

DAVID ROLANDO PALOMINO MONTES

**EFEITOS DO TURNO DE REGA, DA DENSIDADE DE PLANTIO E DA
APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NO CONTROLE DO MOFO-BRANCO NA
CULTURA DO FEIJÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

P181e
2013

Palomino Montes, David Rolando, 1979-

Efeitos do turno de rega, da densidade de plantio e da aplicação de fungicida no controle do mofo-branco na cultura do feijão / David Rolando Palomino Montes. – Viçosa, MG, 2013.

xi, 97 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Rubens Alves de Oliveira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 88-97

1. Irrigação agrícola. 2. *Sclerotinia sclerotiorum*.
3. Fungicidas. 4. Feijão. 5. Evapotranspiração. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.
II. Título.

CDD 22. ed. 631.587

DAVID ROLANDO PALOMINO MONTES

**EFEITOS DO TURNO DE REGA, DA DENSIDADE DE PLANTIO E DA
APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NO CONTROLE DO MOFO-BRANCO NA
CULTURA DO FEIJÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA EM: 5 de junho de 2013

Prof. José Eustáquio de Souza Carneiro
(Coorientador)

Prof. Mauro Aparecido Martinez

Prof. Leonardo Duarte Batista da Silva

Dr. Maurício Bernardes Coelho

Prof. Rubens Alves de Oliveira
(Orientador)

DEDICO

A mis padres David Eduardo Palomino Meneses y Rosa Nelly Montes Zaconet, ejemplos de vida, que siempre estuvieron conmigo a pesar de la distancia, fortaleciéndome con su amor y sabiduría. Personas íntegras, dueños de todo mi respeto y reconocimiento.

A María Bustamante Torres, madre de grandes virtudes, bendición que Dios me concedió. A Soledad Bustamante Torres, ejemplo de mujer por toda su grandeza y enseñanzas impartidas.

A mis hermanos, Anita del Pilar y Ángel Eduardo, personas extraordinarias de quienes tengo un especial orgullo y a quienes admiro y amo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, o nosso pai, pelas bênçãos recebidas.

Ao meu avô Tomás Ángel Palomino Jáuregui e a minha avó Juana María Meneses de Palomino, verdadeiros servos de Deus e exemplos de vida, pelo amor, companhia e proteção, agora espiritual.

Aos meus pais, irmãos e toda minha família, minha estrutura, pelo infinito amor, suporte e estímulo em todo momento.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola, por ter me acolhido durante todo este tempo, no mestrado e no doutorado, contribuindo na minha formação profissional e pessoal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores Rubens Alves de Oliveira e Márcio Mota Ramos pela orientação, amizade, contribuição inestimável e confiança depositada durante o doutorado e o desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores José Eustáquio de Souza Carneiro e Paulo Roberto Cecon, pela amizade, aconselhamentos, esclarecimentos, valiosas sugestões e contribuição no desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores, Everardo Chartuni Mantovani, Antônio Alves Soares e Mauro Aparecido Martinez, pela amizade, orientação, colaboração e ensinamentos transmitidos durante todo este tempo.

Aos demais professores do Departamento de Engenharia Agrícola, por terem-me enriquecido na minha formação acadêmica.

Aos funcionários da UFV, Gilcemir e Jorge, pelo apoio, disponibilidade e atenção, me orientando nos temas relacionados aos processos acadêmicos e administrativos.

Ao meu amigo José, funcionário da Área Experimental de Irrigação e Drenagem, e o meu amigo Chicão, funcionário do Departamento de

Engenharia Agrícola, pela imensa dedicação e ajuda na realização do experimento.

À empresa Irrigacerto e os seus funcionários, pela valiosa colaboração.

Ao meu grande amigo e irmão Luan Giovanelli, pelo convívio, longos papos, momentos de desconcentração, alegrias e valiosa colaboração no trabalho de campo.

Aos meus amigos Júlio, Reginaldo e Aline, pela ajuda durante a realização do experimento, mas principalmente pela preciosa amizade e bons momentos.

Aos amigos do departamento de agronomia, da área do feijão, que me auxiliaram na pesquisa, em especial ao meu amigo Gilberto.

A todos os meus amigos e colegas da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelo convívio, amizade e companheirismo em todas as etapas vividas durante o curso.

A Marcela, pelo carinho, companhia, alegrias, cuidado e preocupação durante o percurso do doutorado.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

À turma do Planeta Bola, especialmente aos meus amigos Luís e Marcos, pela boa companhia e momentos de descontração nos jogos do mais querido, o gigante da maior torcida do mundo.

BIOGRAFIA

DAVID ROLANDO PALOMINO MONTES, filho de David Eduardo Palomino Meneses e Rosa Nelly Montes Zaconet, nasceu em Arequipa, Peru, no dia 8 de dezembro de 1979.

No ano de 1980 chegou à cidade de Ayacucho, Peru, onde realizou seus primeiros estudos, concluindo o ensino médio em dezembro de 1995.

Em março de 1997, iniciou o Curso de Engenharia Agrícola, na Universidad Nacional Agrária La Molina (UNALM), em Lima, Peru, concluindo em julho de 2002.

De outubro de 2002 até junho de 2003, realizou uma Especialização em Gestão Agrícola Empresarial, na Universidad Nacional Agrária La Molina (UNALM), em Lima, Peru.

De janeiro de 2004 até março de 2006, desempenhou atividades profissionais em Lima e Ayacucho, Peru.

Em maio de 2006, chegou ao Brasil para realizar o Mestrado em Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), defendendo a dissertação em junho de 2008.

Em abril de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), na área de concentração de Recursos Hídricos e Ambientais, concluindo em junho de 2013.

INDICE

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1. Feijoeiro	6
2.2. Épocas de cultivo do feijão	7
2.3. Mofo-branco.....	9
2.4. Medidas de controle do mofo-branco.....	11
2.4.1. Controle do mofo-branco pelo manejo da irrigação	12
2.4.2. Controle do mofo-branco pela densidade de plantio.....	13
2.4.3. Controle químico do mofo-branco	14
2.4.4. Outras medidas de controle do mofo-branco	14
2.5. Mecanismos de resistência do feijoeiro	17
2.6. Irrigação	18
2.7. Manejo da irrigação	20
2.8. Evapotranspiração	21
2.9. Coeficiente de cultura	23
2.10. Irrigâmetro	25
2.11. Turno de rega	27
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1. Caracterização da área experimental	28
3.2. Preparo do solo e adubação	33
3.3. Instalação do experimento.....	34
3.4. Delineamento e detalhes experimentais	35
3.5. Análise estatística	37
3.6. Sistemas e manejo da irrigação.....	37
3.7. Tratamentos fitossanitários.....	44
3.8. Avaliação do mofo-branco	44

3.9. Avaliação da produtividade de grãos e seus componentes	45
3.10. Eficiência do uso da água.....	46
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1. Evapotranspiração do feijoeiro	47
4.2. Lâminas e frequências de irrigação.....	49
4.3. Mofo-branco no feijoeiro.....	54
4.3.1. Período experimental do ano 2011	54
4.3.2. Período experimental do ano 2012	59
4.4. Produtividade de grãos e seus componentes.....	66
4.4.1. Período experimental do ano 2011	66
4.4.2. Período experimental do ano 2012	73
4.5. Eficiência do uso da água	82
5 - CONCLUSÕES	87
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

RESUMO

PALOMINO MONTES, David Rolando, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2013. **Efeitos do turno de rega, da densidade de plantio e da aplicação de fungicida no controle do mofo-branco na cultura do feijão.** Orientador: Rubens Alves de Oliveira. Coorientadores: José Eustáquio de Souza Carneiro, Márcio Mota Ramos e Paulo Roberto Cecon.

A pesquisa foi conduzida em Viçosa, MG, na Área Experimental “Aeroporto”, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, nos anos 2011 e 2012, cultivando-se feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Madrepérola, na época de inverno, em quatro densidades de plantio (6, 9, 12 e 15 plantas por metro linear) e irrigado por aspersão com quatro turnos de rega (3, 6, 9 e 12 dias), com e sem aplicação do fungicida fluazinam. Os objetivos foram avaliar, nas condições experimentais, a incidência e severidade do mofo-branco e o seu efeito nos componentes da produção e na produtividade do feijoeiro, além da determinação da eficiência do uso da água pela cultura. O experimento foi composto por três blocos, cada um formado por 32 unidades experimentais constituídas por combinações de densidade de plantio, turno de rega e aplicação, ou não, de fungicida. Na análise estatística foi usado o esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas o efeito do fungicida, nas subparcelas os turnos de rega e nas sub-subparcelas as densidades de plantio, no delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições. Conclui-se que o fungicida (fluazinam) foi o principal método de controle do mofo-branco, diminuindo a incidência e severidade, a

porcentagem de grãos infectados pela doença (relativa ao peso e número) e a massa de escleródios, e aumentando o número de vagens e de grãos por planta, o peso de 100 grãos e a produtividade do feijoeiro. Os turnos de rega empregados não apresentaram efeito significativo no controle do mofo-branco. O manejo da irrigação com menores turno de rega, principalmente a cada 3 dias, permitiu o aumento da produtividade, do número de vagens e de grãos por planta e do número de grãos por vagem. Menores densidades de plantio permitiram o relativo controle do mofo-branco, e a obtenção de maior número de vagens e de grãos por planta, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos; no entanto, foram as maiores densidades (12 e 15 plantas por metro) que favoreceram a obtenção das maiores produtividades. A eficiência do uso da água pelo feijoeiro foi maior com aplicação de fungicida, irrigações mais frequentes e maiores densidade de plantio.

ABSTRACT

PALOMINO MONTES, David Rolando, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2013. **Effects of irrigation intervals, plant density and fungicide application on white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) control in common bean crop.** Advisor: Rubens Alves de Oliveira. Co-advisors: José Eustáquio de Souza Carneiro, Márcio Mota Ramos and Paulo Roberto Cecon.

This research was conducted at Viçosa, Minas Gerais State, Brazil, with common bean crop cv. Madrepérola (*Phaseolus vulgaris* L.), during 2011 and 2012, at winter season. The experiment aimed at assessing the effect of plant density (6, 9, 12 and 15 plants per linear meter), irrigation intervals (3, 6, 9 and 12 days) and fungicide fluazinan application (with and without) on white mold incidence and severity and the effect on production components, yields and water efficiency use by common bean crop. This experiment was arranged in a split-split plots scheme, with the chemical control in the plots, the irrigation frequency in the split plots and the plant density in the split-split plots, in a randomized block design, with three replications. The chemical control with fungicide fluazinan was the most effective method to reduce white mold incidence and severity, the percentage of grains infected by the disease and the mass of *Sclerotinia sclerotiorum*. As consequence of this treatment, it was found higher number of legumes, grains per plant, 100 grains weight and yields. The irrigation intervals haven't been an effective method to control *Sclerotinia sclerotiorum*. However, higher yields and better production components were observed in lower irrigation

interval, principally to each 3 days. Lower densities of plants also favored the *Sclerotinia sclerotiorum* control, resulting in higher number of legumes, grains per plant, grains per legume and 100 grains weight. However, higher yields were observed in higher plant densities (12 and 15 plants per meter). It was observed higher efficiency of water use in treatments with fungicide, lower irrigations intervals and higher plant densities.

1 - INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) tem grande importância no contexto agrícola brasileiro, destacando-se como uma das principais culturas do país, sendo um produto de relevância na dieta do povo brasileiro. O feijão, fonte importante de proteína, nutrientes e fibras, é um dos componentes básicos da dieta alimentar da população brasileira, tanto rural como urbana. O feijão possui elevado significado econômico e social, tendo ampla distribuição geográfica (VIEIRA et al., 1998; SCHMIDT e VALIATI, 2006; SANTANA et al., 2008; RICHETTI et al., 2011).

O cultivo do feijoeiro, na maioria das regiões do Brasil, ocorre em pequenas e médias propriedades, com áreas entre 1 a 50 ha. Entretanto, nos últimos anos tem se observado um crescimento expressivo de lavouras com grandes extensões, principalmente sob condições de irrigação (MOREIRA et al., 2003).

Apesar de ser cultivada em diferentes condições climáticas, a cultura do feijão é uma das mais sensíveis aos fatores climáticos. O rendimento do feijoeiro é bastante afetado pela condição hídrica do solo, notadamente sua deficiência (SILVA, 2008). A intensidade e a duração do déficit ou do excesso de água, nos diferentes estágios da cultura, afetam os componentes de produção, especialmente a produtividade (VIEIRA et al., 2006; FERNANDES, 2012). Neste sentido, a distribuição regular das chuvas ou o uso eficiente da água de irrigação permitirá o adequado desenvolvimento das plantas (CARLESSO et al., 2007).

Nos últimos anos, o uso de irrigação no Brasil tem aumentado de forma expressiva a produtividade da lavoura, representando um importante

instrumento para amenizar os impactos das oscilações climáticas sobre a produção de feijão (FERNANDES, 2012). No entanto, a grande maioria dos usuários da agricultura irrigada carece de uma estratégia de uso e manejo racional da água na irrigação (LOPES, 2006).

Os produtores ainda não se preocupam com o manejo adequado da água no solo, sendo que a quantidade de água aplicada é obtida com a experiência individual e empírica, resultando em valores que podem proporcionar lâminas inadequadas que comprometem a produção (SANTANA et al., 2008). Irrigações excessivas, as mais comuns, acarretam perdas de água por percolação e de nutrientes por lixiviação, além de favorecer a proliferação de micro-organismos patogênicos (PARIZI, 2007).

O aumento das áreas cultivadas com feijoeiro, especialmente sob irrigação, tem proporcionado condições favoráveis para a alta incidência de doenças, causando prejuízos significativos que podem inviabilizar o empreendimento agrícola (PEREIRA, 2007). Silveira e Stone (2001) mencionam que a incidência e o desenvolvimento das doenças pela ação da irrigação estão relacionados ao excesso e ao déficit de água.

Considerando a importância sócio-econômica que o feijão tem no Brasil, associado ao fato de tratar-se de uma cultura de elevado padrão de risco, devido à grande sensibilidade ao déficit e excesso de água, a realização de trabalhos utilizando-se técnicas de otimização no manejo da irrigação torna-se cada vez mais interessante (FIGUEIREDO et al., 2008).

O manejo adequado da irrigação consiste em fornecer água ao solo no momento oportuno e na quantidade suficiente, para atender as necessidades hídricas da planta. O manejo tem a finalidade de maximizar a produtividade da cultura, minimizar o uso de água e o custo de energia, aumentar a eficiência de adubos, diminuir a incidência de doenças e manter ou melhorar as condições químicas e físicas do solo (SILVEIRA e STONE, 2001).

O Irrigâmetro é um aparelho que permite simplificar o manejo da água de irrigação, visando atender as necessidades dos irrigantes (OLIVEIRA e RAMOS, 2008). O Irrigâmetro estima a evapotranspiração da cultura, em qualquer estágio de seu desenvolvimento, dando resposta às duas perguntas básicas para o adequado manejo da irrigação: quando e quanto

irrigar. A obtenção direta dos dados de evapotranspiração sem necessidade de cálculos, o custo relativamente baixo e a facilidade de instalação e operação, fazem do Irrigâmetro um equipamento de grande potencial de uso na agricultura irrigada (PALOMINO MONTES, 2008).

A predisposição do feijoeiro ao ataque de patógenos no solo, decorrente do excesso ou do déficit de água, estão intimamente ligados a outros fatores, como temperatura e nutrição, que por sua vez são fundamentais na perda ou na absorção de água pela planta. A irrigação sob a influência do clima local, da cultivar e das particularidades de cada patógeno, desenvolve microclimas cujas ações resultam em efeitos sobre as doenças do feijoeiro (SILVEIRA e STONE, 2001).

Na cultura do feijoeiro, Pereira (2007) afirma que as doenças são os fatores que, em condições de ambiente propício, contribuem para a baixa produtividade, a instabilidade da produção e o alto risco de implantação da cultura. Uma das doenças comumente conhecidas e mais destrutivas do feijoeiro no mundo é o mofo-branco, causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (TOLÊDO-SOUZA e COSTA, 2003). Este fungo penetra na planta através de ferimentos ou durante o período de florescimento, nos tecidos celulares vulneráveis, causando o seu apodrecimento e reduzindo a qualidade e a produtividade dos grãos (RICARDO et al., 2009).

O ataque do mofo-branco no feijoeiro é bastante severo no cultivo de inverno sob irrigação, em especial por pivô central. O mofo-branco se manifesta com maior frequência e intensidade em áreas com inadequado manejo da irrigação, áreas com excesso de umidade, devido à aplicação de água com frequência superior à necessária ou à deficiência na operação do equipamento de irrigação e em plantios sucessivos de leguminosas (GUERRA et al., 2002). Com a introdução da terceira época de plantio (feijão de inverno), mediante o uso da irrigação por aspersão, o mofo-branco encontrou condições favoráveis para o seu desenvolvimento, tendo à sua disposição um microclima com temperatura e umidade do ar adequadas (NAPOLEÃO et al., 2006).

Uma medida fundamental para prevenir a ocorrência de doenças causadas por *S. sclerotiorum* é reduzir ao máximo os períodos de alta

umidade e baixa temperatura na área cultivada, principalmente na época de floração, como ocorre no outono-inverno (LEITE, 2005). Portanto, o manejo eficiente da irrigação é fundamental na obtenção de safras de feijão compatíveis com a agricultura irrigada, economizando-se água, energia e produtos químicos para o controle de doenças (GUERRA et al., 2002).

Bernardes (2005) menciona que no manejo da cultura do feijoeiro, o controle do mofo-branco tem sido eficiente com a redução da lâmina de água e da frequência de irrigação, que contribuem para diminuir a formação dos apotécios. No entanto, o autor salienta que a redução da frequência de irrigação tem sido pouco investigada como medida de controle da doença, apesar das evidências de associação da incidência de mofo-branco com a umidade do solo.

Trabalhos envolvendo a frequência de irrigação, como medida de controle em estudos de manejo integrado do mofo-branco no feijoeiro, são escassos. Trabalhos como os de Bernardes (2005) e Paula Junior et al. (2009), nas condições de Viçosa, MG, não obtiveram resultados significativos da frequência de irrigação no controle do mofo-branco, devido à ocorrência de chuvas atípicas durante o período experimental. Os autores recomendam, de maneira geral, turnos de rega maiores a fim de evitar o umedecimento frequente do solo.

As medidas de controle do mofo-branco permitem a intervenção no desenvolvimento da doença, diminuindo o tempo de sobrevivência, a capacidade de germinação carpogênica ou miceliogênica, a atividade enzimática, o potencial de infecção e a distribuição espacial de escleródios no solo. As pesquisas direcionadas ao manejo de *S. sclerotiorum* costumam estar diretamente ligadas a condições climáticas e de manejo, a características de cultivo locais e a possibilidades de inviabilizar os escleródios. No Brasil, no entanto, há poucos trabalhos que demonstram a viabilidade deste controle em lavouras comerciais, com estudos realizados em médio prazo (GÖRGEN et al., 2010).

O melhoramento genético de cultivares de feijão não tem sido acompanhado pelo desenvolvimento de práticas culturais que permitam a expressão de seu potencial produtivo. O arranjo de plantas é uma das primeiras práticas a ser estudada para adaptar uma espécie a uma condição

de cultivo, pela alteração que proporciona no microclima, na disponibilidade de luz, nutrientes, água, temperatura e interação das plantas com outros fatores bióticos (JAUER et al., 2006). Estratégias como o aumento dos espaçamentos entre fileiras e/ou entre plantas podem contribuir para que haja condições menos favoráveis à ocorrência do mofo-branco, por propiciarem maior penetração de luz no dossel e no solo e maior ventilação (VIEIRA et al, 2001). Jauer et al. (2006) ressaltam a necessidade de realizar trabalhos de pesquisa relacionados às diferentes densidades de semeadura, a fim de avaliar o comportamento da cultura na safra.

Dentro de um programa de controle integrado, o controle químico do mofo-branco requer muita atenção do produtor, pois a sua eficiência depende da época de aplicação. A primeira pulverização deve ser feita preventivamente, na abertura das primeiras flores, quando as condições forem favoráveis à doença e surgirem os primeiros apotécios. Para o período que vai do início do florescimento até a formação de vagens, são necessárias, em média, duas a três aplicações de produtos químicos com intervalos variáveis de 12 a 15 dias (PAULA JUNIOR et al., 2006).

Em vista dessas considerações, no presente trabalho estudou-se a implementação do manejo integrado no controle do mofo-branco, incluindo a avaliação de diferentes turnos de rega, densidades de plantio e aplicação de fungicida. Neste contexto, os objetivos do presente trabalho foram:

- a) Avaliar a porcentagem de incidência e a severidade do mofo-branco na cultura do feijão, cultivado nas densidades de 6, 9, 12 e 15 plantas por metro linear e irrigado em turnos de 3, 6, 9 e 12 dias, sem controle químico e com aplicação do fungicida fluazinam.
- b) Avaliar a influência de quatro turnos de rega, de quatro densidades de plantio e da aplicação do fungicida nos componentes da produção e na produtividade de grãos do feijoeiro.
- c) Determinar a eficiência do uso da água pelo feijoeiro.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Feijoeiro

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie cultivada mais antiga e a mais utilizada do gênero nos cinco continentes. Em razão de ser cultivada em grande diversidade de ambientes e em muitos países, esta cultura apresenta grande variabilidade de caracteres agronômicos. Os grãos desta leguminosa, além de ter um papel relevante na alimentação do povo brasileiro, é um dos produtos agrícolas de maior importância econômico-social (VIEIRA et al., 2006). O Brasil destaca-se por ser o maior consumidor e produtor mundial de feijão, sendo responsável por 23,6% da produção, (IBGE, 2011).

No Brasil, o feijão é produzido, na sua maioria, por pequenos agricultores com poucos recursos tecnológicos, sem controle de pragas e doenças e com adubação deficiente. Soma-se a má distribuição de chuvas e a falta ou inadequado manejo da irrigação, que afetam a produtividade da cultura (VIEIRA et al., 2006). Entre outras causas para o baixo rendimento, Carvalho et al. (1998) mencionam a sensibilidade da cultura às variações climáticas, a sua implantação em solos de elevada acidez, a predominância de cultivos associados com outras culturas, o emprego de sementes de baixa qualidade agrônômica, a população inadequada de plantas e a alta sensibilidade a pragas e doenças. Lopes (2006) acrescenta, como prováveis causas do baixo rendimento, a tecnologia rudimentar utilizada, os problemas fitossanitários, o esgotamento progressivo da fertilidade do solo e o controle deficiente de pragas e doenças.

Aplicações de lâminas adequadas de irrigação e de doses de adubação, em momentos oportunos, junto com uma equilibrada população de plantas, são fatores necessários na obtenção de maiores produtividades do feijoeiro. No Brasil, o feijoeiro comum pode alcançar produtividades superiores a 3.000 kg ha^{-1} , nos cultivos irrigados (FORNASIERI FILHO et al., 2007; AZEVEDO et al., 2008). Rezende et al. (2004) afirmam que essa produção pode chegar até 3.600 kg ha^{-1} , com uso intenso de tecnologia. No entanto, Santana et al. (2008) mencionam que o baixo emprego de insumos e tecnologias fazem com que a produtividade média brasileira ainda seja baixa, em torno de 820 kg ha^{-1} .

De acordo com dados do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produtividade média do feijão apresentou um aumento nos últimos anos, sendo registrados valores de 850 kg ha^{-1} , 923 kg ha^{-1} , 951 kg ha^{-1} e 1.029 kg ha^{-1} , nos anos 2009, 2010, 2011 e 2012, respectivamente. No ano 2012, a área colhida foi de 2.747.355 ha e a produção de 2.826.404 t (IBGE 2012a, IBGE 2012b).

O feijão é cultivado em praticamente todo o território nacional, porém grande parte da produção está concentrada em 10 estados: PR, MG, BA, SP, GO, SC, RS, CE, PE e PA, responsáveis por praticamente 85% da produção nacional, atingindo anualmente cerca de 3,0 milhões de toneladas, distribuídas nas três safras: das águas, da seca e de inverno (UNIFEIJÃO, 2010). O estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor, sendo que no ano 2012 a participação do estado, em relação ao total nacional, foi de 15% da área cultivada e 22,4% da produção total (IBGE 2012a).

2.2. Épocas de cultivo do feijão

O cultivo do feijão é realizado em três safras distintas: a primeira é a safra “das águas” ou cultivo de primavera-verão, com plantio nos meses de agosto a novembro e colheita de novembro a fevereiro; a segunda é a safra “da seca”, safrinha ou cultivo de verão-outono, com plantio de dezembro a março e colheita de março a junho e a terceira é a safra de inverno, irrigada

ou cultivo de outono-inverno, com plantio de abril a julho e colheita de julho a outubro (WANDER, 2007; RICHETTI et al., 2011). Das três épocas de cultivo, a do inverno é que apresenta as maiores produtividades (VICENTE et al., 2007); no entanto, os cultivos do feijão de primeira e segunda época respondem por mais de 80% da produção nacional (RICHETTI et al., 2011).

Bernardes (2005) menciona que o cultivo do feijão é realizado também de julho a novembro, chamado feijão de inverno-primavera. O autor salienta também que nos cultivos de outono-inverno e inverno-primavera são necessários maiores investimentos, mas a produtividade é alta. Nos locais onde o cultivo do feijão é realizado nestas épocas, geralmente a irrigação é feita por pivô-central. Nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Bahia e no Distrito Federal estão concentrados a maioria dos pivôs-centrais.

No estado de Minas Gerais, a semeadura do feijoeiro na época “das águas” é realizada nos meses de outubro e novembro; e, na época “da seca”, nos meses de fevereiro e março. Na primeira época, o principal problema é a colheita, por ter grande possibilidade de coincidir com períodos prolongados de chuva que podem danificar os grãos e, em certos casos, afetar seriamente a produção. Na época “da seca”, o fator limitante é a distribuição das chuvas, cuja escassez pode prejudicar o desenvolvimento da cultura, porém é a preferida por muitos agricultores pela qualidade do produto obtido (RAMALHO e ABREU, 2002).

O chamado cultivo de feijão de terceira época, ou cultivo de feijão de outono-inverno, tem-se restringido a agricultores irrigantes. Em algumas regiões do estado de Minas Gerais, como norte e noroeste, a semeadura pode ser realizada de abril a junho. Já no sul de Minas Gerais e outras regiões, devido às temperaturas baixas, a semeadura só deve ser realizada após a segunda quinzena de julho (RAMALHO e ABREU, 2002). O feijão de “inverno”, cultivado sob irrigação no período seco, vem atraindo médios e grandes produtores, geralmente usuários de melhor tecnologia (VICENTE et al., 2007).

A possibilidade de cultivar o feijão em uma terceira e quarta época de plantio, outono-inverno e inverno-primavera, com o uso da irrigação, despertou o interesse de grandes agricultores nos estados produtores. No

estado de Minas Gerais, uma parte da safra provém de áreas irrigadas, onde se aplicam técnicas avançadas de produção, incluindo adubação racional, alta tecnologia, população adequada de plantas, boas variedades, controle fitossanitário e sementes selecionadas, permitindo altos rendimentos (VIEIRA et al., 2006).

2.3. Mofo-branco

O Mofo-branco é um patógeno do solo que afeta muitas culturas economicamente importantes (TOLÊDO-SOUZA e COSTA, 2003), sendo uma doença relevante para a cultura do feijoeiro, reduzindo a qualidade e a produtividade dos grãos. O agente causal do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) é considerado um dos patógenos fúngicos mais importantes no mundo e está distribuído em todas as regiões produtoras, sejam elas temperadas, subtropicais ou tropicais (LEITE, 2005).

Sclerotinia sclerotiorum pertence a um grupo de fungos que tem várias fontes de nutrição (polívoros) e causam podridão nos tecidos celulares (necrotróficos). O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* pertencente ao Filo *Ascomycota*, Classe *Discomycetes*, Ordem *Helotiales* e família *Sclerotiniaceae* é um patógeno cosmopolita e inespecífico, podendo infectar mais de 408 espécies de plantas, tanto monocotiledôneas, como dicotiledôneas. (BOLTON et al, 2006). As sinónimas desse patógeno são as seguintes: *Hymenoscyphus sclerotiorum* (Lib.) W. Phillips, *Peziza sclerotiorum* Lib., *Sclerotinia libertiana* Fuckel, *Sclerotium varium* Pers., *Whetzelinia sclerotiorum* (Lib.) Korf & Dumont (ÍNDICE FUNGORUM, 2010).

A subdivisão *Ascomycotina* representa os fungos ascomicetos e se constitui no grupo mais numeroso de fungos. Sua característica básica é a formação de esporos sexuais, os ascósporos, dentro de uma estrutura em forma de saco. O micélio desse grupo de fungos é constituído por hifas hialinas, septadas, multinucleadas e ramificadas. A característica mais marcante da Ordem *Helotiales* é a formação de escleródios bem desenvolvidos; já a família *Sclerotiniaceae* caracteriza-se pela produção, no ciclo sexual, de apotécios com estipe, a partir da germinação dos

escleródios, que representam as estruturas de resistência do mofo-branco (BOLTON et al, 2006).

Os escleródios, quando presentes no solo e sob condições de alta umidade e temperaturas variando de 10 a 25 °C, podem germinar miceliogenicamente, infectando diretamente as plantas, ou carpogenicamente, produzindo apotécios. Os apotécios produzem os ascósporos, que são liberados no ar e podem infectar a parte aérea das plantas, representando a infecção mais comum. As flores do feijoeiro servem como fonte básica de nutrientes nas infecções iniciadas por ascósporos (VIEIRA et al., 2001). Caso contrário, só ocorre a germinação miceliogênica, de potencial epidêmico muito mais reduzido (NAPOLEÃO et al., 2005). A transmissão da doença por semente pode ocorrer tanto através de micélio dormente (interno) quanto por escleródios misturados às sementes. A sobrevivência e a disseminação do fungo são, portanto, realizada através das hifas e dos escleródios (GÖRGEN et al., 2009).

Não há um sintoma específico resultante do ataque do patógeno. Contudo, os ataques são fidedignos ao de *S. sclerotiorum* em qualquer espécie hospedeira: a formação de micélio cotonoso, de coloração branca a castanha amarelada, com a presença de escleródios pretos, de tamanho e forma irregulares (GÖRGEN, 2009). A severidade do mofo-branco em diferentes hospedeiros de *S. sclerotiorum* é, em geral, proporcional à densidade de inóculo do patógeno no solo. Portanto, a redução da população de escleródios é essencial para o controle efetivo do mofo-branco, assim como o bloqueio na formação de apotécios e a ejeção de ascósporos (GÖRGEN et al., 2010).

Condições de umidade do ar e do solo elevadas, proporcionadas pela chuva e irrigação, aliadas às temperaturas amenas, são requisitos para o desenvolvimento do mofo-branco (VIEIRA et al., 2001). De maneira geral, a presença de água livre e fontes de energia exógena, como as pétalas de flores senescentes caídas no chão ou retidas nas plantas, são causas para as infecções primárias causadas pelo fungo (BAESSO, 2009). A disseminação do mofo-branco tem sido favorecida também pela má qualidade das sementes, que introduzem o patógeno em novas áreas, e pelo avanço do cultivo irrigado que cria um ambiente altamente favorável ao

desenvolvimento do fungo (RICARDO et al., 2009). Magalhães (2009) acrescenta como causas desta disseminação, a movimentação de implementos agrícolas, transportando os escleródios para áreas livres do patógeno, e o cultivo sucessivo de espécies hospedeiras.

O mofo-branco é a principal doença limitante do cultivo de feijoeiro comum no inverno (VENEGAS e SAAD 2010). Nesta época, a irrigação propicia condições favoráveis à doença que, além da temperatura, tem à sua disposição umidade adequada (NAPOLEÃO et al., 2006). Com o aumento da área irrigada com feijão, o mofo-branco tornou-se a doença de maior importância econômica (COSTA 2001), sendo capaz de causar 100% de perdas na sua produção (LOBO JUNIOR et al., 2009).

O mofo-branco em Minas Gerais ataca principalmente os plantios irrigados de outono-inverno, onde as condições de alta umidade relativa do ar e do solo, devido ao manejo inadequado da irrigação, favorecem o desenvolvimento do fungo, principalmente no período de maio a julho, em que as médias das temperaturas mínimas e máximas são de 15° e 26°, respectivamente (BERNARDES, 2005), condições favoráveis para a ocorrência do fungo (FERRAZ, 2001).

Ricardo et al. (2009) mencionam a inexistência de estudos econômicos sobre o impacto do mofo-branco na cultura do feijoeiro. Os autores, trabalhando com feijoeiro comum no estado de Goiás, estimaram o dano econômico causado pelo mofo-branco, mostrando que o impacto decorrente da redução de receita pela queda de produtividade foi maior do que o custo efetivo com o controle da doença. O estudo estimou um dano econômico total de 36 milhões de reais na terceira safra de 2007.

2.4. Medidas de controle do mofo-branco

As medidas de controle de *S. sclerotiorum* devem ser tomadas em conjunto, a fim de impedir a entrada do patógeno no campo, bem como evitar condições favoráveis ao desenvolvimento da doença. É muito importante evitar a entrada do patógeno na lavoura, pois uma vez presente nos campos de cultivo a sua erradicação se torna muito difícil. As estratégias

de controle variam de acordo com a ocorrência ou não da doença em determinada área (VIEIRA et al., 2006). O manejo integrado inclui medidas que podem ser implementadas antes do plantio e durante a condução da cultura, visando a eliminação ou redução do inóculo do patógeno, diminuindo a taxa de progresso da doença (PAULA JUNIOR et al., 2006).

Castro et al. (2007) citam diferentes medidas de controle de doenças que devem fazer parte do manejo integrado do feijoeiro, entre elas: uso de cultivares resistentes aos patógenos, uso de sementes sadias, tratamento químico das sementes, adubação verde, rotação de culturas, calagem e adubação adequada, escolha da cultivar apropriada para a época e região, espaçamento conforme a época, cultivar e histórico da área, manejo da água de irrigação e controle químico. Neste sentido, Sartorato (2007) acrescenta, como medidas de controle, a eliminação de hospedeiros secundários, a mudança na época de plantio e o controle químico, incluindo o tratamento das sementes e a pulverização foliar.

2.4.1. Controle do mofo-branco pelo manejo da irrigação

Quanto ao manejo da irrigação, Paula Junior et al. (2006) recomendam, de modo geral, regas menos frequentes de tal maneira que se evite o excesso de umidade do solo. Irrigações com maiores lâminas de água e esparsas são, portanto, preferíveis a irrigações leves e frequentes. Além disso, é importante que a água seja aplicada uniformemente no campo, evitando-se a compactação do solo e o seu acúmulo na superfície. Essa medida, além de reduzir a intensidade da doença, também diminui o custo com água, eletricidade ou combustível.

Napoleão et al. (2007), trabalhando em laboratório com solo e escleródios acondicionados, mostraram a importância de regas menos frequentes na diminuição da germinação carpogênica de *S. sclerotiorum* e a produção de apotécios. Por outro lado, Nas condições de Viçosa, MG, Bernardes (2005) e Paula Junior et al. (2009) verificaram que menores turnos de rega não apresentaram efeito significativo no desenvolvimento do

mofo-branco, atribuindo este resultado à ocorrência de chuvas atípicas durante a realização do experimento.

2.4.2. Controle do mofo-branco pela densidade de plantio

Os métodos de controle cultural de doenças de plantas consistem na manipulação de práticas visando a criar situação desfavorável ao desenvolvimento do patógeno; neste sentido, a manipulação da densidade de plantio tem sido uma prática bastante difundida no controle do mofo-branco (MACENA et al., 2011). O aumento do espaçamento entre fileiras e o menor número de sementes por metro nas linhas de cultivo, podem contribuir para que existam condições menos favoráveis à ocorrência do mofo-branco e outras doenças favorecidas pela alta umidade, por propiciarem maior penetração de luz no dossel e no solo e maior ventilação (VIEIRA et al., 2001; NAPOLEÃO et al., 2006).

O maior espaçamento entre plantas permite o aumento da circulação do ar no dossel da cultura, fazendo com que a umidade decline rapidamente, além de diminuir a probabilidade de plantas doentes entrarem em contato com plantas saudáveis e transmitirem a doença. A determinação do espaçamento ideal resulta necessária para manter a produtividade esperada e, ao mesmo tempo, controlar o patógeno (NAPOLEÃO et al. 2006). A orientação das fileiras paralelas à direção predominante dos ventos e/ou à direção de caminamento do sol facilita também a aeração das plantas (VIEIRA et al., 2001).

Diferentes pesquisas têm mostrado que o aumento do espaçamento entre plantas diminui a intensidade do mofo-branco no feijoeiro. Trabalhos como os de Macena et al. (2011), nas condições de e Manoel Ribas, PR, e Bernardes (2005), Paula Junior et al. (2009) e Vieira et al. (2010), nas condições de Vicoso, MG, verificaram a viabilidade da redução na densidade de plantas no controle do mofo-branco, em áreas infestadas por escleródios de *S. sclerotiorum*, promovendo a redução significativa do número de escleródios, da incidência e da severidade da doença.

2.4.3. Controle químico do mofo-branco

O controle químico, embora seja caro e cause riscos de contaminação do ambiente, pode ser feito com aplicações preventivas de fungicidas em áreas onde a doença tenha sido constatada anteriormente, sendo uma no início da floração e outra duas semanas após, se as condições climáticas continuarem favoráveis à doença; no entanto, o controle químico como medida isolada pode ter eficiência baixa (VIEIRA et al., 2006).

O controle químico do mofo-branco depende do uso de fungicidas apropriados e da boa cobertura das flores (VIEIRA et al., 2001), sendo que muitas vezes a sua utilização é imprescindível no controle da doença, a fim de evitar a perda total da lavoura. Uma alternativa utilizada por muitos agricultores é a aplicação do fungicida via água de irrigação por aspersão, técnica denominada fungigação. Esta técnica pode ser uma alternativa eficiente no controle da doença por proporcionar boa cobertura e uniformidade de distribuição (Costa 2001).

O fungicida fluazinam destaca-se no controle do mofo-branco, tal como estudado por Vieira et al. (2001), Vieira et al. (2003), Bernardes (2005), Paula Junior et al. (2009) e Lima (2011). Os autores comprovaram a importância da aplicação de fungicida na redução da incidência do mofo-branco do feijoeiro e do peso de escleródios, com maior eficácia do fungicida fluazinam, nas condições de Viçosa, MG. Lima (2011) comprovou também a redução da severidade do mofo-branco, assim como o aumento do rendimento de grãos. Costa (2001) trabalhando com aplicação preventiva de diferentes fungicidas, em condições controladas em casa de vegetação, observou também a eficiência do fungicida fluazinam na redução da severidade do mofo-branco no feijoeiro.

2.4.4. Outras medidas de controle do mofo-branco

Caso a doença não tenha sido observada no campo, é essencial o uso de sementes sadias com controle fitossanitário adequado, a fim de evitar a introdução de *S. sclerotiorum*. Neste sentido, além de se exigir o teste de

sanidade deve ser realizado o rebeneficiamento, com uso de máquinas de ventilação, peneiras e mesas gravitacionais, eliminando sementes infectadas e impurezas. Devem ser eliminadas também as plantas com sintomas de mofo-branco, antes da formação dos escleródios. A qualidade das sementes também é fundamental em áreas onde a doença já ocorre, a fim de diminuir o potencial de inóculo do patógeno e o aparecimento de novos focos da doença. Embora não haja certeza de garantia que sementes certificadas estejam livres de *S. sclerotiorum*, estas constituem a melhor opção disponível no mercado (PAULA JUNIOR et al., 2006; VIEIRA et al., 2006).

Os implementos agrícolas utilizados no preparo do solo devem ser limpos e desinfetados antes de serem usados em outras áreas, evitando-se a disseminação da doença de um campo ou de uma região para outra. Em área com histórico da doença deve-se evitar o plantio de feijão, bem como de outras plantas suscetíveis, por um período de pelo menos cinco anos (VIEIRA et al., 2006). Paula Junior et al. (2006) recomendam que se evite o cultivo de feijão em áreas infestadas com *S. sclerotiorum*, quando se trata de campos de produção de sementes. Mencionam também que o cultivo deve ser feito em encostas ensolaradas e bem drenadas, se possível em áreas isoladas de lavouras vizinhas de feijão e de outras plantas hospedeiras.

O uso de calcário e as aplicações de fertilizantes contendo cálcio têm sido sugeridos como estratégia de controle do mofo-branco, considerando que o cálcio pode estimular os mecanismos de defesa da planta à doença (PAULA JUNIOR et al., 2006). Outra medida importante é a utilização de variedades de feijão eretas e que não formem folhagem densa, evitando-se também adubações pesadas com nitrogênio, para que não ocorra acamamento das plantas, especialmente quando se utilizam cultivares prostradas e de crescimento vigoroso (VIEIRA et al., 2006).

Outra medida de controle recomendada é a rotação com gramíneas (plantio no inverno de trigo, arroz, milho, sorgo, aveia ou pastagem) embora esta medida, por si só, não elimine o patógeno da área de cultivo. Com a rotação de culturas, os apotécios são formados e uma vez que os ascósporos são liberados, estes não encontram a planta hospedeira, ocorrendo a redução do inóculo no solo. Em áreas sistematizadas, o plantio de arroz irrigado por inundação constitui medida que pode reduzir a

severidade do mofo-branco em plantios subsequentes de feijão (VIEIRA et al., 2006).

A combinação de um esquema adequado de rotação de culturas com o plantio direto pode reduzir as perdas de feijão em áreas contaminadas. O fato de os escleródios permanecerem na camada superficial do solo quando se pratica o plantio direto deixa-os mais expostos à degradação proporcionada por fatores climáticos e microorganismos. A intensidade do mofo-branco é menor quando o feijão é plantado sobre palhada de milho, braquiária ou arroz, o que parece estar relacionado com a maior atividade biológica de inimigos naturais do fungo. A palhada cria também uma barreira física à formação de apotécios e à dispersão dos ascósporos (PAULA JUNIOR et al., 2006).

Nos últimos anos tem aumentado o uso de formulados biológicos, em decorrência de aspectos relacionados à contaminação do ambiente e pela possibilidade de redução do potencial de inóculo de *S. sclerotiorum* no solo. Entre as estratégias de aplicação dos agentes de controle biológico, recomenda-se o tratamento de sementes, a aplicação direta no solo e sobre as plantas. No solo, o controle de *S. sclerotiorum* objetiva a redução do inóculo inicial ao propiciar o parasitismo dos escleródios. Na parte aérea, a aplicação de suspensões de esporos dos agentes de controle contribui para a redução do inóculo secundário e sua dispersão, ao propiciar a inibição da germinação dos ascósporos (PAULA JUNIOR et al., 2006). A presença de microrganismos antagonísticos no solo, entre eles várias espécies de *Trichoderma*, afeta a sobrevivência dos escleródios de *S. sclerotiorum* e reduz paulatinamente o potencial de inóculo. O antagonista se associa aos escleródios, causa sua degradação ou impede-os de germinar (MORANDI et al., 2007).

Entre outras medidas de controle, Paulo Junior et al. (2006) citam o *roguing*, que consiste na eliminação de plantas com sintomas iniciais da doença durante todo o ciclo de vida do feijão, especialmente antes da formação de escleródios. Os autores mencionam também a solarização como medida eficiente para reduzir o potencial de inóculo do fungo no solo em lavouras pequenas. Por último, recomendam limpar e desinfetar máquinas e implementos provenientes de locais contaminados com

escleródios do patógeno, antes de serem levados para áreas isentas da doença.

2.5. Mecanismos de resistência do feijoeiro

No Brasil, a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) está sujeita a vários estresses bióticos devido aos patógenos que causam redução expressiva na produtividade e afetam a qualidade do produto. Entre as alternativas de controle, tem se procurado o uso de cultivares mais resistentes. Este tipo de controle é, sem dúvida, a forma mais eficaz e econômica para o produtor, além de ser inócuo para o ambiente, o agricultor e o consumidor. No entanto, as cultivares de feijão disponíveis para o agricultor não apresentam resistência a todas as doenças. Assim, outras medidas de controle incluindo as práticas culturais e o controle químico devem fazer parte de um programa de controle integrado, com o intuito de se obter sucesso com a lavoura (SARTORATO, 2007).

O controle do mofo-branco em diversas culturas tem sido difícil, devido a gama de hospedeiros que o patógeno parasita e pela presença de estruturas de resistência do patógeno (escleródio), que lhe permitem permanecer no solo por vários anos. Na cultura do feijoeiro é desconhecida a existência de cultivares resistentes; além disso, a rápida disseminação de *S. sclerotiorum* entre lavouras por meio de sementes contaminadas, aliada à disseminação por meio de ascósporos, dificultam ainda mais o controle do patógeno (FERRAZ, 2001). Ludwing et al. (2008) salientam a importância de utilizar sementes de qualidade a fim de obter resultados satisfatórios na lavoura, sendo que a qualidade fisiológica da semente está relacionada com a formação do estande e com o desenvolvimento inicial das plantas.

Existem cultivares e linhagens que apresentam certa tolerância e resistência parcial à doença. Pesquisas têm sido feitas para desenvolver cultivares com resistência mais estável, a fim de propiciar menor desenvolvimento do patógeno. Entre estas cultivares estão especialmente as de porte ereto, por permitirem maior circulação de ar e penetração da luz solar e por reduzirem o contato da folhagem e das vagens com os restos da

cultura na superfície do solo. Como as flores em senescência funcionam como porta de entrada do patógeno, o controle do mofo-branco pode ser facilitado com o uso de cultivares que concentrem a floração em um período curto, diferentemente de cultivares que permanecem com flores por cerca de 40 dias (PAULA JUNIOR et al., 2006).

No Brasil, o progresso genético da cultura de feijão nos últimos 30 anos é expressivo. Há fortes evidências de que grande parte deste progresso foi devido ao melhoramento visando à resistência aos patógenos. Os programas de melhoramento genético no Brasil têm dado ênfase na obtenção de linhagens mais resistentes às doenças devido aos vírus, fungos e bactérias (RAMALHO, 2007). Neste sentido, Castro et al. (2007) mencionam que o método ideal de controle de doenças do feijoeiro é o uso de cultivares com resistência genética aos patógenos; porém, na falta desses cultivares é recomendado o manejo integrado de doenças.

Vieira et al. (2006) mencionam que poucas pesquisas foram realizadas no Brasil visando a obtenção de cultivares resistentes, sendo que a principal dificuldade é a ausência de boas fontes de resistência. Embora tenha sido detectada uma resistência parcial ao *S. sclerotiorum* em algumas cultivares de feijão branco de origem mesoamericana e andina (GONÇALVES e SANTOS, 2010), a resistência completa do *P. vulgaris* a *S. sclerotiorum* não tem sido encontrada. Antônio (2011) encontrou que a resistência do feijoeiro ao mofo-branco possui herança quantitativa em alguns genes; no entanto, deve ser realizada a seleção nas mesmas condições de cultivo da cultura. Terán e Singh (2010) mencionam que o melhoramento genético na resistência ao *S. sclerotiorum* tem sido muito lento devido à baixa herdabilidade da cultura, à grande influência ambiental e às técnicas complexas de avaliação.

2.6. Irrigação

A irrigação é uma tecnologia que possibilita o aumento do rendimento das culturas, disponibilizando a água necessária às plantas a fim de suprir as suas necessidades hídricas, em caráter total ou suplementar, no

momento adequado (SILVA, 2008). A irrigação suplementar reduz a frustração da safra de feijão, especialmente quando a falta de água coincide com períodos críticos de desenvolvimento da cultura, além de propiciar um maior número de safras durante o ano (PARIZI, 2007). No feijoeiro, a irrigação possibilita também a realização do plantio de terceira época (safra do inverno) em regiões em que o inverno não é tão rigoroso para a cultura (VIEIRA et al., 2006).

As irrigações devem ser inicializadas antes que a razão entre a quantidade de água no solo e a quantidade de demanda pela evapotranspiração diminua muito, fazendo com que a deficiência de água influencie a produção, em quantidade e ou qualidade (BERNARDO et al., 2006). A finalidade básica da irrigação é proporcionar água à cultura de maneira a atender a exigência hídrica durante todo o seu ciclo. Porém, irrigações e sistemas mal dimensionados, com aplicações em excesso ou com déficit, poderão comprometer essa produtividade (SANTANA et al., 2008).

O rendimento do feijoeiro é bastante afetado pela condição hídrica do solo, sendo que a deficiência ou excesso de água, nos diferentes estágios da cultura, causam redução na produtividade em condições variadas (FERNANDES, 2012). No contexto da agricultura irrigada, este rendimento é mais afetado nos períodos de estiagem, pela alta sensibilidade da cultura do feijoeiro ao déficit hídrico (CONTIN, 2008). Neste sentido, a irrigação é uma alternativa tecnológica que permite contornar o problema hídrico, visando assegurar o aumento da produtividade, tanto em quantidade como em qualidade dos produtos (GOMIDE et al., 2002).

Na cultura do feijoeiro, o método de irrigação mais usado é a aspersão, nos sistemas convencional, autopropelido e pivô central (SILVEIRA e STONE, 2001). Bernardo et al. (2006) menciona que a irrigação por aspersão propicia, em alguns casos, ambiente favorável ao desenvolvimento de certas doenças, devido ao aumento da umidade relativa do ar no dossel vegetal, pelo molhamento das folhas da cultura.

Na cultura do feijoeiro irrigado são empregados altos níveis de tecnologia, utilizando-se, além da irrigação, outros insumos como semente de boa qualidade, adubos e defensivos. O rendimento da cultura depende da

qualidade e quantidade desses insumos e das práticas culturais usadas. Neste contexto, destaca-se o manejo correto da irrigação, pois além de afetar diretamente o desempenho da cultura, interage com os demais fatores da produção (SILVEIRA e STONE, 2001).

2.7. Manejo da irrigação

Nas áreas não irrigadas, onde a condição hídrica é favorável, a disponibilidade de água está relacionada à frequência e quantidade de chuva, enquanto que para as áreas irrigadas, o êxito está relacionado com o correto manejo da irrigação (SILVA, 2008). O manejo adequado de irrigação é o processo que permite determinar a quantidade de água necessária para a cultura e o seu momento de aplicação, em consequência otimiza a produção agrícola, em quantidade e qualidade, e o uso do recurso hídrico, além de preservar o meio ambiente.

O manejo da irrigação supõe o uso criterioso do recurso hídrico disponível para alcançar alta produtividade das culturas com o uso eficiente da água, da energia e de outros fatores de produção, sendo estabelecida também a maximização da produção vegetal por unidade de água (FIGUEIREDO et al., 2008). Além disso, na cultura do feijoeiro, o manejo da irrigação aumenta a eficiência de adubos, minimiza a incidência de doenças, evita a lixiviação de nutrientes e mantém ou melhora as condições químicas e físicas do solo (SILVEIRA e STONE, 2001; OLIVEIRA et al., 2011).

No manejo da irrigação é fundamental o conhecimento das relações solo-água-planta-atmosfera e das características do equipamento, a fim de determinar a quantidade de água necessária a ser aplicada, o tempo e o momento oportuno de aplicação. O consumo de água pelas plantas varia de acordo com a época do ano, sendo relacionada à sazonalidade e aleatoriedade dos elementos meteorológicos que definem a demanda atmosférica. O manejo da irrigação, ou seja, o quando e o quanto irrigar, está baseado na necessidade de água das culturas, nas características físico-hídricas do solo e nas condições de cultivo (SILVA, 2008; OLIVEIRA et al., 2012b).

Mantovani et al. (2006) mencionam que, mesmo considerando a melhoria dos sistemas modernos de irrigação, com maior eficiência de distribuição da água nas mais diversas situações, a falta de um programa de manejo pode levar tudo a perder, seja pela aplicação de água em excesso ou pela sua falta, antes ou depois do momento adequado em cada fase da cultura, nas situações vigentes.

No manejo da irrigação, a quantidade de água necessária à cultura é obtida determinando-se a evapotranspiração, que acrescida das perdas inerentes ao processo de irrigação e considerando a precipitação, define a quantidade correta de água a ser aplicada pelo sistema de irrigação para repor o déficit hídrico no solo, de forma a otimizar o uso de água e de energia, propiciando redução de custos, aumento da produtividade, melhoria da qualidade do produto e menor impacto ao ambiente (PALOMINO MONTES, 2008). De acordo com Rocha et al. (2003), a determinação da evapotranspiração tem sido usada por causa da sua maior praticidade e da menor exigência de mão-de-obra no manejo da irrigação.

2.8. Evapotranspiração

A evapotranspiração é a quantidade de água evaporada e transpirada por uma superfície vegetada, num determinado período. Inclui a evaporação da água do solo, da água depositada pela irrigação, da chuva ou do orvalho na superfície das folhas, e a transpiração vegetal. Pode ser expressa em valores totais, médios ou diários, em volume por unidade de área ou lâmina de água (BERNARDO et al., 2006). A evapotranspiração é o parâmetro fundamental para o planejamento e o manejo da irrigação. O conhecimento e a quantificação dos processos de evapotranspiração e precipitação efetiva definem a quantidade de água necessária às culturas.

O processo de evapotranspiração é influenciado de forma conjunta pela ação dos elementos meteorológicos, considerando-se radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar e velocidade do vento. A evaporação é afetada também pelo grau de sombreamento do dossel e a quantidade de água disponível na superfície evaporante. No caso da transpiração

considera-se o conteúdo de água no solo, a condutividade hidráulica do solo para permitir o rápido deslocamento desta água à região de maior concentração de raízes, as características da cultura, as práticas de cultivo, entre outros (ALLEN et al., 1998). As taxas de evaporação e evapotranspiração aumentam, geralmente, com a maior disponibilidade de energia solar, maior temperatura do ar e velocidade do vento e menor umidade relativa (DOORENBOS e PRUITT, 1977).

A estimativa da lâmina de evapotranspiração de referência (ET_o) é fundamental no planejamento e no manejo da irrigação, uma vez que o seu valor é usado no cálculo da evapotranspiração da cultura (ET_c). A estimativa da ET_c constitui o principal parâmetro a ser determinado num projeto de irrigação, para determinação da quantidade de água exigida pela cultura (MEDEIROS, 2002).

Os métodos mais utilizados na determinação da evapotranspiração de referência (ET_o) classificam-se em métodos diretos e indiretos. Entre os métodos diretos consideram-se o método dos lisímetros, o das parcelas experimentais e o de controle da umidade do solo; entre os métodos indiretos estão os evaporímetros e as equações baseadas em dados experimentais (BERNARDO et al., 2006). A escolha do método mais adequado dependerá da disponibilidade de dados meteorológicos, do nível de precisão exigido, da finalidade na sua determinação (manejo da irrigação ou pesquisa) e do custo de aquisição de equipamentos.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi definida como a evapotranspiração de uma cultura hipotética que cobre toda a superfície do solo, em fase de crescimento ativo, sem restrições hídricas ou nutricionais, com altura média de 12 cm, albedo de 0,23 e resistência da superfície de 70 s m⁻¹. Esta definição foi dada por um grupo de especialistas e pesquisadores, reunidos pela FAO no ano de 1990, recomendando a adoção da equação de Penman-Monteith como o método padrão para estimativa da ET_o (ALLEN et al., 1998).

O modelo de Penman-Monteith FAO 56 (equação 1) apresenta estimativas confiáveis e consistentes, sendo considerado o de melhor desempenho entre os métodos combinados. Esta equação é baseada numa formulação teórica de conceitos físicos, que governam a troca de energia e o

correspondente fluxo de calor latente na vegetação extensa. Esta equação inclui parâmetros que podem ser obtidos a partir de dados meteorológicos e pode ser utilizada para o cálculo direto da evapotranspiração de qualquer cultura, conforme as resistências de superfície e aerodinâmica da cultura específica (ALLEN et al., 1998).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

em que:

- ET_o = evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;
- R_n = saldo de radiação na superfície da cultura, MJ m⁻² d⁻¹;
- G = densidade do fluxo de calor do solo, MJ m⁻² d⁻¹;
- T = temperatura do ar média diária a 2 m de altura, °C;
- u₂ = velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹;
- e_s = pressão de vapor de saturação, kPa;
- e_a = pressão parcial de vapor, kPa;
- e_s - e_a = déficit de pressão de vapor de saturação, kPa;
- Δ = declividade da curva de pressão de vapor, kPa °C⁻¹; e
- γ = coeficiente psicrométrico, kPa °C⁻¹.

2.9. Coeficiente de cultura

Como os valores de evapotranspiração de certa cultura não podem ser extrapolados para condições diferentes das quais foram determinados, é necessário estabelecer relações entre a evapotranspiração da cultura e um valor de referência, como a evapotranspiração estimada por fórmulas, a fim de determinar as necessidades hídricas da cultura (MATZENAUER et al., 1998).

Na quantificação das necessidades hídricas da cultura, é necessária a utilização do coeficiente de cultura (K_c), que relaciona a evapotranspiração da cultura (ET_c), em condições ótimas de umidade, fertilidade e sanidade, com a evapotranspiração de referência (ET_o), nos diferentes estádios de seu

desenvolvimento (ALLEN et al., 1998). O K_c é um parâmetro relacionado aos fatores ambientais e fisiológicos das plantas devendo, preferencialmente, ser determinado para as condições locais nas quais será utilizado (CONTIN, 2008). O valor do K_c considera as diferenças físicas e fisiológicas das culturas com a cultura de referência e varia com a cultura, data de semeadura, estágio de desenvolvimento, duração de cada estágio, condições climáticas, sistema e manejo da irrigação, entre outros (ALLEN et al., 1998).

A evapotranspiração da cultura se diferencia da evapotranspiração de referência pelo efeito de três características integradas no coeficiente de cultura (K_c): a altura da cultura, a resistência da superfície e o albedo da superfície cultura-solo. Durante o período vegetativo, o valor de K_c varia com o desenvolvimento da cultura e com a fração de cobertura da superfície de solo (OLIVEIRA et al., 2003). Os valores do K_c são determinados pela seguinte equação:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (2)$$

em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura, mm d^{-1} ; e

Os valores de K_c são obtidos experimentalmente e estes variam para cada cultura, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento. Nos estádios iniciais da cultura, a evaporação é o principal processo no movimento da água do solo para a atmosfera, devido ao pouco desenvolvimento da superfície foliar e pela maior exposição da superfície do solo. Uma vez que a cultura desenvolve e cobre o solo, a transpiração se torna o principal processo, aumentando progressivamente o valor do K_c (BADILLO et al., 2009).

O uso de coeficientes de cultura (K_c) associados a estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o) facilitam o cálculo da evapotranspiração da cultura (ET_c), sendo uma das principais metodologias na estimação das necessidades hídricas da plantas e uma das principais informações para o manejo racional da irrigação (MENDONÇA et al., 2007).

Quando as condições de campo diferem das condições padrões, são exigidos coeficientes de correção para ajustar a ETc. Estes são o coeficiente de déficit de umidade no solo (Ks) e o de localização da irrigação (KI), os quais refletem o efeito das condições ambientais e do manejo no campo (ALLEN et al., 1998).

Na cultura do feijoeiro, Mantovani (1986) encontrou valores de coeficiente de cultura (Kc) de 1,05; 0,61; 0,80; 1,37 e 0,65; para as fases de germinação, inicial (I), de crescimento (II), intermediário (III) e final (IV), respectivamente, nas condições de Viçosa, MG. Na mesma região, Contin (2008), trabalhando com lisímetros de lençol freático constante, obteve valores de Kc igual a 1,18; 1,41 e 1,58; nas fases I, II e III, respectivamente. Santana et al. (2008), encontrou valores de Kc para a região de Patos de Minas, MG, de 0,5; 0,53; 0,81; 1,07 e 0,78; para as fases de germinação, I, II, III e IV, respectivamente. Nas mesmas fases, Garrido (1998), obteve valores de Kc igual a 0,87; 0,67; 0,93; 2,04 e 1,37; nas condições de Lavras, MG. Doorenbos e Kassam (1979), recomendam valores de Kc de 0,30 a 0,40; 0,70 a 0,80; 1,05 a 1,20 e 0,65 a 0,75; para as fases I, II, III e IV, respectivamente.

2.10. Irrigâmetro

A escolha de um método prático e preciso é fundamental na determinação da evapotranspiração, a fim de aferir, corretamente, as necessidades hídricas da cultura, sem que seu uso seja restrito só às pesquisas. Frente à necessidade de se obter medidas de evapotranspiração de maneira confiável, precisa, prática e de baixo custo, o uso do Irrigâmetro se apresenta como a ferramenta de grande valia na determinação da evapotranspiração e, portanto, no manejo da irrigação.

O Irrigâmetro, de grande potencial de uso na agricultura irrigada, permite a simplicidade na condução do manejo da água de irrigação, fornecendo resposta às duas perguntas básicas: quando e quanto irrigar.

O Irrigâmetro é um aparelho inventado e desenvolvido por uma equipe de pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa, detentora do

registro da patente. O Irrigâmetro é um aparelho evapo-pluviométrico que combina o método de estimativa da evapotranspiração com a disponibilidade de água no solo para a cultura. Este aparelho visa a otimização do uso de água e energia, ao introduzir grande simplicidade no manejo da água na agricultura irrigada. A aplicação da lâmina de irrigação necessária à cultura evita a aplicação de água em excesso e o consumo desnecessário de energia, evitando a degradação do meio ambiente, refletindo na redução dos custos de produção e no aumento da produtividade e da qualidade das culturas (OLIVEIRA et al., 2008).

Para que o Irrigâmetro funcione de maneira adequada, ele deve ser previamente ajustado para o tipo de solo e cultura e para as características do equipamento de irrigação, não sendo necessário fazer cálculos, usar gráficos ou programas computacionais. Sua operação consiste simplesmente na abertura e no fechamento de válvulas, com uma sequência predefinida. Este aparelho fornece diretamente a evapotranspiração da cultura (ET_c), incluindo o coeficiente do tanque (K_t), além do coeficiente da cultura (K_c) e do coeficiente de localização (K_L), no caso específico de irrigação por gotejamento e microaspersão (OLIVEIRA e RAMOS, 2008).

O Irrigâmetro possui um reservatório denominado evaporatório e três escalas, usadas no manejo da irrigação: (a) a escala laminar - graduada no tubo de alimentação do aparelho, a qual mede a lâmina de água evaporada ou evapotranspirada; (b) a escala da régua de manejo – sem graduação, que possui quatro faixas que indicam a necessidade de irrigação, englobando as características físico-hídricas do solo e da cultura; e (c) a escala da régua temporal ou porcentual – graduada em horas e minutos ou em porcentagem, a qual indica o tempo de funcionamento ou a velocidade de deslocamento do sistema de irrigação (OLIVEIRA e RAMOS, 2008).

A estimativa do consumo de água das culturas pelo Irrigâmetro, nos diferentes estádios de desenvolvimento das plantas, baseia-se na variação do nível da água no evaporatório do equipamento. Na fase inicial de desenvolvimento, a altura da água no evaporatório é menor, formando uma pequena superfície de evaporação para simular o menor consumo de água da cultura nesse período. A fase de florescimento caracteriza-se pelo maior

consumo de água pela cultura durante o ciclo, sendo o nível de água no evaporatório o mais alto (CONTIN, 2008).

2.11. Turno de rega

O turno de rega é o intervalo, em dias, entre duas irrigações sucessivas. É o método mais utilizado pelos irrigantes, sendo levados em consideração fatores do solo, como: capacidade de campo, ponto de murcha permanente, densidade do solo; fatores da planta, como: profundidade efetiva das raízes, fator de disponibilidade de água e evapotranspiração máxima, também dependente do clima. O turno de rega é determinado pela seguinte equação:

$$TR = \frac{(C_c - P_m) d_s f Z}{10 ET_c} \quad (3)$$

em que:

TR = turno de rega, d;

C_c = capacidade de campo, % em peso;

P_m = ponto de murcha permanente, % em peso;

d_s = densidade do solo, g cm⁻³;

Z = profundidade efetiva das raízes, cm;

f = fator de disponibilidade de água, adimensional; e

Uma vez conhecida a data e duração das irrigações, deve se procurar, na medida do possível, que a aplicação da água de irrigação seja feita nas condições ambientais mais favoráveis e no horário do dia que o custo de energia seja menor (BADILLO et al., 2009).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Área Experimental do “Aeroporto”, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no município de Viçosa, MG. A área está situada a 20°44’47” de latitude Sul e 42°50’33” de longitude Oeste, a uma altitude média de 693 m. O clima de Viçosa, segundo a classificação climática proposta por Köppen, é do tipo Cwa: subtropical, com inverno seco. O total pluviométrico anual médio é de 1.221 mm, a umidade relativa média do ar é de 80% e a temperatura média anual é 19,4 °C. (VIANELLO e ALVES, 1991).

O experimento foi realizado no ano de 2011 e repetido em 2012, no período chamado de terceira época ou de inverno, correspondente ao feijão irrigado, época de maior ocorrência do mofo-branco no feijoeiro. No primeiro ano, o período experimental transcorreu de 17/06 a 11/10/2011 e no segundo ano, do dia 14/06 a 01/10/2012, períodos correspondentes ao ciclo da cultura, do plantio até a colheita. Na pesquisa foram usadas duas áreas vizinhas, com histórico da doença, sendo a área 1, utilizada no ano 2011, e a área 2, utilizada no ano 2012 (Figura 1).

Uma estação automática da marca Davis foi instalada no local para medição dos elementos meteorológicos. Na Figura 2 são apresentados os valores diários de temperatura máxima (T_{máx}) e mínima (T_{mín}) e da umidade relativa média do ar (UR_{med}), durante os períodos experimentais, nos anos 2011 e 2012.



Fonte: Google Earth

Figura 1. Localização das áreas experimentais.

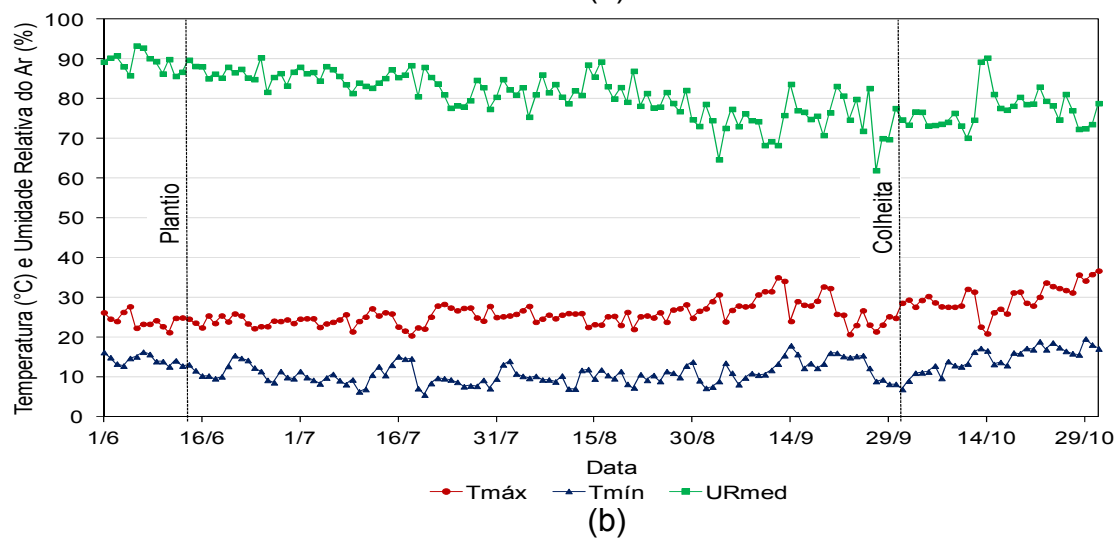
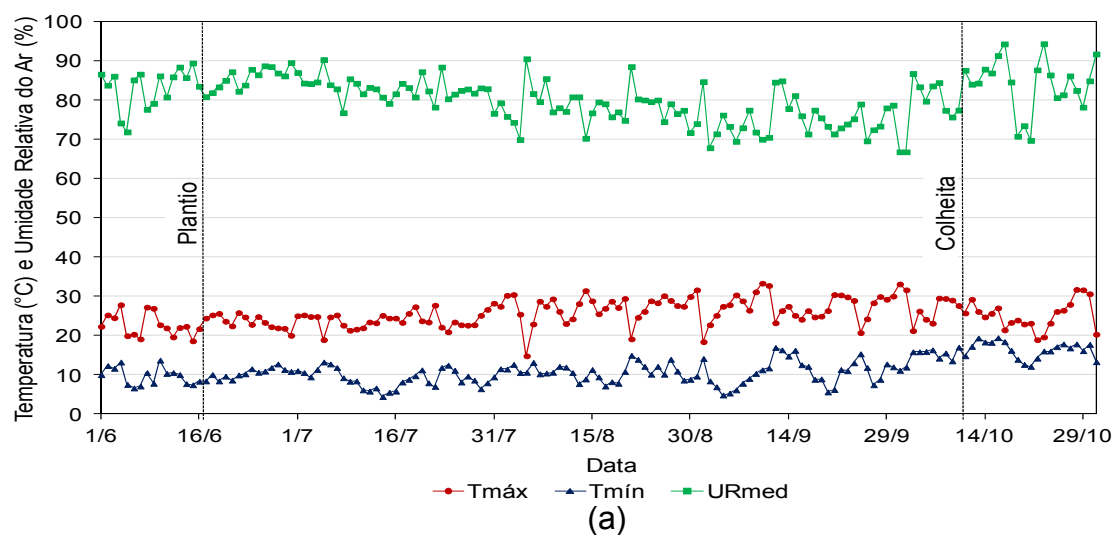


Figura 2. Valores diários das temperaturas máxima e mínima (°C) e da umidade relativa média do ar (%), nos anos 2011 (a) e 2012 (b).

Na Figura 3 estão mostrados os valores diários da radiação solar (W m^{-2}) e da velocidade média do vento (m s^{-1}), durante os períodos experimentais, nos anos 2011 e 2012; e, na Figura 4, observam-se os valores de precipitação pluvial durante os períodos experimentais, nos dois anos. Cabe mencionar que os valores dos elementos meteorológicos, apresentados nas Figuras 2, 3 e 4, abrangem os meses em que o experimento foi conduzido (de junho a outubro).

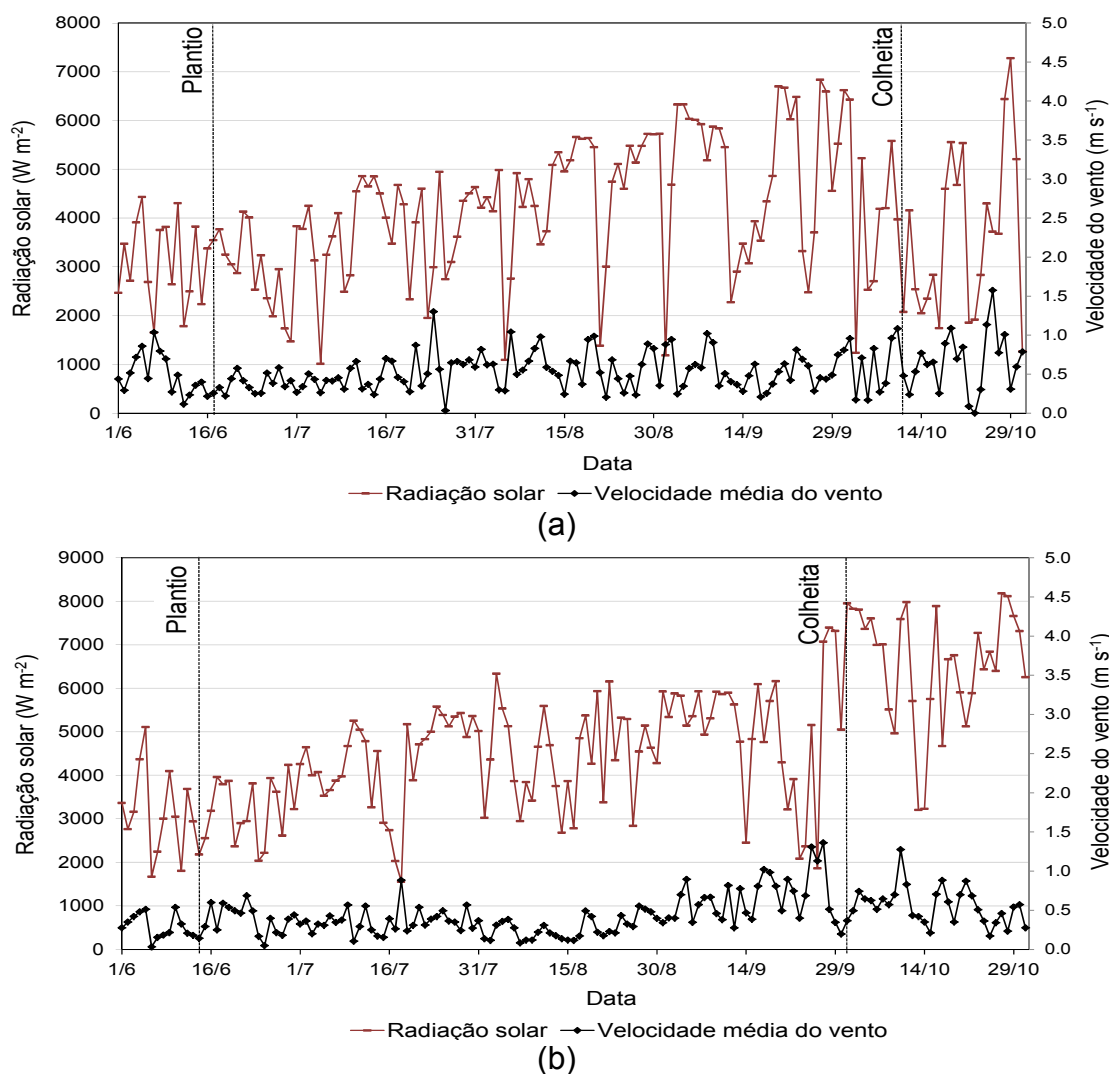


Figura 3. Valores diários da radiação solar (W m^{-2}) e da velocidade do vento média (m s^{-1}), nos anos 2011 (a) e 2012 (b).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-amarelo distrófico de textura argilosa, típico da Zona da Mata Mineira. Amostras compostas do solo, das áreas 1 e 2, foram retiradas na camada de

0 a 0,20 m de profundidade e utilizadas para a sua caracterização química e física.

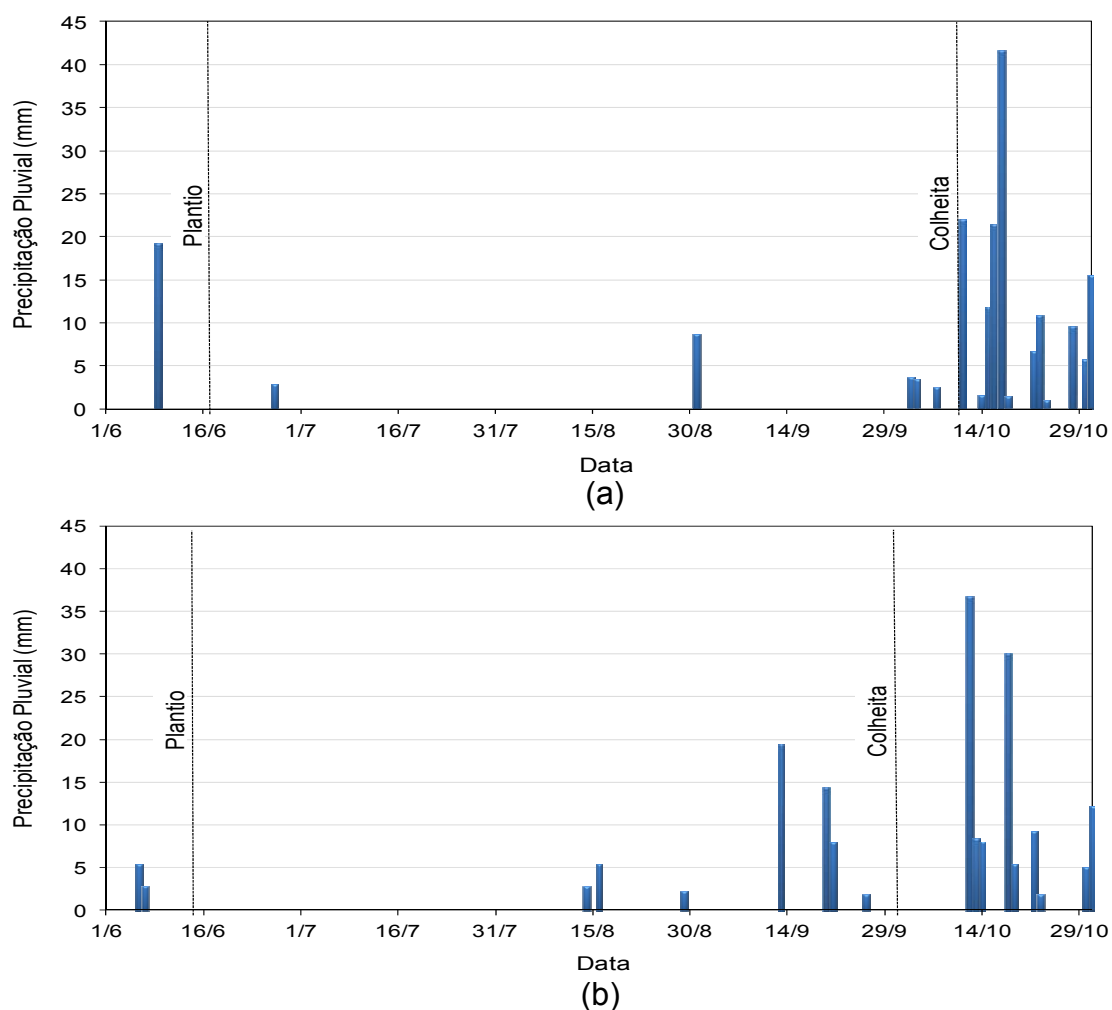


Figura 4. Precipitação pluvial diária nos anos 2011 (a) e 2012 (b).

Algumas das características químicas do solo estão apresentadas no Quadro 1. No Quadro 2 encontram-se as características físicas como a distribuição granulométrica, a densidade e os resultados das análises físico-hídricas do solo.

Amostras deformadas do solo foram submetidos às tensões de 10, 30, 100, 500 e 1.500 kPa, a fim de se obter a curva de retenção de água (Figura 5). Os valores de teor de água do solo na capacidade de campo (Cc) e no ponto de murcha permanente (Pm) foram obtidos nas tensões de 30 e 1.500 kPa, respectivamente. A densidade do solo foi determinada utilizando-se o cilindro UHLAND.

Quadro 1 – Características químicas do solo.

Característica	Valor
pH (H ₂ O)	6,14
P (mg dm ⁻³)	23,00
K (mg dm ⁻³)	102,00
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	3,67
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,85
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,21
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	2,50
SB (cmol _c dm ⁻³)	4,78
CTC(t) (cmol _c dm ⁻³)	4,78
CTC(T) (cmol _c dm ⁻³)	7,28
V (%)	65,70
MO (dag kg ⁻¹)	0,56
P-rem (mg L ⁻¹)	40,30

Quadro 2 – Características físico-hídricas do solo.

Distribuição Granulométrica (%)				Teor de água (kg kg ⁻¹)		Densidade do solo (g cm ⁻³)	Densidade das partículas (g cm ⁻³)
Argila	Silte	Areia grossa	Areia fina	Cc	Pm		
52	12	24	12	0,35	0,22	1,22	2,58

Cc: Capacidade de campo
Pm: Ponto de murcha permanente

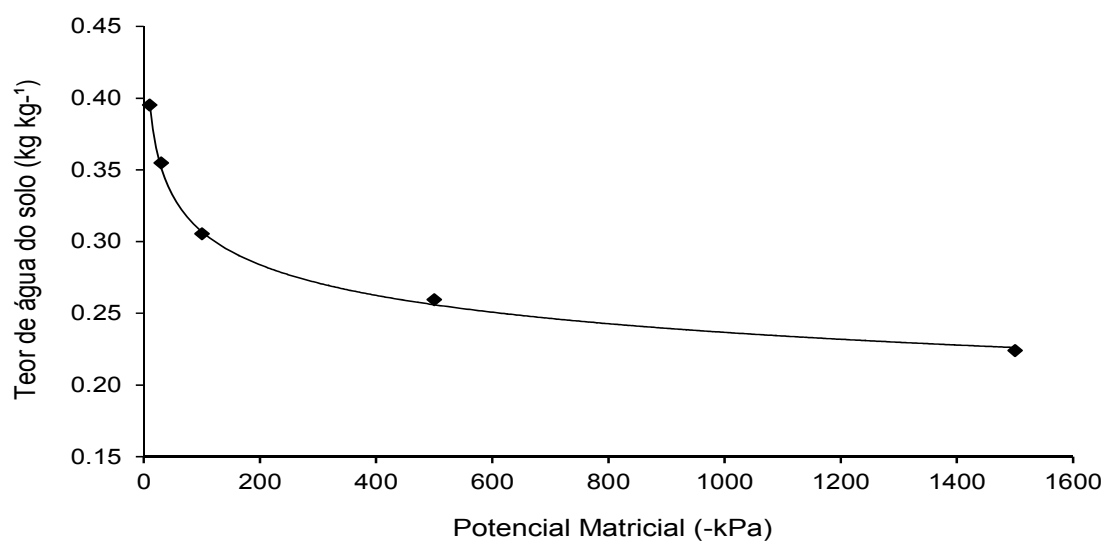


Figura 5. Curva de retenção de água no solo.

Considerando os valores de capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade do solo, foi determinado o valor da disponibilidade total de água (equação 4), obtendo-se o valor de 1,59 mm cm⁻¹.

$$DTA = \frac{(C_c - P_m) d_s}{10} \quad (4)$$

em que:

DTA = disponibilidade total de água no solo, mm cm⁻¹;

C_c = capacidade de campo, % em peso;

P_m = ponto de murcha permanente, % em peso; e

d_s = densidade do solo, g cm⁻³.

3.2. Preparo do solo e adubação

O preparo do solo, nos dois anos, consistiu de uma aração e duas gradagens, sendo a última na véspera da semeadura. A correção da fertilidade do solo, em cada ano, foi feita com aplicação da adubação de plantio e outra de cobertura, utilizando-se os macronutrientes primários: N, P e K. A adubação foi definida de acordo com os resultados da análise química do solo e as recomendações para a cultura do feijão, segundo a Recomendação de Uso de Fertilizantes para o Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999).

A adubação de plantio foi realizada antes da semeadura, sendo distribuídos 350 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O), correspondendo a 28 kg ha⁻¹ de N, 98 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 56 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação foi feita com uma semeadora-adubadora de plantio direto (Figura 6), regulada para aplicar 15,75 g de adubo por metro de sulco, num espaçamento de 0,45 m.

No estágio V4 da cultura e em ambos os anos, foram realizadas as adubações em cobertura, aplicando-se 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio (fonte ureia) em filete sobre a superfície do solo, ao longo e próximo das fileiras de plantas de feijão. Também no estágio V4, foi feita a aplicação de 80 g ha⁻¹

de molibdênio, na forma de molibdato de sódio, por meio de pulverização sobre as folhas.



Figura 6. Adubação de plantio com semeadora-adubadora de plantio direto.

3.3. Instalação do experimento

Foi utilizado o cultivar de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) BRSMG Madrepérola, cujas características são as seguintes: hábito de crescimento indeterminado (tipo III), porte prostrado, ciclo de 90 dias, média de 46 dias para floração, flor branca, vagem verde levemente rosada na maturação e vagem amarelo-areia na colheita. Classificado no grupo comercial carioca, o grão é de cor bege-clara com rajas marrom-claras e opaco (YOKOYAMA et al., 1999).

No primeiro ano da pesquisa, a semeadura foi realizada no dia 17 de junho e, no ano seguinte, no dia 14 de junho, feita manualmente com uso de matracas. Foi semeada uma quantidade maior de sementes e por ocasião da emergência foi realizado o desbaste das plantas para as quatro densidades de plantio desejadas: 6, 9, 12 e 15 plantas por metro. Na obtenção dessas densidades de plantio, os espaçamentos entre plantas foram de 0,167; 0,111; 0,083 e 0,067 m, correspondendo, respectivamente, a densidades de 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 plantas ha⁻¹.

No primeiro ano experimental, a emergência das plantas aconteceu 11 dias após o plantio (DAP) e, no ano seguinte, a emergência ocorreu aos 9

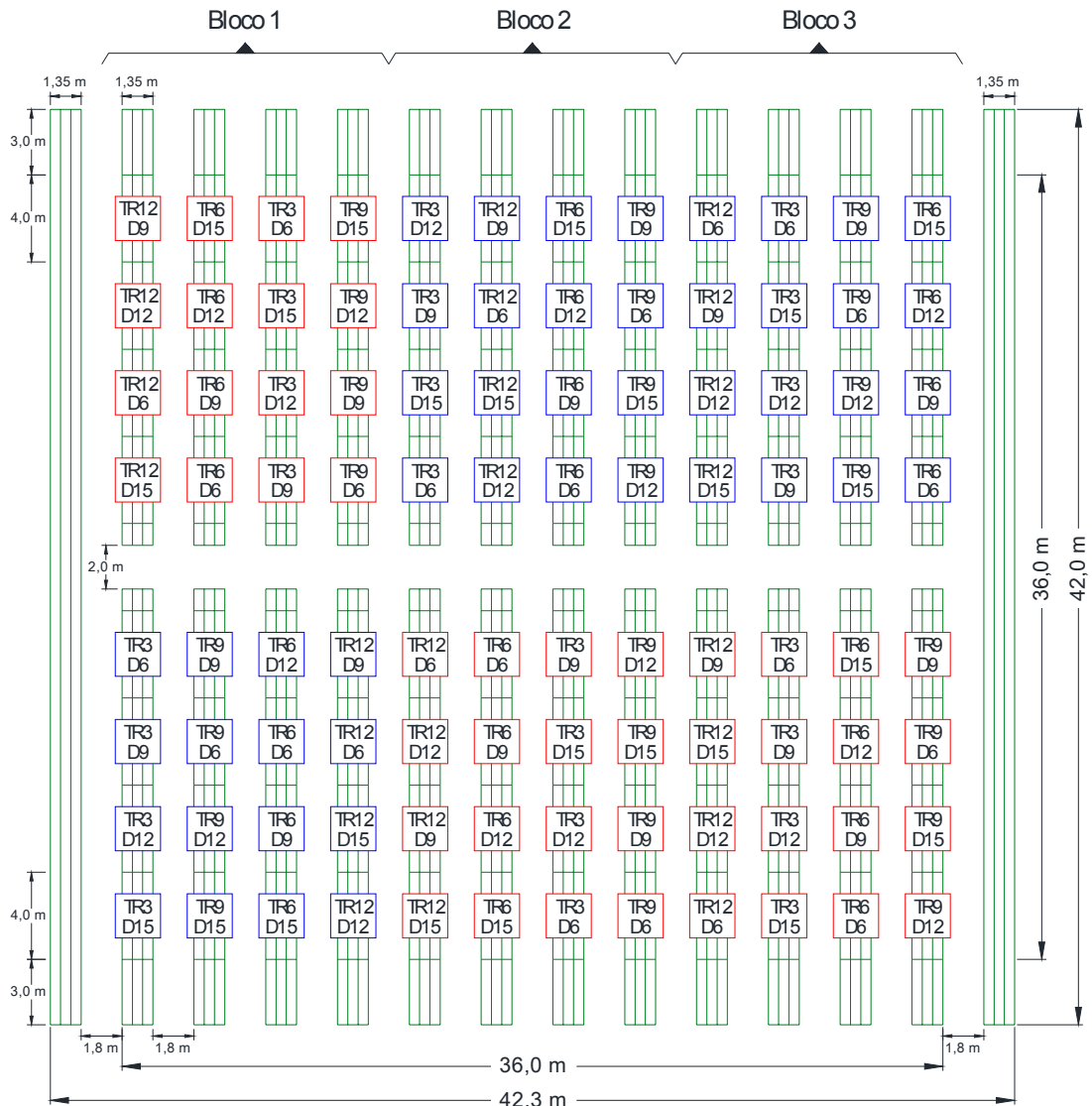
DAP. Nos dois períodos experimentais, o desbaste foi feito aos 9 dias após a emergência (DAE).

3.4. Delineamento e detalhes experimentais

O experimento foi instalado segundo o esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas o efeito do fungicida (com e sem aplicação), nas subparcelas os turnos de rega (3, 6, 9 e 12 dias) e nas sub-subparcelas as densidades de plantio (6, 9, 12 e 15 plantas por metro), no delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com três repetições. Na Figura 7 mostra-se a vista da área, no primeiro e segundo ano do experimento; e, na Figura 8, é apresentado o esquema da área experimental, mostrando as dimensões e a identificação das unidades experimentais (sub-subparcelas). No total foram 96 unidades experimentais, sendo cada bloco formado por 32 unidades.



Figura 7. Vista da área experimental no ano 2011 (A) e 2012 (B).



LEGENDA

D6 : 6 plantas por metro	TR3 : turno de rega de 3 dias	□ : sem fungicida
D9 : 9 plantas por metro	TR6 : turno de rega de 6 dias	□ : com fungicida
D12: 12 plantas por metro	TR9 : turno de rega de 9 dias	
D15: 15 plantas por metro	TR12: turno de rega de 12 dias	

Figura 8. Esquema da área experimental.

A marcação das unidades experimentais foi feita com estacas, tendo-se como referência as linhas de plantio. Cada subparcela, de um determinado turno de rega, foi formada por quatro sub-subparcelas e possuía uma largura de 1,8 m. A unidade experimental foi constituída por quatro linhas de plantio de quatro metros de comprimento, espaçadas de 0,45 m, resultando numa área de 7,2 m². A área útil da unidade

experimental, com valor igual a 3,6 m², foi constituída pelas duas linhas centrais.

Para permitir o trânsito e a realização das irrigações, estabeleceu-se um corredor de 1,35 m de largura entre subparcelas. Em torno do experimento plantou-se uma bordadura de quatro fileiras de plantas dispostas nas laterais e nas extremidades da área. Assim, a área experimental foi de 1.776,6 m² (42,0 x 42,3 m).

3.5. Análise estatística

Os dados das características avaliadas foram submetidos à análise de variância e de regressão, sendo que as médias do fator qualitativo (fungicida) foram comparadas utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade. Nas variáveis quantitativas (turno de rega e densidade de plantio) foi usada a análise de regressão dos dados e os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes (β) e no coeficiente de determinação (R^2).

3.6. Sistemas e manejo da irrigação

Na área experimental foi instalado um sistema de irrigação por aspersão convencional (Figura 9), utilizado para garantir as condições hídricas necessárias para o estabelecimento da cultura. O sistema possuía uma linha principal e quatro linhas laterais, com quatro aspersores cada, totalizando 16 aspersores.

O aspersor utilizado foi o modelo Eco A232 (fabricante Fabrimar), do tipo rotativo por impacto do braço oscilante, de dois bocais (4,4 x 5,6 mm de diâmetro), operando com pressão de serviço de 250 kPa. O espaçamento das linhas laterais e dos aspersores foi de 12 m e a intensidade de aplicação do sistema (I_a) foi 23,4 mm h⁻¹, para uma vazão média dos aspersores (Q_a) igual a 3,37 m³ h⁻¹.

Antes do plantio, foi realizado um teste de uniformidade na área compreendida entre os quatro aspersores centrais, com coletores espaçados de 3 m. Posteriormente calculou-se o coeficiente de uniformidade de

Christiansen (CUC), aplicando-se a equação 5 e obtendo-se um valor igual a 90,86%. Tendo em consideração a lâmina média coletada, a vazão média dos aspersores e o tempo de duração do teste, calculou-se a eficiência de aplicação em potencial (EAp), com aplicação da equação 6, obtendo-se 88,12%.



Figura 9. Sistema de aspersão convencional funcionando na fase inicial da cultura.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |L_i - L_m|}{nL_m} \right) \quad (5)$$

em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

L_i = lâmina coletada no coletor i , mm;

L_m = lâmina média coletada, mm; e

n = número de coletores.

$$EAp = \frac{L_m S_1 S_2}{Q_a t 36} \quad (6)$$

em que:

EAp = eficiência de aplicação em potencial, %;

S_1 = espaçamento entre aspersores, m;

- S_2 = espaçamento entre linhas laterais, m;
 Q_a = vazão média dos aspersores, $l\ s^{-1}$; e
 t = tempo de duração do teste, h.

A eficiência do sistema de irrigação, para 80% da área adequadamente irrigada, foi obtida pela multiplicação dos valores do CUC e EAp, obtendo-se 80,07%.

A primeira irrigação foi realizada imediatamente depois do plantio, nos dois anos. Esta irrigação teve a finalidade de elevar a umidade do solo até a capacidade de campo. Posteriormente, foram realizadas mais quatro irrigações, sendo a última no 22º dia após o plantio (DAP). O tempo de irrigação foi calculado tendo em consideração as necessidades hídricas da cultura, as características físico-hídricas do solo e as características do equipamento. Estas irrigações permitiram o estabelecimento da cultura na sua fase inicial.

Nos dois períodos experimentais, aos 22 dias após o plantio (DAP), iniciou-se a diferenciação dos tratamentos, no que se refere à frequência de irrigação. As irrigações dos tratamentos foram feitas com uso de um sistema de simulação de aspersão, mostrado na Figura 10. Este sistema foi formado por um tubo de PVC de 25 mm de diâmetro, com comprimento de 1,8 m, igual à largura dos canteiros e perfurado com broca de 2 mm. Este tubo foi instalado numa estrutura metálica dotada de quatro rodas de bicicleta, sendo acoplado a uma mangueira de 25 mm de diâmetro e 100 m de comprimento.

A estrutura de movimentação manual permitia a irrigação de todas as subparcelas da área experimental. Cabe mencionar que, por dia de irrigação, só eram irrigadas as subparcelas correspondentes a um determinado turno de rega, por meio do deslocamento contínuo da estrutura.

As primeiras subparcelas a serem irrigadas foram as de maior frequência (TR3) aos 25 dias após o plantio (DAP), nos dois anos experimentais. O número de irrigações no ano 2011, para os tratamentos TR3, TR6, TR9 e TR12, foram 29, 15, 10 e 8, respectivamente. No ano 2012, devido a menor duração do ciclo do feijoeiro e maior número de precipitações, o número de irrigações foram 24, 13, 9 e 7 para os mesmos

tratamentos. As plantas da bordadura externa foram irrigadas semanalmente.



Figura 10. Equipamento de simulação de aspersão com tubo de PVC perfurado, usado na irrigação (A) e sua operação (B).

Um hidrômetro foi instalado no início do tubo perfurado, junto com uma válvula de esfera (Figura 11), a fim de realizar a medição do volume de água aplicado em cada subparcela. O hidrômetro utilizado no experimento tinha precisão de 0,1 litro, vazão nominal de $1,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e mínima de $0,03 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Com uma vazão de funcionamento, aproximada, de $2,12 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, a intensidade de aplicação do tubo perfurado foi de $73,53 \text{ mm h}^{-1}$.

Para maior controle da água aplicada, uma válvula de gaveta também foi instalada no outro extremo da mangueira, que, por sua vez, estava conectada a uma tubulação que conduzia água de um reservatório

localizado numa cota maior que a da área experimental. Durante a operação do sistema de irrigação, a válvula de esfera, acoplado ao hidrômetro, era aberta totalmente, enquanto a válvula de gaveta era aberta até um ponto suficiente para dissipar o excesso de pressão de água proveniente do reservatório, estabelecendo-se a vazão de operacionalidade do hidrômetro.



Figura 11. Hidrômetro e válvula conectados ao tubo perfurado para o controle da lâmina de água aplicada.

O manejo da irrigação foi realizado utilizando-se o Irrigâmetro, aparelho composto pela associação de um evaporímetro com um pluviômetro e instalado a poucos metros da área experimental (Figura 12). O aparelho foi previamente ajustado para o tipo de solo e cultura, de acordo com recomendação de Oliveira e Ramos (2008), e usado para estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c) e, portanto, a lâmina de irrigação. As precipitações, ocorridas no período experimental, foram obtidas no pluviômetro do aparelho, permitindo a sua contabilização nas lâminas de irrigação.

Em vista da boa uniformidade de aplicação da água pelo sistema de simulação de aspersão, e tendo em consideração que a irrigação feita com o tubo perfurado era realizada a poucos centímetros acima do dossel da planta (Figura 10A), adotou-se a eficiência de aplicação igual a 100%. Desta forma a lâmina de irrigação foi obtida pela equação 7, tendo em

consideração as precipitações ocorridas entre duas irrigações, para um determinado turno de rega.



Figura 12. Irrigâmetro instalado no campo.

$$Li = ETc - P \quad (7)$$

em que:

Li = lâmina de irrigação, mm;

ETc = evapotranspiração da cultura estimada pelo Irrigâmetro, mm; e

P = precipitação pluvial, mm.

As leituras do nível de água, em milímetros, na escala laminar do Irrigâmetro eram realizadas diariamente às 8 horas. Os valores de evapotranspiração da cultura (ETc) e, portanto, das lâminas de irrigação (Li), foram calculados pelas diferenças das leituras atuais e aquelas lidas há 3, 6, 9 e 12 dias, para os tratamentos TR3, TR6, TR9 e TR12, respectivamente.

Para cada turno de rega, o volume de água aplicado na subparcela (equação 8), e contabilizado no hidrômetro, foi obtido a partir dos valores de evapotranspiração da cultura (ETc) estimados pelo Irrigâmetro e a área da subparcela. No final do ciclo da cultura, o volume total de água aplicado foi o mesmo em todos os tratamentos.

$$V = Li A \quad (8)$$

em que:

V = volume de água aplicada na subparcela, l;

Li = lâmina de irrigação, mm; e

A = área da subparcela, m².

O nível de água no evaporatório do Irrigâmetro foi posicionado no valor recomendado, para cada estágio de desenvolvimento do feijoeiro, por meio da movimentação da haste deslizante do equipamento (Figura 13). Devido ao formato cônico do evaporatório, a variação do nível da água modifica a área da superfície de água exposta à atmosfera, simulando a evapotranspiração nos vários estádios, de acordo com recomendação de Oliveira e Ramos (2008), para as condições atmosféricas em que o experimento foi conduzido.

Os valores dos níveis de água no evaporatório do Irrigâmetro foram: 2,0; 2,5; 3,5; 4,5 e 3,0 cm para as fases de germinação (do plantio até a emergência), inicial (da emergência até 10% da cobertura do solo), de crescimento (de 10 a 80% da cobertura do solo), intermediário (após 80% da cobertura do solo até o início da maturação) e final (do início da maturação até a colheita), respectivamente (DOORENBOS e PRUITT, 1977).

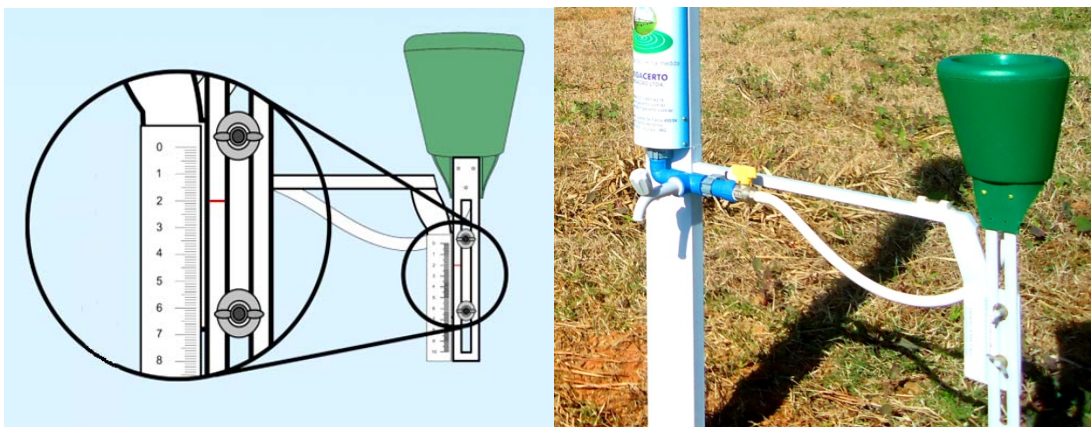


Figura 13. Evaporatório do Irrigâmetro com o nível de água na posição 2 cm (fase de germinação), de acordo com a marca vermelha da haste deslizante.

3.7. Tratamentos fitossanitários

Os tratamentos fitossanitários foram realizados visando o controle preventivo das principais pragas e doenças da cultura na região. O controle químico das plantas daninhas foi por meio de herbicidas pós-emergentes, de acordo com o recomendado para a cultura, sendo aplicados junto com o molibdênio (Mo), no estágio V4. O controle de pragas foi feito sempre que a população atingia níveis de dano econômico.

Um controle complementar das plantas daninhas também foi feito manualmente, por meio de coleções diárias e uma capina, que foi realizada após a adubação em cobertura, com objetivo de revolver o solo para incorporação do adubo, diminuindo as perdas de nitrogênio e favorecendo a infiltração da água de irrigação.

O fungicida fluazinam, ingrediente ativo do produto comercial Frownicide, foi utilizado no controle do mofo-branco, sendo aplicado na dose de 1,2 L ha⁻¹ (0,6 kg ha⁻¹ de ingrediente ativo). Este fungicida destaca-se no controle da doença, tal como demonstrado por Vieira et al. (2001), Bernardes (2005) e Paula Junior et al. (2009), nas condições de Viçosa, MG, onde a eficácia do fungicida foi constatada na redução da incidência do mofo-branco e da massa de escleródios.

O fungicida foi aplicado somente nos tratamentos onde se previu o controle químico do mofo-branco, sendo ministrado em três aplicações: no início da floração, 19 dias após a primeira aplicação e 15 dias após a segunda, ou seja, 57, 76 e 91 DAP, no ano 2011, e 55, 74 e 89 DAP, no ano 2012.

3.8. Avaliação do mofo-branco

Nos dois anos do experimento, a primeira avaliação da severidade do mofo-branco no feijoeiro foi realizada em campo, na maturação fisiológica da cultura, depois da última irrigação e antes da colheita. Esta avaliação consistiu na análise visual de cada uma das unidades experimentais, sendo atribuída uma nota a cada uma delas de acordo com o grau de severidade

da doença. Foi utilizada uma escala de 0 a 10, correspondendo o valor zero às unidades experimentais que não apresentaram sintomas da doença e o valor 10 para aquelas que possuíam todas as plantas severamente infectadas pelo mofo-branco.

Depois da colheita foi feita a avaliação da incidência do mofo-branco, por meio do cálculo da porcentagem de plantas com sintomas da doença, tendo sido avaliadas todas as plantas de uma das duas fileiras centrais de cada unidade experimental. Posteriormente, foi realizada a avaliação da severidade da doença por planta, em cada uma das plantas da mesma fileira de todas as unidades experimentais, sendo utilizada uma escala descritiva com graus 0, 1, 2, 3 e 4, correspondendo, respectivamente, a 0, 1 a 25, 26 a 50, 51 a 75 e 76 a 100% de caules e ramos infectados, de acordo com Hall e Phillips (1996). Com os valores obtidos nas avaliações da severidade por planta, foi calculado o índice de doença (ID) em cada unidade experimental, conforme equação 9, proposta por McKinney (1923) e apresentada por Bernardes (2005) e Paula Junior et al. (2009).

$$ID = \frac{\sum (\text{valor da nota}) \times (\text{n}^\circ \text{ de plantas com esta nota})}{(\text{n}^\circ \text{ total de plantas}) \times (\text{valor máximo da escala de notas})} \times 100 \quad (9)$$

Utilizando as mesmas plantas da linha de plantio usadas na avaliação da incidência e severidade, foi determinada a quantidade de escleródios produzida por unidade experimental, sendo calculada a massa de escleródios por m², em cada uma das unidades. Nesta avaliação foi realizada a coleta e pesagem dos escleródios misturados às sementes e aderidos às vagens, depois de serem debulhadas. Finalmente, foram separados os grãos que foram infectados pelo mofo-branco, sendo realizada a contagem e pesagem dos mesmos, a fim de determinar a porcentagem de grãos (em peso e número) com sintomas da doença.

3.9. Avaliação da produtividade de grãos e seus componentes

A colheita no ano de 2011 foi realizada no dia 11 de outubro, sendo o ciclo da cultura igual a 117 dias (107 dias após a emergência). Em 2012, o

ciclo da cultura teve uma duração de 110 dias (102 dias após a emergência), sendo realizada a colheita no dia primeiro de outubro.

A fileira de plantas amostrada na avaliação do mofo-branco foi utilizada também na avaliação da produção do feijoeiro. O número de plantas colhidas, na fileira, dependeu da densidade de plantio de cada tratamento; portanto, para a densidade de 6, 9, 12 e 15 plantas por metro, foram colhidas 24, 36, 48 e 60 plantas, respectivamente. Nos dois anos foram avaliadas, em cada unidade experimental, as seguintes características de produção: número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem e o peso de 100 grãos.

Na determinação da produtividade de grãos do feijoeiro foram avaliadas as plantas das duas fileiras centrais, pertencentes à área útil da unidade experimental, totalizando uma área de 3,6 m². Nesta avaliação, os grãos das plantas foram secos ao sol. Posteriormente os grãos, secos e limpos, foram pesados e a produção convertida para kg ha⁻¹.

3.10. Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água (equação 10) foi determinada dividindo-se a produtividade média de grãos (kg ha⁻¹) de cada tratamento pelo valor da lâmina total de água aplicada (mm) no decorrer de todo o experimento, em ambos os anos.

$$EUA = \frac{PROD}{L_L} \quad (10)$$

em que:

EUA = eficiência do uso da água, kg ha⁻¹ mm⁻¹;

PROD = produtividade de grãos, kg ha⁻¹; e

L_L = lâmina líquida aplicada, mm.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Evapotranspiração do feijoeiro

Os valores diários de evapotranspiração da cultura (ETc), obtidos com as leituras diárias no Irrigâmetro, nos dois períodos experimentais, estão apresentados na Figura 14. Os valores médios de ETc foram de 2,83 e 2,76 mm d⁻¹, nos anos 2011 e 2012, respectivamente.

Os valores máximos de ETc foram de 5,6 e 5,7 mm d⁻¹, nos períodos experimentais dos anos 2011 e 2012, respectivamente. Estes valores de evapotranspiração ocorreram na fase intermediária da cultura (após 80% da cobertura do solo até o início da maturação), quando o nível de água no evaporatório do Irrigâmetro encontrava-se posicionado na marca de 4,5 cm, representando a fase de maior demanda hídrica da cultura.

O valor mínimo de ETc, em ambos os anos, foi 0,7 mm d⁻¹, obtido na fase de germinação, quando o nível de água encontrava-se posicionado na marca 2 cm no evaporatório do Irrigâmetro. Os valores mínimos registrados na fase inicial (da emergência até 10% da cobertura do solo) foram 0,8 e 1,2 mm d⁻¹, no ano 2011 e 2012, respectivamente, com o nível de água na marca 2,5 cm no evaporatório.

A evapotranspiração total da cultura, em todo o seu ciclo, teve um valor de 331,6 mm, no ano 2011, e 303,1 mm, no ano 2012. Os valores de evapotranspiração da cultura (ETc), por estágio do feijoeiro, assim como as porcentagens de cada valor, em função da ETc total, são apresentados no Quadro 3, para os dois períodos experimentais. Devido ao maior desenvolvimento e demanda hídrica no estágio intermediário da cultura, a

ETc foi maior neste estágio, apresentando um valor de 195,3 e 167,5 mm, nos períodos experimentais dos anos 2011 e 2012, respectivamente, representando mais de 50% da ETc total.

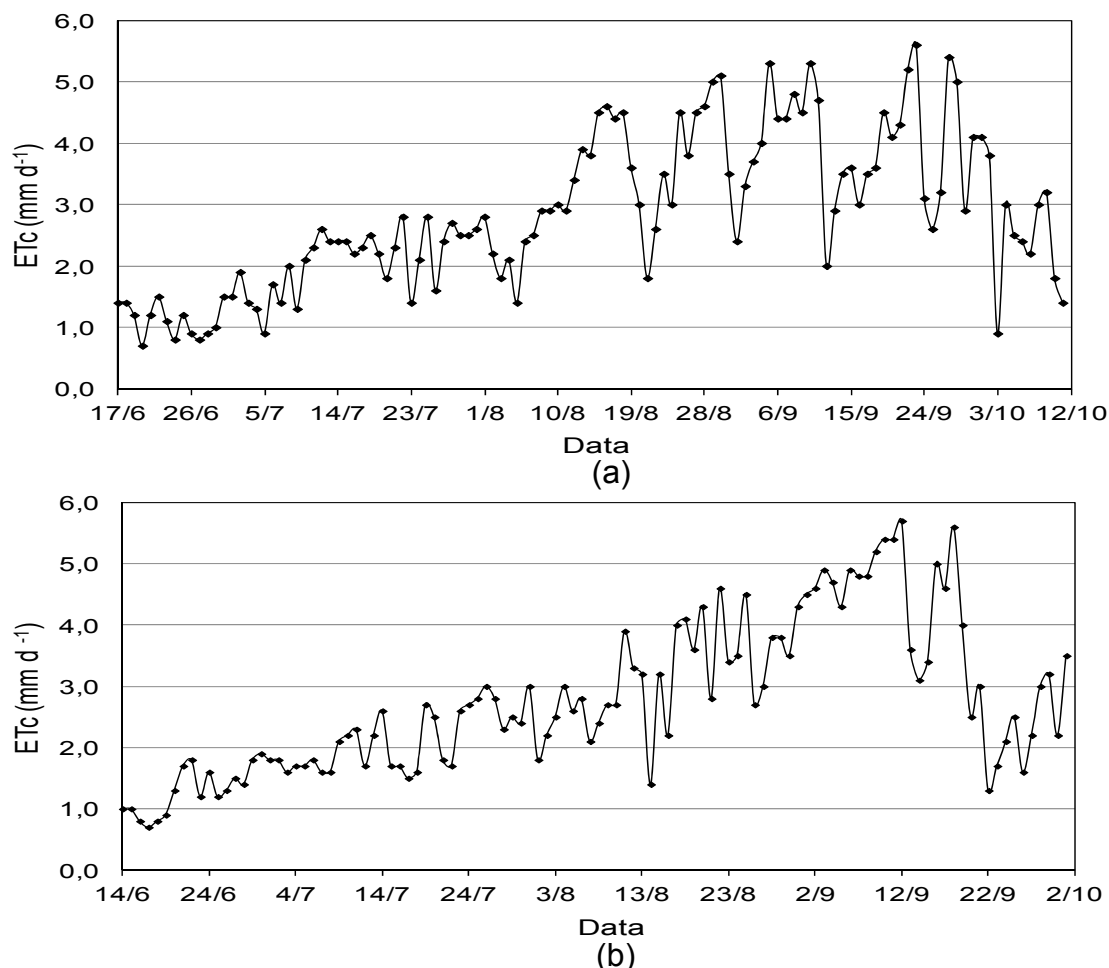


Figura 14. Evapotranspiração da cultura do feijoeiro, nos anos 2011 (a) e 2012 (b).

Quadro 3 – Valores de evapotranspiração da cultura (ETc) e as suas percentagens em função da ETc total, para cada estágio da cultura.

Estádios da cultura	2011		2012			
	Período	ETc (mm)	ETc (%)	Período	ETc (mm)	ETc (%)
Germinação	17/06 - 26/06	11,4	3,44	14/06 - 22/06	10,0	3,30
Inicial	27/06 - 07/07	14,3	4,31	23/06 - 04/07	18,8	6,20
Crescimento	08/07 - 10/08	78,2	23,58	05/07 - 06/08	74,0	24,41
Intermediário	11/08 - 29/09	195,3	58,90	07/08 - 18/09	167,5	55,26
Final	30/09 - 11/10	32,4	9,77	19/09 - 01/10	32,8	10,82
Total	17/06 - 11/10	331,6	100	14/06 - 01/10	303,1	100

4.2. Lâminas e frequências de irrigação

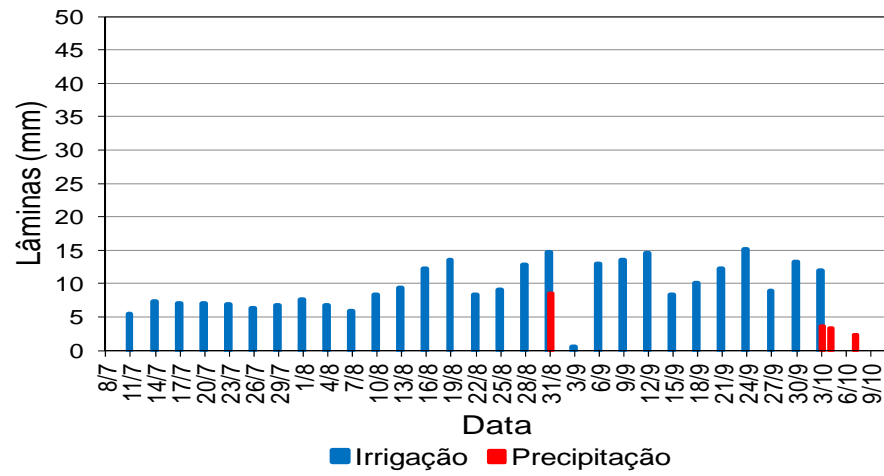
Nas Figuras 15 e 16 estão apresentadas as lâminas aplicadas à cultura para cada turno de rega empregado: 3 (TR3), 6 (TR6), 9 (TR9) e 12 (TR12) dias, e as precipitações pluviais ocorridas nos períodos experimentais nos anos 2011 e 2012, respectivamente. A primeira irrigação, na diferenciação dos tratamentos, teve início em 11/07/2011 e 8/07/2012, para os dois períodos experimentais, no 25° DAP. No ano 2011, foram realizadas 29, 15, 10 e 8 irrigações, nos tratamentos TR3, TR6, TR9 e TR12, respectivamente; e, no ano 2012, foram realizadas 24, 13, 9 e 7 irrigações, para os mesmos tratamentos.

Na Figura 15 observa-se que, no ano 2011, os valores de lâmina de irrigação no tratamento TR3 variaram entre 0,6 e 15,1 mm; nas unidades experimentais do tratamento TR6, os valores de lâmina de irrigação variaram entre 7,7 e 27,4 mm; no tratamento TR9, entre 10,3 e 38,3 mm; e no tratamento TR12, entre 15,1 e 48,8 mm.

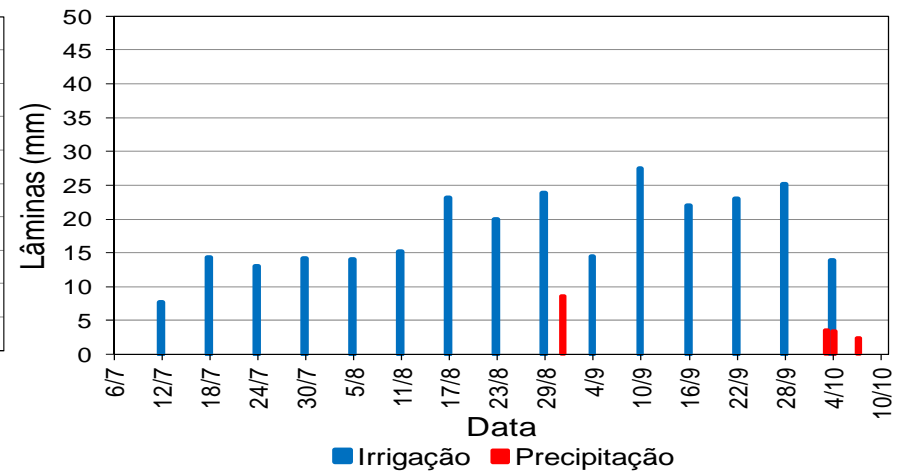
As precipitações ocorridas nos dias 03 e 04/10 do ano 2011, com valores de 3,6 e 3,4 mm, respectivamente, atenderam a demanda da cultura no dia 06/10, nas unidades experimentais com turno de rega de 3 dias (TR3), não sendo realizada a última irrigação neste tratamento. Estas precipitações foram contabilizadas, também, para os tratamentos TR6 e TR12, onde as últimas irrigações foram feitas nos dias 04 e 06/10, respectivamente. No tratamento TR9, a última irrigação foi realizada no dia 02/10/2011.

Na Figura 15 pode-se constatar que, depois da diferenciação dos tratamentos, foram registradas quatro precipitações, sendo que a última observada no dia 07/10, com valor igual a 2,4 mm, ocorreu na fase final da cultura, depois de encerradas as irrigações dos tratamentos.

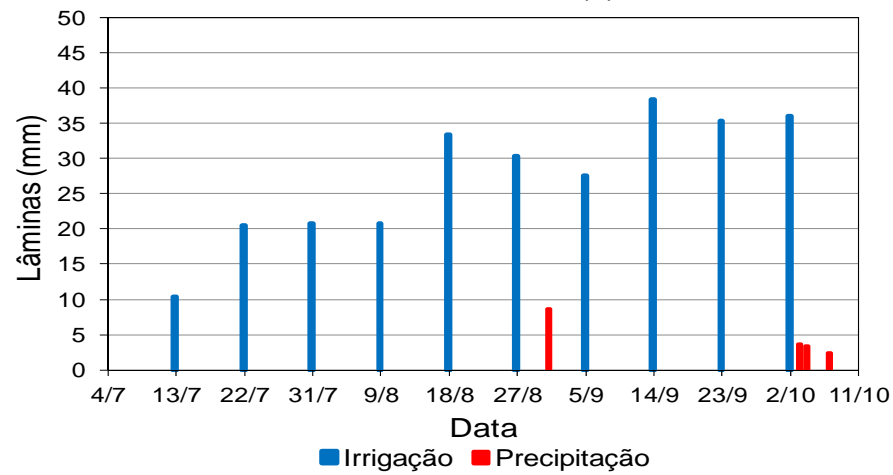
Na Figura 16 observa-se que, no ano 2012, os valores de lâmina de irrigação no tratamento TR3 variaram entre 4,9 e 16 mm; nas unidades experimentais do tratamento TR6, os valores de lâmina de irrigação variaram entre 5,8 e 31,3 mm; no tratamento TR9, entre 8,8 e 43,6 mm; e no tratamento TR12, entre 13,3 e 52,1 mm.



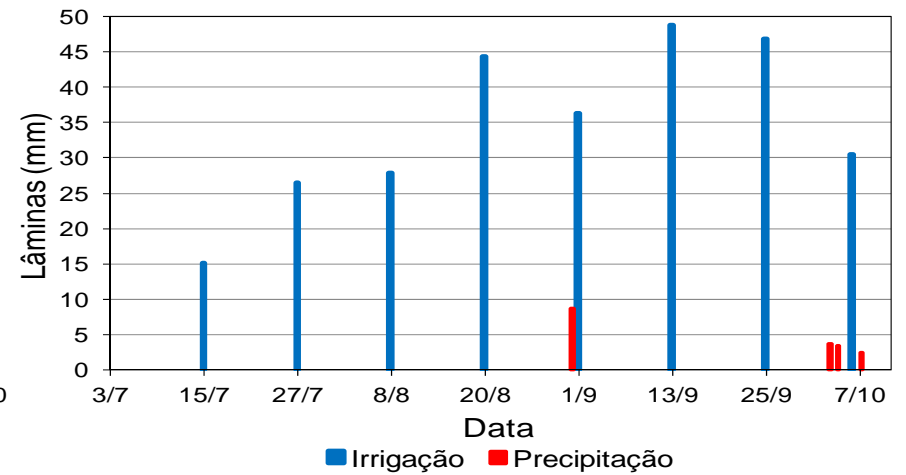
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 15. Lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos TR3 (a), TR6 (b), TR9 (c) e TR12 (d) e as precipitações pluviais ocorridas no período experimental (25 DAP até a colheita) do ano 2011.

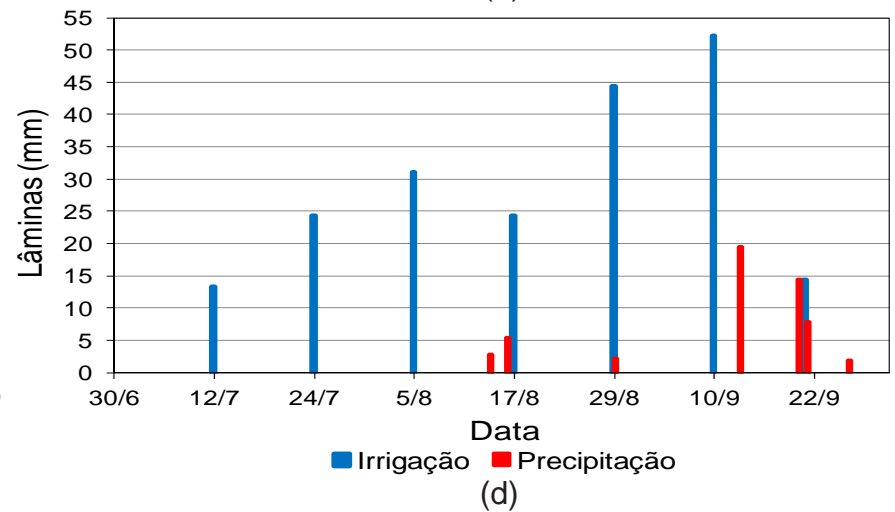
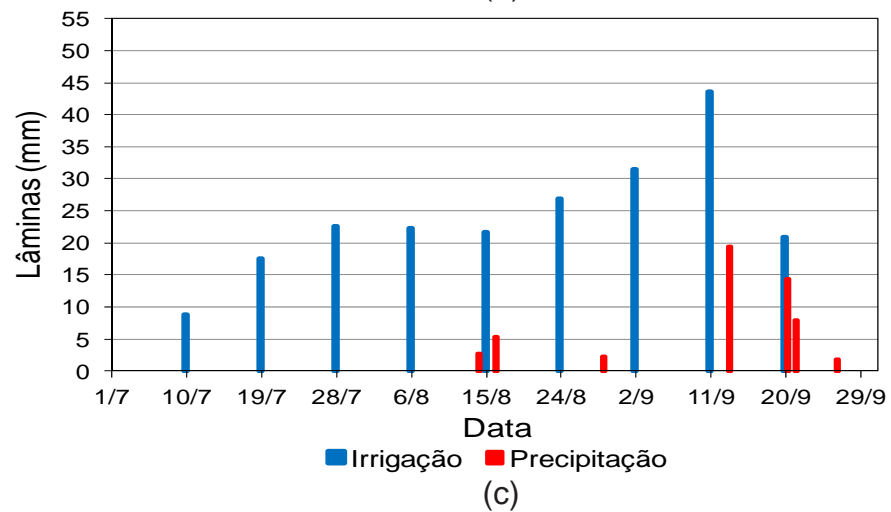
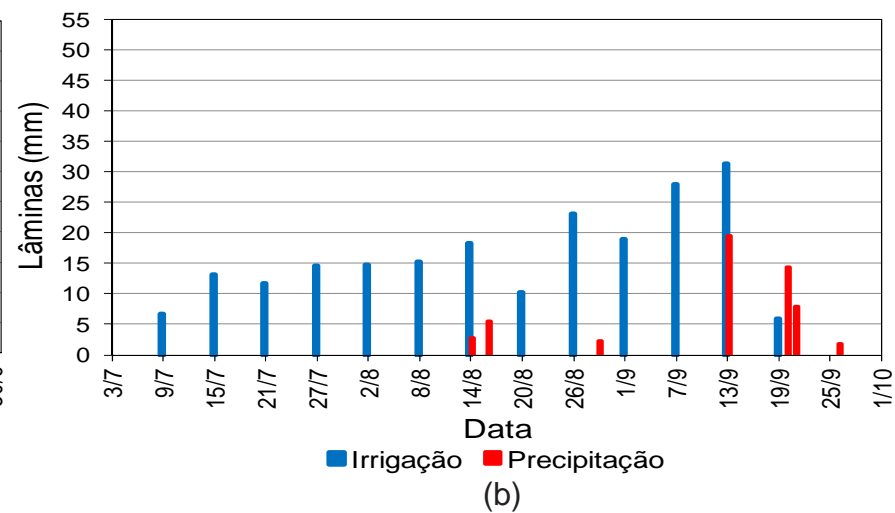
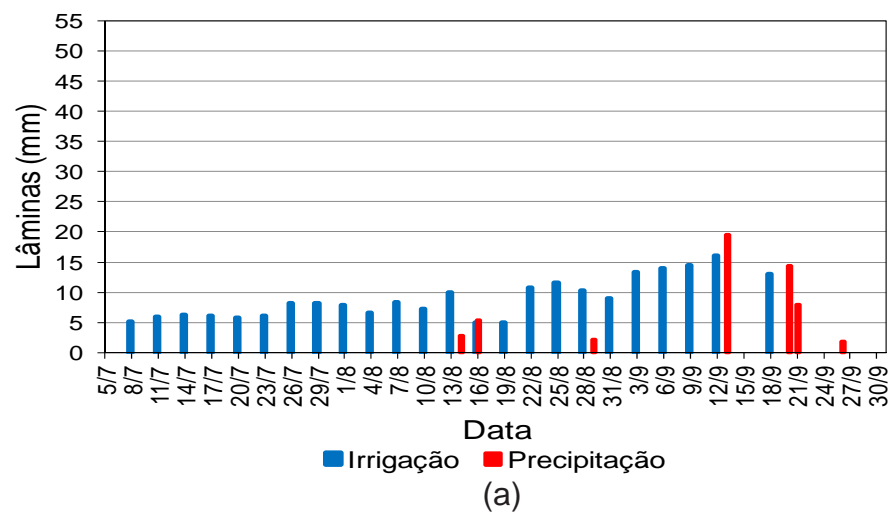


Figura 16. Lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos TR3 (a), TR6 (b), TR9 (c) e TR12 (d) e as precipitações pluviárias ocorridas no período experimental (25 DAP até a colheita) do ano 2012.

A precipitação ocorrida no dia 13/09/2012, com valor de 19,5 mm, atendeu a demanda da cultura nas unidades experimentais com turno de rega de 3 dias TR3) e parte da demanda hídrica dos demais tratamentos. De maneira semelhante, a precipitação de 14,4 mm, ocorrida no dia 20/09, foi suficiente para atender a necessidade de água da cultura, não sendo realizada a última irrigação nas unidades experimentais do tratamento TR3. No caso das unidades experimentais com tratamento TR12, estas duas precipitações atenderam parte da demanda da cultura, no último dia de irrigação do tratamento.

Na Figura 16 pode-se constatar que foram registradas sete precipitações, sendo que as duas últimas, observadas nos dias 21 e 26/09, com valores iguais a 7,9 e 1,8 mm, respectivamente, ocorreram na fase final da cultura, depois de encerradas as irrigações dos tratamentos.

No Quadro 4 estão apresentados, para os dois períodos experimentais, os valores totais de evapotranspiração da cultura e precipitação pluvial, do plantio até a colheita (ET_c e P , respectivamente), como para o período em que foi realizado o manejo da irrigação (ET_{c_m} e P_m , respectivamente), sendo que este manejo foi realizado com uso do sistema de irrigação convencional (nos primeiros 22 dias do ciclo da cultura) e com o sistema de simulação de aspersão. O manejo da irrigação no ano 2011 durou 112 dias, sendo de 100 dias no ano 2012.

Quadro 4 – Valores de evapotranspiração da cultura e precipitação pluvial, desde o plantio até a colheita (ET_c e P , respectivamente) e durante o manejo da irrigação (ET_{c_m} e P_m , respectivamente), e valores da lâmina de irrigação (Li) e lâmina aplicada a partir da diferenciação dos tratamentos por turno de rega (Li_{TR}), nos períodos experimentais estudados.

Períodos	ET_c (mm)	P (mm)	ET_{c_m} (mm)	P_m (mm)	Li (mm)	Li_{TR} (mm)
2011	331,6	20,8	317,6	18,4	299,2	276,3
2012	303,1	54,0	276,8	44,3	232,5	203,7

No ano 2011, a demanda hídrica da cultura (ET_{c_m}) foi igual a 317,6 mm, atendida pelos 18,4 mm de precipitação (P_m) e os 299,2 mm de

lâmina de irrigação (L_i). No ano 2012, a lâmina de irrigação teve um valor de 232,5 mm, atendendo, junto com a lâmina de precipitação (44,3 mm), os 276,8 mm da ET_{C_m} . A diferença entre a ET_c e a ET_{C_m} corresponde à lâmina que não foi aplicada à cultura na fase final do ciclo, a fim de realizar a secagem das vagens para se efetuar a colheita.

Com o uso do sistema de simulação por aspersão, foi aplicada uma lâmina de irrigação ($L_{i_{TR}}$) de 276,3 mm e 203,7 mm, no período experimental dos anos 2011 e 2012, respectivamente, em todos os tratamentos (TR3, TR6, TR9 e TR12). A diferença dos valores de L_i e $L_{i_{TR}}$, corresponde à lâmina de irrigação que foi aplicada pelo sistema de aspersão convencional, nos primeiros dias do ciclo do feijoeiro.

No ano 2011, a precipitação total durante todo o ciclo da cultura (P), foi 20,8 mm, distribuídos em cinco precipitações; e, no segundo ano, 54 mm, distribuídos em sete precipitações. Portanto, houve maior precipitação pluvial e frequência de chuvas no ano 2012.

Os 18,4 mm de P_m , no ano 2011, estiveram distribuídos em quatro precipitações ocorridas durante o manejo da irrigação, sendo três delas na etapa em que foi realizada a diferenciação dos tratamentos por turnos de rega (25 DAP até a última irrigação) e uma precipitação de 2,8 mm, ocorrida nos primeiros 22 dias da cultura, quando todas as unidades experimentais eram irrigadas com um mesmo turno de rega, pelo sistema de aspersão convencional. Os 2,4 mm de diferença entre a P e a P_m foram registrados na precipitação do dia 07/10, ocorrida depois de encerrado o manejo da irrigação.

No ano 2012, os 44,3 mm de P_m estiveram distribuídos em cinco precipitações ocorridas durante o manejo da irrigação, sendo que todas elas aconteceram depois da diferenciação dos tratamentos por turnos de rega. Os 9,7 mm de diferença entre a P e a P_m correspondem às precipitações dos dias 21 e 26/09, ocorridas depois de encerrado o manejo da irrigação.

Para o feijão da terceira época ou feijão irrigado, Contin (2008) determinou uma demanda hídrica de 344,1 mm, nas condições de Viçosa, MG. Mendonça et al. (2007), trabalhando com feijoeiro na mesma época de cultivo (feijão de outono-inverno), nas condições de Campos dos Goytacazes, RJ, encontraram uma demanda hídrica de 259,5 mm.

Oliveira et al. (2012b), trabalhando com feijão em sistema de plantio direto, determinaram um demanda hídrica de 377,4 mm, nas condições de Santa Maria, RS. Medeiros et al. (2007), determinaram um valor de 336 mm, de consumo de água do feijoeiro, em Campinas, SP. Nas condições de Cristalina, GO, Schmidt e Valiati (2006) fizeram uma avaliação de um sistema de irrigação por pivô central, verificando que a aplicação de 374,13 mm de lâmina de irrigação no feijoeiro originava perda de água e energia para atender a demanda da cultura de 155 mm.

Doorenbos e Kassam (1979) mencionam que, para a obtenção de altas produtividades, as necessidades hídricas da cultura do feijoeiro variam entre 300 a 500 mm. Ramalho e Abreu (2002) mencionam que o requerimento de água pela cultura situa-se também na faixa de 300 a 500 mm, recomendando seu uso a fim de obter altas produtividades no estado de Minas Gerais.

4.3. Mofo-branco no feijoeiro

4.3.1. Período experimental do ano 2011

Na Figura 17, mostra-se a presença do mofo branco no feijoeiro no começo da floração, com a formação do micélio cotonoso de coloração branca e a presença dos escleródios nas vagens, nos tratamentos sem controle químico da doença. Na Figura 18, observa-se a condição de uma das unidades experimentais onde não foi feita a aplicação de fungicida, no final do ciclo da cultura, aos 109 DAP.

Na Figura 19, observa-se uma planta com o caule e vagens infectados pelo mofo-branco, na avaliação pós-colheita. Esta planta pertence a uma das unidades experimentais onde não foi realizado o controle químico da doença. Na Figura 20, observam-se os escleródios de mofo-branco coletados nas vagens, após a debulha, e os grãos infectados pela doença, de uma das unidades experimentais sem aplicação de fungicida.



Figura 17. Presença do mofo-branco na forma de micélio cotonoso (A) e na forma de escleródios nas vagens (B).



Figura 18. Unidade experimental sem aplicação de fungicida, infectada pelo mofo-branco.



Figura 19. Caule (A) e vagens (B) do feijoeiro infectados pelo mofo-branco.

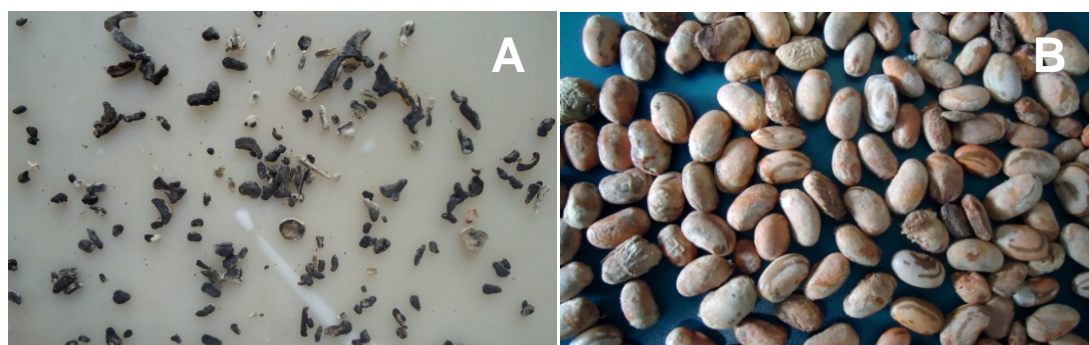


Figura 20. Escleródios de mofo-branco (A) e grãos infectados pelo mofo-branco (B).

No Quadro 5 está apresentado o resumo das análises de variância das características relativas à presença do mofo-branco no feijoeiro, no período experimental do ano 2011. Observa-se que não houve efeito significativo das fontes de variação para as características avaliadas, com exceção da fonte fungicida (F), que afetou significativamente ($P < 0,01$) a severidade e a incidência do mofo-branco, o índice de doença, a porcentagem de grãos infectados pelo mofo-branco (em peso e número) e a massa de escleródios por m^2 . A densidade de plantio (D) só teve efeito ($P < 0,05$) sobre a severidade do mofo-branco.

Bernardes (2005) e Paula Junior et al. (2009) conduziram experimentos em Viçosa, MG, e verificaram que os turnos de rega empregados (semanal e quinzenal) não apresentaram efeito significativo no desenvolvimento do mofo-branco. Os autores atribuíram este resultado devido à ocorrência de chuvas atípicas durante a realização dos experimentos. Por outro lado, Napoleão et al. (2007), trabalhando em laboratório com solo e escleródios acondicionados, mostraram a importância de regas menos frequentes e com menores volumes de água, até o limite da capacidade de campo, na diminuição da germinação carpogênica do patógeno através dos escleródios.

No Quadro 6 estão apresentadas as médias de todas as características avaliadas, para as condições de aplicação de fungicida (F). A severidade do mofo-branco teve um valor médio igual a 6,6 (escala de 1 a 10), nas parcelas sem aplicação de fungicida (F1), sendo superior em 120% ao valor obtido nas parcelas que foram tratadas com fungicida (F2).

A incidência do mofo-branco, ou seja, a porcentagem de plantas com sintomas da doença, apresentou um valor médio de 74,9% nas parcelas que não receberam tratamento com fungicida. Por outro lado, nas parcelas onde foi aplicado o fungicida, a porcentagem média de plantas infectadas pelo mofo-branco foi igual a 25,3%.

O valor do índice de doença (ID) apresentou diferença significativa ($P < 0,01$), sendo maior nas parcelas sem tratamento químico (49,5%), em comparação às parcelas onde foi aplicado o fungicida (14,4%). O ID de cada unidade experimental foi obtido com os valores de severidade da doença por planta, de cada uma das plantas avaliadas na unidade.

Quadro 5 – Resumo das análises de variância da severidade do mofo-branco, incidência (%), índice de doença (ID), porcentagem de grãos infectados pelo mofo-branco, relativa à massa (% Peso grãos) e relativa ao número (% Número grãos), e massa de escleródios (g m⁻²), no ano 2011.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		Severidade	Incidência	ID	% Peso grãos	% Número grãos	Massa escleródios
Blocos	2	7,406	3720,128	1758,111	0,029	0,847	0,249
Fungicida (F)	1	308,167 **	58943,670 **	29549,510 **	98,408 **	229,691 **	8,804 **
Resíduo (a)	2	3,135	6464,237	2537,361	1,137	3,750	0,323
Turno de rega (TR)	3	1,736 ns	1052,384 ns	457,006 ns	0,394 ns	1,761 ns	0,055 ns
TRxF	3	0,306 ns	549,266 ns	244,007 ns	0,278 ns	1,199 ns	0,056 ns
Resíduo (b)	12	0,688	1138,323	662,073	0,313	0,980	0,309
Densidade (D)	3	1,847 *	227,127 ns	152,446 ns	0,106 ns	0,422 ns	0,023 ns
DxF	3	0,139 ns	145,585 ns	73,527 ns	0,173 ns	0,536 ns	0,023 ns
DxTR	9	0,282 ns	100,588 ns	94,130 ns	0,902 ns	1,508 ns	0,046 ns
DxFxTR	9	0,278 ns	187,978 ns	134,647 ns	0,894 ns	1,438 ns	0,043 ns
Resíduo (c)	48	0,500	185,798	122,344	0,531	0,880	0,057
CV(a) %		36,79	160,51	157,74	85,96	105,52	162,48
CV(b) %		17,23	67,36	80,57	45,12	53,94	158,77
CV(c) %		14,69	27,21	34,64	58,75	51,12	68,06

* e **: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
ns: não significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 6 – Valores médios da severidade do mofo-branco, incidência (%), índice de doença (ID), porcentagem de grãos infectados, relativa à massa (% Peso grãos) e relativa ao número (% Número grãos), e massa de escleródios (g m^{-2}), para as duas condições de aplicação de fungicida, no ano 2011.

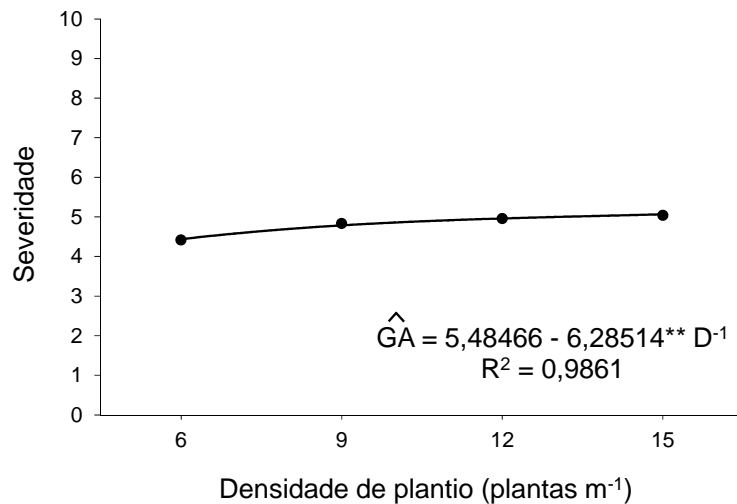
Fungicida (F)	Severidade	Incidência	ID	% Peso grãos	% Número grãos	Massa escleródios
F1	6,6 a	74,9 a	49,5 a	2,3 a	3,4 a	0,6528 a
F2	3,0 b	25,3 b	14,4 b	0,2 b	0,3 b	0,0472 b

Médias com diferente letra nas colunas, diferem significativamente pelo teste F a 1% de probabilidade. F1 e F2: sem e com aplicação de fungicida, respectivamente.

A porcentagem de grãos infectados pelo mofo-branco (relativa ao peso e número) e a massa de escleródios por m^2 , apresentaram também maiores valores nas parcelas que não foram tratadas com fungicida (F1). O fungicida diminuiu em 91,3 e 91,2%, respectivamente, o peso e o número de grãos que apresentaram sintomas da doença, e em 92,8%, a massa de escleródios por m^2 , constatando-se a eficiência do fluazinam no controle do mofo-branco no feijoeiro.

Nas condições de Viçosa, MG, trabalhos como os de Vieira et al. (2001), Vieira et al. (2003), Bernardes (2005) e Paula Junior et al. (2009), comprovaram também a importância da aplicação do fungicida no controle do mofo-branco, com maior eficiência do fungicida fluazinam. Este fungicida, aplicado com pulverizador costal, com regador sobre as plantas (simulando a sua aplicação via água de irrigação por aspersão) ou com regador entre as fileiras e rente ao solo, permitiu o controle da doença, reduzindo a sua incidência e a quantidade de escleródios produzidos.

Na Figura 21, apresenta-se o gráfico e a equação de regressão da severidade do mofo-branco em função da densidade de plantio, podendo-se observar aumento na primeira variável com o aumento da densidade. No entanto, verifica-se que houve um acréscimo pouco acentuado entre a menor e a maior densidade de plantio.



** : significativo pelo teste t a 1% de probabilidade.

Figura 21. Relação entre a severidade do mofo-branco e as densidades de plantio, no ano 2011.

4.3.2. Período experimental do ano 2012

Por meio de avaliações visuais, durante a condução do experimento, quase não foi observada a presença de mofo-branco na área. As poucas plantas infectadas só foram observadas em algumas unidades experimentais onde não foi aplicado o fungicida. Isto pode ser verificado na Figura 22, onde se mostra algumas das unidades experimentais, no final do estágio intermediário (93 DAP), sem aplicação de fungicida e sem incidência de mofo-branco. Mostra-se também uma planta de feijoeiro, de uma das unidades experimentais, aos 101 DAP, um dia depois de encerradas as irrigações.



Figura 22. Unidades experimentais sem aplicação de fungicida (A) e planta de feijoeiro livre da doença (B).

No Quadro 7 está apresentado o resumo das análises de variância para o período experimental do ano 2012. Observa-se que não houve efeito significativo das fontes de variação nas características avaliadas, com exceção da fonte fungicida (F), da densidade de plantio (D) e da interação entre ambas (DxF). A fonte fungicida afetou significativamente ($P < 0,01$) as porcentagens de grãos infectados pelo mofo-branco, tanto em peso como em número. A fonte densidade de plantio (D) e a interação DxF afetaram significativamente ($P < 0,01$) a massa de escleródios por m^2 .

No Quadro 8 estão apresentadas as médias da severidade e incidência do mofo-branco, índice de doença (ID) e porcentagem de grãos infectados pelo mofo-branco (relativa ao peso e número), considerando-se o fator fungicida (F). Nas parcelas com aplicação de fungicida (F2), não foram observadas plantas com sintomas da doença, razão pela qual a severidade do mofo-branco teve valor zero, não apresentando diferença significativa ($P > 0,05$).

A incidência do mofo-branco e o índice de doença (ID) não apresentaram diferença entre as duas condições de aplicação de fungicida. Por outro lado, as porcentagens de grãos infectados pelo mofo-branco, em peso e número, apresentaram diferença significativa ($P < 0,01$), com valores superiores nas parcelas do tratamento F1. A aplicação do fungicida diminuiu em 97,7% o peso de grãos infectados pelo mofo-branco, e em 97,2%, o número de grãos com sintomas da doença.

Costa (2001) menciona que o controle do mofo-branco no feijoeiro tem se fundamentado no uso de fungicidas, sendo que a sua aplicação é, muitas vezes, imprescindível para evitar a perda total da lavoura. Esse autor, trabalhando com aplicação preventiva de diferentes fungicidas, entre eles o fluazinam, promoveu a redução da severidade do mofo-branco no feijoeiro, em condições controladas em casa de vegetação, sendo que o fungicida fluazinam apresentou os mais altos níveis de controle.

Quadro 7 – Resumo das análises de variância da severidade do mofo-branco, incidência (%), índice de doença (ID), porcentagem de grãos infectados pelo mofo-branco, relativa à massa (% Peso grãos) e relativa ao número (% Número grãos), e massa de escleródios (g m⁻²), no ano 2012.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		Severidade	Incidência	ID	% Peso grãos	% Número grãos	Massa escleródios
Blocos	2	1,625	59,071	31,188	1,943	2,680	5,18E-03
Fungicida (F)	1	3,375 ns	100,875 ns	53,798 ns	17,595 **	25,646 **	1,06E-02 ns
Resíduo (a)	2	1,625	44,792	21,104	2,018	2,834	5,20E-03
Turno de rega (TR)	3	0,264 ns	10,022 ns	5,416 ns	0,316 ns	0,333 ns	9,17E-04 ns
TRxF	3	0,264 ns	16,505 ns	10,090 ns	0,335 ns	0,356 ns	9,09E-04 ns
Resíduo (b)	12	0,181	9,385	4,977	0,201	0,242	4,70E-04
Densidade (D)	3	0,486 ns	11,505 ns	5,693 ns	0,654 ns	0,918 ns	3,49E-03 **
DxF	3	0,486 ns	10,720 ns	4,576 ns	0,592 ns	0,793 ns	3,47E-03 **
DxTR	9	0,190 ns	4,027 ns	2,391 ns	0,532 ns	0,738 ns	6,18E-04 ns
DxFxTR	9	0,190 ns	4,152 ns	2,627 ns	0,540 ns	0,770 ns	6,12E-04 ns
Resíduo (c)	48	0,264	4,955	2,752	0,443	0,619	7,97E-04
CV(a) %		679,87	593,70	539,96	315,71	306,33	684,42
CV(b) %		226,62	271,76	262,23	99,72	89,54	205,86
CV(c) %		273,97	197,46	194,97	147,93	143,16	268,04

** : significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

ns : não significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 8 – Valores médios da severidade do mofo-branco, incidência (%), índice de doença (ID), porcentagem de grãos infectados, relativa à massa (% Peso grãos) e relativa ao número (% Número grãos), para as duas condições de aplicação de fungicida, no ano 2012.

Fungicida (F)	Severidade	Incidência	ID	% Peso grãos	% Número grãos
F1	0,4 a	2,2 a	1,6 a	0,88 a	1,07 a
F2	0,0 a	0,1 a	0,1 a	0,02 b	0,03 b

Médias com diferente letra nas colunas diferem significativamente pelo teste de F a 1% de probabilidade. F1 e F2: sem e com aplicação de fungicida, respectivamente.

Os valores médios da massa de escleródios por m², para cada combinação Dx F, estão apresentados no Quadro 9. Observa-se que na densidade de plantio igual a 15 plantas por metro (D15), a massa de escleródios por m² apresentou diferença significativa (P < 0,05) entre as unidades experimentais sem e com aplicação de fungicida (F1 e F2, respectivamente), sendo que o fungicida permitiu a diminuição desta variável em 99,8%. Nas demais densidades de plantio (D6, D9 e D12), não houve diferença significativa com uso de fungicida, não sendo observada, praticamente, a presença de escleródios.

Quadro 9 – Valores médios da massa de escleródios (g m⁻²) para as diferentes condições de densidade de plantio (D) e de aplicação de fungicida (F), no ano 2012.

Tratamentos	F1	F2
Densidade (D)		
D6	0,0031 a	0,0000 a
D9	0,0078 a	0,0000 a
D12	0,0173 a	0,0000 a
D15	0,0561 a	0,0001 b

Médias com a mesma letra nas linhas, não diferem significativamente pelo teste F a 5% de probabilidade. F1 e F2: sem e com aplicação de fungicida, respectivamente. D6, D9, D12 e D15: densidade de plantio de 6, 9, 12 e 15 plantas por metro, respectivamente.

Na Figura 23 está apresentado o gráfico e a equação de regressão da massa de escleródios por m², correspondente ao tratamento F1 (sem

aplicação de fungicida), em função da densidade de plantio. Observa-se o aumento da variável com a densidade de plantio, verificando-se um acréscimo acentuado entre os tratamentos D12 e D15. No tratamento F2 (com aplicação de fungicida), não houve efeito significativo da densidade de plantio, uma vez que não foi observada a presença de escleródios.

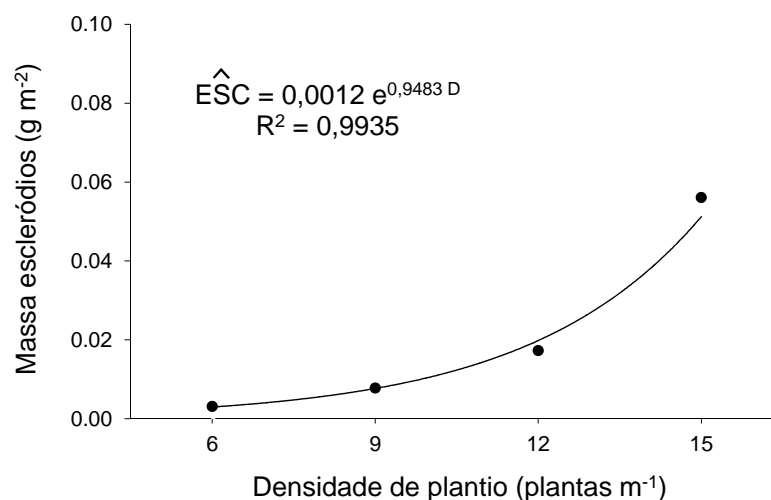


Figura 23. Relação entre a massa de escleródios por m² e as densidades de plantio, no ano 2012.

Napoleão et al. (2006) testaram três espaçamentos entre linhas de feijoeiro (30, 45 e 60 cm), variando e mantendo o espaçamento entre plantas. Em ambos os casos, mantendo-se ou não a mesma densidade de plantas, os autores verificaram que a porcentagem de plantas infectadas pelo mofo-branco e a severidade da doença não foram significativamente afetados pelos espaçamentos testados. Entretanto, eles recomendam a aeração sob o dossel, com aumento do espaçamento em situações específicas, já que, além do mofo-branco, outras doenças são favorecidas pela alta umidade. Em estudo similar, Ferraz (2001) verificou que duas densidades de plantio testadas no feijoeiro (espaçamentos de 45 e 75 cm entre fileiras), não apresentaram efeito no desenvolvimento do mofo-branco, na formação de apotécios e nem na incidência de plantas doentes.

Por outro lado, Macena et al. (2011) observaram que os dois maiores espaçamentos entre linhas de feijoeiro, dos três testados (20, 40 e 60cm), promoveram a redução significativa do número de escleródios de *S. sclerotiorum*, da incidência e da severidade do mofo-branco, em uma área

com histórico da doença. Bernardes (2005) e Paula Junior et al. (2009) verificaram, também, a viabilidade da redução na densidade de plantas (de 12 para 6 sementes por metro linear), no controle do mofo-branco, em áreas infestadas por escleródios de *S. sclerotiorum*.

Avaliando-se os dois períodos de realização do experimento, notou-se que as características relativas à quantificação do mofo-branco: severidade, incidência, índice de doença, porcentagem de grãos infectados (relativa ao peso e número) e massa de escleródios por m², apresentaram maiores valores no primeiro período (2011). A presença do fungo foi facilmente observada no ano 2011, nas parcelas sem aplicação de fungicida e a partir da fase intermediária da cultura.

Nas avaliações pós-colheita, a porcentagem de plantas infectadas pelo mofo-branco foi maior no primeiro ano, verificando-se um valor de incidência igual a 74,9%, enquanto que em 2012 foi de apenas 2,2%. Em 2011, foram também observados maiores valores no índice de doença (ID), em comparação ao ano 2012, sendo registrados os valores de 49,5 e 1,6%, respectivamente.

Valores diferentes, como os registrados em duas épocas experimentais, foram obtidos também por Napoleão et al. (2006). Os autores trabalharam com feijoeiro na terceira época, em dois períodos experimentais (1998 e 1999), nas condições de Brasília, DF, verificando uma incidência elevada de mofo-branco no primeiro ano, em comparação ao segundo, com valores iguais a 98,4 e 2,7%, nos anos 1998 e 1999, respectivamente.

Os menores valores de incidência e severidade do mofo-branco, no segundo período experimental (2012), podem ter sido ocasionados pelas altas temperaturas registradas na etapa final da fase intermediária da cultura, que é a fase de maior desenvolvimento da doença. As altas temperaturas no período do ano 2012 (máximas e médias diárias) foram coincidentes com o início do amarelecimento observado nas folhas do feijoeiro (88 DAP). Na Figura 24 estão mostrados os valores diários da temperatura máxima e média, a umidade relativa média do ar e a velocidade do vento, comparando-se os dois períodos experimentais durante a fase intermediária da cultura. Esta fase teve início aos 56 DAP, no ano 2011, e aos 55 DAP, no ano 2012.

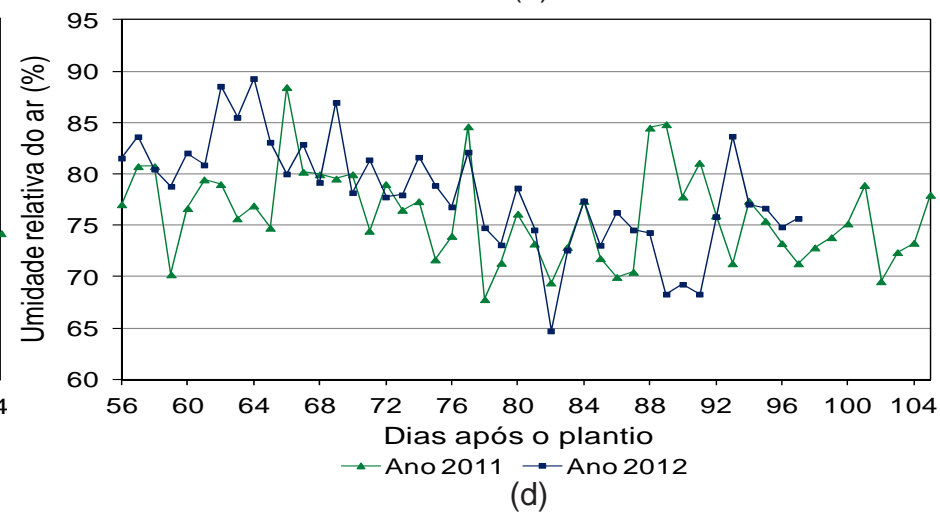
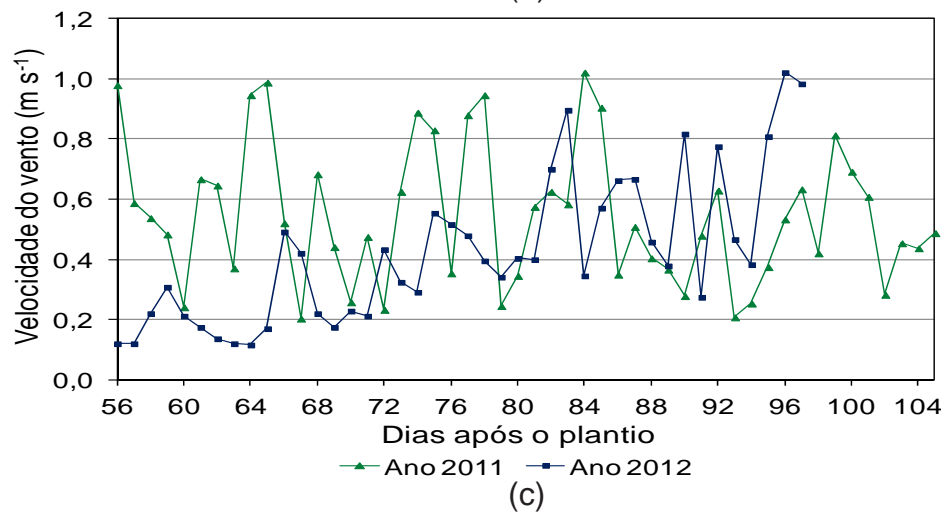
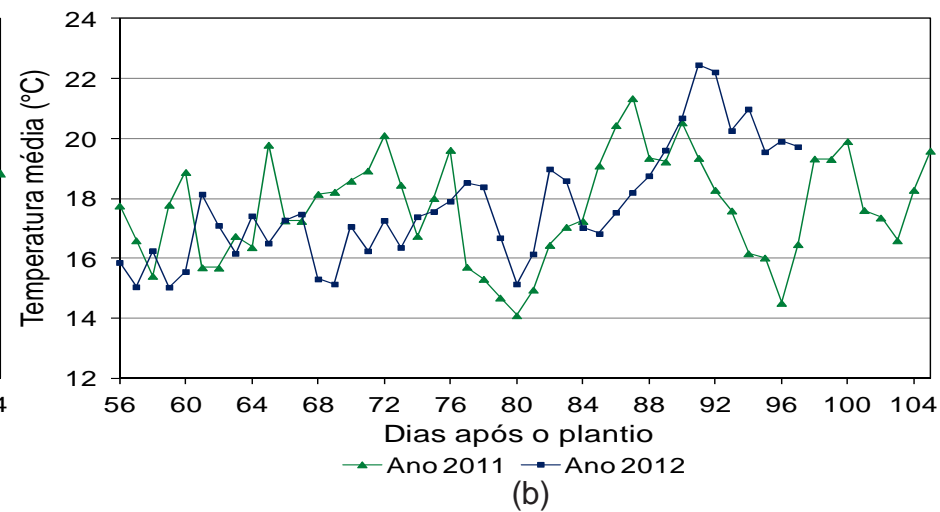
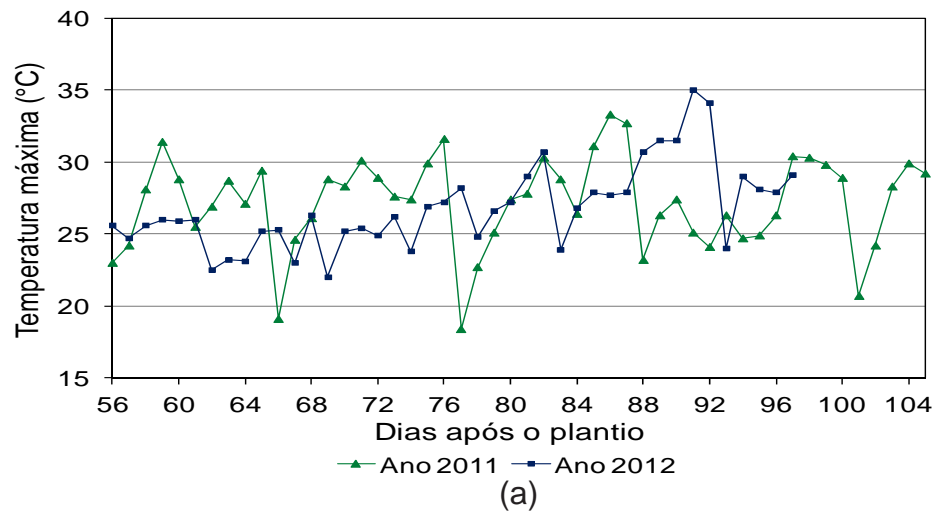


Figura 24. Valores diários da temperatura máxima (a) e média do ar (b), velocidade média do vento (c) e umidade relativa média do ar (d), na fase intermediária da cultura, nos dois períodos experimentais.

A partir de 88 DAP, observa-se que no período experimental do ano 2012 ocorreram maiores valores de temperatura máxima e média do ar e velocidade do vento. Nesse ano, a umidade relativa média do ar foi menor nos primeiros cinco dias, até os 92 DAP. Temperaturas maiores que 25 °C e baixa umidade relativa do ar são condições pouco favoráveis para a germinação e o desenvolvimento do fungo (FERRAZ, 2001; VIEIRA et al, 2001; BERNARDES, 2005; GÖRGEN et al., 2009).

O efeito da solarização do solo na inviabilização dos escleródios de mofo-branco foi verificado por Ferraz (2001). O autor também estudou, em condições controladas, o efeito de diferentes temperaturas de solo aquecido em estufa e diversas palhas na inviabilização dos escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*. O aquecimento do solo a 50 e 60°C com diversas coberturas de palhas inviabilizaram os escleródios.

4.4. Produtividade de grãos e seus componentes

4.4.1. Período experimental do ano 2011

No Quadro 10 está apresentado o resumo das análises de variância da produtividade e seus componentes. Observa-se que a fonte fungicida (F) afetou significativamente a produtividade, o número de grãos por planta e o peso de 100 grãos. O turno de rega (TR) e a interação TRxF tiveram efeito significativo ($P < 0,01$) no número de vagens e no número de grãos por planta. A produtividade e o peso de 100 grãos foram afetados, também, pela interação TRxF e pelo turno de rega, respectivamente. A densidade de plantio (D) não foi significativa sobre a produtividade do feijoeiro, embora tenha afetado significativamente ($P < 0,01$) os componentes de produção. As demais interações não afetaram, estatisticamente, as características avaliadas.

Quadro 10 – Resumo das análises de variância da produtividade (kg ha^{-1}), número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta e peso de 100 grãos (g), no ano 2011.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		Produtividade	Vagens/Planta	Grãos/Vagem	Grãos/Planta	Peso 100 grãos
Blocos	2	1388450,000	20,164	0,612	570,578	6,500
Fungicida (F)	1	20323360,000 **	108,854 ns	0,180 ns	3258,070 *	85,349 **
Resíduo (a)	2	2380320,000	28,819	1,238	770,156	3,060
Turno de rega (TR)	3	494826,900 ns	17,613 **	0,213 ns	412,013 **	6,689 **
TRxF	3	1129854,000 *	37,609 **	0,056 ns	1063,923 **	0,537 ns
Resíduo (b)	12	332876,900	2,773	0,083	87,223	1,306
Densidade (D)	3	246454,000 ns	658,972 **	1,441 **	21461,640 **	7,549 **
DxF	3	138027,200 ns	7,920 ns	0,039 ns	195,609 ns	2,158 ns
DxTR	9	145105,800 ns	5,457 ns	0,118 ns	244,840 ns	0,684 ns
DxFxTR	9	114285,100 ns	3,752 ns	0,105 ns	140,372 ns	0,687 ns
Resíduo (c)	48	341979,500	5,175	0,118	228,749	0,775
CV(a) %		42,91	32,89	22,93	34,53	6,93
CV(b) %		16,05	10,20	5,92	11,62	4,53
CV(c) %		16,26	13,94	7,07	18,82	3,49

* e **: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
ns: não significativo a 5% de probabilidade.

As médias das variáveis amostradas, no período experimental do ano 2011, estão apresentadas nos Quadros 11 e 12. No Quadro 11 são apresentados os resultados médios da combinação turno de rega e aplicação do fungicida (TRxF) para produtividade, número de vagens e número de grãos por planta. No Quadro 12, observam-se as médias para o número de grãos por vagem e peso de 100 grãos, considerando-se o fator fungicida.

Quadro 11 – Valores médios da produtividade (kg ha^{-1}), número de vagens por planta e número de grãos por planta, para as diferentes condições de turno de rega (TR) e de aplicação de fungicida (F), no ano 2011.

Tratamentos	Produtividade		Vagens/Planta		Grãos/Planta	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
Turno de rega (TR)						
TR3	3.044,60 b	4.573,25 a	14,8 b	19,5 a	73,7 b	97,5 a
TR6	3.084,60 a	4.017,23 a	15,2 a	18,7 a	71,5 b	92,1 a
TR9	3.189,91 a	3.830,21 a	16,2 a	15,2 a	80,0 a	74,5 a
TR12	3.222,09 a	3.801,39 a	14,8 a	16,1 a	73,0 a	80,7 a

Médias com a mesma letra nas linhas, para cada característica, não diferem significativamente pelo teste F a 5% de probabilidade.

F1 e F2: sem e com aplicação de fungicida, respectivamente.

TR3, TR6, TR9 e TR12: turno de rega de 3, 6, 9 e 12 dias, respectivamente.

Quadro 12 – Valores médios do número de grãos por vagem e peso de 100 grãos (g), para as duas condições de aplicação de fungicida, no ano 2011.

Fungicida (F)	Grãos/Vagem	Peso 100 grãos
F1	4,8 a	24,29 b
F2	4,9 a	26,18 a

Médias com diferente letra nas colunas, diferem significativamente pelo teste F a 1% de probabilidade.

F1 e F2: sem e com aplicação de fungicida, respectivamente.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 11, no turno de rega de três dias (TR3), a produtividade apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) entre as unidades experimentais sem e com aplicação de fungicida. A aplicação de fungicida, no menor turno de rega (TR3),

determinou a maior produtividade do feijoeiro registrada no experimento, com valor médio igual a 4.573,25 kg ha⁻¹. Esta produtividade foi estatisticamente superior em 50,2% à produtividade obtida sem aplicação de fungicida, que teve um valor igual a 3.044,6 kg ha⁻¹.

Constata-se que a diferença de rendimento entre as unidades experimentais com e sem aplicação de fungicida, irrigadas com turno de 3 dias (TR3), é explicada pelo aumento do número de vagens por planta e pelo número de grãos por planta, nas unidades experimentais do tratamento TR3 com aplicação do fungicida fluazinam (F2). Nos demais turnos de rega (TR6, TR9 e TR12), a aplicação de fungicida aumentou a produtividade em 30,2; 20,1 e 18%, respectivamente. No entanto, nestes tratamentos, os valores obtidos de produtividade, com e sem aplicação de fungicida, foram estatisticamente iguais a um nível de 5% pelo teste F.

O valor de 19,5 vagens por planta, obtido nas unidades experimentais com o tratamento F2, foi estatisticamente superior em 31,8% ao valor obtido nas unidades experimentais sem aplicação de fungicida (F1), no tratamento TR3. O número de grãos por planta, nos turnos de rega de 3 (TR3) e 6 (TR6) dias, apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) quando usado o fungicida fluazinam. O fungicida aumentou o número de grãos por planta em 32,3%, no tratamento TR3, e 28,8%, no tratamento TR6, tendo sido obtidos 97,5 e 92,1 grãos por planta, nos dois tratamentos. Nos tratamentos TR9 e TR12, os números de grãos por planta foram estatisticamente iguais, independente da aplicação de fungicida.

No Quadro 12, observa-se que o peso de 100 grãos de 26,18 g, registrado nas parcelas com aplicação de fungicida, foi estatisticamente superior ao valor das parcelas com tratamento sem fungicida (24,29 g). O fungicida aumentou o peso dos grãos em 7,76%. Já o número de grãos por vagem foi estatisticamente igual, independente da aplicação de fungicida, a um nível de significância de 5% pelo teste de F.

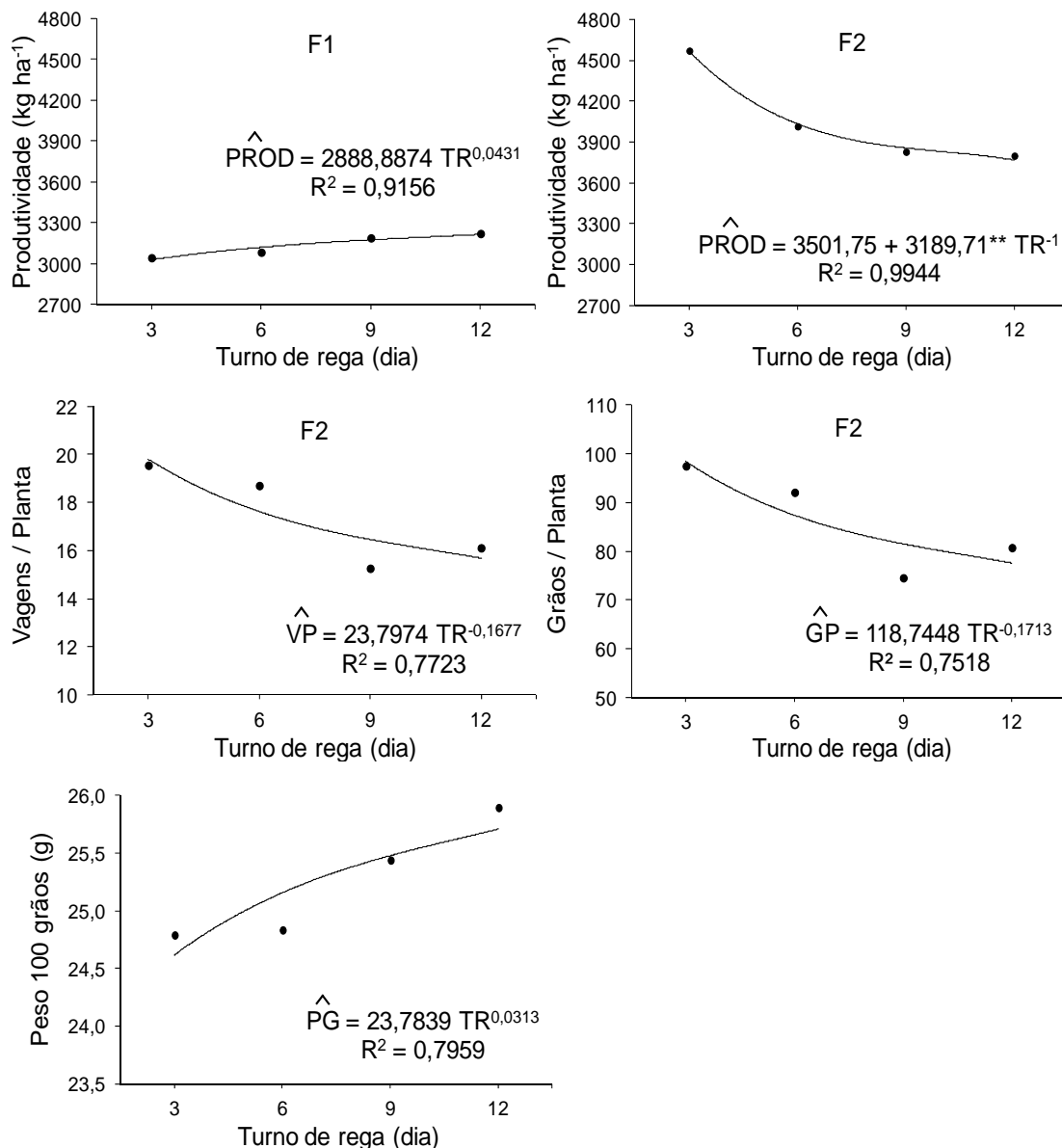
Com uso do fungicida fluazinam, nas condições de Viçosa, MG, Bernardes (2005) obteve maior número de vagens por planta, número de grãos por vagem e maior peso de 100 grãos, em relação aos valores obtidos sem aplicação de fungicida e com uso de *Trichoderma spp.* Da mesma forma, Venegas e Saad (2010), trabalhando com feijoeiro (cv. Pérola) em

condições de produção comercial, no município de Primavera do Leste, MT, obtiveram maiores valores do número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso médio de 200 grãos e maior produtividade, quando realizado o controle do mofo-branco por meio da aplicação de fungicida, via água de irrigação (pivô central) e por pulverizador automotriz. O fungicida, aplicado aos 42 e 52 DAP, proporcionou uma produtividade média de 2.141 kg ha⁻¹, que foi superior à obtida na área sem aplicação de fungicida (1.421 kg ha⁻¹).

Na Figura 25 estão apresentados os gráficos e as equações de regressão para produtividade (kg ha⁻¹), número de vagens por planta e número de grãos por planta, em função do turno de rega, para os respectivos tratamentos de fungicida, no ano 2011. No tratamento F1 (sem aplicação de fungicida), não houve efeito significativo do turno de rega para número de vagens por planta e número de grãos por planta, sendo os valores médios iguais a 15,3 e 74,6; respectivamente. Como a interação TRxF não teve efeito significativo no peso de 100 grãos (g), a equação de regressão apresentada corresponde a significância da variável com a fonte turno de rega.

Na condição de aplicação de fungicida (F2), a diminuição da produtividade do feijoeiro com o aumento do turno de rega é explicada pelas diminuições que apresentaram, também, o número de vagens por planta e o número de grãos por planta. A variação do turno de rega de 3 para 12 dias, implicou uma perda de 20,7 e 21,1% do número de vagens por planta e do número de grãos por planta, respectivamente. Já o peso de 100 grãos aumentou com o turno de rega, indiferente da aplicação de fungicida, variando de 24,62 a 25,71 g, nos tratamentos TR3 e TR12, respectivamente.

De acordo a equação de regressão, a produtividade do feijoeiro com aplicação de fungicida (F2) foi 4.564,99 kg ha⁻¹, no tratamento TR3, e 3.767,56 kg ha⁻¹, no tratamento TR12, representando uma diminuição de 17,5% (797,43 kg). Portanto, o aumento do turno de rega resultou em diminuição da produtividade, que foi mais acentuada até TR9.



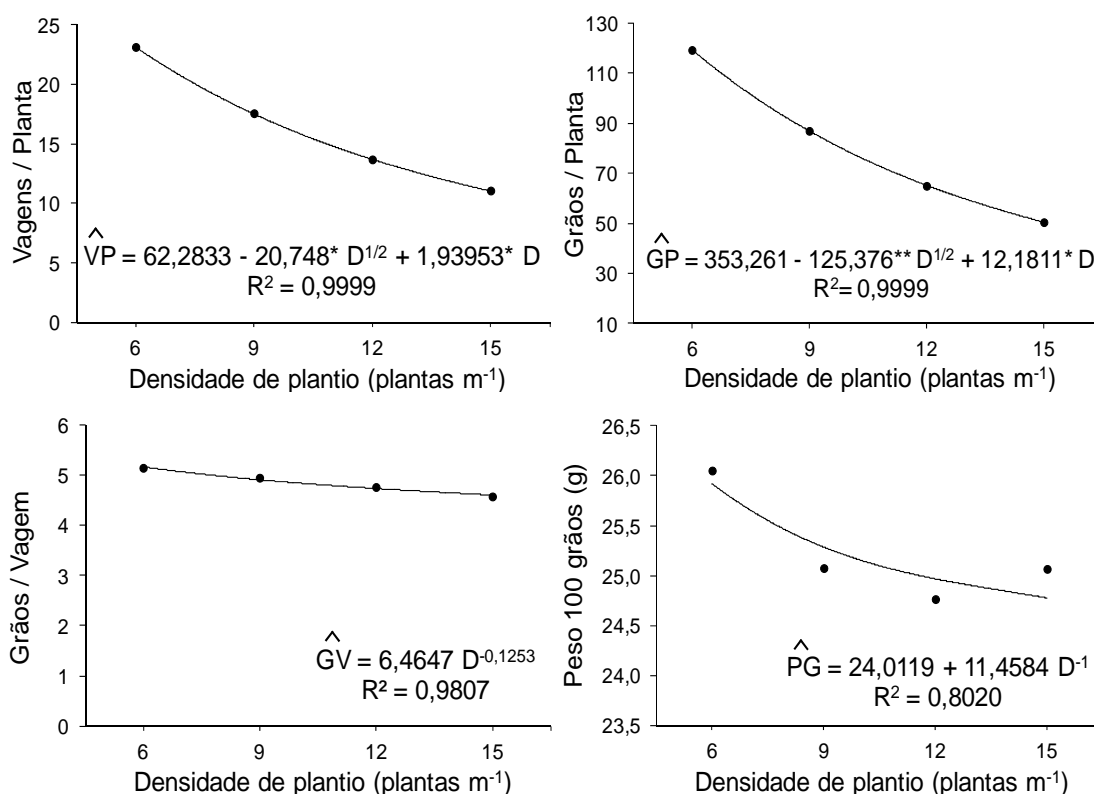
** : significativo pelo teste t a 1% de probabilidade.
 F1 e F2: sem e com aplicação de fungicida, respectivamente.

Figura 25. Curvas ajustadas para as variáveis avaliadas em função do turno de rega, no período experimental do ano 2011.

Por outro lado, sem aplicação de fungicida (F1), a produtividade do feijoeiro aumentou com a ampliação do turno de rega, com diferença de 186,49 kg, entre os tratamentos TR3 e TR12, representando um aumento de 6,2%. A falta do controle químico do mofo-branco (F1) originou a diminuição da produtividade, principalmente no turno de rega de 3 dias, onde provavelmente foram criadas condições favoráveis para o desenvolvimento da doença.

A fim de realizar o manejo da irrigação no feijão de “inverno”, Faria et al. (2012) avaliaram três métodos de manejo de irrigação (tensiometria, Tanque Classe A e Penman-Monteith), nas condições de Jaboticabal, SP. Os autores constataram que a aplicação da água de irrigação com maior frequência, ou seja, com menor turno de rega, permitiu a obtenção de maiores produtividades, maior número de vagens por planta e número de grãos por vagem. Estas irrigações foram feitas com base nos dois primeiros métodos (tensiometria e Tanque Classe A).

Na Figura 26 estão apresentados os gráficos e as equações de regressão para número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos (g), em função da densidade de plantio, no ano 2011. Observa-se que todas as variáveis diminuíram com o aumento da densidade de plantio.



* e **: significativo pelo teste t a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 26. Curvas ajustadas para as variáveis avaliadas em função da densidade de plantio, no período experimental do ano 2011.

A modificação da densidade de plantio de 6 para 15 plantas por metro, implicou uma perda de 52,4; 57,7; 11,5 e 4,4 % do número de vagens

por planta, do número de grãos por planta, do número de grãos por vagem e do peso de 100 grãos, respectivamente. A variação destas características de produção não influenciou na produtividade do feijoeiro, que não apresentou variação significativa com a densidade de plantio.

Esses resultados estão coerentes com os encontrados por Bernardes (2005). Esse autor verificou que alguns componentes de produção, como o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem, foram maiores quando se reduziu a densidade de plantio de 12 para 6 plantas por metro linear; no entanto, isto não significou ganho na produtividade. Paula Junior et al. (2009), trabalhando com os mesmos espaçamentos entre plantas, observaram também que a produtividade do feijoeiro não foi alterada significativamente pela diminuição da densidade de plantio.

Resultado similar foi obtido por Alves et al. (2009), onde o aumento da população de plantas reduziu o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem, mas não influenciou o rendimento de grãos. Os autores trabalharam com cinco populações de planta (100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha^{-1}) e quatro cultivares de feijão, na região norte de Minas gerais, durante a safra do inverno. Medeiros et al. (2003), nas condições de Campinas, SP, verificaram também que a densidade de plantio (14 e 28 plantas m^{-2}) não afetou significativamente o rendimento de grãos do feijoeiro (2.137 e 2.253 $kg\ ha^{-1}$, respectivamente).

4.4.2. Período experimental do ano 2012

No resumo das análises de variância, apresentada no Quadro 13, observa-se que as fontes turno de rega (TR) e densidade de plantio (D) apresentaram efeito significativo em todas as características avaliadas, menos no peso de 100 grãos, que junto com a produtividade do feijoeiro foram afetadas significativamente ($P < 0,01$) pelo fungicida. As interações não apresentaram efeito significativo com exceção da interação DxTR, para o número de grãos por planta e peso de 100 grãos, e a interação DxFxTR, para o número de vagens e número de grãos por planta.

Quadro 13 – Resumo das análises de variância da produtividade (kg ha^{-1}), número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta e peso de 100 grãos (g), no ano 2012.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		Produtividade	Vagens/Planta	Grãos/Vagem	Grãos/Planta	Peso 100 grãos
Blocos	2	6848234,000	109,923	0,151	3315,820	0,884
Fungicida (F)	1	1486579,000 **	11,521 ns	0,069 ns	412,265 ns	13,828 **
Resíduo (a)	2	69851,290	11,301	0,018	205,802	1,477
Turno de rega (TR)	3	3760553,000 **	29,232 **	0,557 *	1455,423 **	2,300 ns
TRxF	3	789660,000 ns	9,775 ns	0,025 ns	323,027 ns	0,675 ns
Resíduo (b)	12	609987,900	6,912	0,136	254,248	2,265
Densidade (D)	3	726467,600 **	446,726 **	0,313 **	13207,410 **	0,552 ns
DxF	3	47659,150 ns	3,961 ns	0,009 ns	116,953 ns	0,311 ns
DxTR	9	44980,740 ns	3,628 ns	0,100 ns	206,459 **	2,198 *
DxFxTR	9	98813,860 ns	3,693 *	0,084 ns	177,707 *	0,690 ns
Resíduo (c)	48	113230,700	1,772	0,064	70,202	0,863
CV(a) %		8,16	24,47	2,66	20,55	5,18
CV(b) %		24,11	19,14	7,33	22,84	6,41
CV(c) %		10,39	9,69	5,04	12,00	3,96

* e **: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
 ns: não significativo a 5% de probabilidade.

Nos Quadros 14 e 15 estão apresentadas as médias das variáveis amostradas, no período experimental do ano 2012. No Quadro 14 estão os resultados médios do número de vagens e do número de grãos por planta, provenientes da combinação densidade de plantio, fungicida e turno de rega (DxFxTR). No Quadro 15, observam-se os resultados da produtividade, do número de grãos por vagem e do peso de 100 grãos, em função da aplicação de fungicida.

De acordo com os resultados do Quadro 14, tanto o número de vagens por planta como o número de grãos por planta apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) no turno de rega de doze dias (TR12) e na densidade de 6 plantas por metro (D6), quando comparadas as unidades experimentais sem e com aplicação de fungicida (F1 e F2, respectivamente). Com uso de fungicida, o número de vagens e o número de grãos por planta foram estatisticamente maiores em 41,9 e 56,6%, respectivamente, em comparação aos valores obtidos sem uso do fungicida, na combinação TR12xD6. Os valores obtidos com uso de fungicida foram de 21 vagens por planta e de 110 grãos por planta. Para as demais combinações de turno de rega e densidade de plantio não houve diferença significativa, quando avaliado o fator fungicida.

No Quadro 15, observa-se que a aplicação de fungicida favoreceu a obtenção de maior produtividade, com valor médio igual a $3.363,83 \text{ kg ha}^{-1}$. Esta produtividade foi estatisticamente superior em 8% à produtividade obtida sem aplicação de fungicida, igual a $3.114,95 \text{ kg ha}^{-1}$. Esta diferença de rendimento pode ser explicada pelo aumento do número de vagens por planta e pelo número de grãos por planta, com aplicação do fungicida fluazinam (F2), na combinação TR12xD6, e também, pela característica peso de 100 grãos, que foi 3,3% maior nas parcelas com aplicação de fungicida. O número de grãos por vagem foi estatisticamente igual, quando comparada as duas condições de aplicação de fungicida.

Quadro 14 – Valores médios do número de vagens por planta e número de grãos por planta, para as diferentes condições de turno de rega (TR), de densidade de plantio (D) e de aplicação de fungicida (F), no ano 2012.

Tratamentos	Vagens/Planta								Grãos/Planta							
	D6		D9		D12		D15		D6		D9		D12		D15	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
Turno de rega (TR)																
TR3	22,3 a	21,3 a	15,2 a	15,6 a	12,3 a	12,3 a	10,2 a	9,9 a	123,3 a	112,4 a	78,9 a	82,5 a	62,7 a	67,8 a	49,0 a	48,4 a
TR6	20,8 a	19,8 a	14,9 a	17,0 a	11,5 a	11,4 a	10,2 a	10,1 a	111,6 a	105,5 a	76,5 a	86,3 a	57,7 a	57,7 a	51,2 a	50,2 a
TR9	16,7 a	18,4 a	13,3 a	14,2 a	11,6 a	11,1 a	9,9 a	8,6 a	82,1 a	91,2 a	66,6 a	72,3 a	58,5 a	56,2 a	49,2 a	42,6 a
TR12	14,8 b	21,0 a	12,3 a	14,1 a	10,3 a	11,4 a	8,0 a	9,2 a	70,3 b	110,1 a	57,0 a	69,0 a	51,1 a	54,3 a	38,3 a	43,6 a

Médias com a mesma letra nas linhas e na mesma densidade de plantio, não diferem significativamente pelo teste F a 5% de probabilidade.

F1 e F2: sem e com aplicação de fungicida, respectivamente.

TR3, TR6, TR9 e TR12: turno de rega de 3, 6, 9 e 12 dias, respectivamente.

D6, D9, D12 e D15: densidade de plantio de 6, 9, 12 e 15 plantas por metro, respectivamente.

Quadro 15 – Valores médios da produtividade (kg ha^{-1}), número de grãos por vagem e peso de 100 grãos (g), para as duas condições de aplicação de fungicida, no ano 2012.

Fungicida (F)	Produtividade	Grãos/Vagem	Peso 100 grãos
F1	3114,95 b	5,0 a	23,10 b
F2	3363,83 a	5,1 a	23,86 a

Médias com diferente letra nas colunas, diferem significativamente pelo teste F a 1% de probabilidade.

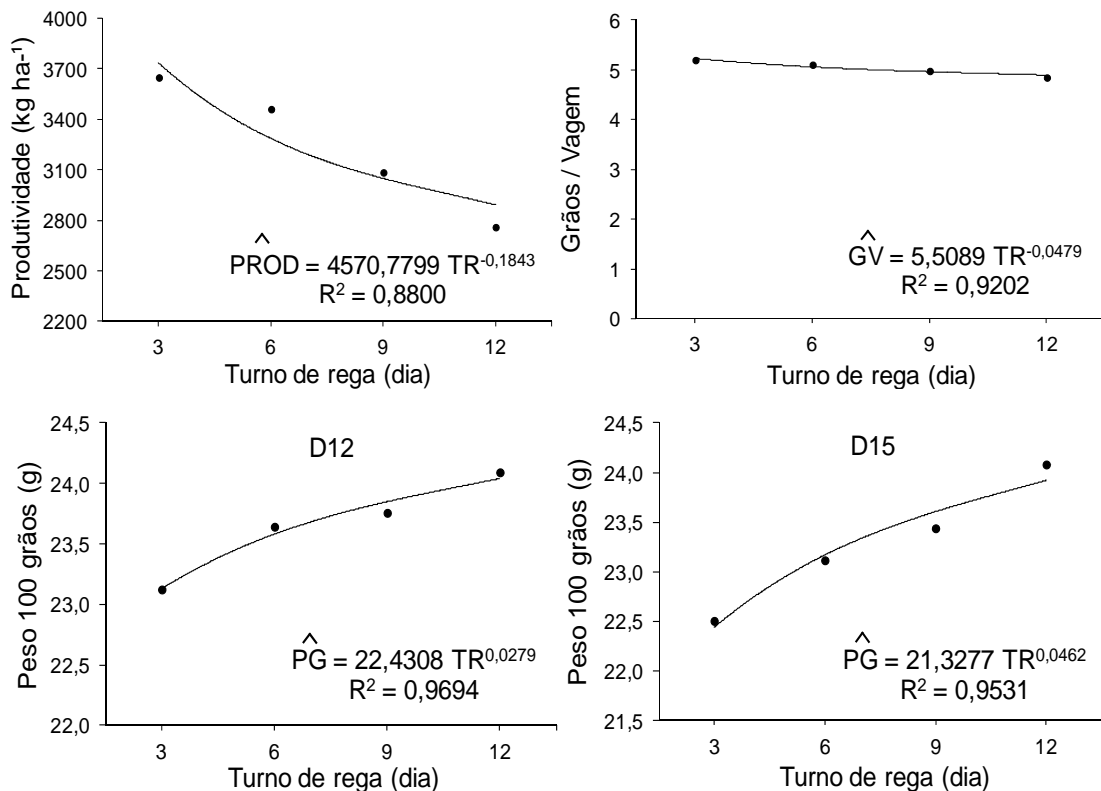
F1 e F2: sem e com aplicação de fungicida, respectivamente.

Em outros trabalhos de pesquisa também foram verificados ganhos na produtividade com aplicações do fungicida fluazinam. Nas condições de Viçosa, MG, Bernardes (2005), trabalhando na época do feijão irrigado, obteve maior produtividade de grãos (1.805 kg ha^{-1} , no experimento 1, e 1.684 kg ha^{-1} , no experimento 2) com uso do fungicida fluazinam, quando comparado a outros tratamentos (sem uso de fungicida e aplicações de *Trichoderma spp.*). Com uso do mesmo fungicida, em estudo realizado por Vieira et al. (2001), foi verificada uma produtividade de 2.054 kg ha^{-1} , no feijão de inverno, sendo maior que a produtividade obtida sem aplicação de fungicida (1.406 kg ha^{-1}), nas condições de Viçosa, MG.

Na Figura 27 estão apresentados os gráficos e as equações de regressão para produtividade (kg ha^{-1}) e número de grãos por vagem, em função do turno de rega, no ano 2012. Apresentam-se, também, a variação do peso de 100 grãos (g) em função do turno de rega (TR), quando avaliadas as densidades de plantio (D6, D9, D12 e D15); no entanto, nos tratamentos D6 e D9, os modelos ajustados não foram significativos, sendo os valores médios iguais a 23,48 e 23,51 g; respectivamente.

Avaliando-se a tendência da produtividade, observa-se a diminuição de seus valores à medida que o turno de rega aumenta. Assim mesmo, o número de grãos por vagem apresentou uma diminuição, embora pouco acentuada, com o aumento do turno de rega. No caso do peso de 100 grãos, nos tratamentos D12 e D15, observa-se que esta variável foi aumentando com o acréscimo do turno de rega.

De acordo a equação de regressão, verifica-se que a produtividade do feijoeiro variou de $3.732,99 \text{ kg ha}^{-1}$, no tratamento TR3, a $2.891,33 \text{ kg ha}^{-1}$, no tratamento TR12, resultando numa diferença de 841,66 kg, que representou uma diminuição de 22,5%. No caso do número de grãos por vagem, a diminuição foi de apenas 5,8%, entre os tratamentos TR3 e TR12. O peso de 100 grãos aumentou em 3,9 e 6,6%, nos tratamentos D12 e D15, respectivamente, quando realizada a variação do turno de rega de 3 para 12 dias.



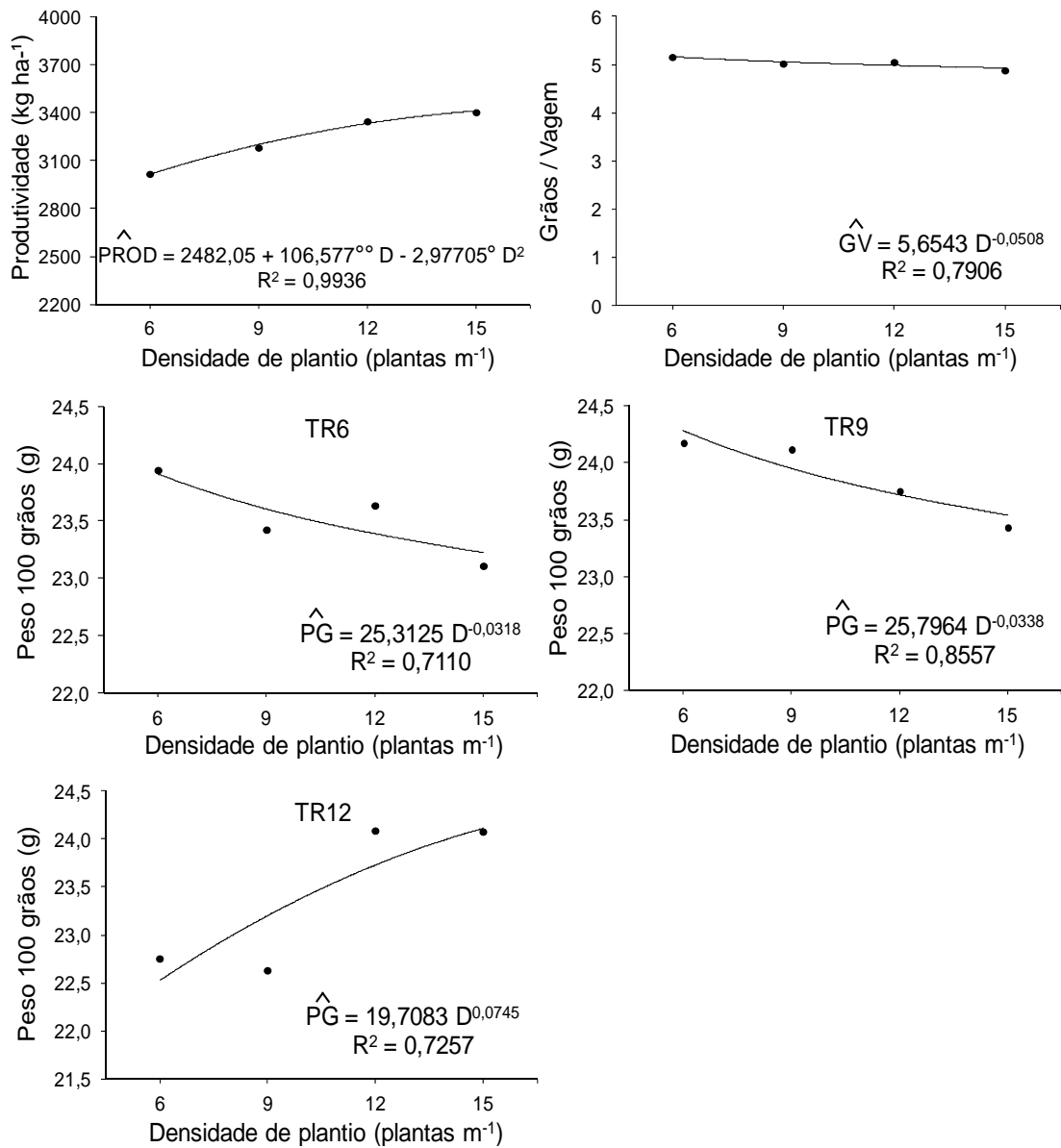
D12 e D15: densidade de plantio de 12 e 15 plantas por metro, respectivamente.

Figura 27. Curvas ajustadas para as variáveis avaliadas em função do turno de rega, no período experimental do ano 2012.

Na Figura 28 estão apresentados os gráficos e as equações de regressão para produtividade (kg ha⁻¹) e número de grãos por vagem, em função da densidade de plantio, no ano 2012. Apresentam-se, também, a variação do peso de 100 grãos em função da densidade de plantio (D), quando avaliados os turnos de rega (TR3, TR6, TR9 e TR12); no entanto, no tratamento TR3, o modelo ajustado não foi significativo, sendo o valor médio igual a 23,13 g.

De acordo a equação de regressão, verifica-se que a produtividade do feijoeiro variou de 3.014,34 kg ha⁻¹, na menor densidade (D6), a 3.410,87 kg ha⁻¹, no tratamento D15, resultando numa diferença de 396,53 kg, que representou um aumento de 13,2%. Observa-se que o aumento da produtividade foi mais acentuado até a densidade de 12 plantas por metro (D12). Por outro lado, verifica-se que o número de grãos por vagem foi diminuindo com o aumento da densidade de plantio; porém, esta diminuição foi pouco acentuada, sendo de 5,8% entre os tratamentos D6 e D15. O peso de

100 grãos também foi diminuindo com o aumento da densidade, para os tratamentos TR6 e TR9, mas foi aumentando no tratamento TR12.

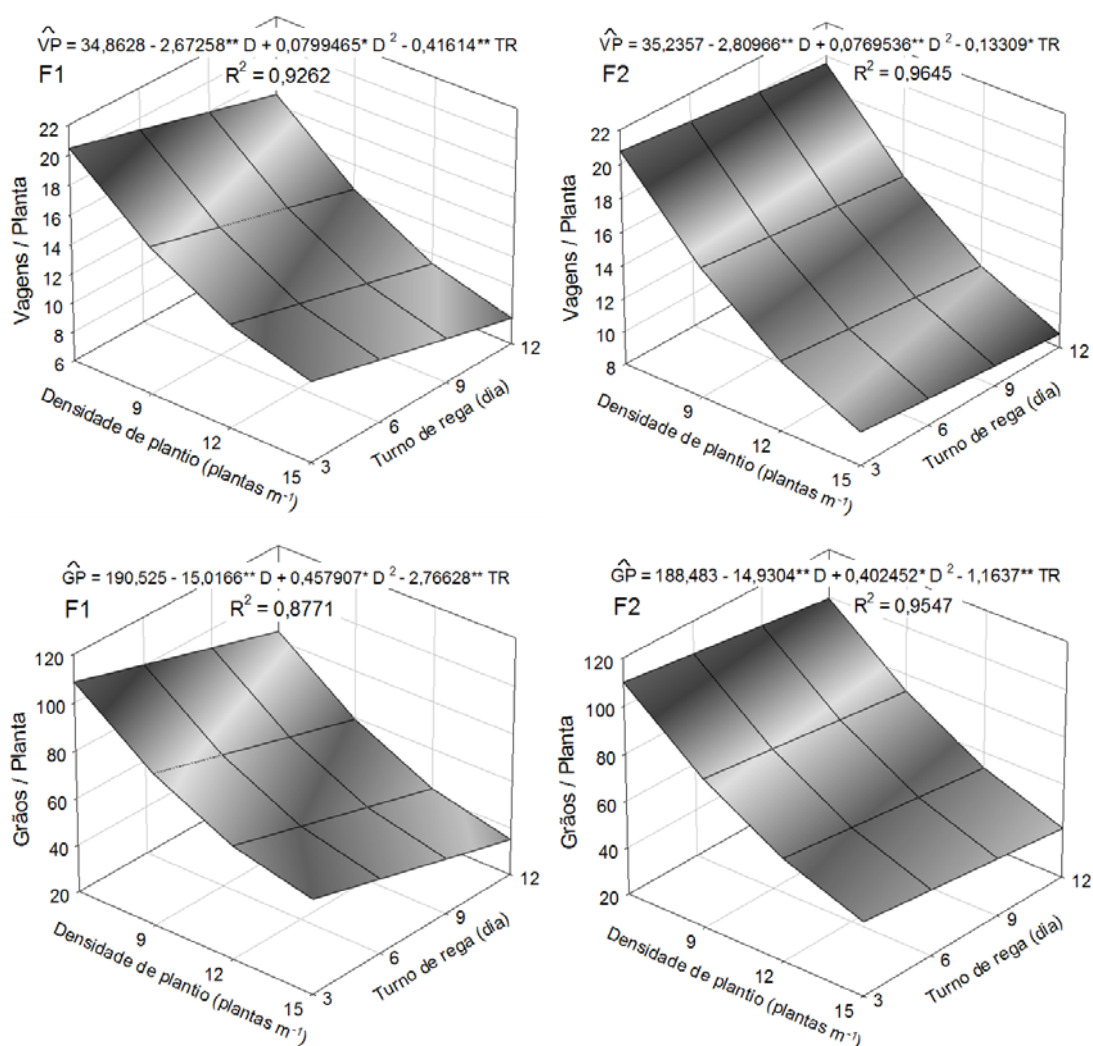


[°] e ^{°°}: significativo pelo teste t a 15 e 10% de probabilidade, respectivamente.
TR6, TR9 e TR12: turno de rega de 6, 9 e 12 dias, respectivamente.

Figura 28. Curvas ajustadas para as variáveis avaliadas em função da densidade de plantio, no período experimental do ano 2012.

Na Figura 29 estão apresentados os gráficos e as equações de regressão para número de vagens e número de grãos por planta, em resposta à densidade de plantio (D) e ao turno de rega (TR), para os tratamentos F1 e F2 (sem e com aplicação de fungicida), no ano 2012. Estes resultados

correspondem ao desdobramento dos fatores densidade de plantio, fungicida e turno de rega (DxFxTR).



* e **: significativo pelo teste t a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.
F1 e F2: sem e com aplicação de fungicida, respectivamente.

Figura 29. Superfícies ajustadas para as variáveis avaliadas em função do turno de rega e da densidade de plantio, nas respectivas condições de aplicação de fungicida, no período experimental do ano 2012.

Avaliando-se as superfícies de resposta para número de vagens e número de grãos por planta, observa-se que houve uma diminuição destas características com o aumento do turno de rega, mantendo-se a densidade constante, tanto no tratamento F1 como F2 (sem e com aplicação de fungicida). A variação do número de vagens e número de grãos por planta, assim como do número de grãos por vagem, resultou no formato da curva ajustada para a produtividade (Figura 27), com tendência de diminuição à

medida que o turno de rega aumenta. Isto também foi observado no experimento conduzido em 2011, no tratamento F2 (com aplicação de fungicida).

Avaliando-se a variação do número de vagens e do número de grãos por planta, nas superfícies de resposta apresentadas, observa-se que houve uma diminuição destas características com o aumento da densidade de plantio, mantendo-se o turno de rega constante, tanto no tratamento F1 como F2 (sem e com aplicação de fungicida). No entanto, isto não significou uma diminuição da produtividade (Figura 28), que foi aumentando com maiores densidades de plantio.

Considerando-se o turno de rega, os resultados das características apresentadas nas Figuras 27 e 29 foram similares aos obtidos no período de 2011, especificamente com aplicação de fungicida (F2). Assim mesmo, considerando-se a densidade de plantio, todas as variáveis avaliadas, apresentadas nas Figuras 28 e 29, tiveram a mesma tendência das observadas no primeiro período experimental (2011), com exceção da produtividade que não foi significativa em 2011.

Na avaliação de dois regimes de irrigação (semanal e quinzenal), Bernardes (2005) realizou dois experimentos com feijão em plantio irrigado de outono-inverno, nas condições de Viçosa, MG. No primeiro experimento, o autor encontrou que o número de vagens por planta foi significativamente maior no tratamento com irrigação semanal do que no tratamento com irrigação quinzenal; no entanto, no segundo experimento, essas diferenças não foram observadas. Em relação à produtividade, não foi verificado efeito significativo do turno de rega, sendo atribuído ao regime de chuvas atípicas ocorridas durante o experimento.

Por outro lado, nas condições de Planaltina, DF, Azevedo et al. (2008) trabalharam com dois regimes de irrigação: quando a tensão de água no solo atingia valores próximos de 25 e de 300 kPa. Os autores obtiveram maior rendimento de grãos (4.064 kg ha^{-1}) no tratamento irrigado em tensões próximas de 25 kPa, sendo 12% superior à produtividade do tratamento mais seco. Foi observada também a redução do peso de 100 grãos, em condições de maior esgotamento da umidade disponível no solo, imposto por irrigações aplicadas a tensões mais elevadas (300 kPa).

Avaliando-se a densidade de plantio, resultados similares foram obtidos por Azevedo et al. (2008), nas condições de Planaltina, DF. Os autores trabalharam com quatro densidades em feijoeiro (200, 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹) e obtiveram maior número de vagens por planta e peso de 100 grãos na população mais baixa; no entanto, a maior produtividade (4.106 kg ha⁻¹) foi obtida na densidade de 400 mil plantas ha⁻¹, recomendando uma população de 300 mil plantas ha⁻¹, por não existir uma perda significativa da produtividade (3.815 kg ha⁻¹) em relação a mais alta, sendo vantajosa também pelo menor gasto de sementes. Nas condições de Teresina, PI, Oliveira et al. (2012a) observaram que o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem foram decrescendo com o aumento das densidade de plantio (150, 200, 250 e 300 mil plantas ha⁻¹).

Napoleão et al. (2006), trabalhando com três espaçamentos entre fileiras (30, 45 e 60 cm) e diferentes espaçamentos entre plantas (8, 12 e 16 plantas por metro, no primeiro ano; e, 12 plantas por metro, no segundo), apresentaram resultados diferentes. Os autores observaram que as diferentes densidades de plantio não tiveram efeito significativo no peso de 100 grãos. Da mesma forma, Macena et al. (2011) constataram que o peso de 100 grãos não foi afetado significativamente pela variação do espaçamento entre linhas (20, 40 e 60cm), assim como a produtividade.

4.5. Eficiência do uso da água

Para cada valor de produtividade obtido nos diferentes tratamentos, foi determinada a eficiência do uso da água (EUA) com o valor da lâmina de água aplicada na cultura, em cada período experimental. Ao longo do experimento do primeiro ano (2011), todas as unidades experimentais receberam uma lâmina total de 317,6 mm, e, no experimento do segundo ano (2012), 276,8 mm. Estas lâminas, iguais à demanda hídrica da cultura (ET_{c_m}), foram atendidas por meio de irrigação (Li) e precipitação pluvial (P_m).

As análises estatísticas da EUA (kg ha⁻¹ mm⁻¹), mostradas no Quadro 16 e nas Figuras 30 e 31, correspondem à análise da produtividade que apresentou nível de significância, nos dois anos experimentais, nas fontes de

variação estudadas: aplicação de fungicida (F), turno de rega (TR), densidade de plantio (D) e a interação entre os fatores.

No Quadro 16, estão apresentados os valores médios da EUA, considerando-se a aplicação de fungicida, nos dois períodos experimentais. Observa-se que a aplicação de fungicida no feijoeiro (F2), em áreas com histórico de mofo-branco, proporcionou maiores valores de EUA, nos dois anos, devido às maiores produtividades obtidas no tratamento F2, em comparação ao tratamento F1 (sem aplicação de fungicida), já que a lâmina de irrigação foi a mesma.

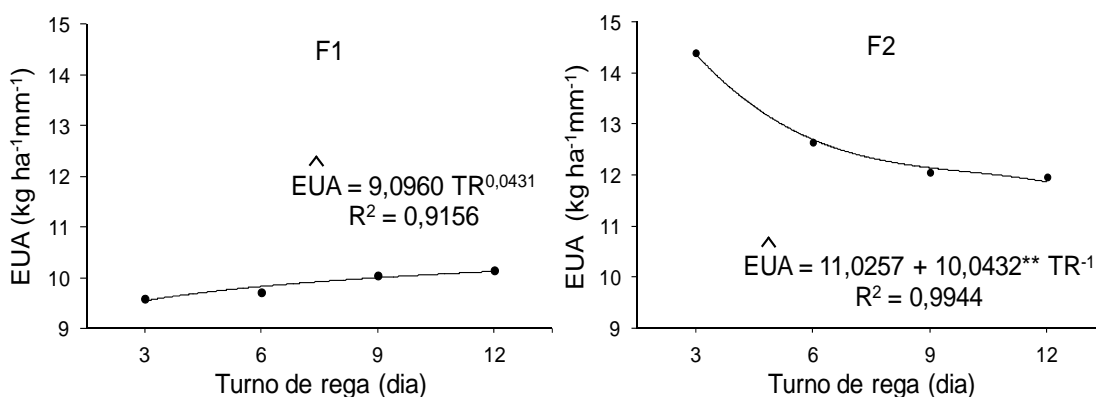
Quadro 16 – Valores médios da eficiência do uso da água (EUA) para as duas condições de aplicação de fungicida, nos períodos experimentais dos anos 2011 e 2012.

Fungicida (F)	Ano 2011			Ano 2012		
	Lâmina de água (mm)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	EUA (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	Lâmina de água (mm)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	EUA (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
F1	317,6	3.135,30 b	9,87 b	276,8	3.114,95 b	11,25 b
F2	317,6	4.055,52 a	12,77 a	276,8	3.363,83 a	12,15 a

Médias com diferente letra nas colunas, diferem significativamente pelo teste F a 1% de probabilidade. F1 e F2: sem e com aplicação de fungicida, respectivamente.

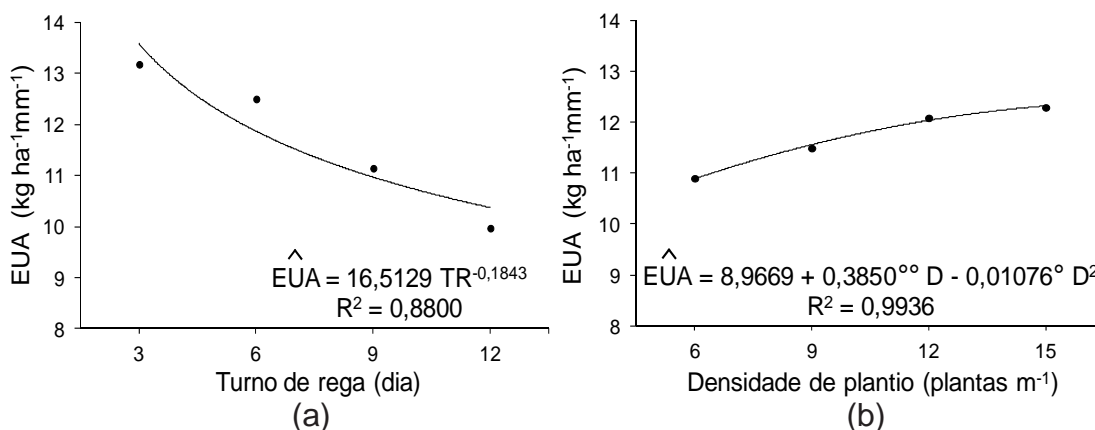
Com aplicação de fungicida foram obtidos valores muito próximos de EUA, quando comparado o primeiro (12,77 kg ha⁻¹ mm⁻¹) e o segundo período experimental (12,15 kg ha⁻¹ mm⁻¹). Por outro lado, na comparação dos tratamentos sem aplicação de fungicida, de ambos os períodos, os valores médios de EUA apresentaram maior diferença, sendo 9,87 e 11,25 kg ha⁻¹ mm⁻¹, em 2011 e 2012, respectivamente. Esta diferença foi devida à maior incidência e severidade do mofo-branco no feijoeiro do primeiro período experimental, causando uma perda significativa da produtividade nas parcelas sem o controle químico da doença.

Na Figura 30 estão apresentados os gráficos e as equações de regressão para EUA, em função do turno de rega, para os tratamentos F1 e F2 (sem e com aplicação de fungicida), no período experimental do ano 2011. Na Figura 31, apresentam-se os resultados da EUA em função do turno de rega e da densidade de plantio, no período experimental do ano 2012.



** : significativo pelo teste t a 1% de probabilidade.
 F1 e F2: sem e com aplicação de fungicida, respectivamente.

Figura 30. Curvas ajustadas para eficiência do uso da água (EUA) em função do turno de rega, nas respectivas condições de aplicação de fungicida, no período experimental do ano 2011.



° e °°: significativo pelo teste t a 15 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Figura 31. Curvas ajustadas para eficiência do uso da água (EUA) em função do turno de rega (a) e da densidade de plantio (b), no período experimental do ano 2012.

Nas Figuras 30 e 31a, observa-se a variação da eficiência do uso da água (EUA) pelo feijoeiro, em função do turno de rega, nos períodos experimentais dos anos 2011 e 2012, respectivamente. O formato da curva ajustada para EUA com o aumento do turno de rega é explicada pela variação da produtividade nos dois períodos experimentais, considerando-se, no primeiro ano, as duas condições de aplicação de fungicida (F1 e F2).

De acordo as equações de regressão obtidas para o período experimental do ano 2011 (Figura 30), a EUA pelo feijoeiro, com aplicação de fungicida (F2), variou de 14,37 kg ha⁻¹ mm⁻¹, no tratamento TR3, a 11,86 kg ha⁻¹ mm⁻¹, no tratamento TR12. Portanto, o aumento do turno de rega resultou

em diminuição da EUA, que foi mais acentuada até TR9. Por outro lado, sem aplicação de fungicida (F1), a EUA aumentou com a ampliação do turno de rega, variando de 9,54 a 10,12 kg ha⁻¹ mm⁻¹, entre os tratamentos TR3 e TR12, respectivamente. No entanto, esta variação teve uma diferença de apenas 0,58 kg ha⁻¹ mm⁻¹.

No período experimental do ano 2012, a EUA, em função do turno de rega (Figura 31a), teve a mesma tendência da curva obtida no período do ano 2011, com aplicação de fungicida (F2). A EUA, em 2012, variou de 13,49 a 10,45 kg ha⁻¹ mm⁻¹, entre os tratamentos TR3 e TR12, respectivamente. Verifica-se, portanto, que a melhor eficiência do uso da água foi obtida nas irrigações mais frequentes, com menores turnos de rega, sendo que a aplicação de fungicida favoreceu a otimização da lâmina de água aplicada, principalmente no tratamento TR3.

A variação da produtividade com a densidade de plantio resultou, também, no formato da curva ajustada para EUA. De acordo a equação de regressão obtida em função da densidade de plantio (Figura 31b), a EUA variou de 10,89 kg ha⁻¹ mm⁻¹, no tratamento D6, a 12,32 kg ha⁻¹ mm⁻¹, no tratamento D15, verificando-se o aumento da EUA nas maiores densidades, onde foram obtidas as maiores produtividades do feijoeiro.

A alta eficiência de aplicação da lamina de irrigação pelo sistema de simulação de aspersão, junto com o fornecimento de água de acordo as necessidades hídricas da cultura, permitiu a obtenção dos altos valores de produtividade e, por tanto, da eficiência do uso da água (EUA) pelo feijoeiro, obtidos nos dois períodos experimentais.

A fim de realizar o manejo da irrigação no feijoeiro e determinar a melhor eficiência do uso da água de irrigação (EUA), na época de inverno, Faria et al. (2012) realizaram irrigações baseadas no método tanque Classe A, tensiômetro e Penman-Monteith, nas condições de Jaboticabal, SP. Os autores obtiveram maior EUA (7,38 kg ha⁻¹ mm⁻¹) com os valores de produtividade e lâminas de irrigação obtidas com uso do tanque Classe A. Cabe mencionar que com este método foram realizadas irrigações mais frequentes, com menor turno de rega.

Oliveira et al. (2012a) avaliaram quatro densidades de plantas de feijão (150, 200, 250 e 300 mil plantas ha⁻¹), nas condições de Teresina, PI. Os

autores encontraram o valor máximo de EUA ($2,33 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) na densidade de $178.200 \text{ plantas m}^{-2}$. Por outro lado, Medeiros et al. (2003), trabalhando com feijoeiro irrigado em Campinas, SP, observaram que a densidade da cultura não influenciou a eficiência do uso da água (EUA). Os autores trabalharam com duas densidades de plantio (14 e $28 \text{ plantas m}^{-2}$), obtendo valores estatisticamente iguais de EUA ($6,3$ e $6,93 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$).

Diversos autores têm avaliado a eficiência do uso da água (EUA) na cultura do feijoeiro, submetida a diferentes manejos de água, solo e planta. Cruz et al. (2012) avaliaram o efeito do manejo da irrigação para diferentes cultivares de feijão, nas condições de Uberaba, MG, observando que a maior EUA ($12,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) foi encontrada no cultivar Pérola, ao irrigar com 70% de reposição de água. Pavani et al. (2008) encontraram que o sistema de preparo convencional do solo com manejo de irrigação pelo tanque Classe A proporcionou maior EUA no feijoeiro ($7,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), seguido pelo plantio direto com manejo de irrigação por tensiometria e tanque Classe A ($6,9$ e $6,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, respectivamente). Medeiros et al. (2007) analisaram também diferentes sistemas de preparo do solo sobre a EUA do feijoeiro irrigado, destacando-se o preparo com escarificador, que alcançou uma EUA de $7,53 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, frente ao preparo com arado de disco e enxada rotativa ($6,32$ e $6,45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, respectivamente).

5 - CONCLUSÕES

O fungicida fluazinam foi determinante no controle do mofo-branco no feijoeiro, diminuindo todas as características relativas à presença da doença. As menores densidades de plantio apresentaram relativa vantagem no controle do mofo-branco. Já os turnos de rega empregados não tiveram efeito significativo no controle da doença.

A aplicação de fungicida e o uso do turno de rega de três dias favoreceram a obtenção de maiores produtividades e componentes de produção do feijoeiro. As melhores produtividades foram obtidas com o uso de 15 e 12 plantas por metro.

A eficiência do uso da água pelo feijoeiro (EUA) foi maior com aplicação de fungicida, obtendo-se valores iguais a 12,77 e 12,15 kg ha⁻¹ mm⁻¹, nos anos 2011 e 2012, respectivamente. As irrigações frequentes favoreceram a obtenção das maiores EUA, atingindo um valor de 14,37 kg ha⁻¹ mm⁻¹ no turno de rega de três dias. O uso de maiores densidades de plantio favoreceu a EUA, obtendo-se valores de 12,32 e 12,04 kg ha⁻¹ mm⁻¹ nas densidades de 15 e 12 plantas por metro, respectivamente.

No controle do mofo-branco e na obtenção de melhores produtividades de feijoeiro, recomenda-se; portanto, a aplicação de fungicida com irrigações a cada três dias e o uso de uma densidade de plantio de 12 a 15 plantas por metro (266.666 a 333.333 plantas ha⁻¹, respectivamente).

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 310p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVES, A. F.; ANDRADE, M. J. B.; RODRIGUES, J. R. M.; VIEIRA, N. M. B. Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1495-1502, 2009.

ANTÔNIO, R. P. **Identificação de QTLs de resistência ao mofo branco e de mecanismos bioquímicos envolvidos na resposta de defesa em feijoeiro**. Lavras, MG: UFLA, Impr. Univ., 2011. 155 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M.; RODRIGUES, G. C.; GOMES, A. C. **Produtividade do feijão de inverno influenciada por irrigação, densidade de plantio e adubação em solo de cerrado**: Embrapa comunicado técnico, 145. Planaltina DF, 2008. 4 p.

BADILLO, M. F.; VALDERA, F.; BODAS, V.; FUENTELES AZ, F.; PEITEADO C. **Manual de buenas prácticas de riego**. Propuestas de WWF para un uso eficiente del agua en la agricultura. Viñedo, olivar, cítricos y fresa. WWF/Adena, Madrid, España, 2009.

BAESSO, M. M. **Parâmetros técnicos para o controle do mofo-branco na cultura do feijão utilizando pulverizador hidráulico de barra com assistência de ar**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2009. 78 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

- BERNARDES, A. **Intensidade do mofo-branco do feijoeiro em função da densidade de plantio e da aplicação de *Trichoderma* spp.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2005. 40 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 8 ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.: il.
- BOLTON, M. D.; THOMBA, B. P. H. J.; NELSON, B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology.** Lancaster, v. 11, n. 7, p. 1-16, 2006.
- CARLESSO, R.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; PETRY, M.; WOLSHICK, D.; Efeito da lâmina de irrigação na senescência foliar do feijoeiro. **Irriga, Botucatu,** v. 12, n. 4, p. 545-556, 2007.
- CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E. Efeito do espaçamento e época de semeadura sobre o desempenho do feijão. I. Produção de sementes. **Revista Brasileira de Sementes,** Londrina, v. 20, n. 1, p.195-201, 1998.
- CASTRO, J. L.; ITO, M. F.; MARINGONI, A. C.; BALARDIN, R. S. Desafios ao controle de doenças na cultura do feijoeiro nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. In: VI SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS DANINHAS DO FEIJOEIRO, 2006, Campinas. **Palestra: Anais Documentos IAC n° 79,** Campinas: Instituto Agrônomo IAC, 2007. p. 18.
- CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** 20.ed. Viçosa: Ed da Universidade Federal de Viçosa, 1999. 359 p.
- CONTIN, F. S.; **Tecnologia do irrigâmetro aplicada no manejo da irrigação do feijoeiro.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2008. 52 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- COSTA, J. L. S. **Efeito da mistura de fungicidas aplicados via fungigação no controle do mofo-branco do feijoeiro comum.** Embrapa pesquisa em foco, 62. Aracaju SE, 2001. 2 p.
- CRUZ, O. C.; SANTANA, M. J.; BORGES, R. D.; CAMPOS, T. M.; SOUZA, S. S.; SILVA, F. M. **Eficiência do uso de água para quatro cultivares de feijão na região de Uberaba-MG.** In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 2012, Fortaleza, CE. IV WINOTEC, 2012. p. 5.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water.** Rome: FAO, 1979. 193 p (Irrigation and Drainage Paper, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 144p (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).

FARIA, M. T.; TURCO, J. E. P.; FERNANDES, E. J.; GUIRRA, A. P. P. M. Resposta produtiva do feijoeiro comum a diferentes manejos de irrigação **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 137-147, 2012.

FERNADES, L. M. Retorno financeiro e risco de preço da cultura do feijão irrigado via pivô central na região noroeste de Minas Gerais. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 41-53, 2012.

FERRAZ, L. C. L. **Práticas culturais para o manejo de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em feijoeiro**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, Imp. Univ., 2001. 154 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

FIGUEIREDO M. G.; FRIZZONE, J. A.; PITELLI, M. M.; REZENDE, R. Lâmina ótima de irrigação do feijoeiro, com restrição de água, em função do nível de aversão ao risco do produtor. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 81-87, 2008.

FORNASIERI FILHO, D.; XAVIER, M. A.; LEMOS, L. B.; FARINELLI, R. Resposta de cultivares de feijoeiro comum à adubação nitrogenada em sistema de plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 115-121, 2007.

GARRIDO, M. A. T. **Respostas do feijoeiro às lâminas de água e adubação nitrogenada**. Lavras, MG: UFLA, Impr. Univ., 1998. 205 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GOMIDE, R. L.; DURÃES, F. O. M.; KOBAYASHI, M. K.; MACHADO, R. A. F. Monitoramento automático de fluxo de seiva com sondas de balanço de energia e caracterização de estresse hídrico de duas linhagens de milho (*Zea mays* L.). IN: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2002, Salvador-BA. **Anais do XXXI CONBEA**, Jaboticabal, SP: SBEA, 2002. p. 4.

GONÇALVES, P. R. C.; SANTOS, J. B. dos. Physiological resistance of common bean cultivars and lines to white mold based on oxalic acid reaction. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Michigan, v. 53, n. 53, p. 236-237, 2010.

GÖRGEN, C. A.; CIVARDI, E. A.; RAGAGNIN, V. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; CARNEIRO, L. C.; LOBO JUNIOR, M. Redução do inóculo inicial de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja cultivada após uso do sistema Santa Fé. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, n. 10, p. 1102-1108, 2010.

GÖRGEN, C. A. **Manejo do mofo-branco da soja com palhada de *Brachiaria ruziziensis* e *Trichoderma harzianum* '1306'**. Jataí, GO: UFG, Imp. Univ., 2009. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Jataí, GO.

GÖRGEN, C. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; CARNEIRO, L. C.; RAGAGNIN, V.; LOBO JUNIOR, M. Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p.1583-1590, 2009.

GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; NAZARENO, R. B. **Uso do tanque classe A para irrigação do feijão perola no cerrado**: Embrapa comunicado técnico, 84. Distrito Federal, 2002. 4 p.

HALL, R.; PHILLIPS, L.G. Evaluation of parameters to assess resistance of white bean to white mold. **Bean Improvement Cooperative Annual Report**, East Lansing, v. 39, p. 306-307, 1996.

INDEX FUNGORUM. Disponível em:

<<http://www.indexfungorum.org/names/Names.asp>>. Acesso em: 09 nov. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, dez. 2012**, 2012a. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.tab.shtm?c=1>>. Acesso em: 25 jan. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, fev. 2012**, 2012b. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil, Rio de Janeiro, v. 25 n. 2 p. 1-88, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1612&z=t&o=&i=P>>. Acesso em: 5 jan. 2012.

JAUER, A.; DUTRA, L. M. C.; ZABOT, L.; LUCCA FILHO, O. A.; UHRY, D.; LUDWIG, M. P.; FARIAS, J. R. Comportamento de cultivar pérola de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em quatro densidades de semeadura na safrinha em Santa Maria – RS. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 13, n. 1, p. 12-23, 2006.

LEITE, R. M. V. B. C. **Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol e soja**: Embrapa Comunicado Técnico, 76. Londrina, PR, 2005. 3 p.

LIMA, R. C.; **Manejo do mofo-branco em função da densidade de plantas e da aplicação de fungicida em feijoeiro tipo II**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ.,

2011. 35 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LOBO JUNIOR, M.; GERALDINE, A. M.; CARVALHO, D. D. C.; COBUCCI, T. **Uso de Cultivares de feijão comum com arquitetura ereta e ciclo precoce para escape do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*)** Embrapa Comunicado Técnico, 182. Santo Antônio de Goiás, GO, 2009. 4 p.

LOPES, A. S. **Manejo do solo e da irrigação na cultura do feijoeiro sob pivô central**. Jaboticabal, SP: UNESP, Impr. Univ., 2006. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP.

LUDWIG, M. P.; SCHUCH, L. O. B.; LUCCA FILHO, O. A.; AVELAR, S. A. G.; MIELEZRSKI, F.; PANOZZO, L. E.; OLIVO, M. Desempenho de plantas de feijão originadas de lotes de sementes com diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Revista da FZVA**, Uruguaiiana, v. 15, n. 2, p. 44-52, 2008.

MACENA, A. M.; CANTERI, M. G.; FERREIRA JUNIOR, J. P. Espaçamento e manejo de restos culturais para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum* em feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1871-1873, 2011.

MAGALHÃES, L. E. **Sistema de manejo do solo para o controle do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) na cultura do algodoeiro**. Projeto Técnico. Bahia, 2009. 18 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 318 p.: il.

MANTOVANI, E. C. **Determinação do coeficiente da cultura para o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado, em duas épocas de plantio**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1986. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A. Evapotranspiração da cultura do milho. II - relações com a evaporação do tanque classe “A”, com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 15-21, 1998.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, Imp. Univ., 2002. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Eficiência do uso da água do feijoeiro irrigado: influência da densidade de plantio. **Revista Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 28, n. 12 p. 83-90, 2003.

MEDEIROS, G. A.; DANIEL, L. A.; LUCARELLI, J. R. F. Eficiência do uso da água do feijoeiro irrigado: influência do sistema de preparo do solo. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2007, São Paulo. **Anais do XVII SBRH**, São Paulo, SP: ABRH, 2007. 1CD-ROM.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; SUGAWARA, M. T.; PEÇANHA, A. L.; GOTTARDO, R. D. Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 471-475, 2007.

MORANDI, M. A. B.; POMELLA, A. W. V.; SANTOS, E. R.; FERNANDES, M.; CAOVILO, L. E.; FERNANDES, A. O. Seleção de isolados de *Trichoderma* spp. para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum*, agente causal do mofo-branco do feijoeiro. In: VI SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS DANINHAS DO FEIJOEIRO, 2006, Campinas. **Resumo: Anais Documentos IAC n° 79**, Campinas: Instituto Agrônomo IAC, 2007. p. 98.

MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; BIAVA, M. EMBRAPA. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**: Embrapa informação tecnológica. Brasília, DF, 2003. 203 p.

NAPOLEÃO, R.; CAFÉ FILHO, A. C.; LOPES, C. A.; NASSER, L. C. B.; MAROUELLI, W. A. Efeito da frequência de rega e da umidade do solo sobre a germinação carpogênica de *sclerotinia sclerotiorum*. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 33, n. 1, p. 80-82, 2007.

NAPOLEÃO, R.; CAFÉ FILHO, A. C.; LOPES, C. A., NASSER, L. C. B. Efeito do espaçamento e da cultivar de feijoeiro sobre a intensidade do mofo-branco e a sanidade de sementes. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 32, n. 1, p. 63-66, 2006.

NAPOLEÃO, R.; CAFÉ FILHO, A. C.; NASSER, L. C. B.; LOPES, C. A.; SILVA, H. R. Intensidade do mofo-branco do feijoeiro em plantio convencional e direto sob diferentes lâminas d'água. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 374-379, 2005.

OLIVEIRA, E. M.; OLIVEIRA, R. A.; PAULA, A. L. T.; BAPTESTINI, J. C. M.; CAIXETA, S. P.; GIOVANELLI, L. B. Desempenho do irrigâmetro no manejo da irrigação no perímetro irrigado do Jaíba, MG, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 157-164, 2011.

OLIVEIRA, R. A.; RAMOS, M. M. **Manual do Irrigâmetro**. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil, 2008. 144 p.

OLIVEIRA, R. A.; ROCHA, I. S.; SEDIYAMA G. C.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; SILVEIRA, S. F. R. Coeficientes de cultura da cenoura nas condições edafoclimáticas do Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 280-284, 2003.

OLIVEIRA, R. A.; TAGLIAFERRE, C.; SEDIYAMA, G. C.; MATERAN, F. J. V.; CECON, P. R. Desempenho do irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 166-173, 2008.

OLIVEIRA, S. R. M.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; RIBEIRO, V. Q.; BRAGA, D. L.; GOMES, E. R. **Produtividade e eficiência do uso da água de irrigação do feijão-caupi, BRS Itaim, em resposta a densidade de plantas**. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 2012, Fortaleza, CE. IV WINOTEC, 2012a. p. 5.

OLIVEIRA, Z. B.; CARLESSO, R.; PETRY, M. P.; KNIES, A. E.; FRANÇOIS, T.; PIÑANGO, M. G. G. **Simulação da necessidade de irrigação para a cultura do feijão utilizando o modelo CROPWAT-FAO**. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 2012, Fortaleza, CE. IV WINOTEC, 2012b. p. 6.

PALOMINO MONTES, D. R. **Evapotranspiração da cultura da alface dentro e fora de ambiente protegido**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PARIZI, A. R. C. **Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob as culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) na região de Santiago, RS**. Santa Maria, RS: UFSM, Impr. Univ., 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

PAULA JUNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; LOBO JUNIOR, M.; MORANDI, M. A. B.; CARNEIRO, J. E. S.; ZAMBOLIN, L. **Manejo integrado do mofo-branco do feijoeiro**: EPAMIG guia técnico. Viçosa, MG, 2006. 46 p.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ROCHA, P. R. R.; BERNARDES, A.; COSTA, É. L.; CARNEIRO, J. E. S.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. White mold intensity on common bean in response to plant density, irrigation frequency, grass mulching, *Trichoderma* spp., and fungicide. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 35, n. 1, p. 44-48, 2009.

PAVANI, L. C.; LOPES, A. S.; GALBEIRO, R. B. Manejo da irrigação na cultura do feijoeiro em sistemas plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 12-21, 2008.

PEREIRA, M. J. Z. **Resistência do feijoeiro a *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli***. Lavras, MG: UFLA, Impr. Univ., 2007. 103 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. **Como Obter Sucesso na Cultura do Feijoeiro no Estado de Minas Gerais**: Embrapa circular técnica, 50. Goiás, 2002. 7 p.

RAMALHO, M. A. P. Melhoramento genético do feijoeiro visando a resistência às doenças. In: VI SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS DANINHAS DO FEIJOEIRO, 2006, Campinas. **Palestra: Anais Documentos IAC n° 79**, Campinas: Instituto Agrônômico IAC, 2007. p. 6.

REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; MANTOVANI, E. C.; FRIZZONE, J. A. Função de produção da cultura do milho e do feijão para diferentes lâminas e uniformidade de aplicação de água. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 503-511, 2004.

RICARDO, T. R.; WANDER, A. L.; LOBO JUNIOR, M.; ARTÊMIO FERREIRA PICANÇO FILHO, A. F. **Custos associados ao mofo-branco (*Sclerotinia esclerotiorum*) em feijoeiro comum de 3ª safra em Goiás**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2009, Porto Alegre. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2009. p. 8.

RICHETTI, A.; MELO, C. L. P.; SOUSA, J. P. B. **Viabilidade econômica da cultura do feijão comum, safra 2012, em Mato Grosso do Sul**: Embrapa comunicado técnico, 173. Dourados, MS, 2011. 9 p.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; AZEVEDO, H. M. Ajuste do modelo Chistiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 263-268, 2003.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; ANDRADE, M. J. B.; BRAGA, J. C.; GERVÁSIO, G. G. Coeficiente de cultura e análise do rendimento do feijoeiro sob regime de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 92-112, 2008.

SARTORATO, A. Desafios no controle de doenças na cultura do feijoeiro na região Centro-Oeste. In: VI SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS DANINHAS DO FEIJOEIRO, 2006, Campinas. **Palestra: Anais Documentos IAC n° 79**, Campinas: Instituto Agrônômico IAC, 2007. p. 15.

SCHMIDT, É. W.; VALIATI, M. I. Avaliação do manejo de irrigação para a cultura de feijão (*Phaseolus Vulgaris*) irrigada por pivô central na agrícola Wehrmann em Cristalina-GO. **Campo Digital**, Campo Mourão, v. 1, n. 1, p. 23-31, 2006.

SILVA, J. C. S. **Parâmetros de irrigação para o feijoeiro em diferentes solos e épocas de semeadura na região central do Rio Grande do Sul.** Santa Maria, RS: UFSM, Impr. Univ., 2008. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Irrigação do feijoeiro.** Goiás GO: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2001. 230 p.: il.

TERÁN, H.; SINGH, S. P. Recurrent selection for physiological resistance to white mould in dry bean. **Plant Breeding**, Malden, v. 129, n. 3, p. 327-333, 2010.

TOLÊDO-SOUZA, E. D.; COSTA, J. L. S. Métodos de inoculação de plântulas de feijoeiro para avaliação de germoplasma quanto a resistência a *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 2, p. 57-63, 2003.

UNIFEIJÃO. **Calendário de Plantio e Colheita do Feijão.** Disponível em: <http://www.unifeijao.com.br/feijao_do_brasil/feijao_dobrasil.php>. Acesso em: 09 nov. 2010.

VENEGAS, F.; SAAD, J. C. C. Fungigação no controle do mofo branco e produtividade do feijoeiro em condições de cerrado brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 2, p. 159-172, 2010.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: Imprensa Universitária, 1991. 449 p.

VICENTE, M. R.; MANTOVANI, E. C.; COSTA, M. A.; CUNHA, F. F.; TEIXEIRA, E. N. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produtividade e no sistema radicular do feijoeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 238-249, 2007.

VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão.** 2ª edição. Viçosa: Ed. da Universidade Federal de Viçosa, 2006. 600 p.: il.

VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no estado de Minas Gerais.** Viçosa: Ed. da Universidade Federal de Viçosa, 1998. 596 p.

VIEIRA, R. F.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PERES, A. P.; MACHADO, J. C. Fungicidas aplicados via água de irrigação no controle do mofo-branco no feijoeiro e incidência do patógeno na semente. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 770-773, 2001.

VIEIRA, R. F.; PAULA JÚNIOR, T. J.; TEIXEIRA, H.; CARNEIRO, J. E. White mold management in common bean by increasing within-row distance between plants. **Plant Disease**, v. 94, n. 3, p. 361-367, 2010.

VIEIRA, R. F.; PINTO, C. M. F.; PAULA JUNIOR, T. J. Chemigation with benomyl and fluazinam and their fungicidal effects in soil for white mold control on dry beans. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 245-250, 2003.

WANDER, A. E. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 7-21, 2007.

YOKOYAMA, L. P.; DEL PELOSO, M. J.; DI STEFANO, J. G.; YOKOYAMA, M. **Nível de aceitabilidade da cultivar de feijão “Pérola”:** avaliação preliminar. Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 98, Goiás, GO, 1999. 20 p.