

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**“COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO NO FEIJOEIRO,
NOS SISTEMAS PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL”**

JOSÉ JOAQUIM DE CARVALHO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP-Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU - SP

Junho - 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**“COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO NO FEIJOEIRO,
NOS SISTEMAS PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL”**

JOSÉ JOAQUIM DE CARVALHO

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Cury Saad

Co-orientador: Dr. Antonio Ribeiro da Cunha

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP-
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia
(Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU - SP

Junho – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C331c Carvalho, José Joaquim de, 1977-
Comparação de métodos de manejo da irrigação no feijoeiro nos sistemas plantio direto e convencional / José Joaquim de Carvalho. - Botucatu : [s.n.], 2009.
ix, 76 f. : il. color, gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009
Orientador: João Carlos Cury Saad
Co-orientador: Antonio Ribeiro da Cunha
Inclui bibliografia

1. Produtividade. 2. Manejo de águas. 3. Feijão. 4. Variáveis climáticas. 5. Evapotranspiração. I. Saad, João Carlos Cury. II. Cunha, Antonio da. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

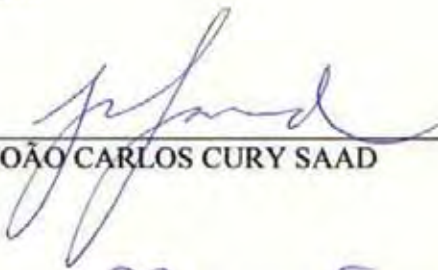
TÍTULO: "COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO NO FEIJOEIRO, NOS SISTEMAS PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL".

ALUNO: JOSÉ JOAQUIM DE CARVALHO

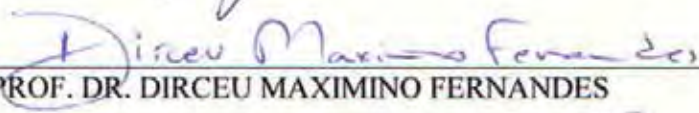
ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO RIBEIRO DA CUNHA

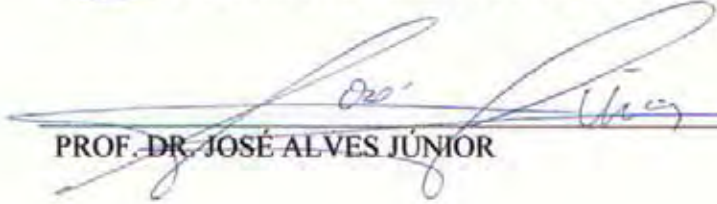
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD



PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROF. DR. JOSÉ ALVES JÚNIOR

Data da Realização: 18 de junho de 2009.

OFEREÇO

A meu pai Gabriel José de Carvalho, companheiro de decisões e conselheiro nas horas difíceis, a minha irmã Ana Rita de Carvalho e sua família, que muito fizeram por mim enquanto longe de casa em busca do conhecimento. Exemplos de dignidade e dedicação à vida, me ensinando a crescer nos anos que nos aproximaram.

HOMENAGEM ESPECIAL À

Divina Luiza de Carvalho (in memorium)

A quem busco nas horas de aflição, que ilumina e aquece meu coração e minha alma, e que agradeço todos os dias por ter sido seu filho;

Sua lembrança e suas virtudes me fazem mais forte para vencer as dificuldades da vida;

Divido não só minhas aflições e minhas alegrias, como também minha vida e todo meu amor eterno.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência e por iluminar e abençoar o meu caminho.

A realização deste trabalho teve a participação de inúmeras pessoas. Em especial gostaria de expressar meus agradecimentos as seguintes pessoas e entidades:

Ao orientador, Prof. Dr. João Carlos Cury Saad, pelo seu magnífico trabalho e grande dedicação a Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Campus de Botucatu, ao Programa de Pós Graduação em Agronomia Irrigação e Drenagem, ao Departamento de Engenharia Rural, enfim, por estar sempre trabalhando para o bem comum de todos.

Ao Dr. Antonio Ribeiro da Cunha pela co-orientação, dedicação, compreensão, amizade e sugestões dadas a este trabalho.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida;

Ao Prof. Dr. José Alves Júnior da Universidade Federal de Goiás, pelo profissionalismo, amizade, e incentivo na realização deste curso de pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes, pelas sugestões e discussões prestadas junto à cultura do feijoeiro.

Ao Dr. Leonardo Cunha Melo, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, pela doação das sementes de feijão.

A empresa Petroisa irrigação pela doação do manômetro e mangueira gotejadora.

Aos meus irmãos, Antônio Aparecido de Carvalho, Ananias José de Carvalho, Adonias Sebastião de Carvalho, Ana Rita de Carvalho, Almino Assunção de Carvalho, Maria Antônia de Carvalho e Sebastião Gabriel de Carvalho que sempre torceram e acreditam em mim.

Aos docentes e funcionários do Departamento de Engenharia Rural, Departamento de Recursos Naturais, Departamento de Engenharia Ambiental, Departamento de Agricultura pela gentileza no atendimento aos trabalhos de laboratório.

Aos colegas de pós-graduação Augusto, Leandro, Ricleia, Francilene, Jayme, Talita, Érika, Roberta, Adriana, Carla, Amansleone, Adilson, Liana, e outros tantos que estiveram pelo convívio e trocas de experiências.

A Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, sob a supervisão do prof. Dr. Marcelo Agenor Pavan, assim como toda a sua equipe de funcionários, pelo auxílio das atividades realizadas durante este trabalho.

A todas as pessoas que acreditaram, torceram e contribuíram direta ou indiretamente para êxito desta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
1 RESUMO.....	1
2 ABSTRACT	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
4.1 Cultura do feijoeiro	8
4.2 Cultivares	10
4.3 Sistemas de plantio: convencional e direto.....	10
4.4 Produtividade do feijoeiro sequeiro e irrigado	12
4.5 Elementos meteorológicos e hídricos que afetam o feijoeiro	13
4.6 Coeficiente da cultura (Kc).....	18
4.7 Irrigação	18
5 MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1 Localização e característica da área	21
5.2 Clima.....	21
5.3 Delineamento da área experimental	22
5.4 Características física e química do solo	25
5.5 Características do feijoeiro	28
5.6. Parâmetros fenológicos e de produção do feijoeiro.....	29
5.6.1.Ciclo do feijoeiro.....	30
5.6.2 Estande do feijoeiro	30
5.7 Parâmetros meteorológicos.....	30
5.7.1 Temperatura do ar	30
5.7.1 Umidade relativa do ar e velocidade do vento	31
5.8 Densidade do solo	33
5.9 Sistema de irrigação	34
5.10 Manejo da irrigação	35

5.11 Instalação do tensiômetro	36
5. 12 Evapotranspiração de referência	37
5.12.1 Método do tanque Classe A (TCA)	37
5.12.2 Método Penman-Monteith (PM)	38
5. 13 Coeficiente de cultura (Kc)	40
5. 14 Controle de plantas daninhas e fitossanitário	41
5.15 Número de plantas por hectare	41
5.16 Número de vagens por planta.....	41
5.17 Número de grãos por planta	41
5.18 Número de grãos por vagem.....	41
5.19 Massa de 1000 grãos	42
5.20 Produtividade média dos grãos (kg ha ⁻¹)	42
5.21 Produtividade média de vagens cheias (vagens ha ⁻¹).....	42
5.22 Produtividade média de vagens chochas (vagens ha ⁻¹).	42
5.23 Comprimento médio de vagens	42
5.24 Altura da inserção da primeira vagem	42
5.25 Porcentagens dos grãos de feijão retidos na peneira.....	43
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6.1. Lâmina Total Aplicada e Eficiência do Uso da Água.....	44
6.2 Componentes de produtividade.....	53
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
8 CONCLUSÕES.....	61
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
10. APÊNDICE	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas básicas na área experimento, antes da adubação de plantio do feijoeiro Macronutrientes.	24
Tabela 2. Características químicas de micronutrientes disponíveis no solo, na área do experimento, antes da adubação de plantio do feijoeiro.	24
Tabela. 3 Valores médios da análise granulométrica das amostras de solo das áreas experimentos: plantio direto e plantio convencional.	25
Tabela 4. Características químicas básicas áreas experimentos: plantio direto e plantio convencional.	26
Tabela 5. Desenvolvimento do feijoeiro linhagem BRS Pontal de grão tipo carioca.	28
Tabela 6. Tabela 6. Ciclo do feijoeiro no manejo de irrigação utilizado, SI, TS, PM e TCA.....	29
Tabela 7. Desenvolvimento do feijoeiro linhagem BRS Pontal de grão tipo carioca.	29
Tabela 8. Média de plantas por metro linear em cada bloco, em função do manejo de irrigação utilizado, nos sistemas plantio direto e plantio convencional.	30
Tabela 9. Densidade do solo obtida antes do plantio e após colheita do feijoeiro na área experimental, nas camadas de 0 - 0,20 e de 0,21 - 0,40 m.	33
Tabela 10. Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de variação (%) e vazão (L/h).	34
Tabela 11. Lâmina de irrigação na fase inicial de desenvolvimento e na fase reprodutiva do feijoeiro.	45
Tabela 12. Lâmina de irrigação e precipitações pluviométricas nos sistemas plantio direto e plantio convencional.	45
Tabela 13. Eficiência do uso da água (ϵ) para a produtividade do feijoeiro nos sistemas de cultivo plantio direto e plantio convencional, para os diferentes métodos de irrigação.....	51

Tabela 14. Manejo da irrigação pelo método do TS e os dias em que foram realizados as irrigações nas parcelas sistemas plantio direto e plantio convencional. .	52
Tabela 15. Produtividade da cultura do feijoeiro Pontal BRS, em Botucatu/SP	53
Tabela 16. Massa de 1000 grãos do feijoeiro Pontal BRS, em Botucatu/SP.	54
Tabela 17. Média de vagens por planta, cultivar do feijoeiro Pontal BRS, em Botucatu/SP.	54
Tabela 18. Estande final de plantas do feijoeiro da cv. Pontal BRS. Botucatu/, SP.	55
Tabela 19. Média de grãos por vagens cv Pontal BRS em Botucatu/SP	56
Tabela 20. Média de vagens com grãos por hectare, cultivar Pontal BRS em Botucatu/SP	56
Tabela 21. Média de vagens chochas por hectare, cultivar Pontal BRS em Botucatu/SP.	56
Tabela 22. Média de grãos por planta, cultivar Pontal BRS em Botucatu/SP.	57
Tabela 23. Altura média da primeira inserção de vagens (cm), cultivar Pontal BRS em Botucatu/SP.	57
Tabela 24. Valores Médios da massa seca da parte aérea (haste, folha, vagens), kg ha ⁻¹ , cultivar Pontal BRS em Botucatu/SP.	58

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Esquema do tensiômetro de mercúrio.	17
Figura 2. Esquema representativo e distribuição das parcelas experimentais: plantio direto (PD); plantio convencional (PC); bloco (B); Tratamentos: (T1) Tanque Classe A (TCA); (T2) Sem Irrigação (SI); (T3) Tensiômetro de mercúrio (TS); (T4) Penman-Monteith (PM).	23
Figura 3. Esquema ilustrativo da distribuição das parcelas em campo, nos sistemas plantio direto e plantio convencional.	23
Figura 4. Área do plantio convencional após a aração ao lado a área plantio direto em repouso.	25
Figura 5. Trincheira aberta (A) e amostras de solo indeformadas retiradas pelo método do anel volumétrico (B).	26
Figura 6. Semeadura de aveia preta na área do experimento, utilizando semeadora mecânica.	27
Figura 7. Variação das temperaturas máximas (T _{max}), mínimas (T _{min}) e médias (T _{med}) durante o ciclo do feijoeiro, medida em abrigo meteorológico.	31
Figura 8. Variação média diária da velocidade do vento (m s ⁻¹) a 2 metros de altura e a umidade relativa do ar (UR %) medida em abrigo meteorológico, durante todo ciclo do feijoeiro.	32
Figura 9. Precipitação pluviométrica durante o ciclo do feijoeiro Pontal BRS.	32
Figura 10. Curva característica da água no solo: área plantio direto nas camadas: 0 - 0,20 m (A) e de 0,21 - 0,40 m (B).	36
Figura 11. Curva característica da água no solo: área plantio convencional nas camadas: 0 - 0,20 m (A) e de 0,21 - 0,40 m (B).	36
Figura 12 Variação média diária da precipitação pluviométrica, irrigação em sistema plantio direto utilizando o manejo tensiômetro.	46
Figura 13 Variação média diária da evapotranspiração da cultura (Etc), precipitação pluviométrica (P) irrigação (I) sistema plantio direto utilizando o manejo tanque Classe A.	47

Figura 14. Variação média diária da evapotranspiração da cultura ET _c , precipitação pluviométrica (P), irrigação (I) sistema plantio direto utilizando o manejo Penman- Monteith.	47
Figura 15 Variação média diária da precipitação pluviométrica, irrigação em sistema plantio convencional utilizando o manejo tensiômetro.	48
Figura 16 Variação média diária da evapotranspiração da cultura (E _t c), precipitação pluviométrica (P), irrigação (I) sistema plantio convencional utilizando o manejo tanque Classe A.	48
Figura 17. Variação média diária da evapotranspiração da cultura ET _c , precipitação pluviométrica (P), irrigação em sistema plantio convencional utilizando o manejo Penman- Monteith.	49
Figura 18. Variações do comprimento de vagens (cm), representadas em (%).	58
Figura 19. Variações dos grãos retidos por peneiras de crivos oblongos de sementes de feijão, cultivar Pontal BRS-Carioca, em função do manejo de irrigação no sistema plantio direto e plantio convencional.	59

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO NO FEIJOEIRO CULTIVAR PONTAL NOS SISTEMAS PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL, Botucatu, 2009. 76 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: JOSÉ JOAQUIM DE CARVALHO

Orientador: Prof Dr JOÃO CARLOS CURY SAAD

1 RESUMO

O feijão é o alimento de muitos brasileiros sendo produzido em todo o território nacional, em diversas condições climáticas e de cultivo. Apesar de sua grande importância, a produção nacional dessa leguminosa é desuniforme, pois na maioria dos casos, é cultivado em áreas com baixo nível de tecnologia e por não haver um completo conhecimento das condições meteorológicas predominantes durante as épocas de cultivo. O Estado de São Paulo, de maneira geral, apresenta períodos secos e chuvosos bem definidos. No período das águas, embora haja a ocorrência de precipitação pluviométrica, esta pode ter distribuição irregular, comprometendo a produtividade do feijoeiro quando o veranico coincidir com fases críticas quanto ao requerimento de água. A irrigação regulariza o fornecimento hídrico, assegurando a produção. O presente trabalho teve por objetivo avaliar três métodos de manejo de irrigação, quais sejam: por tensiometria, tanque “Classe A”, e pela evapotranspiração estimada pela equação de Penman Monteith. A semeadura do feijão foi realizada no dia 29/09/2008 utilizando a cultivar BRS Pontal, no espaçamento de 0,45 m entre linhas com distribuição de 14 sementes por metro. Anteriormente ao experimento, foi plantada a cultura de aveia preta (*Avena stringosa* Schred), na área que se encontrava em pousio há três anos, sendo o solo de textura média argilosa. Os tratamentos foram irrigados com um sistema de gotejamento superficial. Os resultados avaliados foram o balanço de água do solo, a evapotranspiração e a produtividade de grãos. Conclui-se que os métodos de manejo avaliados diferiram entre si no plantio convencional e todos apresentaram produtividades significativamente superiores à da testemunha não irrigada. No sistema preparo convencional

do solo o manejo da irrigação proporcionou maior eficiência do uso da água aplicada, em relação ao sistema plantio direto.

Palavras chave: Produtividade, manejo de água, feijão, variáveis climatológicas, *Phaseolus vulgaris*, evapotranspiração.

COMPARISON OF IRRIGATION MANAGEMENT METHODS IN BEAN CULTIVAR PONTAL UNDER CONVENTIONAL AND NO-TILLAGE SYSTEMS, Botucatu, 2009. 76 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JOSÉ JOAQUIM DE CARVALHO

Adviser: Prof Dr JOÃO CARLOS CURY SAAD

2 ABSTRACT

Beans are the food of many Brazilians being produced throughout the country, in different climatic and cultivation conditions. Although its importance, the national production of this legume is floating, as in most cases, is grown in areas with low level of technology and the knowledge lack weather conditions prevailing during the growing season. Has Sao Paulo State has, in general, periods of rainy and dry well defined. In the rainy season, although the occurrence of rainfall, it can have uneven distribution, affecting bean yield when the drought to coincide with critical stages on the water requirement. The irrigation regulates water supply, ensuring the production. The purpose of this study is evaluating three methods of irrigation management: tensiometer, the Class A Pan, and the evapotranspiration estimated by the Penman Monteith equation. The sowing of beans was held on 29/09/2008 using the BRS Pontal, spaced 0.45 m between rows with distribution of 14 seeds per meter. Before the experiment, the crop was planted oat (*Avena stringosa* Schred) in the area that was fallow for three years, the soil of medium texture soil. The treatments were irrigated with a drip irrigation system. The results were evaluated the balance of soil moisture, evapotranspiration and yield. Concluded that the management methods evaluated differed in conventional tillage and all had yields significantly higher than the control without irrigation. In the conventional system of soil water management was most effective use of water applied in relation to no-tillage system.

Keywords: Productivity, management of water, beans, climatic variables, *Phaseolus vulgaris*, evapotranspiration.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão comum *Phaseolus vulgaris* L (BORÉN & CARNEIRO, 2006) e segundo a Conab, (2009) os principais Estados produtores dessa leguminosa são o Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Ceará e Goiás. No entanto, o feijoeiro é cultivado em todo território nacional, em áreas com alto nível tecnológico, mas com predominância para a agricultura familiar, a qual emprega-se baixa tecnologia. Isso tem refletido na produtividade média da cultura que é de 882 kg ha⁻¹ referente à safra 2007/2008 e neste mesmo período a área cultivada era de aproximadamente de 3.993.300 ha e produção de 3.521.800 t, incluindo o feijoeiro irrigado e de sequeiro, nos sistema não consorciado e consorciado com outras culturas.

Na safra de 2007/2008, especialmente no Estado de São Paulo a área cultivada com feijão foi 178.900 ha com produção de 277.000 t, e produtividade média de 1.558,333 kg ha⁻¹, sendo essa média superior à média nacional, em função do nível tecnológico em relação a outras regiões menos desenvolvidas como no nordeste brasileiro, pois neste estado seu cultivo ocorre em três épocas assim descritas primeira safra “água”, segunda safra “seca” e terceira safra “inverno” (CONAB, 2009).

Em regiões com distribuição de chuvas irregular podem ocorrer perdas significativas no rendimento, especialmente, quando a falta de água coincide com os períodos críticos de desenvolvimento da cultura (PARIZI, 2007). Barbano *et al.* (2004) relatam que no território paulista há, de maneira geral, uma distribuição de chuvas mais concentrada entre os meses de outubro a março. Entretanto esses autores relatam que a distribuição irregular nesse

período contribui para a diferenciação das regiões com diferentes potenciais agrícolas para o cultivo do feijoeiro.

O feijoeiro planta sensível à deficiência hídrica e ao excesso de água no solo (SILVEIRA & STONE, 2004). Seu requerimento de água varia com o estágio de desenvolvimento, de um valor mínimo na germinação até o máximo na floração e formação das vagens, e na maturação esse consumo diminui (Nóbrega *et al.* 2001). A redução na produtividade sob estresse hídrico deve-se à baixa porcentagem de vingamento das flores, causando abortamento de óvulos e produzindo assim vagens chochas (AIDAR *et al.* 2002). Em condições de excesso de água no solo reduz a produtividade, sensível na fase inicial de frutificação pela má aeração do solo, e no desenvolvimento vegetativo (SILVA & STEINMETZ, 2005).

A cultivar BRS Pontal apresenta reação intermediária à ferrugem e ao crestamento bacteriano comum, sendo suscetível à mancha angular e ao mosaico dourado, grão carioca, maior resistência à antracnose, alto potencial produtivo (15% de superioridade média em relação às cultivares Pérola e a Iapar 81), ciclo da emergência à maturação fisiológica 87 dias, uniformidade de coloração de grão, massa de 100 grãos 26,1 gramas, e excelentes culinárias (PELOSO *et al.* 2005). Segundo os mesmos autores, esse cultivar é indicado para os estados de Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais.

Para o manejo da irrigação de forma otimizada, é necessário o efetuar diariamente o balanço hídrico do solo, sendo crucial a escolha do método de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) nestes casos. Dentre os métodos de estimativa da ET_o, os mais precisos são aqueles fundamentados nos processos físicos da evaporação da água e da evapotranspiração da cultura de referência (a grama), como é o caso dos métodos de Penman-Monteith e do tanque Classe A (Silva & Barreto, 2004), sendo que estes dois métodos são recomendados pela FAO-56 (Allen *et al.*, 1998). A diferença que limita a utilização desses métodos de evapotranspiração é o custo, pois ainda o método do tanque Classe A é o mais usado por agricultores irrigantes. Já o tensiômetro, que mede a tensão da água do solo na zona das raízes da planta, engloba dados do solo, da cultura e da atmosfera, apresentando boa precisão e praticidade.

A agricultura é responsável por grande parcela de água utilizada, inclusive no cultivo do feijoeiro, tornando-se necessário conduzir e implementar sistemas de irrigação com manejos eficientes e com a utilização de métodos de evapotranspiração que quantifiquem as necessidades hídricas de forma precisa para que não haja desperdício desse recurso natural. Com isso, este trabalho teve como objetivo avaliar três métodos de manejo de irrigação: tensiometria, tanque Classe A e evapotranspiração com base na equação de Penman-Monteith, nos sistemas de plantio direto e convencional utilizando o método de irrigação localizada na cultura do feijoeiro.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Cultura do feijoeiro

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L), com área plantada de 3.993.3 ha e produção de 3.521.8 t, correspondente à safra 2007/2008, sendo os principais estados produtores Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Ceara e Goiás, representando, conjuntamente, com mais de 60% da produção incluindo o feijoeiro irrigado, de sequeiro, e em sistema de cultivo não consorciado ou consorciado com outras culturas (CONAB, 2009).

Segundo a Conab, (2009), na safra de 2007/2008 o estado de São Paulo o plantio de feijão foram realizado em 178.900 ha com produção de 277.000 t, e produtividade média de 1.558,333 kg ha⁻¹, sendo essa média superior à média nacional, em função do nível tecnológico em relação a outras regiões menos desenvolvidas como no nordeste brasileiro, pois no estado de São Paulo seu cultivo ocorre em três épocas assim descritas primeira safra “água”, segunda safra “seca” e terceira safra “inverno”. Na terceira safra tem sido verificado um incremento no rendimento da produção em função da área irrigada.

De acordo com Ferreira *et al* (2006) relatam que no sistema de cultivo de inverno irrigado conhecido como terceira safra, tiveram e continuam tendo uma importância não só no abastecimento, reduzindo a sazonalidade, como também na melhoria da qualidade do produto, embora sua produção nunca tenha superado 15% do total do país.

O grão de feijão é um importante constituinte da dieta alimentar da população brasileira em função de sua proteína rica em aminoácido essencial lisina, porém pobre nos aminoácidos sulfurados metionina e cisteína essenciais ao homem (BORÉN & CARNEIRO, 2006). Isto exige uma parceria, pois os cereais são pobres em lisina, mas rico em aminoácidos sulfurados, o que torna a tradicional dieta brasileira, o arroz com feijão complementar em termos de aminoácidos essenciais. Além da sua relevância na dieta do brasileiro, o feijão é um dos produtos agrícolas de importância econômica social na geração de emprego e renda, principalmente para pequenos e médios produtores.

O feijão comum é uma leguminosa herbácea exigente das condições meteorológicas favoráveis para crescer, desenvolver e produzir, das quais verifica-se uma faixa de temperatura próximo de 29 °C durante o dia e de 21 °C durante a noite conforme (EMBRAPA, 2003). Sua produção é limitada, principalmente em relação ao déficit hídrico (LOPES *et al.* 1986). Entre outras causas como: a compactação do solo, fatores químicos do solo, fertilidade do solo, salinidade e teor de sódio (ANDRADE *et al.* 2006).

Na maturação fisiológica do feijoeiro, as folhas amarelecem e, caem, ficando as vagens secas, pois se as mesmas permanecerem no campo além do necessário pode haver perdas por debulha natural. Assim que são colhidas no campo, as vagens ainda não se encontram bem secas e as sementes apresentam teores de umidades elevados 14% a 18% de umidade (VIEIRA, 1983).

A colheita é uma operação efetuada após a maturação do feijoeiro e de acordo com Souza *et al* (2006), estas são classificadas em três tipos assim descritos: manual, semimecanizado e mecanizado. No primeiro manual, todas as etapas das colheitas são realizadas manualmente, pois no segundo semimecanizada, uma ou algumas das etapas são realizadas mecanicamente, sendo os mais difundidos o arranque e o enleiramento manuais, e o recolhimento, a trilha, a separação e a limpeza mecanicamente. Já no terceiro sistema mecanizado, todas as etapas são realizadas por máquinas.

O controle do teor de umidade é essencial para assegurar a estabilidade do produto submetido ao armazenamento nos diversos meios de comercialização. Quando a umidade de armazenamento se encontra entre 11 a 13%, o processo respiratório se mantém baixo, prolongando a manutenção da qualidade do produto armazenado (BRAGANTINI, 2005).

4.2 Cultivares

Dentre as cultivares de alto potencial produtivos, indicados para o Estado de São Paulo, destacam-se o IAC Alvorada, IAC Diplomata, IAC Armonia, IAC Boreal, IAC Galante e IAC Centauro, todos com semeadura de plantio em função do zoneamento climatológico para o estado de São Paulo (CULTIVARES..., 2007).

As cultivares melhoradas de feijão comum, com elevado potencial de produção, ampla adaptação e menor sensibilidade aos estresses bióticos ou abióticos, representam uma das mais significativas contribuições à eficiência do setor produtivo (PAULA JUNIOR *et al.* 2008). Dentre as cultivares utilizadas no Brasil a maioria delas apresentam teores de 20 a 25% de proteína (BORÉN & CARNEIRO, 2006). No qual o feijão carioca é o mais cultivado no Brasil, apresenta cor creme com rajas marrons e peso de 100 grãos variando de 23 a 25 gramas (RAMALHO & ABREU, 2006).

A cultivar BRS Pontal linhagem LM95102774 originou-se do cruzamento BZ3836 FEB166 AN910523 realizado pelo Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP). Em 36 Ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) a linhagem LM95102774 BRS Pontal mostrou superioridade média de 15,34% em rendimento quando comparada às testemunhas Pérola e a Iapar 81 (PELOSO *et al.* 2005). Segundo os mesmos autores, a linhagem LM95102774 foi indicada para os estados de Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais com o nome fantasia BRS Pontal. As plantas desta cultivar são de porte semi-prostrado na maioria dos sistemas de produção e nas diferentes condições de solo e clima, com baixa resistência ao acamamento.

4.3 Sistemas de plantio: convencional e direto

A cultura do feijoeiro se estabelece bem em semeadura convencional, cultivo mínimo, e semeadura direta, desde que tomem os cuidados inerentes a cada sistema de manejo (PAULA JUNIOR *et al.* 2008).

Em áreas de cultivo, os diferentes métodos de preparo de solo, contribuem para a modificação do perfil do mesmo, influenciando no desenvolvimento do sistema radicular e na produção das plantas (SILVA, 1992), pois a expansão radicular é fundamental para que as plantas possam absorver água e nutrientes em maiores volumes.

Segundo Araújo & Ferreira (2006), o plantio convencional caracteriza-se pelo conjunto de práticas que antecede ao plantio, e tem por objetivo oferecer condições ideais para semeadura, germinação, emergência, estabelecimento das plantas e o desenvolvimento da cultura. Para o preparo do solo utilizam-se equipamentos de disco, arados ou grade. A aração elimina as camadas superficiais compactadas e favorece o arejamento, a infiltração de água e o desenvolvimento das raízes das plantas. Essas operações convencionais de preparo do solo normalmente envolvem uma aração e duas gradagens, sendo a primeira gradagem feita logo após a aração, e a segunda antes do plantio.

Segundo Vieira (2006) o sistema plantio direto, nesta a semeadura é realizado em solo coberto por palha, e, portanto com o mínimo de revolvimento da camada superficial do solo, tende a minimizar a formação de camadas compactadas do solo, mas apesar disso, a utilização continuada do plantio direto, pode resultar em aumento da densidade do solo. Pois Assis & Lanças (2004) relata que o plantio direto é uma pratica conservacionista especialmente adequada para as condições de ambiente de regiões tropicais, onde se faz necessário manter o solo protegido da ação do sol e da chuva, caracterizando-se pela eficiência no controle de perdas de solo e água e na redução de custos operacionais, tais como aração e gradagens, sendo que a sua adoção tem viabilizado a implantação de sistemas de produção que possibilitem maior eficiência energética e conservação ambiental, tornando-se a base da sustentabilidade.

A presença de palhada na superfície do solo, em quantidade adequada, é de grande importância na agricultura irrigada. Ela altera a relação solo-água prevenindo a evaporação e reduzindo a taxa de evapotranspiração das culturas, principalmente nos estágios em que o dossel não cobre totalmente o solo, o que resulta em redução na frequência de irrigação e com economia nos custos de operação do sistema de irrigação (Stone et al. 2006).

De acordo com Stone & Moreira (2001), o plantio direto com adequada cobertura morta propicia maior economia de água em comparação com os demais sistemas de preparo do solo, e no decorrer dos anos melhora as características físicas do solo.

Moreira & Stone (1995) observaram maior eficiência do uso da água no sistema plantio direto devido ao aumento da retenção de água no solo e a redução na evaporação, obtendo maiores produtividades com menor quantidade de água aplicada.

4.4 Produtividade do feijoeiro sequeiro e irrigado

Segundo Gomes *et al.* (2000) no seu trabalho desenvolvido na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, avaliaram-se quatro cultivares (Xodó, Carioca, Negro Argel e A320), sistema plantio convencional, irrigado e sob sequeiro, pois não encontraram diferença significativa no rendimento de grãos sob sequeiro entre as cultivares, mas sob deficiência hídrica os rendimentos dos cultivares apresentaram redução, com exceção da “Negro Argel”, e o componente da produção mais afetado, foi o número de vagens por planta.

Silveira *et al.* (2001) encontraram uma produtividade de 2.095 kg ha⁻¹ de grãos de feijão no sistema de plantio convencional com arado de aivecas e, 2.252 kg ha⁻¹ com grade aradora e 2.082 kg ha⁻¹ no sistema de plantio direto irrigado por aspersão pivô central.

Lopes *et al.* (2004) encontraram produtividade de 2.397 kg/ha e 2.343 kg/ha de grãos de feijão, para os sistemas plantio direto e plantio convencional, respectivamente, utilizando-se do tensiômetro para o manejo da água no solo. Já com o uso do tanque Classe A obteve uma produtividade de 2.631 kg ha⁻¹ e 2.472 kg ha⁻¹ de grãos de feijão nos sistemas de plantio direto e convencional, respectivamente.

Silva *et al.* (2004), para diferentes tipos de preparo do solo na cultura do feijoeiro irrigado no inverno, por três anos, não encontraram diferenças na produtividade de grãos, embora o cultivo mínimo tenha-se sobressaído nos dois primeiros anos com produtividade média de 1.972 kg ha⁻¹ para o sistema plantio direto e de 2.084 kg ha⁻¹ para o sistema convencional do solo.

Pavani *et al.* (2008) avaliaram o manejo da irrigação na cultura do feijoeiro em sistemas plantio direto e convencional e encontraram produtividades de 1.865 kg ha⁻¹ e de 2.806 kg ha⁻¹ ao utilizarem o manejo do tensiômetro nos sistemas plantio convencional e direto, respectivamente. Verificou também que no sistema plantio direto a produtividade foi diferente em relação ao convencional. Para o manejo da irrigação utilizando o tanque Classe A obteve a produtividade de 3.395 kg ha⁻¹ e de 2.755 kg ha⁻¹ nos sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente.

A variabilidade da irrigação associada às fases fenológicas da cultura, pode determinar efeitos negativos ou positivos no rendimento do feijoeiro. Neste sentido, Nobrega *et al.* (2004) na região de Lagoa Seca, PB, utilizando diferentes lâminas de irrigação, obtiveram produtividades de 1.258 kg ha⁻¹, 1.483 kg ha⁻¹, 1.796 kg ha⁻¹ e 1839 kg ha⁻¹ ao aplicarem 80, 140, 160 e 320 mm de água, respectivamente.

No estado de São Paulo costuma semear o feijoeiro em três épocas, denominadas como primeira, segunda e terceira safra. Na primeira safra o plantio é realizado de agosto a outubro, na segunda é realizado de janeiro a março e na terceira de abril a junho (PAULA JUNIOR *et al.* 2008). Segundo Conab, (2009) na safra 2007/2008 a área cultivada e a produtividade média em cada safra foram: Na primeira safra: corresponde com 69,6 mil hectares e com produtividade média de 1.441 kg ha⁻¹, na segunda safra: corresponde com 50 mil hectares e produtividade média de 1.616 kg ha⁻¹, enquanto na terceira: com uma área de 59,3 mil ha: e produtividade média de 1.618 kg ha⁻¹. No qual tem sido verificado, na terceira safra um incremento no rendimento da produção em função da área irrigada no estado de São Paulo.

4.5 Elementos meteorológicos e hídricos que afetam o feijoeiro

A temperatura e a umidade relativa do ar, a radiação solar, e a velocidade do vento são os elementos x fatores que vão determinar a magnitude do consumo de água pela cultura, sendo que estes parâmetros variam com local e a época do ano. Com isso, a partir de informações meteorológicas e da cultura é possível estimar a água requerida pelo feijoeiro, e assim efetuar a irrigação em função do método de evapotranspiração que define as exigências hídricas nas diferentes fases do feijoeiro.

Conforme Embrapa (2003), a temperatura do ar é um dos elementos climáticos de maior importância para o crescimento e desenvolvimento do feijoeiro. A temperatura do ar ideal para o cultivo do feijoeiro encontra numa faixa próximo de 29 °C durante o dia e de 21 °C durante a noite.

Segundo Aidar *et al* (2002), o feijoeiro desenvolve bem entre a faixa de temperatura de 18 a 30 °C, sendo que fora deste limite ocorrem danos à produção, desde a queda de flores até o abortamento das vagens, pois os efeitos das altas temperaturas podem ser

confundidos com os de deficiência hídrica. Quando há disponibilidade de água, a temperatura elevada provoca abortamento de flores e vagens, além da predominância do crescimento vegetativo em detrimento do crescimento reprodutivo.

A baixa umidade relativa do ar associada a altas temperaturas aumenta a demanda de água pela planta, que passa a transpirar mais, apresentando, assim, elevada tensão hídrica, o que reduz o pegamento e a retenção final de vagens (PORTES, 1988).

É interessante frisar que para um determinado local, a demanda atmosférica e a evapotranspiração de referência são elevados em condições de temperatura e velocidade do vento alta e de baixa umidade relativa do ar, de forma que quanto mais seco for o ar maior será a demanda atmosférica (SILVA & BARRETO, 2004).

Atualmente, existem muitos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) baseados em dados climatológicos, sendo que a maioria deles são de difícil aplicação na prática. E isso não é pela complexidade dos cálculos, mas por exigir muitos elementos meteorológicos envolvidos no processo, os quais só são medidos em estações meteorológicas de primeira classe. É o caso do método de determinação da ET_o por Penman-Monteith, que combina o balanço de energia radiante com princípios aerodinâmicos, mas que apresenta boa acurácia. (BERNARDO, 1995).

Dentre os métodos de estimativa da ET_o, os mais precisos são aqueles fundamentados nos processos físicos da evaporação da água e da transpiração da cultura de referência (grama), como é o caso dos métodos de Penman-Monteith e do tanque Classe A (SILVA & BARRETO, 2004).

O feijoeiro é uma planta sensível tanto em relação à deficiência hídrica quanto ao excesso de água no solo. O requerimento de água por ele varia com o seu desenvolvimento, de um valor mínimo na germinação até o máximo na floração e formação das vagens, sendo que na maturação esse consumo diminui. Segundo (Nóbrega *et al.* 2001), os efeitos do déficit hídrico são observados nas diferentes partes da planta, sendo que o estresse hídrico reduz a eficiência de absorção de alguns nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo, limitando a produtividade.

Nas fases de floração e enchimento de grãos o feijoeiro é mais sensível à deficiência hídrica. A redução na produtividade sob estresse hídrico deve-se à baixa porcentagem de vingamento das flores quando o estresse ocorre na fase da sua abertura,

causando o abortamento de óvulos e produzindo assim vagens chochas. Em condições de excesso de água no solo, o desenvolvimento vegetativo e a produtividade são também prejudicados, pois a fase de início da frutificação é a mais sensível a má aeração do solo (SILVA & STEINMETZ, 2005).

Um déficit hídrico de 50% no sub-período vegetativo causa uma redução no rendimento de 10%, enquanto que se o mesmo déficit ocorrer na floração e durante o enchimento de vagens, têm-se reduções de 55 e 38% na produção, respectivamente (CALVACHE *et al.* 1997).

A maior produtividade de grãos na cultura do feijoeiro é alcançada com lâminas de irrigação aplicadas numa faixa de 300 a 600 mm de água durante o ciclo da cultura (DOORENBOS & KASSAM, 1979; FRIZONE, 1986; QUEIROS *et al.* 1986; SILVEIRA & MOREIRA, 1990; QUEIROZ *et al.* 1996; MALUF & CAIAFO, 1999; SILVEIRA & STONE, 2004; PAVANI *et al.* 2008).

Stone & Pereira (1994) relataram que mais de 70% das raízes do feijoeiro irrigado concentram-se nos primeiros 20 cm de profundidade do solo e que cerca de 90% delas situam-se na camada de 0 a 40 cm.

Dos métodos baseados em tanques de evaporação ou evaporímetros para a estimativa da evapotranspiração, o método mais utilizado é o do tanque Classe A. Isso é devido a sua praticidade, boa precisão e baixo custo, quando comparado com as necessidades de investimento para obtenção de dados para o emprego de métodos mais precisos, tais como Penman modificado pela FAO e Penman-Monteith (MUÇOUÇAH, 2005).

Para Marouelli *et al.* (1994), o método de Penman-Monteith tem sido pouco utilizado na prática, embora seja um dos métodos mais acurados em razão do grande número de dados meteorológicos envolvidos.

O modelo climatológico simula o balanço de água no solo para indicar o momento de irrigação e a quantidade de água a ser aplicada. Este funciona de forma adequada, quando é alimentado com informações atuais da umidade ou do potencial de água no solo (SILVA & BARRETO, 2004).

Na estimativa da exigência hídrica pelas plantas, podem ser adotadas três metodologias distintas ou a integração delas, ou seja, pela demanda atmosférica, pelo monitoramento da umidade do solo e por meio de medidas diretas do fluxo de água na planta

(BARRETO *et al.* 2004a). Estes autores relatam que essas metodologias objetivam apresentar alternativas do manejo da água nas culturas irrigadas em qualquer estágio fenológico da planta

O tensiômetro é constituído por um tubo de plástico de comprimento variável, e em cuja extremidade inferior há uma cápsula de porcelana porosa. É fechado hermeticamente na extremidade superior, onde se encontra um manômetro de mercúrio, como elemento indicador do vácuo existente dentro do aparelho, quando em operação. Pois este manômetro de mercúrio fornece os valores de tensão em cm Hg, sendo que esta tensão é a mesma com que as plantas encontram a água no solo que será absorvida por suas raízes (BERNARDO, 1995). Essa tensão fornece apenas o momento de irrigar, sendo necessário determinar a curva característica de água para o solo, e a profundidade que apresenta 80% do sistema radicular, conforme esquema apresentado na (Figura 1).

O tensiômetro mede diretamente a tensão de água, e indiretamente a porcentagem de água no solo, pois valores baixos indicam solo úmido e valores altos indicam solo seco. Segundo Silveira & Stone, (2004) este tem capacidade para leituras de tensão até 0,80 bar (80 kPa), sendo que quando ocorre tensões maiores do que o valor citado, entra ar nos poros da cápsula de cerâmica e para de funcionar. Ele deve ser instalado na lavoura de feijão após emergência das plantas e depois de três a quatro irrigações, momento em que o solo encontra-se com umidade suficiente para o seu funcionamento.

É instalado com o auxílio de um trado do mesmo diâmetro do tubo de plástico que o constitui, fazendo-se um buraco até a profundidade desejada, e em seguida, introduz-se o tensiômetro de forma que haja bom contato entre a cápsula e o solo. Ele deve ser instalado entre as fileiras das plantas de feijão e em duas profundidades, a 15 cm e a 30 cm, lado a lado. Para este conjunto dá-se o nome de bateria, sendo que a leitura do tensiômetro a 15 cm indica a tensão média da camada superficial de solo de 0 a 30 cm, a qual engloba a quase totalidade das raízes do feijoeiro, sendo este chamado de tensiômetro de decisão e indica o momento de irrigar (SAAD & LIBARDI, 1992; SILVEIRA & STONE, 2004). Já o tensiômetro instalado a 30 cm é denominado de tensiômetro de controle, pois indica se as irrigações estão sendo bem feitas, ou seja, se está havendo excesso ou falta de água no solo.

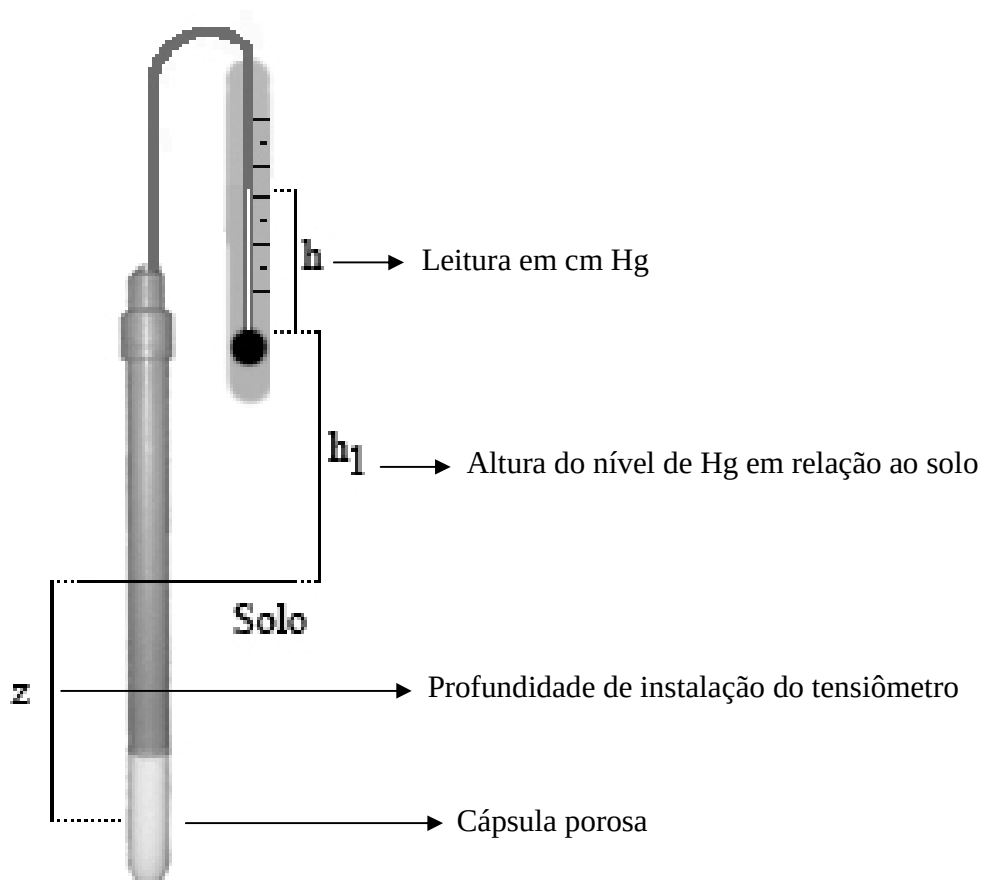


Figura 1. Esquema do tensiômetro de mercúrio.

Segundo Silveira & Stone (1994), em áreas irrigadas com pivô central, deve-se instalar três baterias a 4/10, 7/10 e 9/10 do raio do pivô, em linha reta a partir da base, representando cada uma aproximadamente 33% da área irrigada do pivô central. Caso haja desuniformidade do tipo de solo, os tensiômetros devem ser instalados de forma que represente a área.

Lopes *et al.* (2004) realizaram o manejo da irrigação através de tensiômetros e tanque Classe A no feijoeiro em sistema de cultivo direto e convencional. O manejo pelo tensiômetro resultou em maiores variações na água disponível consumida em relação ao balanço hídrico a partir do tanque Classe A, verificando uma economia de 15% na

água aplicada sem afetar a produção de grãos, com 299,3 mm aplicados segundo o tensiômetro e 351,82 mm via tanque Classe A.

Segundo Oliveira *et al.* (2000), a demanda total de água estimada para o feijoeiro, com base na evaporação do tanque classe A, é superior em 11% à demanda estimada por tensiometria em área manejada no sistema de preparo convencional do solo e em 29% em plantio direto. Pois este apresentou uma redução de 20% de água no plantio direto em relação ao plantio convencional.

4.6 Coeficiente da cultura (Kc)

O coeficiente da cultura (Kc) é a relação entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo). Esse coeficiente tende a ser mínimo na fase do desenvolvimento vegetativo da cultura e máximo na fase de floração e enchimento dos grãos (JUNQUEIRA *et al.* 2004). Na maioria das vezes, esse coeficiente apresenta correlação positiva com o índice de área foliar (IAF).

Para a região de Jaboticabal, SP, Junqueira *et al.* (2004) encontraram uma variação no Kc entre 0,5 a 1,5 para o feijoeiro durante todo o ciclo de desenvolvimento.

Na região de Planaltina, DF, Rocha *et al.* (2003) obtiveram uma variação no Kc do feijoeiro entre 0,71 a 1,68 em todo o ciclo da cultura, Já Andrade *et al.* (2002) em Santo Antônio de Goiás, GO, observaram que durante o cultivo do feijoeiro o Kc oscilou de 0,65 a 1,25.

4.7 Irrigação

A área irrigada no mundo está em torno de 260 milhões de hectares, correspondendo a 17% da área cultivada, e sendo responsável por 40% da produção total de alimentos (BARRETOS & SILVA, 2004).

Christofids (2002) estimou a área irrigada no Brasil em 3,15 milhões de ha, distribuídos entre os métodos de irrigação por superfície (33,65%), sub-superficial (18,23%), aspersão convencional (19,54%), pivô central (20,69%) e localizada (7,89%).

Segundo Tucci *et al.* (2001), do total de água utilizada em nosso país, a irrigação é responsável por 64,7% deste consumo, considerado um valor alto.

O fornecimento e o armazenamento de água no solo têm como objetivo suprir as exigências hídricas das culturas. Assim, tanto o excesso como a falta de água no solo é prejudicial ao desenvolvimento das plantas. O conhecimento dos fatores envolvidos no sistema solo-planta-atmosfera e o método de manejo da irrigação permitem determinar e monitorar a água disponível à planta de forma mais adequada, pois a água constitui fator limitante do rendimento da cultura, interferindo diretamente nos processos básicos da planta, como na absorção e translocação de nutrientes, fotossíntese e translocação de assimilados e, em última análise, no crescimento e na produção de grãos (GUIMARÃES, 1988).

Em regiões em que a distribuição das chuvas é irregular podem ocorrer perdas significativas no rendimento das culturas, especialmente, quando a falta de água coincide com os períodos críticos de desenvolvimento da cultura (PARIZI, 2007).

A qualidade da água utilizada na irrigação é imprescindível, sobretudo em regiões áridas e semi-áridas, caracterizadas por baixos índices pluviométricos, distribuição irregular das chuvas ao longo do ano e intensa evapotranspiração, o que favorece o processo de salinização (GUEYI *et al.* 2004). Esses sais podem prejudicar o crescimento das plantas fisicamente limitando a retirada de água através da modificação de processos osmóticos, ou quimicamente por reações metabólicas, como as causadas por constituintes tóxicos.

A prática da irrigação consiste em medir e avaliar a quantidade de água do solo no decorrer do tempo, de forma a proporcionar a cultura, condições de disponibilidade hídrica por meio da determinação do momento certo de efetuar a irrigação e da quantidade de água que deve ser repostas (PARIZI, 2007). Segundo Moreira *et al.* (2004), a irrigação é uma tecnologia importante na produção de alimentos, cujo objetivo é fornecer água às culturas no momento e na quantidade certa, sendo que um sistema de irrigação deve proporcionar maior eficiência de uso de água com o aumento na produtividade, diminuir os custos de produção e, com isso, proporcionar maior retorno dos investimentos.

Segundo Barreto *et al.* (2004b), considera-se que o sistema de irrigação adequado é aquele que atende a quase todos os parâmetros operacionais envolvendo o solo, a água, o cultivo, o clima e os aspectos geoambientais.

As lavouras irrigadas caracterizam-se pela intensificação dos cultivos, e por consequência, uma intensa utilização do solo. Assim, deve-se dar atenção especial às culturas utilizadas, a água da irrigação e ao método de irrigação, para evitar a degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que podem afetar a produtividade das culturas (Melo, 2006).

Segundo Oliveira *et al.* (2000) o controle de irrigação associado aos sistemas de manejo mais eficientes no uso da água levam a resultados de produção com maior economia deste recurso.

Muitos métodos de irrigação são utilizados na cultura do feijoeiro, no entanto, o de gotejamento apresenta maior uniformidade na aplicação da lâmina, permitindo a aplicação de fertilizantes e diminuindo a incidência de doenças.

A irrigação por gotejamento compreende o sistema de irrigação em que a água é aplicada ao solo, diretamente sobre o sistema radicular em pequenas intensidades (um a dez litros por hora). Este método apresenta uma eficiência em torno de 90%, proporcionando um consumo de água reduzido, pouca mão-de-obra e maior eficiência na aplicação de fertilizantes.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e características da área

O experimento foi conduzido em condições de campo, no período de 29/09/2008 à 29/12/2008, correspondente ao cultivo denominado de primeira safra, na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Campus de Botucatu, SP, sob as seguintes coordenadas geográficas: 22° 51' S de latitude, 48° 26' W de longitude e com 786 m de altitude.

Os dados meteorológicos utilizados para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) pelos métodos do tanque Classe A e Penman-Monteith para a determinação do consumo hídrico do feijoeiro, em função do balanço hídrico simplificado, foram obtidos na Estação Meteorológica do Departamento de Recursos Naturais - Ciências Ambientais, cerca de 700 metros de distância do ensaio.

5.2 Clima

Segundo Cunha & Martins (2009), o clima da região conforme a classificação de Köppen é definido como **Cfa** (clima temperado quente úmido, mesotérmico, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C), e de acordo com a classificação de Thorntwaite é caracterizado como **B₂rB'₃a'** (clima úmido com pequena

deficiência hídrica em abril, julho e agosto), mesotérmico com evapotranspiração potencial anual de 945,15 mm e concentração da evapotranspiração potencial no verão igual a 33%.

5.3 Delineamento da área experimental

A cultura do feijoeiro foi irrigada pelo sistema de gotejo conduzido numa área experimental com 0,108 hectares, constitui-se de 57 m de comprimento por 19 m de largura, cultivada nos sistemas de plantio direto e plantio convencional, sendo o primeiro constituído pelo não revolvimento do solo e o segundo constituído pelo revolvimento do solo com aração e uso de enxada rotativa. As parcelas tinham 5 m de comprimento por 1,8 m de largura, sendo que cada parcela experimental continha quatro linhas de feijão no espaçamento de 0,45 m entre linhas e densidade de plantio com 14 sementes por metro. Utilizaram-se três linhas de irrigação entre as linhas de feijão, com 0,2 m entre os gotejadores. Sendo a pressão de serviço do gotejador de 10 metros de coluna de água conforme as recomendação do fabricante com vazão de 1,18 L/h em cada gotejador e durante as irrigações formava-se uma faixa molhada continua.

As parcelas foram distribuídas em quatro blocos, com quatro repetições, cada bloco continha os seguintes tratamentos:

Tratamento (1): Manejo baseado do tanque Classe A (TCA);

Tratamento (2): sem irrigação (SI) testemunha;

Tratamento (3): manejo com tensiômetro (TS);

Tratamento (4): manejo baseado na equação de Penman-Monteith (PM).

A (Figura 2) apresenta a distribuição das parcelas nos ensaios 1 e 2. As parcelas encontram com as siglas plantio direto (PD) e plantio convencional (PC), em sequência a letra B que constituía os blocos, e depois a letra T que identificava os tratamentos.

A (Figura 3) esquematiza de forma ampliada cada parcela, com 4 linhas de feijão, no espaçamento de 0,45 m entre si, e com as três linhas de gotejo distribuídas entre as fileiras do feijoeiro no espaçamento de 0,45 m.

A unidade experimental (Figura 3), foi constituída por quatro fileiras de feijoeiro de 5 metros de comprimento, sendo para efeito de avaliação, as duas linhas

externas de cada parcela considerada como bordadura, e ainda considerou-se como bordadura um metro nas extremidades das parcelas. Manteve três metros de bordadura em volta da área total do experimento conforme a (Figura 2)

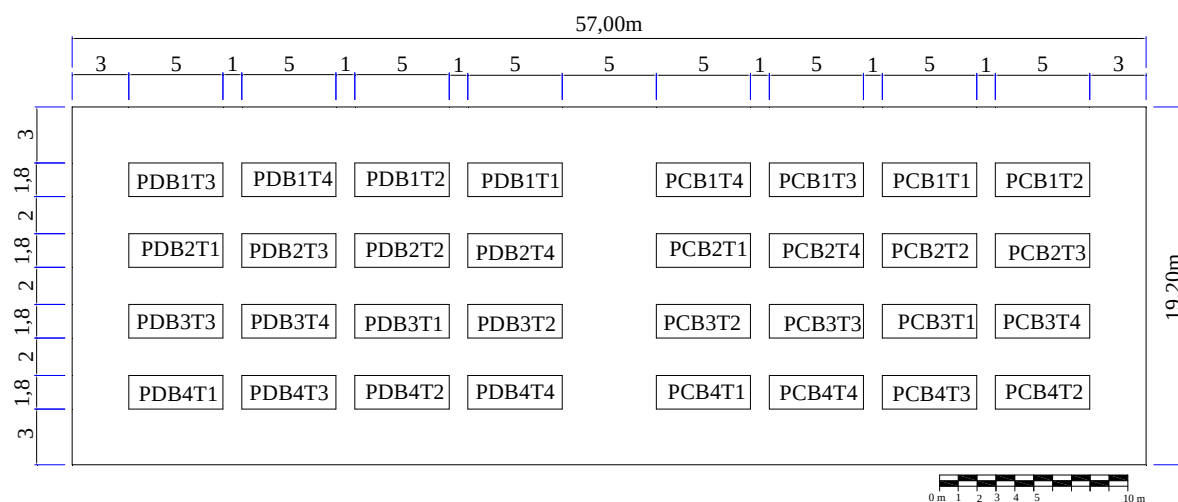


Figura 2. Esquema representativo e distribuição das parcelas experimentais: plantio direto (PD); plantio convencional (PC); bloco (B); Tratamentos: (T1) Tanque Classe A (TCA); (T2) Sem Irrigação (SI); (T3) Tensiômetro de mercúrio (TS); (T4) Penman-Monteith (PM).

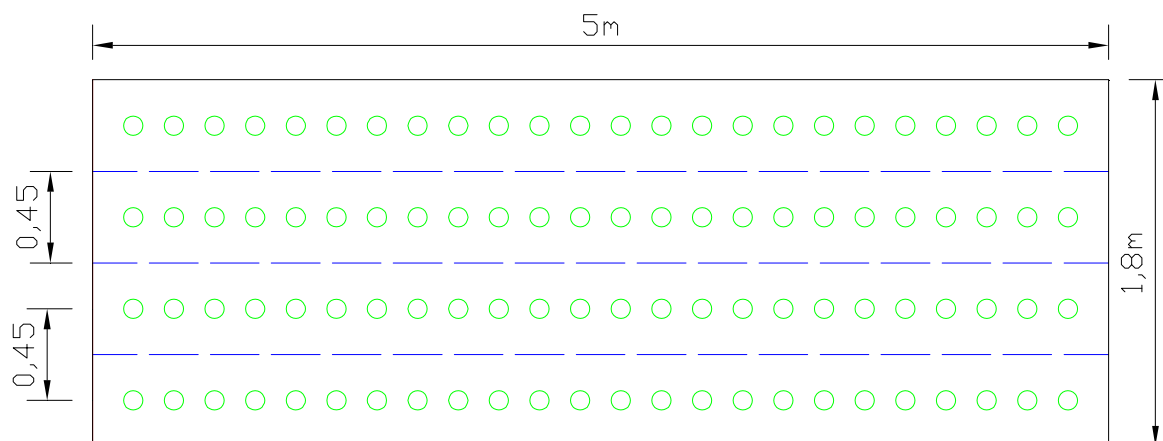


Figura 3. Esquema ilustrativo da distribuição das parcelas em campo, nos sistemas plantio direto e plantio convencional.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema 4x2, com quatro blocos e quatro repetições para cada tratamento. No tratamento dos

dados foi empregada à análise conjunta dos dois experimentos e o número de repetições constante, e segundo (GOMES, 2000) isto garante a viabilidade da análise conjunta.

As análises estatísticas utilizadas nestes resultados foram obtidos e comparadas pelo teste de tukey a 5%.

No dia 29/09/2008 realizou-se a semeadura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) linhagem LM 95102774 (BRS Pontal), no espaçamento de 0,45 m entre linhas com distribuição de 14 sementes por metro. Para isto utilizou-se uma semeadora/adubadora mecânica com 214 kg ha⁻¹ na formulação 8-28-16+0,5% de Zn, a recomendação foi baseada na análise química do solo (Tabelas 1 e 2). Aos 25 dias após a emergência realizou-se a adubação de cobertura com 70 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia a lanço em uma única vez, e 1 kg ha⁻¹ do micronutriente boro na forma de ácido bórico a 17%, parcelado em três aplicações, pois estas foram realizadas manual nos dias (06/11/2008; 10/11/2008; 14/11/2008).

Tabela 1. Características químicas básicas na área experimento, antes da adubação de plantio do feijoeiro Macronutrientes.

camada m	pH CaCl ₂	M.O g/dm ³	P resina mg/dm ³	Al ³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
0 - 0,1	5	19	9	1	31	1,9	23	10	36	66	54	35
10 -0,2	5,1	23	9	1	30	1,5	26	11	38	68	56	22

Tabela 2. Características químicas de micronutrientes disponíveis no solo, na área do experimento, antes da adubação de plantio do feijoeiro.

Camada m	Boro	Cobre	Ferro mg/dm ³	Manganês	Zinco
0 - 0,10	0,14	4,7	15	9,9	0,4
0,10 - 0,20	0,12	4,7	16	28,9	0,5

Figura 2. Esquema representativo e distribuição das parcelas experimentais: plantio direto

No sistema plantio convencional foi realizado o preparo do solo utilizando uma aração e dois preparos subsequentes com enxada rotativa. A aração foi realizada no dia 08/09/08 e a incorporação dos restos culturais da aveia preta foi feita pela enxada rotativa, com o objetivo de homogeneizar o solo e eliminar plantas daninhas. No plantio direto a semeadura foi realizada direta sob os restos da cultura de aveia preta sem o

revolvimento do solo, após ter sido dessecada dias antes do plantio em função do período de carência do produto utilizado (Figura 4).

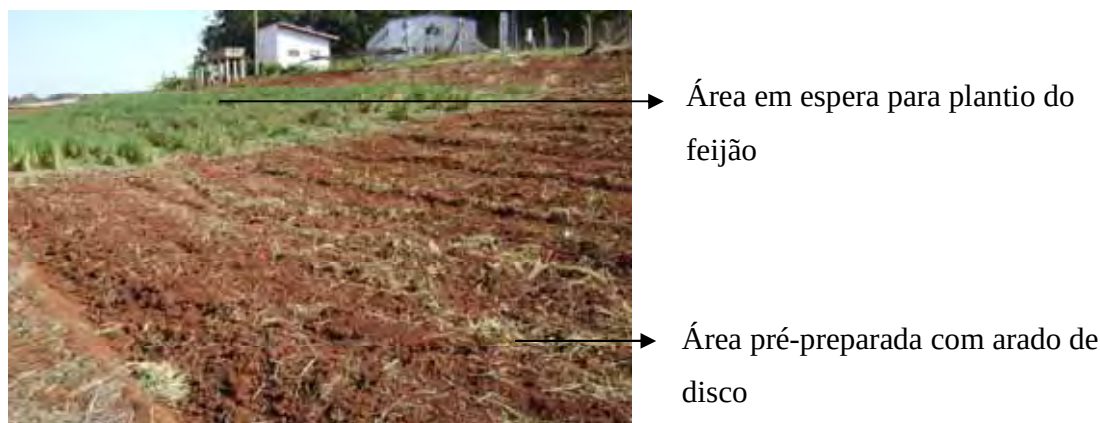


Figura 4. Área do plantio convencional após a aração ao lado a área plantio direto em repouso.

5.4 Características físico-químicas do solo

Segundo Carvalho *et al* (1983) o solo da área é classificado como unidade experimental, com características intermediárias entre solos com horizonte B Latossolico e solos com horizontes B textural, distrófico e textura média e, nitossolo vermelho distrófico a moderado textura/ média argilosa (CARVALHO *et al*, 2009).

As análises granulométricas (Tabela 3) foram feitas pelo método do anel volumétrico amostras indeformadas (Figura 5) pela metodologia de Classen *et al.* (1997), enquanto que as análises químicas de acordo com a metodologia de RAIJ *et al.* (2001) realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu, SP.

Tabela 3. Valores médios da análise granulométrica das amostras de solo das áreas experimentos: plantio direto e convencional.

Camada (m)	Área Sistema	Areia/T	Argila g/kg	Silte	Textura do Solo
0 -0,20	PD	377	485	138	Argilosa
0,20 - 0,40	PD	364	496	140	Argilosa
0 - 0,20	PC	394	446	160	Argilosa
0,20 - 0,40	PC	353	491	156	Argilosa



Figura 5. Trincheira aberta (A) e amostras de solo indeformadas retiradas pelo método do anel volumétrico (B).

As coletas de amostras de solo para determinação da análise química foram realizadas no dia 10 de março de 2008 conforme apresentado nas (Tabela 4) utilizou-se o trado holandês para coleta de amostras do solo. Foram realizadas coletas de amostras simples formando uma amostra composta para as camadas do solo de 0 - 0,2 m e de 0,21 - 0,4 m, nas áreas de plantio direto e convencional. Para os cálculos de calagem do solo, nas respectivas áreas, utilizou-se a média dos resultados obtidos das duas amostras compostas referentes às camadas de 0 - 0,2 m.

Tabela 4. Características químicas básicas áreas experimentos: plantio direto e plantio convencional.

Solo Sistema	camada m	pH CaCl ₂	M.O g/dm ³	P resina mg/dm ³	Al ³	H+Al	K	Ca mmole/dm ³	Mg mmole/dm ³	SB	CTC	V%
PD	0 - 0,2	4,8	10	5	1	34	0,5	22	9	32	66	48
PC	0 - 0,2	4,8	11	11	2	34	0,5	22	9	31	65	48
Média		4,8	10,5	8	1,5	34	0,5	22	9	31,5	65,5	48
Amostras de solo Sistemas	Camada m	Boro		Cobre		Ferro mg/dm ³		Manganês		Zinco		
PD	0 - 0,2	0,14		5,3		14		3,3		0,2		
PC	0 - 0,2	0,16		5,0		19		1,3		0,3		
Média		0,15		5,15		16,5		2,3		0,25		

Cinco meses antes da implantação do experimento, em 25/04/2008, foi realizada a correção do solo utilizando-se calcário dolomítico de PRNT = 91%, visando atingir V% = 70%, em função da exigência nutricional da cultura do feijoeiro conforme as recomendações de Raij *et al.* (1997). Aplicou-se nas duas áreas um total 96 kg de calcário distribuído diretamente na superfície do solo, pois este foi aplicado manualmente e não incorporado em uma única dose, em função dos cálculos obtidos de 1,6 t/ha.

Dois meses após a calagem, em 24/06/2008, realizou-se o plantio de aveia preta (*Avena stringosa* Schred) na estação seca, em ambas as áreas, as quais encontravam-se em pousio de três anos (Figura 6). A aveia preta foi irrigada pelo método de irrigação por aspersão convencional e utilizou-se tensiômetros para o manejo das irrigações, e quando as plantas atingiram o florescimento, foi dessecada com aplicação de herbicida glifosato na formulação granulado com doses de 2 kg dm⁻² em toda área.



Figura 6. Semeadura da aveia preta na área do experimento, utilizando semeadora mecânica.

As sementes foram adquiridas (doadas) pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Arroz e Feijão, sendo que as mesmas foram tratadas com Carboxina (fungicida sistêmico e de contato) para a podridão cinzenta do caule (*Macrophomina phaseolina*), a podridão radicular (*Rizoctonia solani*) e a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), e com o Tiametoxam (inseticida sistêmico), para a mosca branca (*Bemisia tabaci*) e a vaquinha-verde-amarela (*Diabrotica speciosa*), as dosagens recomendadas pelos seus fabricantes de 300 mL para 100 kg de semente de feijão.

5.5 Características do feijoeiro

A cultura utilizada foi o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), linhagem LM 95102774 (BRS Pontal) de grão tipo carioca, desenvolvido a partir do melhoramento genético originado no Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão (EMBRAPA, 2003), proveniente do cruzamento BZ3836/FEB166/AN910523. Seu ciclo desde a emergência até a maturação fisiológica é de 87 dias em média, com floração média aos 41 dias após emergência, cor do grão bege claro com estrias e pontuações marrons, hábito de crescimento indeterminado do tipo III, porte semi-ereto, cor da flor branca, cor da vagem na maturação amarela levemente avermelhada e peso de 100 grãos com 26,1 gramas. O BRS Pontal foi selecionado neste trabalho por apresentar alto rendimento comparado às cultivares Pérola e Iapar 81, resistência ao mosaico comum, reação intermediária à ferrugem e ao crestamento bacteriano comum, sendo suscetível à mancha angular e ao mosaico dourado (PELOSO *et al.* 2005).

Na (Tabela 5) verificam-se as etapas de desenvolvimento do feijoeiro linhagem LM 95102774 BRS Pontal e as ocorrências dos estádios fenológicos denominadas de fase vegetativa (emergência, folhas primárias, primeira folha trifoliada e terceira folha trifoliada) e reprodutiva (pré-florescimento, florescimento, formação de vagens e enchimento de vagens), maturação e colheita.

Tabela 5. Desenvolvimento do feijoeiro linhagem BRS Pontal de grão tipo carioca.

Estádios fenológicos	Ocorrências
0	Plantio
1	V ₁ - Emergência
2	V ₂ - Folha primaria
3	V ₃ - Primeira folha trifoliada
4	V ₄ - Terceira folha trifoliada
5	R ₅ - Pré-florescimento
6	R ₆ - Florescimento
7	R ₇ - Formação de vagens
8	R ₈ - Enchimento de vagens
9	R ₉ - Maturação Fisiológica/Colheita

Plantio direto (PD); plantio convencional (PC).

5.6. Parâmetros fenológicos e de produção do feijoeiro

5.6.1. Ciclo do feijoeiro

Na (Tabela 6) tem-se o ciclo do feijoeiro para os diferentes tratamentos. Para as testemunhas que não foram irrigadas, verificou-se antecipação do ciclo entre 5 e 7 dias em relação aos tratamentos TS, TCA e PM. Isto pode estar relacionado à distribuição irregular da precipitação pluviométrica, verificadas no período estudado.

Tabela 6. Ciclo do feijoeiro no manejo de irrigação utilizado, SI, TS, PM e TCA.

Manejo de Irrigação	Plantio		Colheita		Ciclo (dias)	
Tratamento	PD	PC	PD	PC	PD	PC
SI	29/09/08	29/09/08	22/12/08	22/12/08	85	85
TS	29/09/08	29/09/08	27/12/08	27/12/08	90	90
PM	29/09/08	29/09/08	29/12/08	29/12/08	92	92
TCA	29/09/08	29/09/08	29/12/08	29/12/08	92	92

Plantio direto (PD); plantio convencional (PC); sem irrigação (SI); Tanque Classe A (TCA); Tensiômetro (TS); Penman-Monteith (PM).

No ciclo do feijoeiro BRS Pontal nas referentes fases denominadas de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo a maturação fisiológica e colheita estão descritas na (Tabela 7).

Tabela 7. Desenvolvimento do feijoeiro linhagem BRS Pontal de grão tipo carioca.

Fases	Data	Dias
Plantio	29/09/2008	0
V ₁ - Emergência	05/10/2008	7
V ₂ - Folha primaria	06/10/2008 a 12/10/2008	7
V ₃ - Primeiro trifolio	13/10/2008 a 22/10/2008	10
V ₄ - terceiro trifolio	23/10/2008 a 29/10/2008	7
R ₅ - Pré-florescimento	30/10/2008 a 10/11/2008	12
R ₆ - Florescimento	11/11/2008 a 19/11/2008	9
R ₇ - Formação de vagens	20/11/2008 a 28/11/2008	9
R ₈ - Enchimento de vagens	29/11/2008 a 12/12/2008	14
R ₉ - Maturação	22/12/2008 a 29/12/2008	17
Fisiológica/Colheita		

Plantio direto (PD); plantio convencional (PC).

No dia 14 de novembro de 2008, ou seja, aos 41 DAE, foi considerada plena floração do feijoeiro nas condições do experimento em Botucatu/SP.

A colheita foi realizada entre os dias 22 a 29 de dezembro de 2008, retirando-se as plantas rente ao solo com uso de uma tesoura. Depois de colhidas, as plantas foram levadas para o laboratório para uma pré-secagem natural e posterior debulha. Foram avaliados: o número de vagens por planta e o comprimento das mesmas, o número de grãos por planta, o número de grãos por vagem, a umidade dos grãos e a massa seca da parte aérea.

5.6.2 Estande do feijoeiro

Na colheita avaliou-se definitivamente o estande em cada parcela, em 3 m lineares, conforme pode ser verificado na (Tabelas 8).

Tabela 8. Média de plantas por metro linear em cada bloco, em função do manejo de irrigação utilizado, nos sistemas plantio direto e plantio convencional.

Manejo de irrigação		Plantas por metro linear			
		Tratamento plantio direto			
SI	9,7	12,0	10,7	11,7	
TS	12,0	13,0	11,7	12,3	
PM	11,7	13,3	10,0	10,7	
TCA	11,0	9,7	11,7	11,3	
		Tratamento plantio convencional			
SI	13,0	10,3	11,7	10,0	
TS	9,7	10,0	10,0	10,7	
PM	9,7	12,7	12,3	11,7	
TCA	13,3	12,3	11,0	11,0	

(SI) sem irrigação; (TCA) Tanque Classe A (TS) Tensiômetro; (PM); Penman-Monteith.

5.7 Parâmetros meteorológicos

5.7.1 Temperatura do ar

Na (Figura 7) tem-se as temperaturas mínima, máxima e média do ar, com base diária, para o ciclo do feijoeiro. No período de 29 de outubro a 29 de dezembro de 2008, a temperatura média do ar foi de 21,37 °C, a temperatura mínima de 16,90 °C e a

temperatura máxima de 27,31 °C. De maneira geral os valores encontram dentro da faixa recomendada pela Embrapa (2003), e por Silva & Steinmtz (2005), os quais encontraram valor mínimo de 12 °C, médio de 21 °C e máximo de 29 °C.

De acordo com Aidar *et al* (2002), o feijoeiro desenvolve bem na faixa de temperatura de 18 a 30 °C, sendo que fora deste limite ocorrem danos à produção, desde a queda de flores até o abortamento das vagens, pois os efeitos das altas temperaturas podem ser confundidos com os de deficiência hídrica. Quando há disponibilidade de água, a temperatura elevada provoca abortamento de flores e vagens, além da predominância do crescimento vegetativo em detrimento do crescimento reprodutivo.

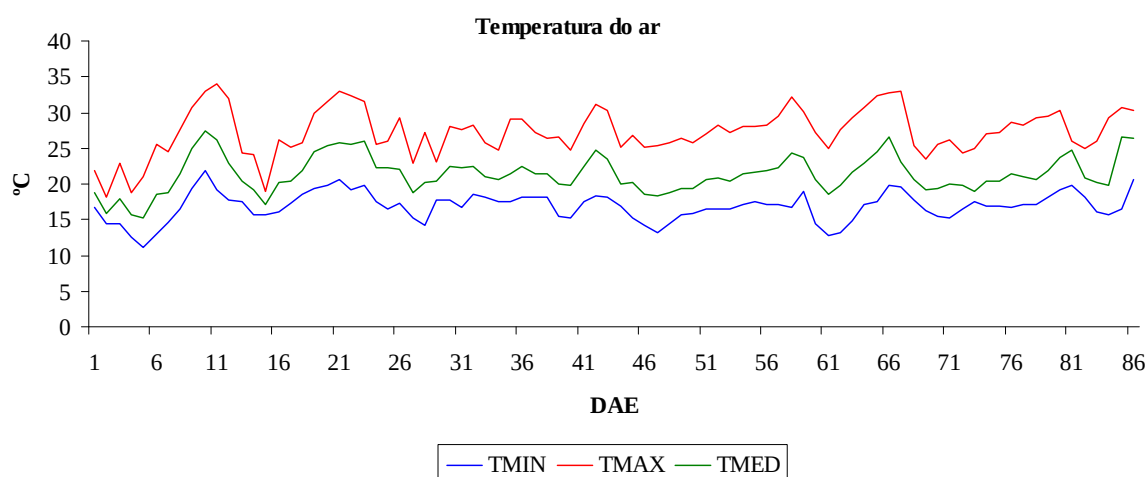


Figura 7. Variação das temperaturas máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média (Tmed) durante o ciclo do feijoeiro, medida em abrigo meteorológico.

5.7.2 Umidade relativa do ar e velocidade do vento

Analisando a variação da umidade relativa diária do ar, no período de 29 de outubro a 29 de dezembro 2008, nota-se que os valores mínimos foram observados aos 10, 42 e 66 DAE, com valores de 44,9%, 53% e 45,78%, respectivamente.

A umidade relativa média do ar neste período foi de 71,37%, com médias da umidade relativa mínima de 47,61% e a umidade máxima de 88,33%. Valores máximos superiores a 80% ocorreram em boa parte do período, estando esses valores

associados aos dias com nebulosidade e precipitação. Com relação ao vento, a velocidade média da do vento neste período foi de $1,65 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 8).

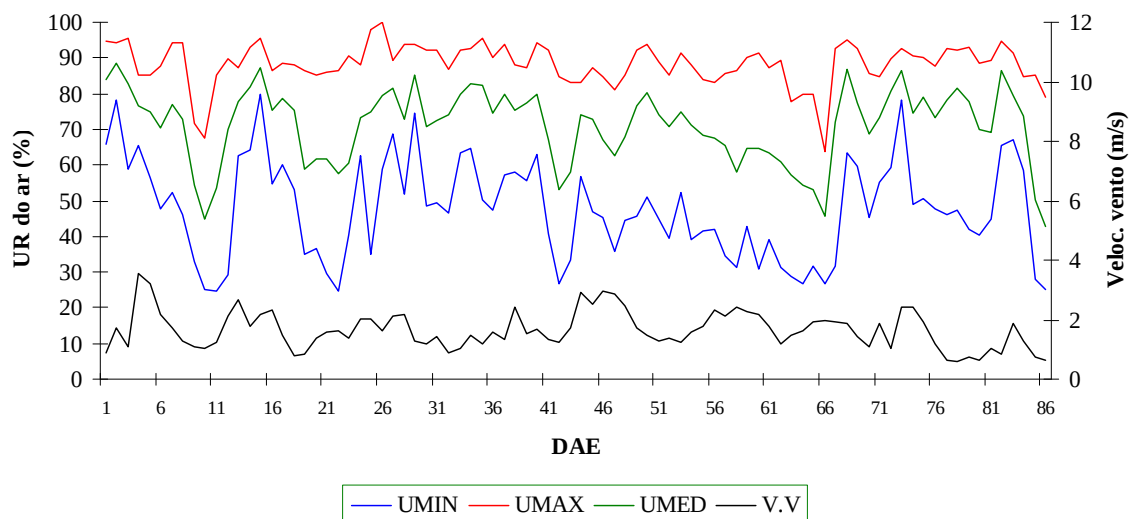


Figura 8. Variação média diária da velocidade do vento (m s^{-1}) a 2 metros de altura e da umidade relativa do ar (UR %), medida em abrigo meteorológico, durante todo ciclo do feijoeiro.

A precipitação pluviométrica no decorrer do ciclo do feijoeiro foi de 248,9 mm, na maior delas com ocorrências de precipitações menores que 20 mm, e com frequências irregular ocasionando veranicos, conforme é visualizado na (Figura 9).

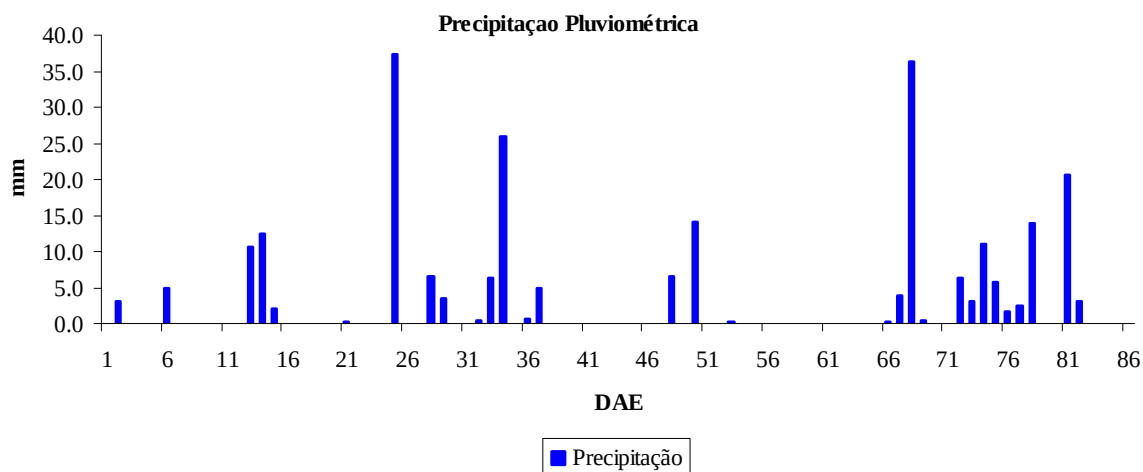


Figura 9. Precipitação pluviométrica durante o ciclo do feijoeiro Ponta BRS.

5.8 Densidade do Solo

Antes da instalação do experimento foi medida a densidade do solo nas áreas de plantio direto e plantio convencional, (Tabela 9) obtendo-se valores de $1,45 \text{ kg dm}^{-3}$ e de $1,47 \text{ kg dm}^{-3}$, respectivamente para as camadas de 0 - 0,20 m e de 0,21 - 0,40 m para o sistema de plantio direto. Para o sistema de plantio convencional, nas mesmas camadas citadas anteriormente, os valores foram de $1,44 \text{ kg dm}^{-3}$ e de $1,45 \text{ kg dm}^{-3}$, respectivamente. No sistema plantio convencional após o preparo do solo, obteve-se nas camadas de 0 - 0,2 m e de 0,21 - 0,40 m, a densidade do solo de $1,24 \text{ kg dm}^{-3}$ e de $1,43 \text{ kg dm}^{-3}$, respectivamente. Após a colheita, foi verificado que no sistema plantio direto a densidade do solo apresentou valores de $1,59 \text{ kg dm}^{-3}$ e $1,53 \text{ kg dm}^{-3}$ para as camadas de 0 - 0,2 m e de 0,21 - 0,40 m, respectivamente. Enquanto que para o sistema plantio convencional os valores foram de $1,26 \text{ kg dm}^{-3}$ e de $1,46 \text{ kg dm}^{-3}$ para as camadas citadas anteriormente.

Tabela 9. Densidade do solo obtida antes do plantio e após colheita do feijoeiro na área experimental, nas camadas de 0 - 0,20 m e de 0,21 - 0,40 m.

Plantio	Densidade inicial (kg/dm^3)		Densidade final (kg/dm^3)	
	(0 a 0,20)	(0,21 a 0,40)	(0 a 0,20)	(0,21 a 0,40)
PD	1,45	1,47	1,59	1,53
PC	1,24	1,45	1,26	1,46

Plantio direto (PD); plantio convencional (PC)

Segundo Vieira (2006) com a crescente utilização do sistema plantio direto, os atributos físicos do solo tem sido modificados, necessitando de mais estudos referentes à densidade do solo, a qual mostra uma tendência de aumento nos primeiros anos de cultivo e, com o passar dos anos, apresenta uma diminuição. Esses efeitos foram observados por Corsini e Ferraudo (1999), que avaliando o efeito de sistemas de cultivos na densidade do solo, concluíram que nos três primeiros anos de plantio direto ocorre aumento da densidade do solo e diminuição da porosidade, reduzindo o desenvolvimento radicular, e que somente a partir do quinto ano agrícola esses parâmetros começam a se restabelecer a níveis normais de cultivo.

5.9 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação por gotejamento foi utilizado porque apresenta maior uniformidade na lâmina aplicada, permitindo assim um melhor controle da d'água aplicada em cada parcela, além de permitir parcelas experimentais de menor tamanho e próximas entre si, o que não seria possível com aspersor convencional.

Neste sistema a água é aplicada diretamente no solo sobre o sistema radicular, em pequenas intensidades (um a dez litros por hora), com eficiência em torno de 90%, e quando o sistema de irrigação é bem conduzido apresenta eficiência acima de 95%, proporciona consumo de água reduzido, pouca mão-de-obra e maior eficiência na aplicação de fertilizantes.

Antes de iniciar o experimento no campo, foi realizado o teste de bancada tendo como objetivo verificar a uniformidade de distribuição e avaliar a eficiência da fita gotejadora Manári nova (Tabela 10), pois estes foram realizados segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Após o término do experimento novamente foram realizados os testes de bancada tendo como objetivo verificar a uniformidade de distribuição e avaliar a eficiência da fita gotejadora Manári após o uso do sistema (Tabela 10).

O bombeamento do sistema de irrigação localizada foi realizado com um conjunto de moto-bomba de 1 cv, a partir de duas caixas d'água ligadas entre si com capacidade de 6.000 L, controlado a partir de registro e manômetro e utilizou-se filtro acoplado ao sistema de irrigação no momento das irrigações.

Tabela 10. Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de variação (%) e vazão (L/h).

Mangueira gotejadora	CUC %	CUD %	CV %	Q: 10 mca: L/h
Antes de uso	97,77	97,21	2,90	1,18
Após o uso	96,05	93,65	6,57	1,16

Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de variação (%), Vazão (Q), metro de coluna de água (mca), litros por hora (L/h).

As linhas de irrigação foi distribuídas entre as linhas do feijoeiro, no espaçamento de 0,45 m entre si. Utilizaram-se três linhas de irrigação, com espaçamento de 0,2 m entre gotejadores. Sendo a pressão na entrada das linhas lateral de 10 mca conforme as recomendações técnicas do fabricante, e com vazão de 1,18 L/h em cada gotejador, formando uma faixa continua molhada correspondentes a 50% da área total.

5.10 Manejo da irrigação

Para o manejo da irrigação baseado na tensão de água no solo, utilizou-se a umidade critica correspondente ao potencial matrico de -30 kPa para a cultura do feijoeiro segundo as recomendações de (SILVEIRA & STONE, 1994; MOREIRA *et al.* 1999).

Em função da textura do solo, considerou-se a capacidade de campo, como sendo a umidade corresponde a capacidade de -10 kPa, e a profundidade radicular de 30 cm.

As irrigações foram realizadas para elevar o potencial de água no solo de -30 kPa para -10 kPa, após as leituras diárias dos tensiômetros de mercúrio, sendo a média de três baterias, para definir o momento de irrigar.

Para o manejo da irrigação os tensiômetros foram instalados a 15 cm de profundidade, pois estes definiam o momento de irrigar enquanto os de 30 cm de profundidade monitorava as irrigações.

As curvas de retenção de água no solo foram determinada em câmara de Richards realizada em Laboratório de Solo do Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu, SP, nas camadas de 0 - 0,20 m e de 0,21 - 0,40 m nos sistemas plantio direto e convencional, por meio da equação de (GENUTCHEN, 1980), conforme as (Figuras 10 e 11).

Para calcular a evapotranspiração da cultura nos tratamentos: manejo baseado no tanque Classe A (T1) e no manejo baseado na equação de Penman-Monteith (T4), foram utilizados os coeficientes de cultura descritos por Doorenbos & Kassam (1994). Considerou-se a precipitação pluviométrica. Foram utilizados os dados clima x tempo da Estação Meteorológica do Departamento de Recursos Naturais - Ciências Ambientais.

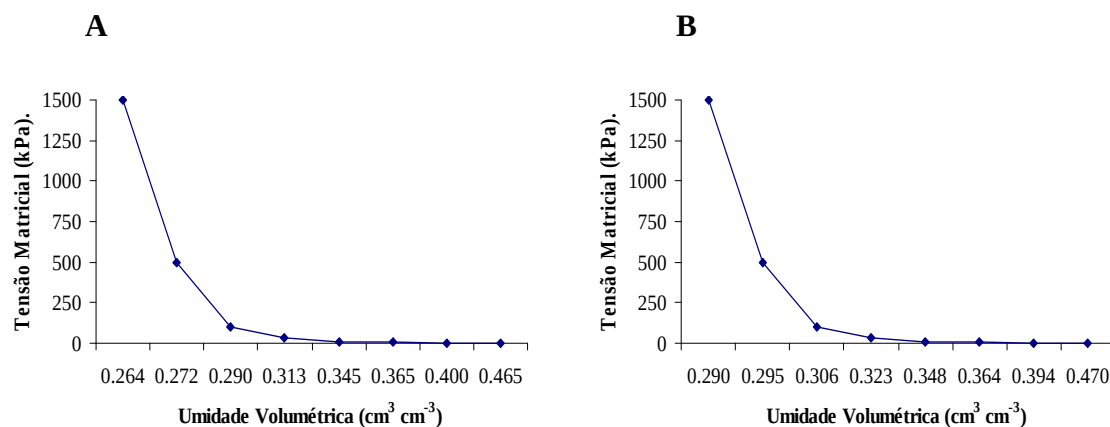


Figura 10. Curva característica da água no solo: área plantio direto nas camadas: 0 - 0,2 m (A) e de 0,21 - 0,40 m (B).

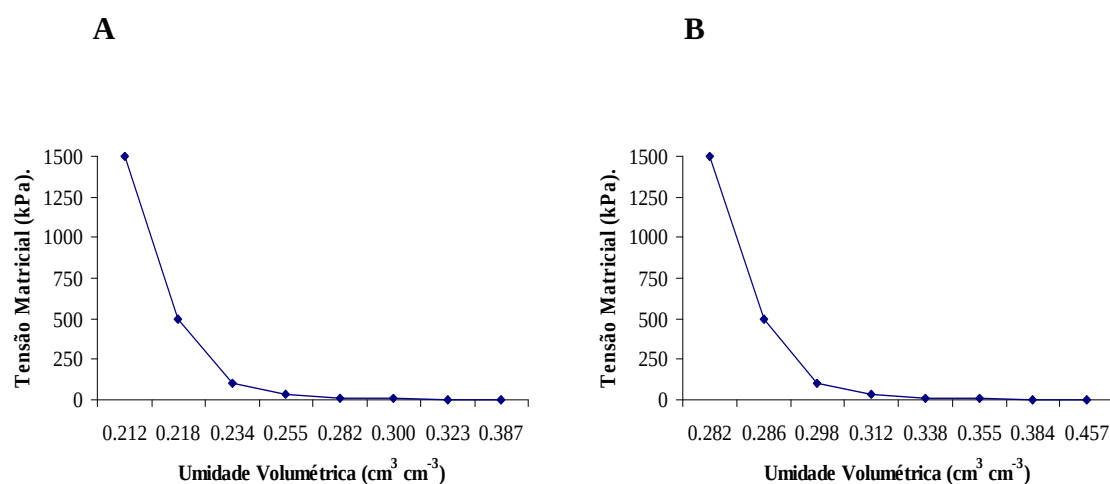


Figura 11. Curva característica da água no solo: área plantio convencional nas camadas: 0 - 0,20 m (A) e de 0,21 - 0,40 m (B).

5.11 Instalação dos tensiômetros

Em cada manejo de solo, foram utilizadas três baterias de tensiômetros, em duas profundidades: 15 cm e a 30 cm. As leituras dos tensiômetros a 15 cm representavam a tensão média da camada de solo de 0 a 30 cm, o qual engloba a quase totalidade das raízes do feijoeiro, indicando o momento de realizar as irrigações. Os

tensiômetros a 30 cm tinham como objetivo monitorar as irrigações quanto às aplicações de águas excessivas (SAAD & LIBARDI, 1992; MOREIRA *et al.* 1999;).

As irrigações eram realizadas sempre que a média das leituras dos três tensiômetros a 15 cm de profundidade atingiam -30 kPa (MOREIRA *et al.* 1999).

A lâmina a ser aplicada foi obtida utilizando a Equação 1, sendo que os valores de umidade a tensão de irrigação e capacidade de campo foram de 34,47% e 31,25% em base de volume, respectivamente para o sistema de plantio direto, e de 28,24% e 25,47%, respectivamente para o sistema convencional.

$$LRN = (\theta_{cc} - \theta_i)z \text{ (mm)} \quad (1)$$

em que, LRN é a lâmina real de água necessária (mm), CC a capacidade de campo, e θ_c a umidade do solo correspondente à tensão crítica (% em volume) e Z a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (mm).

$$LTN = \frac{LRN}{E_i} \quad (2)$$

em que LTN é a lamina de água total necessária (mm), LRN a lâmina de água real necessária (mm) e E_i a eficiência de irrigação (decimal).

De acordo com os cálculos, determinou - se a lâmina total de água necessária para elevar a tensão de água do solo até a capacidade de campo, de 11 mm para o sistema plantio direto e de 10 mm para o sistema plantio convencional, adotando uma eficiência do sistema de irrigação de 90% .

5.12 Evapotranspiração de referência

5.12.1 Método do tanque Classe A (TCA)

A estimativa da evapotranspiração de referência (E_{To} , mm d⁻¹) pelo método do Tanque Classe A foi obtida pela equação:

$$ETo_{TCA} = Kp.ECA \quad (3)$$

em que ECA é a evaporação da água observada no Tanque Classe A (mm d^{-1}), e Kp (adimensional) o coeficiente do tanque determinado segundo SNYDER (1992):

$$Kp = 0,482 + 0,024 \ln(F) - 0,000376(U) + 0,0045(UR) \quad (4)$$

em que F é a distância (tamanho) da área de bordadura (m), U a velocidade média diária do vento a 2 m altura (km d^{-1}), e UR a umidade relativa média diária (%).

5.12.2 Método Penman-Monteith (PM)

A estimativa da evapotranspiração de referência (ETo , mm d^{-1}) pelo método de Penman-Monteith foi obtido segundo Boletim 56 da FAO (ALLEN *et al.*, 1998):

$$ETo = \frac{0,408s(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{s + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (5)$$

em que Rn é o saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), G o fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), γ o coeficiente psicrométrico para uma pressão atmosférica média de 90,66 kPa ($0,0594 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$), T a temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$), e U_2 a velocidade média do vento a 2 m de altura (m s^{-1}).

O saldo de radiação (Rn , $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) foi calculado pela expressão:

$$Rn = Rns - Rnl \quad (6)$$

em que Rns é o saldo de ondas curtas ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), e Rnl o saldo de ondas longas ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

O saldo de ondas curtas (Rns , $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) foi calculado pela expressão:

$$Rns = (1 - \alpha)Rs \quad (7)$$

em que α é o albedo (0,23), e Rs a radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$).

O saldo de ondas longas (Rnl , $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) foi calculado pela expressão:

$$Rnl = \sigma \left[\frac{(T_{\max})^4 + (T_{\min})^4}{2} \right] \left(0,34 - 0,14\sqrt{e_a} \left(1,35 \frac{n}{N} - 0,35 \right) \right) \quad (8)$$

em que σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($4,903 \cdot 10^{-9} \text{ MJ K}^{-4} \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), $T_{\max}$ a temperatura máxima ($^{\circ}\text{K}$), $T_{\min}$ a temperatura mínima ($^{\circ}\text{K}$), e_a a pressão atual de vapor (kPa), e n/N a razão de insolação e fotoperíodo (horas)

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \quad (9)$$

em que N o fotoperíodo em horas, ω_s o ângulo horário em radianos, sendo calculado pela seguinte equação:

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi)\tan(\delta)] \quad (10)$$

onde ω_s é o ângulo horário em radianos, φ a latitude local em radianos (0,665), δ a declinação solar em radianos dada pela equação:

$$\delta = 0,409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1,39\right) \quad (11)$$

onde δ é a declinação solar em radianos, e J o dia Juliano.

O fluxo de calor no solo (G , $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) foi calculado pela expressão:

$$G = 0,1(Rn) \quad (12)$$

A pressão de saturação (e_s , kPa) foi calculada pela equação:

$$e_s = 0,6108.10^{\left(\frac{7,5T}{T+237,3}\right)} \quad (13)$$

onde T é a temperatura média do ar (°C).

A pressão atual de vapor (e_a , kPa) foi calculada pela equação:

$$e_a = e_s UR \quad (14)$$

onde UR é a umidade relativa média do ar (%).

A declividade da curva de pressão de vapor (s , kPa °C⁻¹) foi determinada pela expressão:

$$s = \frac{4098e_s}{(T + 237,3)^2} \quad (15)$$

onde T é a temperatura média do ar (°C).

5.13 Coeficiente de cultura (Kc)

Os valores de coeficiente de cultura utilizados nesta pesquisa foram descritos por DOORENBOS & KASSAM (1994) nos referidos estágios da cultura: estabelecimento, desenvolvimento vegetativo, florescimento, frutificação e maturação, como 0,3 a 0,4; 0,7 a 0,8; 1,05 a 1,2; 0,65 a 0,75 e 0,25 a 0,3; respectivamente.

5.14 Controle de plantas daninhas e fitossanitário

Houve a ocorrência das seguintes plantas daninhas, caracterizadas como folhas largas: picão preto (*Bidens pilosa* L.), leiteiro (*Euphorbia heterophilla*), língua de vaca (*Rumex crispus*), e a corda de viola (*Ipomoea spp*); e as de folhas estreitas: brachiaria (*Brachiaria decumbens*), tiririca (*Cyperus rotundus*) e o capim pé de galinha (*Eleusine indica* (L) Gaerten).

Para o controle das plantas daninhas, utilizou-se o método químico com o herbicida Fluazifop-p-butil+Fomesafen, aplicados na pós-emergência, com dosagens de acordo com o fabricante de 0,8 L/ha.

5.15 Número de plantas por hectare

O número de plantas foi obtido a partir do número médio contido em três metros de cada parcela, e com isso, estimada a média de plantas por hectare.

5.16 Número de vagens por planta

O número de vagens por planta foi determinado pela relação entre o número total de vagens e o número de plantas coletadas nos três metros.

5.17 Número de grãos por planta

O número de grãos por planta foi obtido pela relação entre o número total de grãos e o número total de plantas existentes nos três metros.

5.18 Número de grãos por vagem

Número de grãos por vagem foi obtido pela relação entre o número total de grãos e o número total de vagens nos três metros.

5.19 Massa de 1000 grãos

A massa de 1000 grãos foi determinada depois que o teor de água das sementes atingiu 13%. Isto foi possível colocando-se em estufa a 105 °C durante 24 horas (BRASIL, 1992).

5.20 Produtividade média dos grãos (kg ha^{-1})

A produtividade média de grãos foi obtida das plantas contidas nos três metros de cada parcela, e estimada a média de grãos em kg ha^{-1} .

5.21 Produtividade média de vagens cheias (vagens ha^{-1})

A produtividade média de vagens cheias foi obtida a partir das plantas contidas em três metros de cada parcela, e estimada a média de vagens/ha.

5.22 Produtividade média de vagens chochas (vagens ha^{-1}).

A produtividade média de vagens chochas foi obtida a partir das plantas contidas nos três metros de cada parcela, e estimada a média de vagens chochas/ha.

5.23 Comprimento médio de vagens

O comprimento médio das vagens em (cm) foi obtido a partir das plantas contidas em três metros de cada parcela, no qual este comprimento de vagens foi dividido em cinco comprimentos e duas classes: vagens com grãos e vagens chochas.

5.24 Altura da inserção da primeira vagem

A altura média em cm da inserção da primeira vagem foi determinada a partir de quatro plantas na parte central de cada parcela, no momento da colheita.

5.25 Porcentagens dos grãos de feijão retidos nas peneiras

Os grãos colhidos foram classificados por tamanho, passando-se os grãos de cada parcela em um jogo de peneira manual com crivos oblongos. Assim, seis classes de grãos foram obtidas, utilizando-se as peneiras: 10x3/4" (3,97x19,05 mm), 11x3/4" (4,37x19,05 mm), 12x3/4" (4,76x19,05 mm), 13x3/4" (5,16x19,05 mm), 14x3/4" (5,56x19,05 mm), 15x3/4" (5,95x19,5 mm) e após a peneira 10, os grãos ficaram retidos no fundo de outro recipiente coletor. Pois os grãos foram agitados sobre os jogo de peneiras, e após este processo verificou-se o percentual de grãos em cada peneira e estes foram calculados por meio da relação entre o peso dos grãos retidos em cada peneira e o peso total das sementes de cada parcela (BRASIL, 1992).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Lâmina Total Aplicada e Eficiência do Uso da Água

A precipitação pluviométrica contribuiu com 248,9 mm e as irrigações foram realizadas de acordo com o balanço hídrico simplificado utilizando os métodos TCA e PM para a estimativa da ETc. Já no método do manejo da irrigação pelo TS, a irrigação foi realizada em função da tensão de água no solo.

As irrigações tiveram como objetivo suprir as deficiências hídricas do feijoeiro ao longo de seu ciclo de forma complementar, pois as precipitações ocorridas no período não atenderam a demanda das plantas durante os estádios de desenvolvimento do feijoeiro. Nos estágios vegetativo e reprodutivo foram realizadas irrigações complementares com 110,0 mm para o TS, e 192,1 mm para o TCA, e de 187,0 mm para o PM no sistema plantio direto (Figuras 12, 13 e 14), enquanto no plantio convencional os valores foram de 120 mm para o TS e de 195,6 mm para o TCA e de 190 mm para o PM (Figuras 15, 16 e 17).

Do primeiro aos 34 DAE, a precipitação pluviométrica acumulada foi de 113,5mm e a irrigação foi de 56,5 mm para o TCA, 55 mm para o PM e de 33 mm para o TS, para o sistema plantio direto. No sistema plantio convencional a irrigação aos 34 DAE foi de 61,8 mm para o TCA, 60 mm para o PM e de 30 mm para o TS (Tabela 11).

Verifica-se que a ETc neste período foi de 114,05 mm segundo o método do TCA e de 113,21 mm para o PM para o sistema plantio direto e plantio convencional (Tabela 11).

Dos 35 aos 66 DAE as precipitações foram de 26,7 mm e as plantas encontravam-se em início da floração. Neste período o total de água aplicada pelos métodos de manejo de irrigação avaliados foi de 135,6 mm para o TCA, de 132 mm para o PM e de 77 mm para o TS, no sistema plantio direto. Para o sistema plantio convencional, as lâminas água aplicadas pelos métodos de manejo da irrigação foram de 133,9 mm para TCA, 130 mm para PM e de 90 mm segundo o do TS (Tabela 11).

Tabela 11. Lâmina de irrigação na fase inicial de desenvolvimento e na fase reprodutiva do feijoeiro.

DAE	PD (mm)			PC (mm)		
	TCA	PM	TS	TCA	PM	TS
1 aos 34	56,5	55	33	61,8	60	30
35 aos 66	135,6	132	77	133,9	130	90
Total	192,1	187	110	195,7	190	120

(PD) Plantio direto, (PC) plantio convencional; (SI) sem irrigação; (TCA) Tanque Classe A; (TS) Tensiômetro; (PM) Penman-Monteith; (DAE) dias após emergência.

No final do ciclo da cultura, a lâmina total (irrigação e precipitação) foi de 441 mm para o método TCA, 435,9 mm para o PM e de 358,9 mm para o TS no sistema plantio direto, enquanto que para o sistema plantio convencional, a lâmina total foi de 444,5 mm para o método TCA, 438,9 mm para o PM e de 368,9 mm para o TS (Tabela 12).

A partir dos 67 DAE Não foram realizadas irrigações em decorrência das plantas estarem em fase final do ciclo, além da ocorrência das precipitações pluviométricas, pois essas foram de 108,7 mm dos 67 aos 86 DAE.

Tabela 12. Lâmina de irrigação e precipitações pluviométricas nos sistemas plantio direto e plantio convencional.

Plantio	Precipitação (mm)	Métodos de Irrigação (mm)			
		SI (85 d)	TS (90 d)	PM (92 d)	TCA (92 d)
PD	248,9	225,2	358,9	435,9	441,0
PC	248,9	225,2	368,9	438,9	444,5

(TCA) Tanque Classe A (SI) Sem Irrigação; (TS) Tensiômetro; (PM) Penman-Monteith; (d) dias

No período dos 35 aos 66 DAE a ETc foi de: 158,68 mm para o método de manejo da irrigação TCA e de 155,81 mm para o PM no sistema plantio direto e convencional respectivamente (Figuras 11).

Após aos 66 DAE a ETc estimado pelos métodos de manejo da irrigação TCA e PM este foi de 34,67 mm e de 28,42 mm respectivamente nos sistemas plantio direto e convencional, respectivamente (Figuras 11).

Verificou-se que a evapotranspiração da cultura (Etc) durante o ciclo do feijoeiro BRS Pontal, utilizando os métodos de manejo da irrigação TCA e PM, estes foi de 307,40 mm e de 297,43 mm para os sistemas plantio direto e plantio convencional, respectivamente.

De acordo com as (Figuras 13 e 16) verificou-se que a (Etc) máxima ocorrida foi de 9,02 mm para o método TCA e mínima foi de 0,19 mm para os sistemas plantio direto e plantio convencional, sendo que estes valores ocorreram aos 42 e 73 DAE respectivamente, enquanto que a (Etc) máxima para o método PM é de 8,02 mm e a mínima de 0,58 mm respectivamente (Figuras 14 e 17).

Os valores médios diários da evapotranspiração da cultura (Etc) obtidos para os métodos TCA e PM foram de 3,57 mm e de 4,46 mm, respectivamente, nos sistemas plantio direto e convencional.

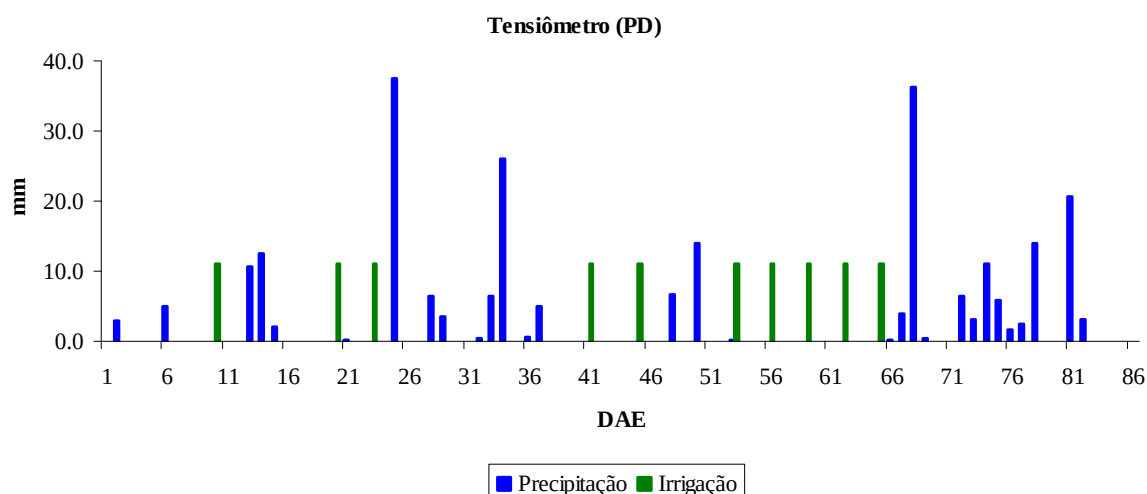


Figura 12. Variação média diária da precipitação pluviométrica, irrigação, em sistema plantio direto utilizando o manejo tensiômetro.

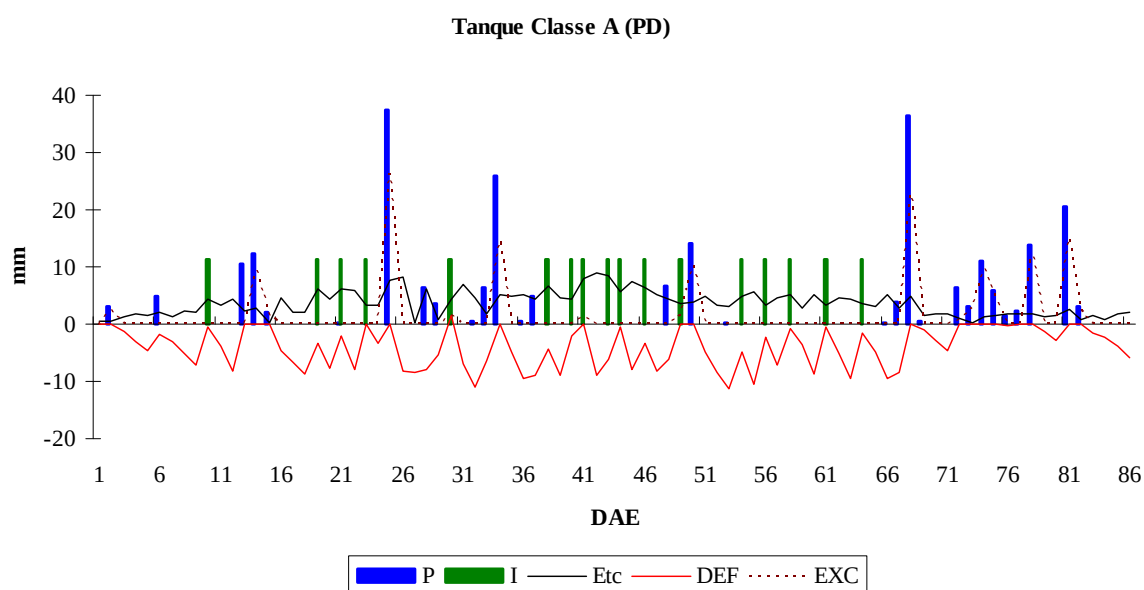


Figura 13. Variação média diária da evapotranspiração da cultura (Etc), precipitação pluviométrica (P), irrigação (I) sistema plantio direto utilizando o manejo tanque Classe A.

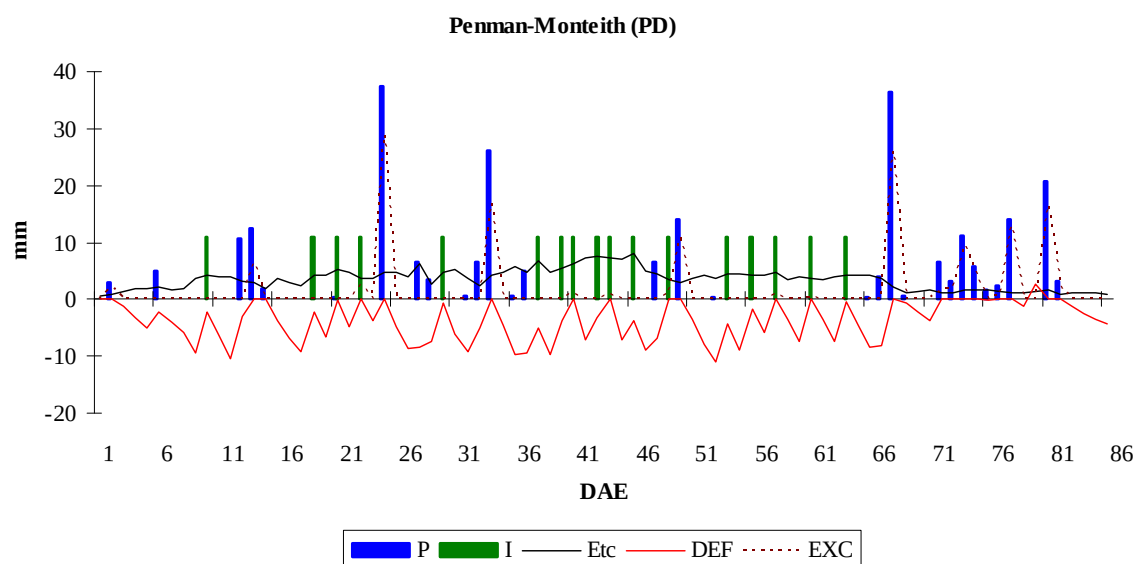


Figura 14. Variação média diária da evapotranspiração da cultura ETC, precipitação pluviométrica (P), irrigação (I) sistema plantio direto utilizando o manejo Penman-Monteith

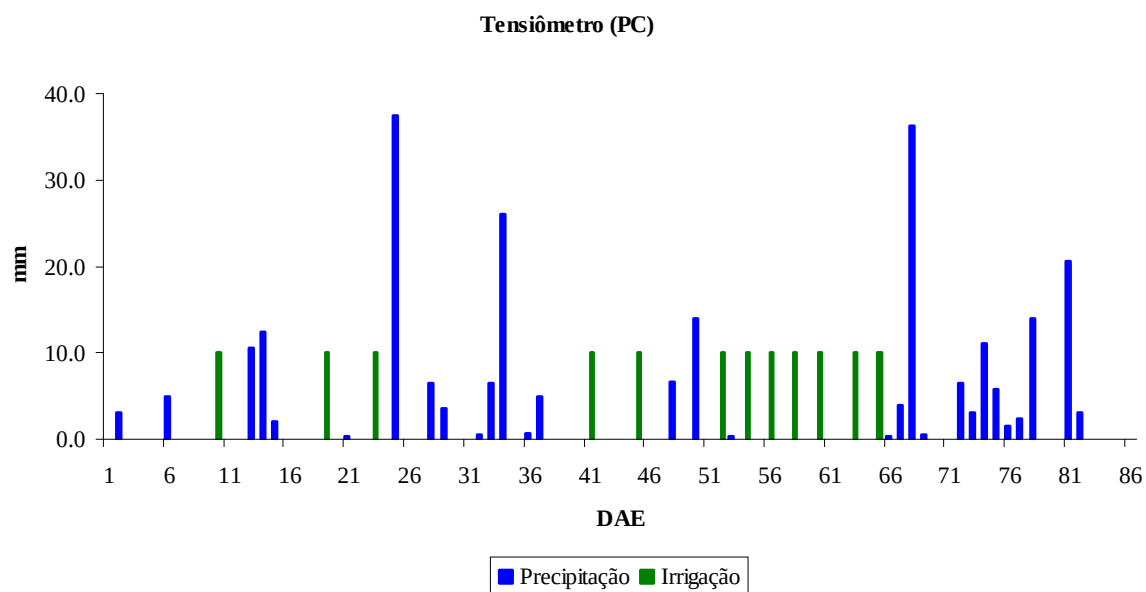


Figura 15. Variação média diária da precipitação pluviométrica, irrigação, em sistema plantio convencional utilizando o manejo tensiômetro.

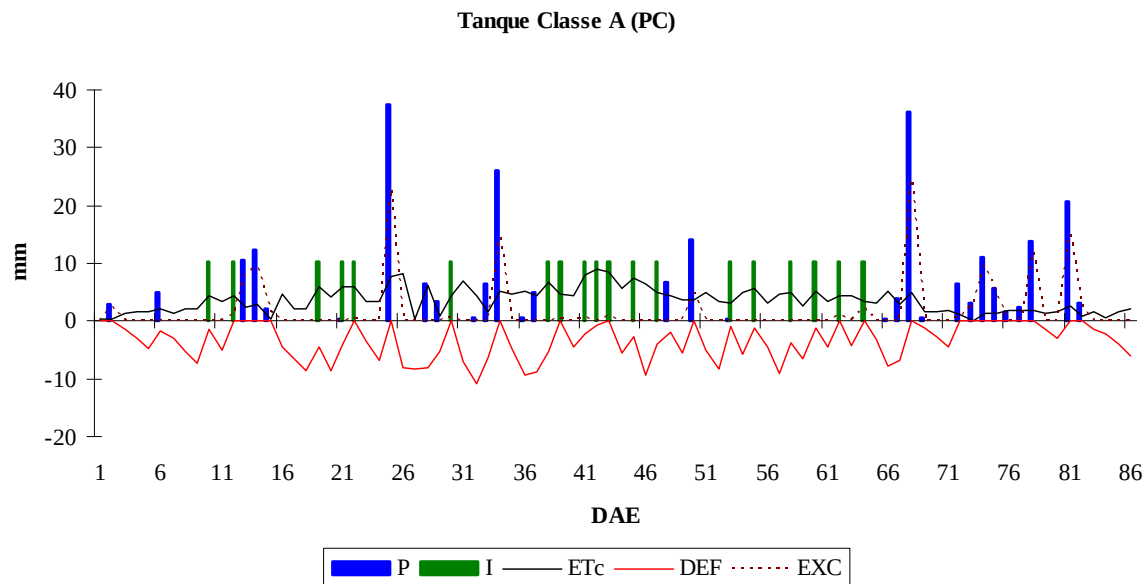


Figura 16. Variação média diária da evapotranspiração da cultura (Etc), precipitação pluviométrica (P), irrigação (I) sistema plantio convencional utilizando o manejo tanque Classe A.

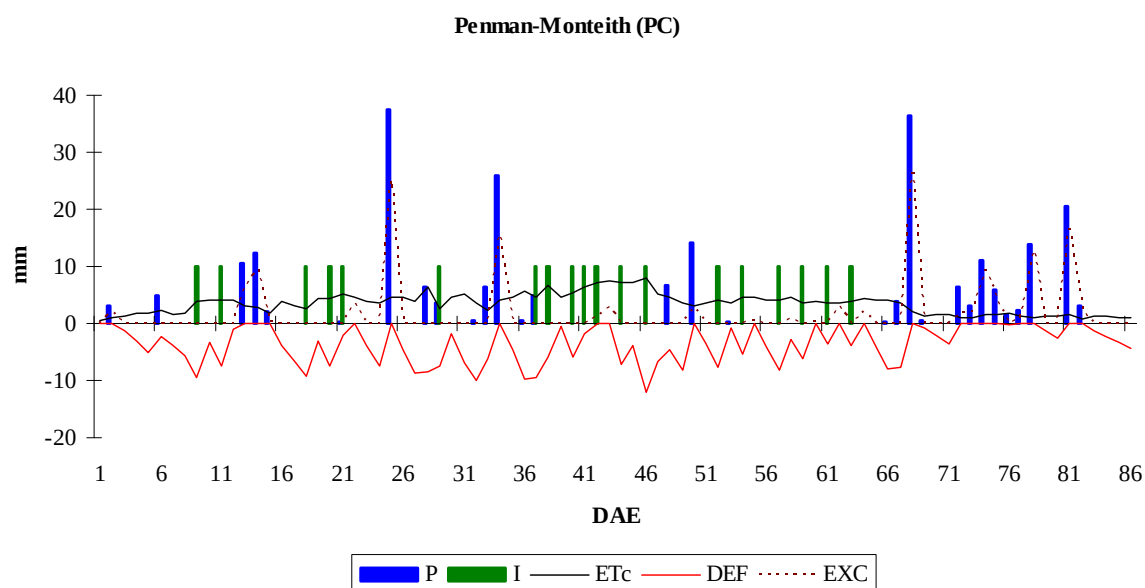


Figura 17. Variação média diária da evapotranspiração da cultura ET_c , precipitação pluviométrica (P), irrigação (I), sistema plantio convencional utilizando o manejo Penman-Monteith.

Os valores obtidos das lâminas de água aplicada ao longo do ciclo da cultura em função dos métodos de manejo da irrigação encontram-se dentro da faixa verificado por Frizone (1986), com lâminas de irrigação entre 350 a 530 mm. No entanto, Queiroz et al. (1996) verificaram uma maior rentabilidade do feijoeiro com lâminas entre 400 a 600 mm durante todo o ciclo. Silveira & Moreira (1990) trabalhando na região do cerrado verificaram que a maior produtividade do feijoeiro foi alcançada quando aplicou-se uma lâmina de 447 mm de água.

Os métodos de manejo da irrigação apresentaram variações das lâminas aplicadas, sendo que a menor lâmina observada foi no método TS, em ambos os sistemas plantio direto e plantio convencional. O método de manejo da irrigação pelo TCA superestimou em 18,6% e 17%, respectivamente, nos sistemas plantio direto e plantio convencional, em relação ao manejo pelo TS. (Tabela 12).

Segundo Oliveira *et al.* (2000), a demanda total de água estimada para o feijoeiro, com base na evaporação do tanque classe A, é superior em 11% à demanda estimada por tensiometria em área manejada no sistema de preparo convencional do solo e em

29% em plantio direto. Pois este apresentou uma redução de 20% de água no plantio direto em relação ao plantio convencional.

Pavani *et al.* (2008) em estudo do manejo da irrigação na cultura do feijoeiro em sistemas plantio direto e convencional, no segundo ano de plantio direto, em Jaboticabal -SP. No plantio direto, encontraram lâmina estimada de 17,2% maior para o tanque Classe A em relação ao método de manejo de irrigação do tensiômetro, pois houve economia de água aplicada sem afetar a produtividade de grãos de feijão. Enquanto no sistema plantio convencional, o método de manejo da irrigação, tensiômetro apresentou 26,6% a menos de água aplicada em relação ao método tanque Classe A, e ainda apresentou menor produtividade. Também verificaram que a lâmina total de irrigação, em média, pelo tanque Classe A, foi 21,7% maior do que a estimada pelo tensiômetro.

Lopes *et al.* (2004) estudaram o manejo da irrigação por tensiometria e balanço hídrico climatológico para a cultura do feijoeiro em sistemas de plantio direto e convencional. No sistema plantio convencional obteve lâmina total de 461,67 mm para o TS e de 515,41 mm para o TCA, com produtividade de 2.397,5 kg ha⁻¹ e de 2.630,6 kg ha⁻¹ respectivamente. Já no sistema plantio direto obteve lâmina total de 460,34 mm para TS e de 511,63 mm para o TCA, com produtividade de 2.342,7 kg ha⁻¹ e de 2.471,6 kg ha⁻¹ respectivamente. Os mesmos autores relatam que o método do TS recebeu menor quantidade de água por irrigação ocasionando uma economia de 15% sem afetar a produtividade.

De acordo com Moreira *et al.* (1996), o consumo de água de uma cultura depende da época e local de semeadura, variedade, condições edafoclimáticas e estágio de desenvolvimento da cultura.

Com relação ao sistema de manejo do solo, Stone & Silveira (1999) relataram que a semeadura direta do feijoeiro irrigado por aspersão no inverno feita na resteva da cultura anterior, vem tendo aceitação cada vez maior na região central do Brasil.

A produtividade pode ser expressa em função da água utilizada pelo cultivo (SILVEIRA & MOREIRA, 1990), e a partir daí pode-se calcular a eficiência do uso da água (ϵ) pelo feijoeiro por meio da relação entre a produtividade e a lâmina de água consumida (LC) ao longo do ciclo (CUNHA, 2001), obtendo-se o seu valor em kg ha⁻¹ mm⁻¹, conforme (Tabela 13).

Tabela 13. Eficiência do uso da água (ϵ) para a produtividade do feijoeiro nos sistemas PD e PC, para os diferentes métodos de irrigação.

Plantio	Métodos de Irrigação ($\text{kg ha}^{-1}/\text{mm}$)			
	SI (85 d)	TS (90 d)	PM (92 d)	TCA (92 d)
PD	7,62	8,95	7,49	7,67
PC	8,03	9,19	8,29	8,93

Plantio direto (PD); plantio convencional (PC); Tanque Classe A(TCA); Sem Irrigação (SI); Tensiômetro (TS); Penman-Monteith (PM); dias (d).

As maiores eficiências do uso da água foram encontradas para o método TCA no sistema plantio convencional e para o método TS, nos sistemas plantio convencional e plantio direto (Tabela 13). Isto significa que, para os dados encontrados nesta pesquisa conduzidos na estação úmida (Safras das águas, agosto a novembro), a maior produtividade de 3.971 kg ha^{-1} foi obtida com aplicação de 444,5 mm de água durante o ciclo, ou seja, foram gastos 1.200 litros de água para produzir 1 kg de feijão.

Silveira & Moreira (1990) encontraram valores de 2.000 litros de água para produzir 1 kg de feijão, no período de outono inverno na região de cerrados, com produtividade de 2.325 kg ha^{-1} , com uma lâmina de 447 mm de água.

No sistema plantio direto, a lâmina total método de manejo TCA foi 18,6% maior em relação ao TS, enquanto no sistema plantio convencional foi 17%. Já a lâmina estimada pelo PM no sistema plantio direto foi de 17,7% maior em relação ao TS, enquanto que no sistema plantio convencional foi 17,01% e 15,95% maior em relação ao TS.

Pelos resultados obtidos nesta pesquisa, a relação TS/TCA foi em média 82%, demonstrando que foi adicionado 18% a mais de água no TCA. Entretanto são necessários mais estudos referentes a esta relação, pois ambos os métodos apresentam baixo custo e são de fácil utilização.

Para o manejo das irrigações nas parcelas experimentais utilizando o método TS utilizaram a média das leituras de três tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade, pois as irrigações tiveram início no dia 14/10/2008 em ambos os sistemas de plantio, sendo a lâmina de água aplicada com uma diferença de 1 mm a mais para o sistema plantio direto em relação ao plantio convencional conforme apresentado na (Tabela 14).

Tabela 14. Manejo da irrigação pelo método do TS e os dias em que foram realizadas as irrigações nas parcelas sistemas plantio direto e plantio convencional.

Data	Lâmina (PD)	Data	Lâmina (PC)
14/10/08	12	14/10/08	11
24/10/08	12	23/10/08	11
27/10/08	12	27/10/08	11
14/11/08	12	14/11/08	11
18/11/08	12	18/11/08	11
26/11/08	12	25/11/08	11
29/11/08	12	27/11/08	11
29/11/08	12	29/11/08	11
02/12/08	12	01/12/08	11
05/12/08	12	03/12/08	11
08/12/08	12	06/12/08	11
-		08/12/08	11

Plantio direto (PD); plantio convencional (PC); Tensiômetro (TS).

Os valores lidos nas três baterias de tensiômetros não foram registrados, eram apenas utilizados para definir o momento irrigar. Com isso, foi possível fazer o balanço hídrico segundo o método do TS, porém não foi possível fazer o gráfico diário da flutuação da tensão da água no solo.

Pavani *et al.* (2008) em estudo do manejo da irrigação na cultura do feijoeiro em sistemas plantio direto e convencional, no segundo ano de plantio direto, em Jaboticabal -SP. Utilizou-se os métodos de manejo da irrigação tanque Classe A e tensiômetro, neste trabalho considerou-se uma tensão de umidade de 40 kPa, e a profundidade do sistema radicular de 0,40 m. Verificaram que no sistema plantio direto o manejo da irrigação pelo método tanque Classe A foi o que apresentou mais úmido, seguido pelo sistema plantio convencional método do tanque Classe A. Os autores verificaram ainda que a variação da água no solo, medida pelos tensiômetros instalados na camada anteriormente citada, não correspondeu exatamente àquela estimada pelo tanque Classe A, uma vez que a tensão de água no solo permaneceu próxima à capacidade de campo de 10 kPa, diferindo do verificado no método do tensiômetro, que apresentou maiores variações.

6.2 Componentes de produtividade

No sistema plantio convencional de modo geral o manejo de irrigação apresentou maior eficiência de uso da água pela cultura (Tabela 15). E a maior média de produtividade foi utilizando o método TCA. Para essa maior produtividade média de 3.971 kg ha⁻¹ foram aplicados lâmina de 444,5 mm de água, isso significa que foram gastos 1.200 litros de água para produzir 1 kg de feijão. Este valor encontra abaixo do verificado por Silveira & Moreira (1990) no período de outono inverno na região de cerrados, com produtividade de 2.325 kg ha⁻¹, e lâmina de 447 mm de água, encontraram valores de 2.000 litros de água para produzir 1 kg de feijão. Já no sistema plantio direto, não houve diferença significativa na média de produtividade entre métodos de irrigação, mas a melhor eficiência para o método do TS. A média de produtividade de grãos obtida na testemunha, foram com valores menores em ambos os sistemas de plantio quando comparadas aos tratamentos que foram irrigados, indicando uma redução na produtividade de 50,7% e 51,03%, no plantio direto e convencional respectivamente.

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com os encontrados Pavani *et al.* (2008), conduzidos no inverno e irrigados em pivô central, encontraram para os sistemas plantio direto utilizando o método TS uma produtividade de 2.806 kg ha⁻¹ e pelo TCA de 2.755 kg ha⁻¹. Enquanto que no plantio convencional as produtividades foram de 1.866 kg ha⁻¹ para o método do TS e de 3.395 kg ha⁻¹ para o TCA. Gomes *et al.* (2000), estudando o rendimento de grãos em cultivares (Xodó, Carioca, Negro Argel e A320), irrigado e sob sequeiro, observaram na cultivar carioca redução ao redor de 60% no rendimento sob sequeiro.

Tabela 15. Produtividade da cultura do feijoeiro Pontal BRS, em Botucatu/SP.

Plantio	Método de manejo da irrigação			
	SI (s)	TS (s)	PM (s)	TCA (s)
	Produtividade de grãos (kg ha⁻¹)			
PD	1.717 Ab (359)	3.212 Aa (386)	3.267 Aa (215)	3.385 Aa (561)
PC	2.026 Ac (240)	3.391 Ab (354)	3.638 Aab (206)	3.971 Aa (135)

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem si, pelo teste de Tukey (P < 0,05); Plantio direto (PD); plantio convencional (PC); desvio padrão (s); Tanque Classe A (TCA); Sem Irrigação (SI); Tensiômetro (TS); Penman-Monteith (PM).

Quanto à massa média de 1000 grãos avaliados, este não apresentou diferença significativa entre os sistemas de cultivo e método de manejo de irrigação TS, TCA e PM, mas foi significativamente superior a testemunha (Tabela 16).

Tabela 16. Massa de 1.000 grãos do feijão Pontal BRS, em Botucatu/SP.

Plantio	Método de manejo da irrigação			
	SI (s)	TS (s)	PM (s)	TCA (s)
Massa de 1000 grãos (g)				
PD	196,6 Ab (0,63)	234,5 Aa (1,23)	228,9 Aa (0,73)	231,7 Aa (0,60)
PC	207,8 Ab (0,36)	228,3 Aa (0,90)	234,4 Aa (0,56)	227,9 Aa (0,67)

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); Plantio direto (PD); plantio convencional (PC); desvio padrão (s); Tanque Classe A (TCA); Sem Irrigação (SI); Tensiômetro (TS); Penman-Monteith (PM).

Quanto ao número médio de vagens por planta houve diferença significativa em relação aos sistemas plantio direto e convencional, método do TS. Não houve diferença significativa entre os métodos de manejo da irrigação ambos os sistemas de cultivo. No sistema plantio direto o método TCA com 11,01 vagens por planta foi significativamente diferente da testemunha. E demais tratamentos irrigados e testemunha não diferiram. Enquanto no plantio convencional o método PM com 11,41 vagens por planta não diferiram da testemunha. Os resultados encontrados para o sistema plantio direto, nos métodos de manejo TCA e TS corroboram com os encontrados por Pavani *et al.* (2008), que obteve número médio de vagens por planta de 6,53 utilizando o TS e 6,77 utilizando o TCA, para o sistema plantio direto.

Tabela 17. Média de vagens por planta, cultivar do feijoeiro Pontal BRS, em Botucatu/SP.

Plantio	Método de manejo da irrigação			
	SI (s)	TS (s)	PM (s)	TCA (s)
Número médio de vagens/planta				
PD	7,63 Ab (0,73)	9,42 Bab (0,72)	10,53 Aab (0,84)	11,01 Aa (2,50)
PC	8,52 Ab (2,22)	12,70 Aa (1,47)	11,41 Aab (1,46)	12,35 Aa (0,64)

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); Plantio direto (PD); plantio convencional (PC); desvio padrão (s); Tanque Classe A (TCA); Sem Irrigação (SI); Tensiômetro (TS); Penman-Monteith (PM).

O estande médio de plantas por hectare verificado no momento da colheita mostra diferença estatística entre os sistemas de plantio, sendo que a menor média de plantas foi verificada para o método de manejo de irrigação utilizando o TS no sistema plantio convencional. Ao avaliar cada sistema de plantio separadamente, não houve diferença significativa entre os métodos de manejo de irrigação e a testemunha (Tabela 18).

Tabela 18. Estande final de plantas do feijoeiro da cv. Pontal BRS. Botucatu, SP.

Plantio	Método de manejo da irrigação			
	SI (s)	TS (s)	PM (s)	TCA (s)
	Estande final de plantas (plantas/ha)			
PD	244.44 Aa (23.424)	272.22 Aa (12.650)	253.70 Aa (32.217)	242.46 Aa (19.481)
PC	250.00 Aa (30.466)	224.07 Ba (9.320)	257.41 Aa (29.860)	264.81 Aa (25.211)

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); Plantio direto (PD); plantio convencional (PC); desvio padrão (s); Tanque Classe A (TCA); Sem Irrigação (SI); Tensiômetro (TS); Penman-Monteith (PM).

O número médio de grãos por vagens não houve diferença significativa entre os sistemas plantio direto convencional. Quanto aos métodos de manejo de irrigação as médias não diferiram entre si no plantio direto e convencional. Mas diferiram em relação à testemunha (Tabela 19). Os valores médios de grãos por vagens encontrados neste trabalho corroboram com os encontrados por Pavani *et al.* (2008), os quais encontraram médias de 3,79 e 3,83 grãos por vagens utilizando respectivamente TS e TCA para o sistema plantio direto, e de 3,46 e 3,84 grãos em média para o sistema plantio convencional respectivamente.

Tabela 19. Média de grãos por vagens cv Pontal BRS em Botucatu/SP

Plantio	Método de manejo da irrigação			
	SI (s)	TS (s)	PM (s)	TCA (s)
	Número médio de grãos/vagens			
PD	4,65 Aa (0,35)	5,34 Aa (0,35)	5,33 Aa (0,42)	5,53 Aa (0,44)
PC	4,63Ab (0,27)	5,23 Aab (0,19)	5,35 Aa (0,40)	5,35 Aa (0,16)

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), (PD) Plantio direto; (PC) plantio convencional; (s) desvio padrão, (TCA) Tanque Classe A; (SI) Sem Irrigação; (TS) Tensiômetro; (PM) Penman-Monteith

A média de vagens com grãos, nos sistemas plantio direto e convencional não diferiram estatisticamente entre si. Mas quando analisadas separadamente, verificou-se diferença entre os métodos de manejo de irrigação e a testemunha (Tabela 20).

Tabela 20. Média de vagens com grãos por hectare, cultivar Pontal BRS em Botucatu/SP.

Plantio	Método de manejo da irrigação			
	SI (s)	TS (s)	PM (s)	TCA (s)
	Número médio de vagens com grãos/ha			
PD	1862963 Ab (230345)	2561111 Aa (151972)	2685185 Aa (172610)	2642592 Aa (414214)
PC	2116666 Ab (324541)	2838889 Aa (258756)	2903703 Aa (45662)	3261111 Aa (221594)

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); Plantio direto (PD); plantio convencional (PC); desvio padrão (s); Tanque Classe A (TCA); Sem Irrigação (SI); Tensiômetro (TS); Penman-Monteith (PM).

A média de vagens chochas nos sistemas plantio direto e convencional não diferiram estatisticamente entre si. Porém houve diferença significativa entre as médias de vagens para os tratamentos que foram irrigados em relação à testemunha no sistema plantio convencional. Já no sistema plantio direto, não houve diferença significativa entre os métodos de irrigação e a testemunha. Sendo as maiores médias para as testemunhas e as menores médias para os tratamentos utilizando os métodos TCA em ambos os sistemas respectivamente (Tabela 21).

Tabela 21. Média de vagens chochas por hectare, cultivar Pontal BRS em Botucatu/SP.

Plantio	Método de manejo da irrigação			
	SI (s)	TS (s)	PM (s)	TCA (s)
	Número médio de vagens chochas/ha			
PD	160.185 Aa (275.15)	100.000 Aa (61.83)	46.296Aa (22.12)	44.444 Aa (18.14)
PC	190.741 Aa (80.09)	61.111 Ab (27.96)	70.370 Ab (12.83)	35.185 Ab (12.65)

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); Plantio direto (PD); plantio convencional (PC); desvio padrão (s); Tanque Classe A (TCA); Sem Irrigação (SI); Tensiômetro (TS); Penman-Monteith (PM).

A média de grãos por planta nos sistemas de plantio direto e convencional não diferiu estatisticamente entre si. Mas foi significativamente diferente entre os métodos de manejo de irrigação. Pois no plantio direto o manejo TCA e PM não diferiram entre si, mas diferiu do TS e este não diferiu da testemunha. Já no plantio convencional o manejo TCA e PM e TS não diferiram entre si, mas estes foram diferentes da testemunha. Observa-se que no sistema plantio convencional utilizando o TCA, obteve-se uma média de 66,1 grãos por planta, e peso médio de 1000 grãos com 227,9 gramas, e um estande final de 264,814 plantas h^{-1} . Neste caso houve maior número de grãos e rendimento por área, quando

este comparado ao método do TS no sistema plantio convencional, com 66,5 grãos por planta, com peso médio de 1000 grãos de 228,3 gramas, com estande final de 224,074 plantas ha⁻¹.

Tabela 22. Média de grãos por planta, cultivar Pontal BRS em Botucatu/SP.

Plantio	Método de manejo da irrigação			
	SI (s)	TS (s)	PM (s)	TCA (s)
	Número médio de grãos/planta			
PD	35,5 Ab (4,8)	50,5Ab (6,9)	56,6Aa (4,3)	60,7 Aa (12,6)
PC	39,8 Ab (8,9)	66,5 Aa (8,5)	61,0 Aa (9,2)	66,1 Aa (4,0)

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem si, pelo teste de Tukey (P < 0,05); Plantio direto (PD); plantio convencional (PC); desvio padrão (s); Tanque Classe A (TCA); Sem Irrigação (SI); Tensiômetro (TS); Penman-Monteith (PM).

Na (Tabela 23) apresenta as alturas médias da primeira inserção, as quais não diferiram estatisticamente entre os métodos de manejos da irrigação e entre os sistemas de plantios. Mas no sistema plantio direto apresentou em média dois cm de altura a mais em relação ao sistema plantio convencional. Já no sistema plantio convencional observa-se que na testemunha, foram em média dois cm a menos de altura quando comparada aos métodos de manejo TS e PM.

Tabela 23. Altura média da primeira inserção de vagens (cm), cultivar Pontal BRS em Botucatu/SP.

Plantio	Manejo de irrigação			
	SI (s)	TS (s)	PM (s)	TCA (s)
	Altura média da 1ª inserção/vagem (cm)			
PD	19,1 Aa (3,3)	18,7 Aa (1,2)	17,5 Aa (1,6)	18,7 Aa (1,2)
PC	14,8 Aa (1,9)	16,8 Aa (1,9)	16,7 Aa (2,6)	15,5 Aa (1,7)

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem si, pelo teste de Tukey (P < 0,05); Plantio direto (PD); plantio convencional (PC); desvio padrão (s); Tanque Classe A (TCA); Sem Irrigação (SI); Tensiômetro (TS); Penman-Monteith (PM).

A massa seca da parte aérea (Tabela 24), diferiu estatisticamente entre os sistemas plantio direto e convencional. Mas não diferiu entre os métodos de manejo de irrigação, mas estes foram diferentes das testemunhas, em ambos os sistemas de plantio. As maiores médias de massa seca da parte aérea foram obtidas no sistema plantio convencional, isto corrobora com os dados encontrados por GOMES *et al.* (2000), que estudando o

rendimento de grãos em cv. Xodó, Carioca, Negro Argel e A320, irrigado e sob sequeiro, relataram que sob a deficiência hídrica a massa seca da parte aérea foi severamente reduzida em todas as cultivares. Ainda, para as diferentes fases da cultura, encontraram para a cv. Carioca, aos 77 DAE valores de 34,8 g/m² de folhas secas e de 77,5 g/m² de ramos secos, respectivamente sob sequeiro e irrigado

Tabela 24. Valores Médios da massa seca da parte aérea (haste, folha, vagens), kg ha⁻¹, cultivar Pontal BRS em Botucatu/SP.

Plantio	Manejo de irrigação			
	SI (s)	TS (s)	PM (s)	TCA (s)
Massa seca da parte aérea (haste, folha, vagens) kg/ha				
PD	1.382 Ab (381,7)	2.256 Aa (269,6)	2.604 Ba (60,9)	2.568 Ba (398,8)
PC	1.524 Ab (181)	2.997 Aa (452,8)	3.330 Aa (394,7)	3.505 Aa (110,4)

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem si, pelo teste de Tukey (P < 0,05); Plantio direto (PD); plantio convencional (PC); desvio padrão (s); Tanque Classe A (TCA); Sem Irrigação (SI); Tensiômetro (TS); Penman-Monteith (PM).

Após avaliar o número de vagens por planta (Figuras 18 A e 18 B), esta foi classificada em função do comprimento em (cm) com uso de uma régua. No plantio direto, verificou-se que as maiores porcentagens correspondem à classe 7-8 cm de comprimento, sendo a maior porcentagem para o método TCA, com uma pequena diferença para o método PM. O método do TS apresentou porcentagem inferior nesta classe, mas foi superior na classe de comprimento de 8-9 cm.

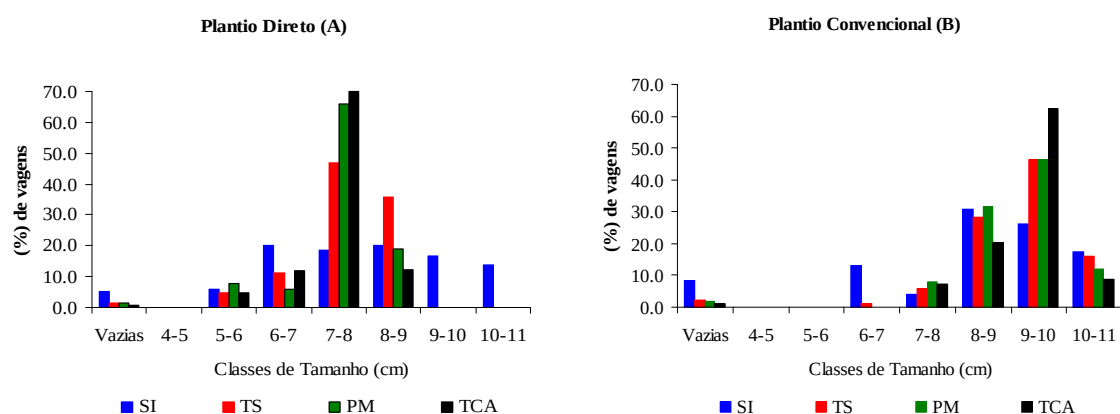


Figura 18. Variações do comprimento de vagens (cm), representadas em (%).

A testemunha apresentou valores inferiores para as vagens cheias, mas com maiores valores de porcentagem de vagens chochas, e ainda nas últimas duas classes apresentou valores percentuais para as vagens cheias (Figura 18 A).

Para o sistema plantio convencional, verificou-se as maiores porcentagens na classe de comprimento de 9-10 cm. Pois a testemunha apresentou a maior porcentagem de vagens chochas (Figura 18 B).

De acordo com classificação de grãos do feijoeiro realizada pelo jogo de peneiras oblongas, foi possível verificar a porcentagem de grãos retidos em cada peneira. Para as parcelas no sistema plantio direto (Figura 19 A), a maior porcentagem de grãos retidos ocorreu na peneira 12, com exceção da testemunha (SI) com grãos retidos em maior porcentagem na peneira 11. Dentre os manejos da irrigação a maior porcentagem de grãos retidos foi verificado no método do TCA. Esses resultados corroboram com Petrilli (2007) que constatou uma maior porcentagem de grãos de feijoeiro cv. Pérola retida na peneira 12.

Para o sistema plantio convencional, verificou-se que a maior porcentagem de grãos retidos ficou na peneira 12, com exceção da testemunha (SI) com grãos retidos em maior porcentagem na peneira 11. Dentre os métodos de manejo da irrigação a maior porcentagem de grãos retidos foi verificada para o método do PM (Figura 19 B).

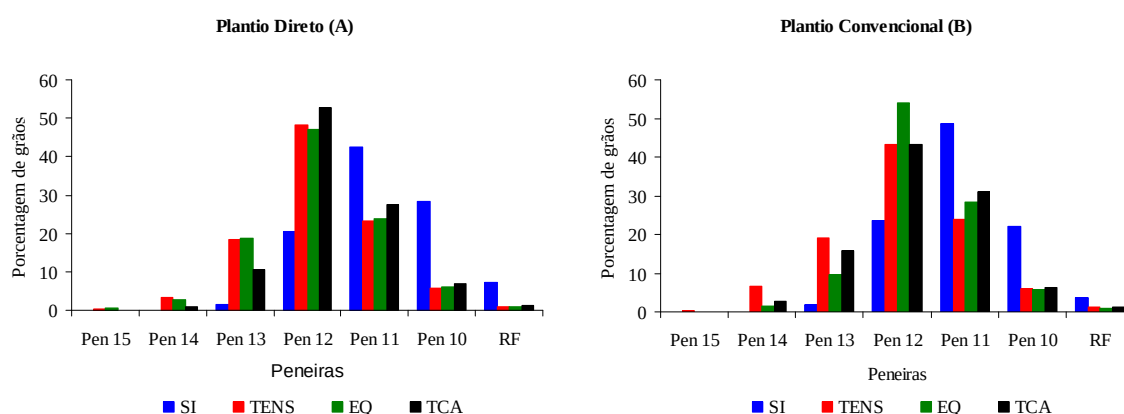


Figura 19. Variações dos grãos retidos em peneiras de crivos oblongos de sementes de feijão, cultivar Pontal BRS-Carioca, segundo os manejos da irrigação no sistema plantio direto e plantio convencional.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há pouca pesquisa utilizando o método de irrigação por gotejamento na cultura do feijoeiro, dado o elevado custo inicial, porém os resultados desta dissertação apresentaram boa eficiência quanto à utilização da água, uniformidade de aplicação, facilidade de operação e, especialmente, baixa incidência de pragas e doenças, sugerindo que novos estudos devam ser feitas considerando a viabilidade econômica.

Pelos resultados obtidos nesta pesquisa, a relação TS/TCA foi em média 82%, demonstrando que foram adicionados 18% a mais de água no TCA. Entretanto são necessários mais estudos referentes a esta relação, pois ambos os métodos apresentam baixo custo e são de fácil utilização.

De acordo com (PELOSO *et al* 2005), a cultivar Pontal BRS-Carioca, foi indicada para os estados de Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Nas condições de Botucatu, SP, essa cultivar apresentou alto potencial produtivo sendo mais uma opção para aos produtores paulistas.

8 CONCLUSÕES

Entre os sistemas plantio direto e plantio convencional não houve diferença significativa na produtividade média de grãos.

Nos tratamentos irrigados, a maior média de produtividade foi verificada para o sistema plantio convencional utilizando o método TCA.

No sistema plantio direto, não houve diferença significativa na média de produtividade, entre todos os métodos de manejo da irrigação.

A produtividade obtida na testemunha, quando comparada às produtividades das parcelas que foram irrigadas pelo método de manejo TCA, PM e TS, foi sempre menor, tanto no sistema plantio direto quanto no plantio convencional.

A lâmina de água estimada pelo método do manejo do tanque classe A, no sistema plantio convencional, foi de 17% maior em relação ao método do tensiômetro, enquanto que no sistema plantio direto foi de 18,6%.

A lâmina de água estimada pelo método do manejo do Penman-Monteith, no sistema plantio convencional, foi de 15,9% maior em relação ao método do tensiômetro, enquanto que no sistema plantio direto foi de 17,7%.

No sistema plantio convencional, o manejo tanque classe A apresentou maior produtividade em relação ao método tensiômetro.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, H. et al. **Sistema de produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**: época de plantio. Santo Antonio de Goiás EMBRAPA, 2002. (circular técnica, 55). Disponível em: <[http://www.cnpaf.embrapa.br/CNPAF/publicação/circular técnica/ct_55/index.htm](http://www.cnpaf.embrapa.br/CNPAF/publicação/circular_técnica/ct_55/index.htm)>. Acesso em: 14 abr. 2008.

ALLEN, R. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage, Paper 56).

ANDRADE, M. J. B. de.; CARVALHO, A. J. de.; VIEIRA, N. M. B. Exigências edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉN, A. (Eds.). **Feijão 2ª edição atualizada e ampliada**. Viçosa: UFV, 2006. p. 19 - 40.

ANDRADE, R. da S. et al. Consumo relativo de água do feijoeiro no plantio direto em função da porcentagem de cobertura morta do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Campina Grande, V. 6. n. 1, Jan. 2002.

ARAUJO, G. A. A. de.; FERREIRA, A. C. B. Manejo do solo e plantio. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉN, A. (Eds.). **Feijão 2ª edição atualizada e ampliada**. Viçosa: UFV, 2006. p. 87 - 114.

ASSIS, R. L. de; LANÇAS, K. P. Efeito do tempo de adoção do sistema plantio direto na densidade do solo máxima e umidade ótima de compactação de um nitossolo vermelho distroférico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p.337-345, 2004

BARBANO, M. T. **Riscos climáticos e épocas de semeadura para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.cv. Carioca) na safra das águas no estado de São Paulo**. 2003. 93f. Dissertação (Mestrado em agronomia Tropical e Subtropical)-Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2003.

BARRETO, A. N.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A.da. Operação e manejo dos sistemas de irrigação. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A.A.G.; BOLFE, E.L. **A irrigação e drenagem na empresa agrícola**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros; Campina Grande: EMBRAPA Algodão, p. 173-204, 2004a

BARRETO, A. N.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A.da. Métodos e sistemas de irrigação. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A.A.G.; BOLFE, E.L. **A irrigação e drenagem na empresa agrícola**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros; Campina Grande: EMBRAPA Algodão, p.173-204. 2004b

BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G. A irrigação no mundo. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A.A.G.; BOLFE, E. L. **A irrigação e drenagem na empresa agrícola**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros; Campina Grande, EMBRAPA Algodão, p. 13-45. 2004

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV, 1995. 657 p.

BORÉN, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉN, A. (Eds.). **Feijão 2ª edição atualizada e ampliada**. Viçosa: UFV, 2006. p. 13 - 18.

BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2005. 28 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Serviço Nacional de Defesa Agropecuária; 1992. 365 p.

CALVACHE, A. M. et al. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência no uso de água em uma cultura de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 54, n. 3, p. 481-488, 1997.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. **Levantamento de solo da fazenda lageado estação experimental Presidente Médici**. Botucatu: UNESP, 1983. 95 p. (Boletim Técnico).

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. **Levantamento de solo da fazenda lageado estação experimental Presidente Médici. Botucatu:** UNESP, 2009. 95 p. Legenda complementar atualizada (no prelo).

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação: a fronteira hídrica na produção de alimentos. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, n. 54, p. 46-55, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

CORSINE, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivos na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em latossolo roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, p.289-298, 1999.

CULTIVARES de feijoeiro. Campinas: IAC, 2007. 7 p.

CUNHA, A. R. **Parâmetros agrometeorológicos de cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em ambientes protegido e campo**. 2001. 128 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CUNHA, A. R., MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

DOORENBOS, J.; KANSSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Roma: FAO, 1994. 306 p. (Estudos FAO; Irrigação e drenagem, 33).

DOORENBOS, J.; KASAN, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and drainage paper, 33).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Informação tecnológica. Feijão: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde. Brasília, DF, 2003. 203 p.

FERREIRA, C. M. et al. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉN, A. (Eds.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 19 - 40.

FRIZONE, J. A. **Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso do nitrogênio e lâmina de irrigação**. 1986. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

GENUCHTEN, M. Th. van. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of insaturated soils. **Soil Science of American Journal**, Madison, v. 41, p. 892-898, 1980.

GOMES, A. A. et al. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Seropédica, RJ, v. 35, n. 10, p. 1-6, 2000.

GOMES, F.P **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Desgaspari, 2000. 447 p.

GUEYI, H. R.; SILVA, M.I. L. da. Qualidade de água para fins de irrigação. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G.; BOLFE, E. L. **A irrigação e drenagem na empresa agrícola**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros; Campina Grande, EMBRAPA Algodão, 2004. p. 331-378.

JUNQUEIRA, A. M. de.; ANDRE, R. G. B.; PINHEIRO, F. M. A. Consumo de água pelo feijoeiro comum. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 51-56, 2004.

LOPES, A. S. et al. Manejo da irrigação (tensiometro e balanço hídrico climático) para a cultura do feijoeiro em sistema de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 89-100, 2004.

LOPES, N. F. et al. Crescimento e conversão da energia solar em *Phaseolus vulgaris* L. submetido a três densidades de fluxo radiante e dois regimes hídricos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 33, n. 186, p.142-164, 1986.

MALUF, J. R. T.; CAIAFFO, M. R. R. Zoneamento agroclimático da cultura de feijão no Estado do Rio Grande do Sul: recomendações de períodos favoráveis de semeadura por região agroclimática. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6. 1999, Salvador. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA Arroz e Feijão, 1999. p. 455-458.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília, DF: EMBRAPA, SPI, 1994. 60 p.

MELO, G. L. **Caracterização de sistemas de cultivo em áreas irrigadas por aspersão no rio grande do sul**. 2006. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola Água e Solo) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MOREIRA, J. A. A.; SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Irrigação. In: ARAUJO, R. S. et al. (Eds.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 465-522.

MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F. Sistema radicular do feijoeiro afetado pelo preparo do solo e pela lâmina de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v. 3, p. 1746-1748.

MOREIRA, L. A. et al. Irrigação do feijoeiro no sistema plantio direto. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 1999. 31 p (Circular Técnica, 33).

MORREIRA, J. A. A. et al. **Manejo da irrigação para o trigo no sistema plantio direto**. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA, 2004. 8 p. (Comunicado Técnico).

MUÇOUÇA, M. F. S. **Crescimento de bulbos de calla cultivados em substratos em função do nível freático**. 2005. 91 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

NOBREGA, J. Q. et al. Análise do feijão submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, Campina Grande, v. 5, p. 437-443, 2001.

NÓBREGA, J. Q. et al. Avaliação do efeito hídrico no rendimento do feijoeiro por sensoriamento remoto termal. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 299-305, 2004

OLIVEIRA, L. F. C.; NASCIMENTO, J. L.; STONE, F. L. Demanda total de água do feijoeiro nos sistemas de plantio convencional e direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29. 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBEA, 2000. 1 CD-ROM.

PARIZI, A. R. C. **Efeitos de diferentes estratégias de irrigação sob as culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L) na região de Santiago, RS.** 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

PAULA JUNIOR, T. J. de et al. (Coords.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central brasileira.** Viçosa: EPAMIG, 2008. 180.p (Série documentos, n. 42).

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

PELOSO, M. J. D. et al. **BRS Pontal:** nova cultivar de feijoeiro comum, de tipo grão carioca, com alto potencial produtivo. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2005. p. 354-356.

PETRILLI, L. R. T. C. **Doses e modos de aplicação de fósforo na nutrição e produção do feijoeiro cultivar pérola.** 2007. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.;YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro:** fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafós, 1988. p. 125.

QUEIROZ, J. E. et al. Estratégias ótimas de irrigação do feijoeiro: terra como fator limitante da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 1, p. 55-61, 1996.

RAIJ, B. van. et al. **Análise química da fertilidade dos solos tropicais.** Campinas: IAC, 2001, 285 p.

RAIJ, B. van. et al. Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 100, 1997. 285 p. 2 ed. rev. e atual.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. de. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉN, A. (Eds.). **Feijão 2ª edição atualizada e ampliada.** Viçosa: UFV, 2006. p. 415 - 436.

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

SAAD, A. M.; LIBARDI, P. L. **Uso prático do tensiômetro pelo agricultor irrigante**. São Paulo: IPT, 1992. 27 p.

SILVA, M. G. et al. Nitrogen fertilization and soil management of winter common bean crop. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 3, p. 307-12, 2004.

SILVA et al J. G. da. **Ordens de gradagem e sistemas de aração do solo: desempenho operacional, alterações na camada mobilizada e respostas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.)**. 1992. 180 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

SILVA, S. C.; STEINMETZ, S. **Clima**. Santo Antonio de Goiás. Agência de informação EMBRAPA Feijão, 2005. Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4AG01/arvoreAG01_203112002151101.html>. Acesso em: out. 2008.

SILVA, A. A. G.; BARRETO, A. N da. Caracterização do solo e clima: técnicas para um manejo de irrigação otimizada. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A.A.G.; BOLFE, E. L. **A irrigação e drenagem na empresa agrícola**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros; Campina Grande, EMBRAPA Algodão, 2004, p. 13-45.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 74-82, 2004.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central**. Brasília, DF: EMBRAPA, SPI, 1994. 46 p. (Circular Técnica, 27).

SILVEIRA, P. M. et al. Efeitos do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e economicidade do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 2, p. 257-263, 2001.

SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. Respostas do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas e água de irrigação. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Santo Antonio de Goiás, GO, v. 14. p. 63-67, 1990.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Profundidade de amostragem do solo sob plantio direto para avaliação de características químicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 157-62, 2002.

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of the Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 118, p. 977-980, 1992.

SOUZA, C. M. A. de.; QUEIROZ, D. M. de.; CARVALHO PINTO, F. A. de. Colheita de feijão. In VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉN, A, (Eds.). **Feijão 2ª edição atualizada e ampliada**. Viçosa: UFV, 2006. p. 529-572.

STONE, L. F. et al. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 577-582, 2006.

STONE, L. F.; MORREIRA, J. A. A. Efeitos de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 4, p. 835-45, 1999.

STONE, L. F.; MORREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura sob diferentes lamina de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.36, n.3. p.473-83, 2001.

STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigado por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo de água do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, p. 939-954, 1994.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETO, O. M. **Gestão de água no Brasil**. Brasília, DF: Unesco, 2001, 156 p.

VIEIRA, C. **A cultura do feijão**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, 1983. 146 p.

VIEIRA, M. L. **Propriedades físico-hídrico-mecânicas do solo e rendimentos de milho submetidos a diferentes sistemas de manejo**. 2006. 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal)-Faculdade de Agronomia e Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Plantio de aveia preta: área experimento, uso de semeadora mecânica, tendo como objetivo formar palhada, antes do plantio do feijão.



APÊNDICE B – Área experimental: aveia preta em desenvolvimento e florescimento.



APÊNDICE C – Área com preparo do solo para plantio direto e área preparada com arado de disco.



APÊNDICE D – Área experimento após germinação: plantio direto e plantio convencional.



APÊNDICE E – Cultura do feijoeiro: fase vegetativa após primeiro trifólio plantio direto e plantio convencional.



APÊNDICE F – Estande do feijoeiro área: plantio direto e plantio convencional.



APÊNDICE G – Parcelas experimentais: não irrigado e irrigada com sistema gotejo.



ERROR: ioerror
OFFENDING COMMAND: image

STACK: