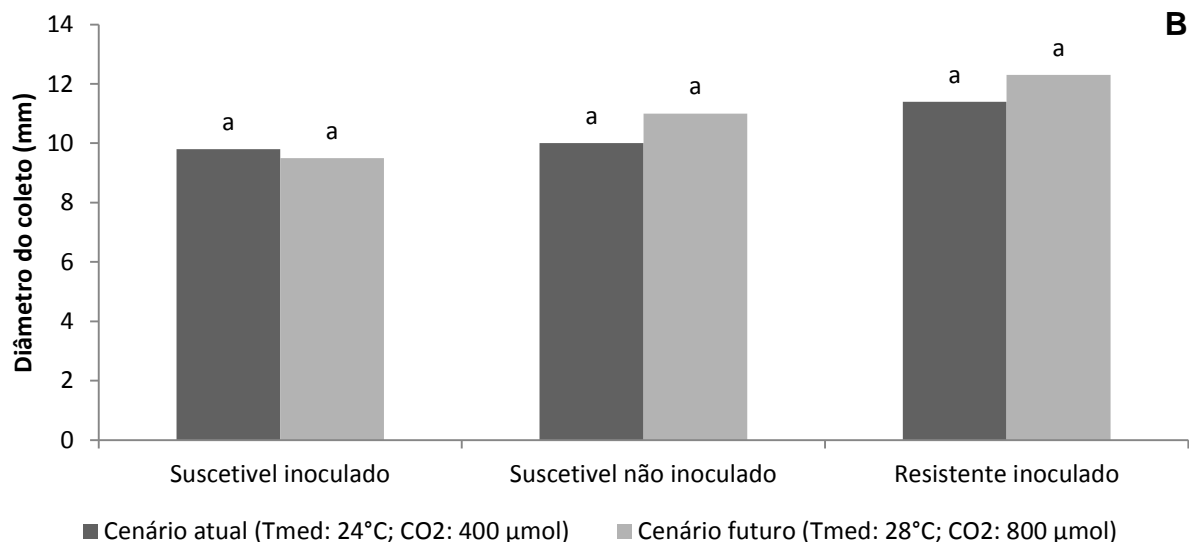
Na figura 7A observam-se os valores de diâmetro do coleto dos clones estudados. Ao analisar os clones em um mesmo cenário, observa-se que no cenário atual o clone resistente inoculado apresentou valores superiores de diâmetro do coleto, diferindo do clone suscetível não inoculado (testemunha) e

suscetível inoculado que apresentaram valores inferiores para essa característica, sendo observado esse mesmo comportamento dos clones no cenário futuro.

Quando se avalia os clones nos dois cenários (7B), nota-se que os clones não apresentaram diferenças estatísticas entre os dois cenários estudados, notando-se que o diâmetro do coleto não demonstrou ter sofrido influência das condições climáticas e nem da infecção com o patógeno.

Figura 7. Diâmetro do coleto de clones de eucaliptos inoculados e não inoculados com *Ceratocystis fimbriata*, conduzido em cenários climáticos, com diferentes temperaturas e concentração de CO₂, no período de 26/03/2014 a 25/04/2014 (Médias seguidas de mesma letra no mesmo cenário (A) e dentro de cada clone (B) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade).





5.3. TROCAS GASOSAS

5.3.1. Fotossíntese

Foi observada interação significativa entre cenário x clone para a variável fotossíntese líquida.

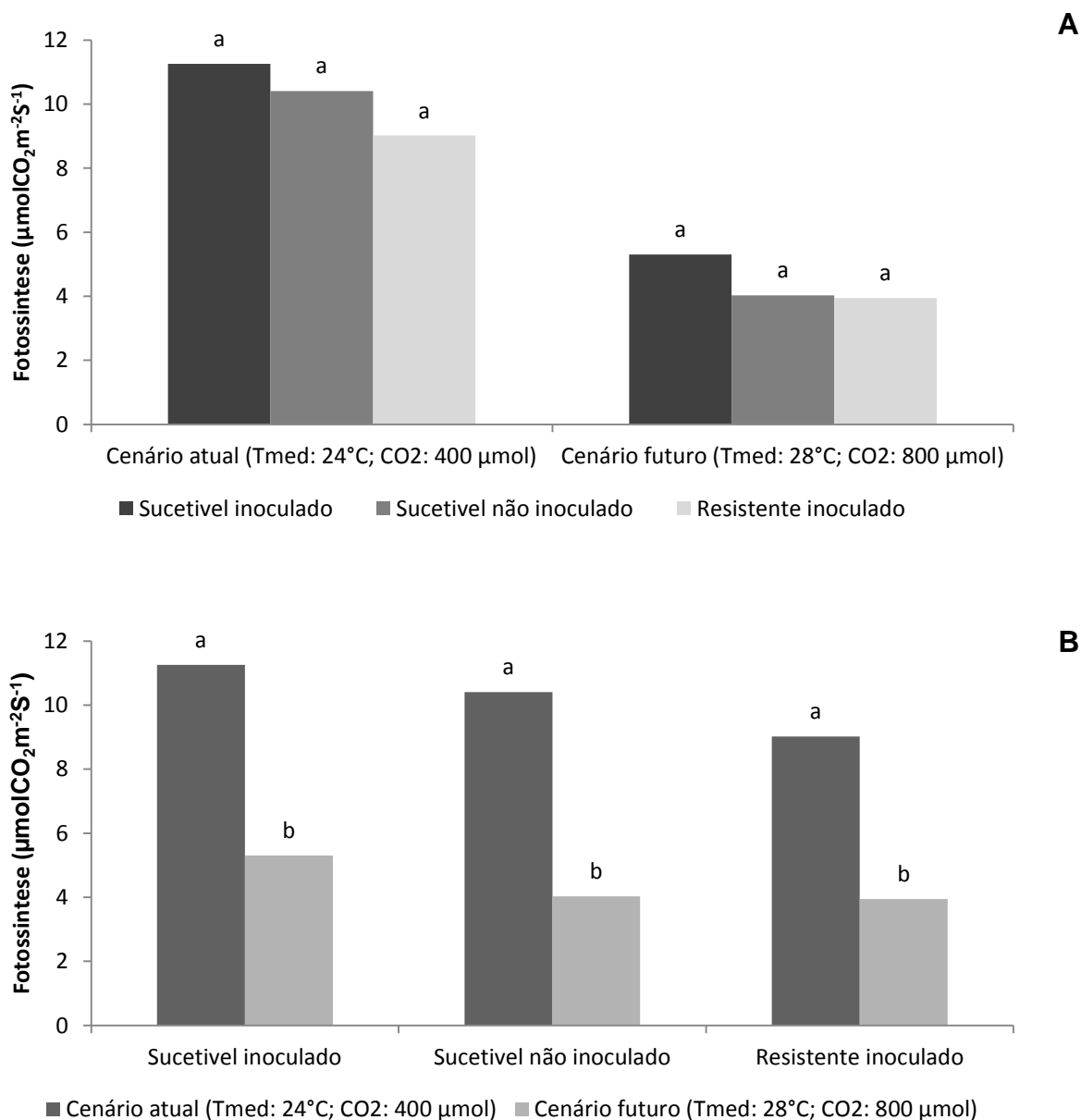
Na figura 8A, onde se observa os clones dentro de cada cenário nota-se que os clones não apresentaram diferença estatística entre os valores observados de fotossíntese líquida nos cenários estudados.

Na figura 8B, onde se avalia os clones nos dois cenários, observa-se que os clones suscetível inoculado, suscetível não inoculado (testemunha) e resistente inoculado apresentaram o mesmo comportamento para os dois cenários, onde se pode observar valores superiores no cenário atual e uma redução dessa característica quando analisado o cenário futuro, diferindo estatisticamente entre os cenários.

Nota-se que as condições climáticas do cenário futuro (temperatura elevada e aumento da concentração de CO₂) atuaram de forma a reduzir os

valores para essa característica. Essa redução da fotossíntese líquida das plantas foi em torno de 53% nos clones no cenário futuro.

Figura 8. Fotossíntese líquida de clones de eucaliptos inoculados e não inoculados com *Ceratocystis fimbriata*, conduzidos em cenários climáticos, com diferentes temperaturas e concentração de CO₂, no período de 26/03/2014 a 25/04/2014 (Médias seguidas de mesma letra dentro do mesmo cenário (A) e dentro de cada clone (B) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade).



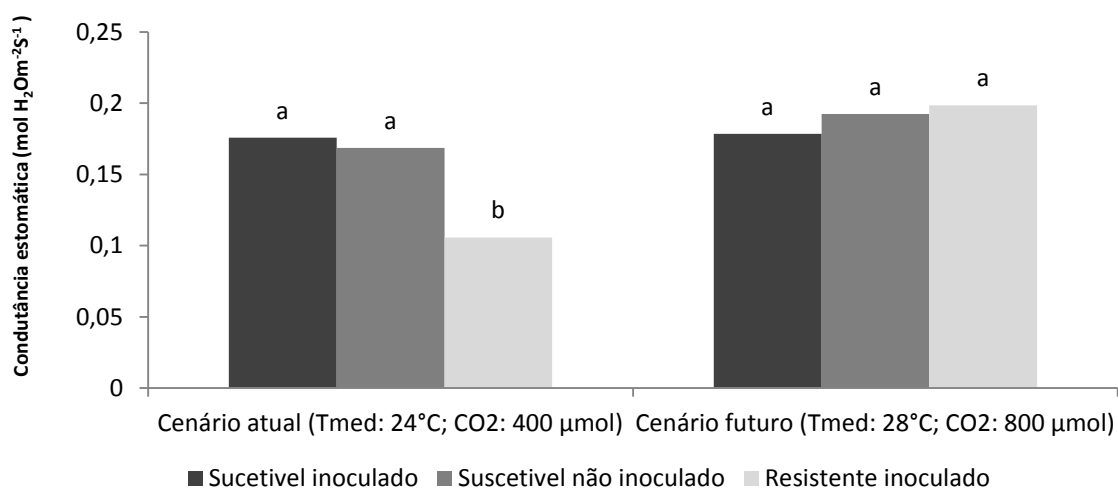
5.3.2. Condutância estomática

Para os dados da condutância estomática houve interação estatística significativa nível de 5% de probabilidade entre cenário x clone.

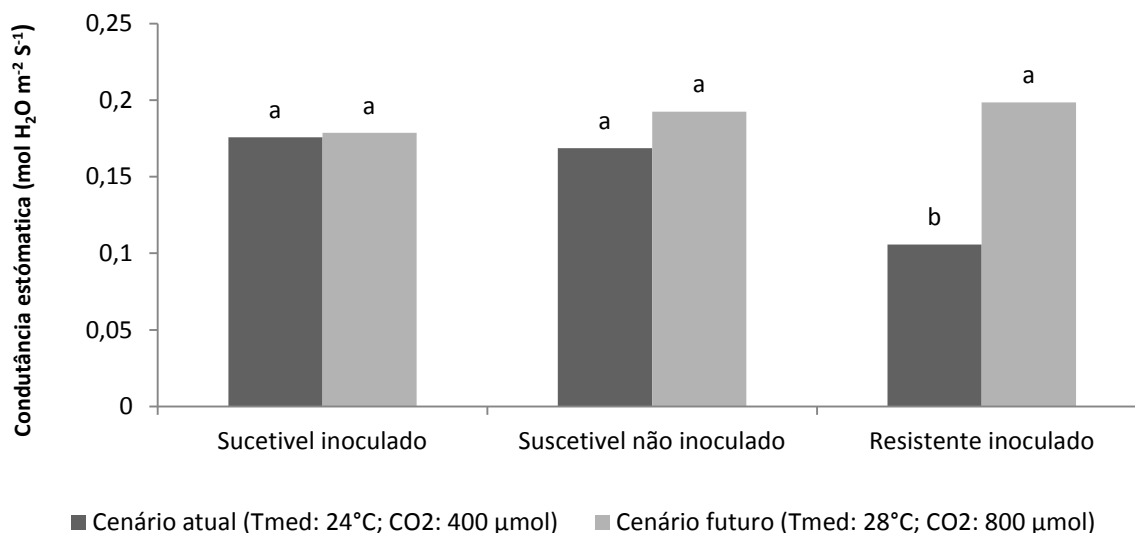
Na figura 9A em que se avaliam os clones dentro de cada cenário é possível perceber que o clone suscetível inoculado e o suscetível não inoculado (testemunha) no cenário atual apresentaram valores superiores de condutância estomática, já o clone resistente inoculado apresentou valores inferiores de condutância estomática. No cenário futuro nota-se que os clones não apresentaram diferença estatística para a condutância estomática.

Na figura 9B, onde se avalia os clones em cada cenário, observou-se que o clone suscetível inoculado e suscetível não inoculado (testemunha) não apresentaram diferença entre os dois cenários estudados. Já o clone resistente inoculado apresentou diferença estatística entre os dois cenários, onde no cenário atual foram observados valores inferiores de condutância estomática.

Figura 9. Condutância estomática de clones de eucaliptos inoculados e não inoculados com *Ceratocystis fimbriata*, conduzidos em cenários climáticos, com diferentes temperaturas e concentração de CO₂, no período de 26/03/2014 a 25/04/2014 (Médias seguidas de mesma letra dentro do mesmo cenário (A) e dentro de cada clone (B) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade).



A



5.3.3. Transpiração

Para os dados da transpiração houve interação significativa ao nível de 5% de probabilidade entre cenário x clone.

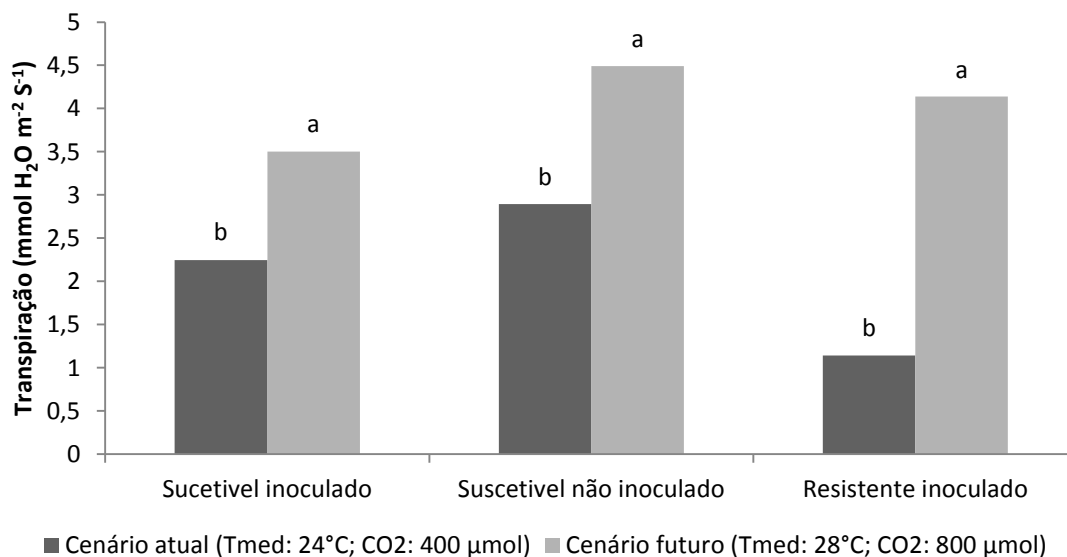
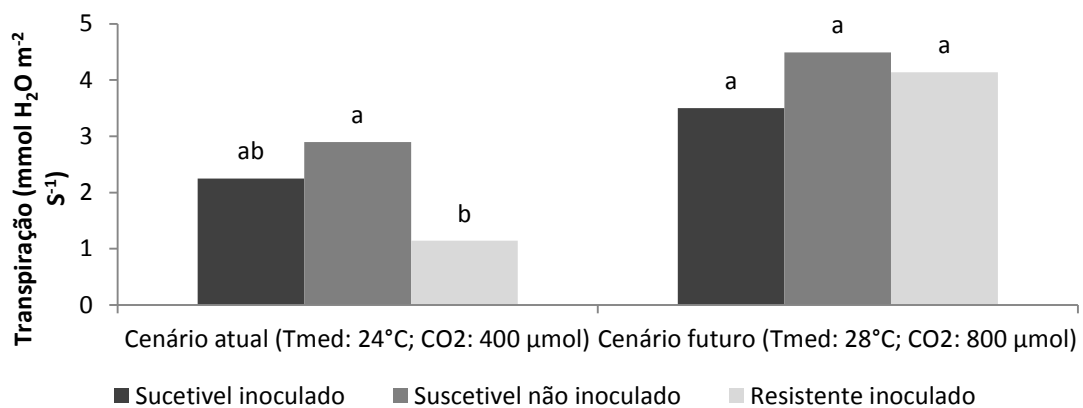
Na 10A, onde se avalia os clones dentro de cada cenário, nota-se que no cenário atual o clone suscetível não inoculado (testemunha) foi o que apresentou valores superiores, seguido pelo clone suscetível inoculado e por fim o clone resistente inoculado, que nesse cenário apresentou valores inferiores de transpiração. Já para o cenário futuro, observou-se que todos os clones apresentaram o mesmo comportamento, não diferindo estatisticamente entre si.

Quando se avaliou os clones em cada ambiente (10B), foi possível notar que os clones suscetível inoculado, suscetível não inoculado (testemunha) e resistente apresentaram o mesmo comportamento, sendo que no cenário futuro foi observados valores significativamente superiores de transpiração, diferindo estatisticamente entre os cenários estudados.

Nota-se que a transpiração apresentou valores superiores no cenário futuro, o que nos permite aferir que as condições climáticas desse cenário

atuaram de forma a intensificar essa característica nas mudas submetidas a essas condições.

Figura 10. Transpiração de clones de eucaliptos inoculados e não inoculados com *Ceratocystis fimbriata*, conduzidos em cenários climáticos, com diferentes temperaturas e concentração de CO₂, no período de 26/03/2014 a 25/04/2014 (Médias seguidas de mesma letra dentro do mesmo cenário (A) e dentro do mesmo clone (B) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade).



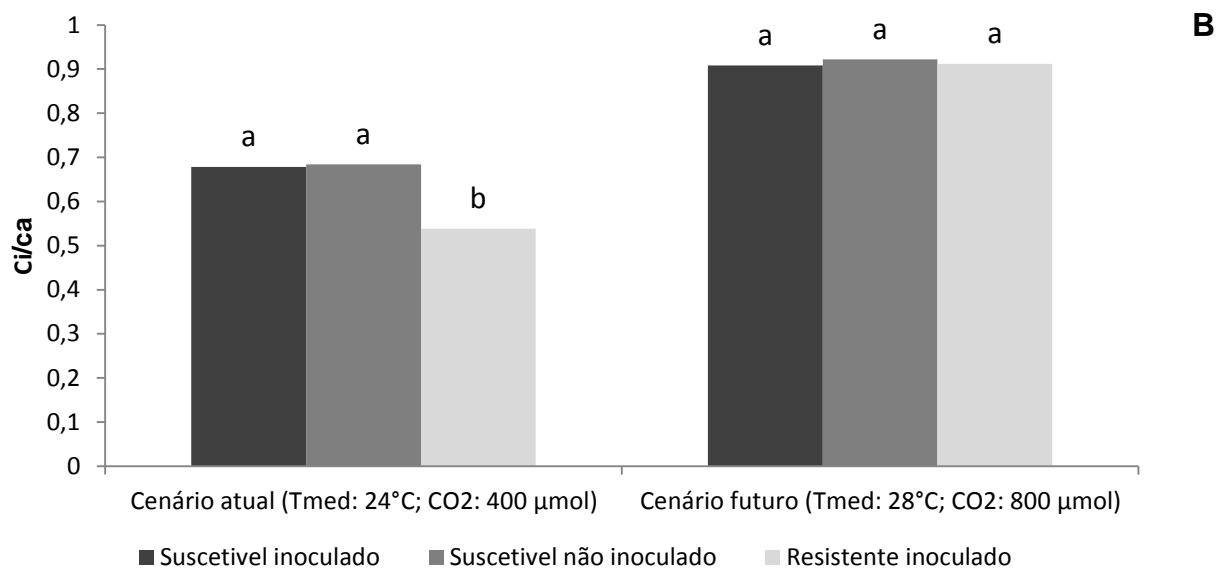
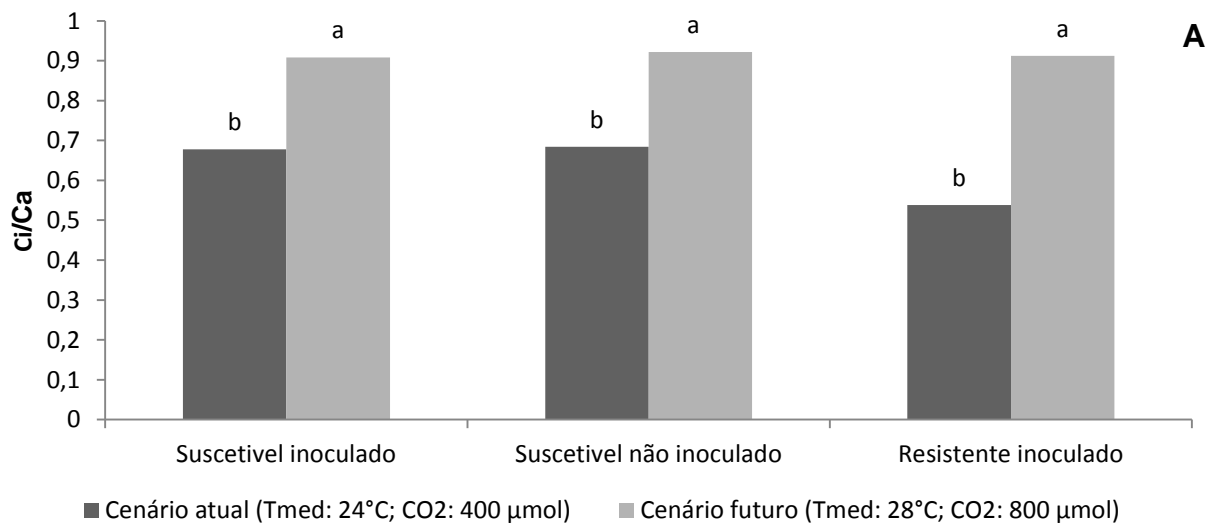
5.3.4. Concentração intercelular de CO₂/concentração ambiente de CO₂ (Ci/Ca)

Para os dados da concentração intercelular de CO₂/concentração ambiente de CO₂ (Ci/Ca) houve interação significativa ao nível de 5% de probabilidade entre cenário x clone.

Na figura 11A pode-se observar a relação Ci/Ca nos clones de eucalipto no mesmo cenário, onde nota-se que no cenário atual o clone suscetível inoculado e o suscetível não inoculado (testemunha) apresentaram valores superiores para essa relação, diferindo estatisticamente do clone resistente inoculado que apresentou valores inferiores para essa relação. Para o cenário futuro, observa-se que os clones estudados não apresentaram diferença estatística para essa relação.

Ao avaliar os clones em cada cenário (11B), nota-se que os clones em estudo apresentaram valores superiores no cenário futuro, diferindo estatisticamente do cenário atual.

Figura 11. Relação da concentração interna e concentração ambiente de CO₂, as 8:30, de clones de eucaliptos inoculados e não inoculados com *Ceratocystis fimbriata*, conduzidos cenários climáticos, com diferentes temperaturas e concentração de CO₂, no período de 26/03/2014 a 25/04/2014 (Médias seguidas de mesma letra no mesmo cenário (A) e dentro de cada clone (B) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade).



6. DISCUSSÃO

De acordo com os valores observados da severidade causada pelo *Ceratocystis fimbriata*, constatou-se que os clones de eucaliptos estudados apresentaram comportamentos diferentes quando submetidos aos dois cenários climáticos estudados.

A severidade não foi influenciada pelo aumento da concentração de CO₂ no clone suscetível inoculado, pois a intensidade da doença foi igual nos dois cenários estudados.

Esse comportamento não foi observado para o clone resistente, uma vez que, não apresentou a doença no cenário atual, porém quando submetido ao cenário futuro verificou a presença da doença. Tal fato demonstra que as condições climáticas simuladas no cenário futuro (aumento da temperatura e concentração de CO₂), afetou a efetividade dos genes de resistência, de modo que ocorreu a doença.

Essa redução na efetividade dos genes pode ter ocorrido devido à elevada temperatura utilizada no cenário futuro, onde o aumento do calor pode ter contribuído para a suscetibilidade das plantas aos patógenos (MITTLER, 2006).

As temperaturas elevadas tendem a aumentar o estresse hídrico na planta causando assim murchamento, mudanças na síntese de proteínas, enzimas, isoenzimas e hormônios de crescimento, afetando a resistência das plantas aos patógenos, onde plantas resistentes a determinado patógeno poderão torna-se suscetíveis (CHRISTIANSEN; LEWIS, 1982). Essa afirmação corrobora com os dados observados nesse trabalho onde o clone resistente ao *C. fimbriata* apresentou sintomas da doença nas mudas submetidas ao cenário futuro, podendo assim predizer que a temperatura elevada afetou os genes de resistência nesse clone de eucalipto.

O aumento da temperatura poderá influenciar tanto na expressão de genes de resistência pela planta, quanto na expressão de genes de virulência pelo patógeno (MORAES et al., 2011).

Browder e Eversmeyer (1986) ao trabalharem com plantas de trigo e o fungo *Puccinia graminis*, verificaram que os genes de resistência e virulência

do patógeno agiram de forma diferente com o aumento da temperatura, o que corrobora com os resultados encontrados nesse trabalho.

Observa-se também que a resistência de tomateiros (*Solanun Lycopersicon* Mill.) aos nematóides das galhas quando submetidos a temperatura do solo superior a 28°C, a expressão genética do gene de resistência (Mi) é reduzido, e conseqüentemente a resistência das cultivares que o possui (AMMATI et al., 1986).

Outras culturas como o feijoeiro, alfafa, batata-doce e pêssego podem também ter sua resistência aos nematóides reduzida quando cultivadas em solo com temperaturas superiores a 28°C (ALVES; CAMPOS, 2001).

Segundo Coakley et al. (1999), o aumento da temperatura resulta em maior suscetibilidade de trigo e aveia para doenças de ferrugem, enquanto espécies forrageiras tornam-se mais resistentes a certos fungos.

Sturrock et al. (2011) relatam que varias doenças de culturas florestais são influenciadas pelas condições climáticas, e suas possíveis mudanças que podem interferir de forma considerável na relação patógeno-hospedeiro, podendo acarretar em mudança na severidade da doença. Os mesmos autores descrevem ainda que as mudanças climáticas podem afetar a suscetibilidade das árvores a um determinado patógeno. Tais alterações podem ainda alterar a distribuição geográfica dos patógenos.

Segundo Chakraborty et al. (2000), o desenvolvimento de uma planta é resultado da interação entre o genótipo e o ambiente. Deste modo, as mudanças no clima podem interferir na morfologia, fisiologia e metabolismo das plantas, podendo afetar a intensidade da doença.

Lessin (2008) e Gória (2009) estudando o efeito da concentração de CO₂ sobre na interação *Microsphaera difusaem* e *Magnaporthegrisea* em soja e arroz, respectivamente, concluíram que o aumento da concentração do CO₂ intensificou a severidade das doenças, resultados estes que se assemelham ao encontrado no presente estudo.

No entanto, Santos et al. (2013) estudando clones de eucaliptos inoculados com *C. fimbriata* associado a diferentes concentrações de CO₂ e temperatura uniforme de 27°C, concluiu que o aumento da concentração desse gás diminuiu a severidade da doença. Esse resultado difere ao obtido no

presente trabalho, onde observou um aumento na severidade da doença no clone resistente com enriquecimento de CO₂.

A diferenciação dos resultados encontrados nesse trabalho pode estar associada à utilização de metodologias distintas, sendo que no presente estudo utilizou-se temperaturas e umidades relativas variando ao longo do dia, além de clones de outras procedências e inoculação das plantas de forma diferenciada, aos utilizados por Santos et al (2013).

A utilização de cenários que simulam as condições ambientais mais realistas, como as câmaras climáticas, tende a propiciar alternativas mais coerentes para compreender a influência das condições ambientais na interação patógeno-hospedeiro e na severidade da doença (GHINI et al., 2011).

Segundo Pugliese et al (2012), a combinação de elevadas concentrações de CO₂ e elevadas temperaturas estimulam o desenvolvimento de patógenos, e conseqüentemente, a intensidade de doenças em comparação com as condições climáticas atuais. Tal afirmação corrobora com os resultados obtidos nesse trabalho no que se refere à severidade da doença causada pelo *C. fimbriata*.

Notou-se também que os clones híbridos de eucaliptos, procedente de materiais genéticos de *E. urophylla* x *E. grandis*, utilizados nesse trabalho apresentam diferentes comportamentos no crescimento e nas respostas de trocas gasosas nos diferentes cenários climáticos utilizados no trabalho. Na literatura é possível encontrar diversos trabalhos que constataram comportamentos distintos de plantas quando submetidas a diferentes condições ambientais (MARTINS, 2007; MCKIERNAN et al., 2012; MELOY et al., 2014.).

Para os clones estudados, o cenário futuro, em que houve aumento da temperatura e concentração de CO₂, atuou como fator estressante para as plantas, uma vez que a massa seca total e a área foliar foram significativamente reduzidas em comparação às condições climáticas atuais. A exposição das plantas a alta concentração de CO₂ e elevada temperatura pode ter ocasionado o amarelecimento e a queda das folhas, promovendo redução na área foliar e, conseqüentemente, na massa seca total, conforme observado em outros trabalhos (STITT e KRAPP, 1999; GIFFORD et al., 2000; CURTIS et al., 2000; MAKINO, 2003; NOVRIYANT et al., 2012).

Grandis (2010) ao estudar a espécie *S. reticulata* em elevadas concentrações de CO₂, também observou redução da área foliar, o que corroboram com os resultados encontrados nesse trabalho.

No que se refere ainda à massa seca total, convém ressaltar que os valores relativamente inferiores dessa característica para os clones suscetível inoculado e resistente inoculado no cenário futuro possivelmente estão relacionados à presença do patógeno, pois o clone suscetível não inoculado (testemunha) não apresentou o mesmo comportamento dos clones inoculados, apresentando valores superiores para essa característica.

Com relação à altura da parte aérea, foram observados valores inferiores nos clone suscetível inoculado, suscetível não inoculado e resistente inoculado no cenário futuro. Esses valores podem estar relacionados à baixa fotossíntese líquida encontrada nesse cenário, que conseqüentemente afetou o crescimento das plantas, conforme descrito por Tonello (2010) e Taiz e Zeiger (2013).

Essa característica, no entanto, não foi influenciada pelo patógeno, uma vez que o clone suscetível não inoculado (testemunha) apresentou o mesmo comportamento que os inoculados com *C. fimbriata*, o que indica que a altura da parte aérea sofreu maior influência das condições climáticas.

Os resultados obtidos nesse trabalho mostraram também que a infecção por *C. fimbriata* não afetou a fotossíntese líquida, uma vez que não houve diferenças entre os valores observados para essa característica entre os clones inoculados e o não inoculado (testemunha) para os dois cenários.

No entanto, a fotossíntese líquida sofreu influência das condições climáticas simuladas pelo cenário futuro, pois foram observados valores inferiores quando comparados aos valores encontrados no cenário atual. A alta temperatura utilizada no cenário pode ser um dos fatores que possibilitaram a redução dessa característica, pois segundo Norby e Luo (2004), altas temperaturas provocam um decréscimo na afinidade da Rubisco pelo CO₂ e, conseqüentemente, uma redução na fotossíntese líquida.

Independente dos altos valores de condutância estomática observados no cenário futuro, o que possibilita a saída de H₂O e CO₂ pelos estômatos, observou-se elevados valores da relação Ci/Ca, o que significa que o CO₂ que está chegando às células do mesófilo não está sendo fixado na fase de

carboxilação da ribulose 1,5 bifosfato carboxilase oxigenase (rubisco), possivelmente por danos em sua estrutura, ocasionando redução na taxa fotossintética (TATAGIBA et al, 2014).

Bloom et al (2010) ao trabalhar com *Arabidopsis* trigo (duas espécies tipo C3) em elevadas concentrações de CO₂ verificaram menor taxa fotossintética nessas condições, resultado que corrobora com os obtidos nesse trabalho.

A transpiração também foi influenciada pelas condições climáticas do cenário futuro, onde foram observados valores superiores dessa característica nesse cenário, quando se comparou aos valores encontrados no cenário atual.

Possivelmente, a alta temperatura empregada para simular o cenário futuro, pode ser a causa dos valores superiores de transpiração observados nas plantas, uma vez que todas as mudas permaneceram em condições hídricas de capacidade de campo. Segundo Larcher (2006) e Tonello (2010), altas temperaturas tendem a intensificar a transpiração devido ao aumento da diferença do gradiente de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera, o que corrobora com os resultados deste trabalho.

O aumento de estudos que considerem efeitos combinados do aumento do CO₂ atmosférico, temperaturas mais elevadas e variáveis que afetam as respostas ecofisiológicas de plantas e do ciclo de patógenos, são necessários para o melhor entendimento das consequências de mudanças climáticas sobre as doenças. (TSUTSUMI et al., 2014., GHINI et al., 2011).

Além disso, mais estudos sobre os genes que regulam a resistência de plantas será essencial para determinar o potencial das mudanças climáticas sobre patógenos adaptados as condições climáticas futuras.

7. CONCLUSÕES

O aumento da concentração do CO₂ associada a temperaturas elevadas, representando o clima futuro, afetou a severidade de *Ceratocystis fimbriata* no clone de eucalipto considerado resistente, no entanto, a severidade no clone suscetível não foi influenciada pelas condições climáticas imposta nos cenários avaliados nesse trabalho.

O aumento da concentração do CO₂ e da temperatura conforme previsto pelo IPCC, afetará as características de crescimento em altura, massa seca total e área foliar, além da fotossíntese, nos clones em estudo, promovendo diminuição na produtividade desses clones.

Os clones estudados apresentaram melhores resultados no cenário com condições climáticas atuais, demonstrando uma reduzida capacidade de adaptação a possíveis mudanças climáticas.

As possíveis mudanças climáticas tendem a alterar a condição de resistência das plantas, quando submetidas a essas alterações na concentração de dióxido de carbono e temperatura.

8. REFERÊNCIAS

AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. Burlington: Elsevier Academic, 2005. 922pp.

AIDAR, M. P. M.; M ARTINEZ, C. A.; COSTA, A. C.; COSTA, P. M. E.; DIETRICH, S. M. C.; BUCKERIDGE, M. S. Effect of atmospheric CO₂ enrichment on the establishment of seedlings of jatobá, *Hymenaea courbaril* L.(Leguminosae Caesalpinioideae). **Biota Neotropica**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2002.

ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S. Resistência Genética em Patossistemas Florestais. **Fitopatologia Brasileira**, v.32 (Supl.), p. 89-91. 2007.

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2009. 500 p.

ALVES, F.R.; CAMPOS, V.P. Efeito do aquecimento do solo na resistência de plantas a *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* raça 3. **Nematologia Brasileira**, v.25, n.2, p.153-162, 2001.

AMMATI, M.; THOMASON, I.J.; McKINNEY, H.E. Retention of resistance to *Meloidogyne incognita* in *Lycopersicon* genotypes at high soil temperature. **Journal of Nematology**, v.18, n.4, p.491-495, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012. Brasília: ABRAF, 2013. 148 p.

BAKER, C. J.; HARRINGTON, T.C. ***Ceratocystis fimbriata***. Kew, Surrey: CABI Publishing, 2004. 14p.

BEDENDO, I.P. Doenças vasculares. In: AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H (Eds.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 2011, v. 1, p. 838-847.

BERTOLUCCI, F.; REZENDE, G.; PENCHEL, R. Produção e utilização de híbridos de eucalipto. **Silvicultura**, v. 51, p. 12-16, 1995.

BLOOM, A.J., BURGER, M., ASENSIO, J.S.R.; COUSINS, A.B. Carbon dioxide enrichment inhibits nitrate assimilation in wheat and *Arabidopsis*. **Science**, v. 328, p. 899-903, 2010.

BOOTH, T. H. Eucalypt plantations and climate change. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 28-34, 2013.

CARVALHO, A. O.; CARMO, M. G. F. Podridão pós-colheita de cenoura causada por *Ceratocystis fimbriata*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 108, 2003.

CHAKRABORTY, S. Effects of climate change. In: WALLER, J.M.L.; WALLER, S.J. (Eds.). **Plant pathologist's pocketbook**. Wallingford: CAB International. p. 203-207, 2001.

CHAKRABORTY, S. et al. Impacts of global change on diseases of agricultural crops and forest trees. **CAB Reviews: perspectives in agriculture, veterinary science, nutrition and natural resources**, v. 3, p. 1-15, 2008.

CHAKRABORTY, S. Migrate or evolve: options for plant pathogens under climate change. **Global Change Biology**, v. 19, p. 1985-2000, 2013.

CHAKRABORTY, S. Potential impact of climate change on plant-pathogen interactions. **Australasian Plant Pathology**, v.34, p.443-448, 2005.

CHAKRABORTY, S.; TIEDEMANN, A.V.; TENG, P.S. Climate change:potential impact on plant diseases. **Environmental Pollution**, n.108, p. 317–326, 2000b.

CHRISTIANSEN, M.N.; LEWIS, C.F. **Breeding plants for less favorable environments**. New York: Wiley. 1982.

COAKLEY, S.M. Biospheric change: will it matter in plant pathology? **Canadian Journal of Plant Pathology**, v.17, p.147-153, 1995.

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

CONTI, J.B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Revista do Departamento de Geografia**, n.16, p.81-88, 2005.

COUTO, L. Cultivation and production of eucalypts in South América: with special reference to the leaf oils. In: COPPEN, J. J. W. **Eucalyptus: the genus Eucalyptus**. London: Taylor; Francis, p. 239-250, 2002.

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

CURTIS, P.S., VOGEL, C.S., WANG, X., PREGITZER, K.S., ZAK, D.R., LUSSENHOP, J., KUBISKE, M.; TEERI, J.A. Gas exchange, leaf nitrogen, and growth efficiency of *Populus tremuloides* in a CO₂ enriched atmosphere. **Ecological Applications**, v. 10, p. 3–17, 2000.

EVANGELISTA, R.Q. **Impacto das mudanças climáticas na produtividade de eucalipto em duas regiões do Brasil**. 48f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

FERREIRA, F. A. Constatação rápida de *Ceratocystis fimbriata* na doença murcha de *Ceratocystis* em eucalipto por meio de cortes histopatológicos à mão livre. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, p. 372, 2000.

FERREIRA, F. A.; DEMUNER, A. M.; DEMUNER, M. L.; PIGATO, S. Murcha de *Ceratocystis* em eucalipto no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, p. 284, 1999.

FERREIRA, F. A.; MAFFIA, L.A.; BARRETO, R.W.; DEMINER, N.L.; PIGATTO, S. Sintomatologia da murcha de *Ceratocystis fimbriata* em eucalipto. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2 p. 155-162, 2006.

FIRMINO, A. N.; JUNIOR, H.J.T.; SOUZA, I. C.G.de.; FURTADO, E.L. Resistência de genótipos de Eucalipto a *Ceratocystis spp.* **Scientia Florestal**, v. 41, n. 98, p. 165-173, 2013.

FIRMINO, A. C.; TOZZE JÚNIOR, H. J.; FURTADO, E. L. First report of *Ceratocystis fimbriata* causing wilt in *Tectona grandis* in Brazil. **New Disease Reports**, v. 25, p. 24, 2012a.

FIRMINO, A. C.; TOZZE JUNIOR, H. J.; COSTA, P. N.; FURTADO, E. L. *Ceratocystis sp.* causando murcha em atemóia na região de Botucatu-SP. **Summa Phytopathologica**, v.38, n. 2, p. 171-171, 2012b.

FIRMINO, A.N.; JUNIOR, H.J.T.; SOUZA, I.C.C.; FURTADO, E.L. Resistencia de genótipo de eucalipto a *Ceratocystis spp.* **Scientia Florestal**, v.41, n.98, p. 165-167, 2013.

FURTADO, E. L.; SANTOS, C. A. G.; MASSON, M. V. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre a ferrugem do eucalipto no Estado de São Paulo. In: GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 273-286.

GHINI, R. **Mudanças Climáticas Globais e Doenças de Plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 104p.

GHINI, R.; BETTIOL, W.; HAMADA, E. Diseases in tropical and plantation crops as affected by climate changes: current knowledge and perspectives. **Plant Pathology**, v. 60, p. 122-132, 2011.

GIFFORD, R.M., BARRETT, D.J.; LUTZE, J. I. L. The effects of elevated [CO₂] on the C:N and C:P mass ratios of plant tissues. **Plant & Soil**, v. 224, p. 1–14, 2000.

GORNALL, J.; BETTS, R.; BURKER, E.; CLARK, R.; CAMP, J.; WILLETT, K.; WILTSHIRE, A. Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. Phil. Trans. **Revista Sociedade Brasileira**, n. 365, p. 2973–2989, 2010.

GÓRIA, M.M. **Impacto do aumento da concentração de CO₂ do ar sobre a brusone do arroz**. 2009. 59f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP, 2009.

GRANDIS, A. **Respostas fotossintéticas e de crescimento da espécie amazônica *Senna reticulata* sob elevada concentração de CO₂**. 2010. 126p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2010.

HAMADA, E.; GHINI, R.; GONÇALVES, R. R. V. Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 3, n. 2, p. 073- 085, 2006.

HARWOOD, C. Introductions: doing it right. In: Walker, J. (Ed.) HIBBERD, J.M., WHITBREAD, R., FARRAR, J.F. Effect of 700 μmol per mol CO₂ and infection of powdery mildew on the growth and partitioning of barley. **New Phytologist**, 1348, 309-345, 1996.

INDEX FUNGORUM (CABI, CBS, Landcare Research-NZ). 2008. Disponível em: <<http://www.indexfungorum.org/names/names.asp>>. Acesso em: 18 de Junho de 2014.

IPCC – **Intergovernmental Panel on Climate Change**. Mudança do clima: a base das ciências físicas. Grupo de trabalho I. Sumário para os formuladores de políticas. 2013. 24p.

JESUS JUNIOR, W.C.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; VALE, F.X.R.; HAU, B. Sistemas de auxílio à tomada de decisão no manejo de doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.11, p.133-193, 2003.

JESUS JUNIOR, W.C.; VALADARES JÚNIOR, R.; CECÍLIO, R.A.; MORAES, W.B.; VALE, F.X.R.; ALVES, F.R. ; PAUL, P.A. Worldwide geographical distribution of Black Sigatoka for banana: predictions based on climate change models. **Scientia Agricola**, v. 65, p.40-53, 2008.

JUNGHANS, D.T. **Quantificação da severidade, herança da resistência e identificação de marcadores RAPD ligados à resistência à ferrugem (Puccinia psidii) em Eucalyptus grandis**. 2000. 53p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

JWA, N. S.; WALLING, L.L. Influence of elevated CO₂ concentration on disease development in tomato. **New Phytologist**, v. 149, n. 3, p. 509-518, 2001.

KRUGNER, T.L.; AUER, C.G. Doenças dos eucaliptos. In: KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. 4. Ed. São Paulo: Agronômica CERES, p. 319-332, 2005.

LAIA, M.L., ALFENAS, A.C. & HARRINGTON, T.C. Isolation, detection in soil, and inoculation of *Ceratocystis fimbriata*, causal agent of wilting, die-back and canker in *Eucalyptus*(Abstract). *Fitopatologia Brasileira*. 25:384. 2000

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima. 531p, 2006.

LESSIN, R.C. **Efeito do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o oídio, a ferrugem e o desenvolvimento de plantas de soja**. 2008. 67 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP, 2008.

MACLEOD, R. E. O. **Efeito do aumento da concentração de dióxido de carbono do ar sobre a ferrugem e o crescimento de mudas clonais de eucalipto**. 2012. Dissertação (Mestrado)–Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2012.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; LOOS, R. A. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre doenças na eucaliptocultura no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (Ed.) **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. Cap. 12. P. 212-225.

MAKINO, A. Rubisco and nitrogen relationships in rice. Leaf photosynthesis and plant growth. **Soil Science & Plant Nutrition**, v. 49, p. 319–327, 2003.

MANNING, W. J.; TIEDEMANN, A. V. Climate change: potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO₂), ozone (O₃), and Ultraviolet-B (UV-B) radiation on plant diseases. **Environmental Pollution**, v. 88, p. 219-245, 1995.

MANZATTO, C. V. **Apresentação**. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (Eds.) (2011). **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Embrapa Meio Ambiente. p. 9-10. 2011.

MARTINI, A. J. **O plantador de Eucaliptus: a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. 2004. 320 f. Dissertação (Mestrado em História Social)-Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MARTINS, F. B. **Desenvolvimento e estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith)**. 2007. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria. 2007.

MCKIERNAN, A.B.; REILLY-WAPSTRA, J. M. O.; PRICE, C.; DAVIES, N. W.; POTTS, B.M.; HOVENDEN, J. Stability of Plant Defensive Traits Among Populations in Two Eucalyptus Species Under Elevated Carbon Dioxide. **Journal of Chemical Ecology**, v. 38, p. 204-212, 2012.

MELLOY, P.; AITKEN, E.; LUCK, J.; CHAKRABORTY, S. The influence of increasing temperature and CO₂ on Fusarium crown rot susceptibility of wheat genotypes at key growth stages. **European Journal of Plant Pathology**, 2014.

MENDES, L. **Impacto do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o período latente e o controle biológico da ferrugem do cafeeiro**. 2009.42 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2009.

MITTLER, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. **Trends in Plant Science**, v.11, p.15–19, 2006.

MORAES, W, B.; JESUS JUNIOR, W.C.; MORAES, W.B.; CECILIO, R.A. Potenciais impactos das mudanças climáticas globais sobre a agricultura. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 2, pág. 3, 2011.

MUDANÇA DO CLIMA: volume I: **Negociações internacionais sobre a mudança do clima: vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima**. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. 2005. 250 p. (Cadernos NAE, 3), Research Centre, University of Canterbury, New Zealand, 2011; p. 43–54.

NORBY, R.J.; LUO, Y. Evaluating ecosystem responses to rising atmospheric CO₂ and global warming in a multi-factor world. **New Phytologist**, v. 162, p. 281-293, USA, 2004.

NOVRIYANTI, E.; WATANABE, M.; KITAO, M.; UTSUGI, H.; UEMURA, A.; KOIKE, T. High nitrogen and elevated [CO₂] effects on the growth, defense and photosynthetic performance of two eucalypt species. **Environmental Pollution**, v. 170, p. 124-130, 2012.

PIROVANI, D.B. **Cenários de Mudanças Climáticas e Impacto no Zoneamento Agroclimático de Espécies Florestais no Estado do Espírito Santo**. 2014. 120 f. Doutorado (Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, ES, 2014.

PIVETA, G.; ALFENAS, A.C.; MUNIZ, M.F.B.de.; SANHUEZA, R.M.V.; FERREIRA, M.A. Ocorrência de *Ceratocystis fimbriata* em kiwi (*Actinidia deliciosa*) no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 665-669, 2013

PUGLIESE, M.; LIU, J.; TITONE, P.; GARIBALDI, A.; GULLINO, M.L. Effects of elevated CO₂ and temperature on interactions of zucchini and powdery mildew. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 51, n. 3, p. 480-487, 2012.

OLIVEIRA, L.S.S. **Agressividade de isolados de *Ceratocystis fimbriata* em clones de *Eucalyptus spp.*** 2010. 26 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)- Universidade Federal de Viçosa, MG, 2010.

ROUX, J. et al. *Ceratocystis* species infecting stem wounds on *Eucalyptus grandis* in South Africa. **Plant Pathology**, v. 53, n. 4, p. 414-421, 2004.

SANTOS, A.F.; AURER, C.G.; GRIGOLETTI JUNIOR, A. Doenças do eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle. **Circular técnica-Embrapa Florestas, Colombo**, n.45, 2001.

SANTOS, M. S. de, GHINI, R; FERNANDES, B.V; SILVA, C.A. Increased carbon dioxide concentration in the air reduces the severity of *Ceratocystis* wilt in *Eucalyptus* clonal plantlets. **Australasian Plant Pathology**, v. 42, p. 595-599, 2013.

SCHERM, H., YANG, X.B. Inter annual variations in wheat rust development in China and the United States in relation to the El Niño/Southern Oscillation. **Phytopathology**, v. 85, p. 970-976, 1995.

SILVA, C.E.O.da; GHINI, R. Plant growth and leaf-spot severity on eucalypt at different CO₂ concentrations in the air. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, n.3, p. 232-235, 2014.

SINCLAIR, W. A.; JOHNSON, W. T.; LYON, H. H. **Diseases of trees and shrubs**. Ithaca: Cornell University Press, 1987. 474 p.

SMITH, J.B.; TIRPAK, D. The potential effects of global climate change on the United States. Washington: **Environmental Protection Agency**, 1989. 401p.

STITT, M.; KRAPP, A. The interaction between elevated carbon dioxide and the early twenty-first century. Phil. Trans. **Revista Sociedade Brasileira**, n. 365, p. 2973–2989, 2010.

STURROCK, R. N. et al. Climate change and forest diseases. *Plant Pathology*, vol. 60, p. 133- 149, 2011

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Piracicaba: Ed. Artmed, 5. ed., 2013.

TATAGIBA, S.D.; MOARES, G.A.B.K.; NASCIMENTO, K.J.T.; PELOSO, A. F. de. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Engenharia na agricultura**, v. 22, n.2, 2014.

TEVIOTDALE, B.; D. H. Infection of pruning and small bark wounds in almond by *Ceratocystis fimbriata*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 75, p. 1026-1030, 1991.

TONELLO, K. C. **Comportamento ecofisiológico de clones de Eucalyptus**. 2010.162f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós

Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, 2010.

TONINI, H.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento de clones de *Eucalyptus saligna* Smith, na Depressão Central e Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 61-77, 2004.

TRINDADE, D. R.; FURTADO, E. L. Doenças da seringueira. In: KIMATI, H. et al. (Eds). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. v.2. São Paulo: Ceres, 1997. p. 628-641.

TSUTSUMI, K.; KONNO, M.; MIYAZAWA, S-I.; MYAO, M. Sites of Action of Elevated CO₂ on Leaf Development in Rice: Discrimination between the Effects of Elevated CO₂ and Nitrogen Deficiency. **Plant Cell Physiology**, v. 55, n 2, p. 258–268. 2014

TUMURA, K.G.; PIERI, C. de.; FURTADO, E.L. Murcha por *Ceratocystis* em eucalipto: avaliação de resistência e análise epidemiológica. **Summa Phytopathologic**, v. 38, n. 1, p. 54-60, 2012.

XAVIER, T. M. T. **Crescimento de mudas clonais de eucalipto sob diferentes condições microclimáticas associadas à deficiência hídrica**. 2014. 104 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2014.

ZAUZA, E. A. V.; Couto, M. M. F.; MAFFIA, L. A.; ALFENAS, A. C. Eficiência de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem do *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.5, p.829-835, 2008.