

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

**INFLUÊNCIA DO MANEJO DE RESÍDUOS VEGETAIS NA
UMIDADE DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO
IRRIGADO POR PIVÔ CENTRAL**

JOÃO VICTOR RIBEIRO DA SILVA DE SOUZA

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

BOTUCATU – SP

Abril de 2015

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

**INFLUÊNCIA DO MANEJO DE RESÍDUOS VEGETAIS NA
UMIDADE DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO
IRRIGADO POR PIVÔ CENTRAL**

JOÃO VICTOR RIBEIRO DA SILVA DE SOUZA

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Cury Saad

Co-orientador: Rodrigo Máximo Sánchez Román

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

BOTUCATU – SP

Abril de 2015

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

S729i Souza, João Victor Ribeiro da Silva de, 1988-
Influência do manejo de resíduos vegetais na umidade do solo e na produtividade do feijoeiro irrigado por pivô central / João Victor Ribeiro da Silva de Souza. - Botucatu : [s.n.], 2015
x, 48 f.: il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015
Orientador: João Carlos Cury Saad
Coorientador: Rodrigo Máximo Sánchez Román
Inclui bibliografia

1. Feijão. 2. Irrigação. 3. Grãos. 4. TDR. I. Saad, João Carlos Cury. II. Sánchez Román, Rodrigo Máximo. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. IV. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

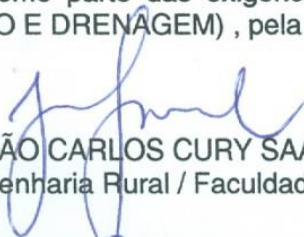
**TÍTULO: "INFLUÊNCIA DO MANEJO DE RESÍDUOS VEGETAIS NA UMIDADE DO SOLO E NA
PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO IRRIGADO POR PIVÔ CENTRAL"**

AUTOR: JOÃO VICTOR RIBEIRO DA SILVA SOUZA

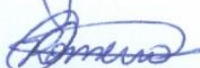
ORIENTADOR: Prof. Dr. JOÃO CARLOS CURY SAAD

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA
(IRRIGAÇÃO E DRENAGEM) , pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOÃO CARLOS CURY SAAD

Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu


Prof. Dr. JÚLIO CÉSAR THOALDO ROMEIRO

Cati - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral


Prof. Dr. MARCELO DE ALMEIDA SILVA

Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu

Data da realização: 25 de maio de 2015.

Aos meus pais Valdir Ângelo Paniguel e Claudia Andreia da Silva Paniguel.

Dedico

Agradecimentos

A Deus por mais esta grande conquista.

Aos meus pais Valdir Angelo Paniguel e Claudia Andreia da Silva Paniguel pela ajuda, apoio e amor incondicional oferecido.

Aos meus avos Fatima Maria da Silva Gardinal e João Tarcísio Gardinal.

Ao Prof. Dr. João Carlos Cury Saad pela paciência, compreensão e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Máximo Sánchez Román pela paciência e ensinamentos.

A Prof. Dra Leonor Rodriguez Sinobas pela orientação.

A Prof. Dra Marcia Sartori pela ajuda e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano pela ajuda e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, especialmente ao Programa de Pós Graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem), pela oportunidade concedida.

Ao Eng. Agrônomo Abel Simões pelos ensinamentos e amizade.

Aos Funcionários da Fazenda Olhos D’água: Rogerio Almeida, Fabricio Almeida e Jessica Lima pela ajuda e pela amizade.

Aos meus amigos Givaldo Dantas Neto, Raimundo Nonato Farias Monteiro, Mariana Alexandre de Limas Sales, Ana Paula Russo Schimidt e Marcos Antonio Liodorio dos Santos pelo companheirismo, sempre que necessário durante a condução do trabalho.

Aos meus amigos Edilson Ramos Gomes, Francisca Franciana Souza Pereira, Joyce Reissler, Claudiane Paes, Élvís da Silva Alves, João Arthur Antonangelo, Vitor Massami Imaizumi, Humberto Eufrade Junior e Ricardo Miya.

A minha namorada Larissa Becker Fioretto pela companhia e cumplicidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

A CAPES que através do projeto 063/2012 do (Ciências Sem Fronteiras) que financiou esta pesquisa.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
ABREVIATURAS	X
RESUMO.....	1
SUMARY.....	2
1 INTRODUÇÃO	4
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1 Feijão.....	6
2.2 Irrigação	8
2.3 Água	10
2.4 Resíduos vegetais na superfície do solo	11
2.5 Teor de água no solo	12
2.6 TDR (Time Domain Reflectometry – Reflectometria no Domínio do Tempo).....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Dados técnicos da área	14
3.2 Sistema de irrigação	15
3.3 Características do solo.....	17
3.4 Incorporação da palha	19
3.5 Adubação.....	20
3.6 Avaliações do teor de água no solo com TDR	21
3.7 Massa de resíduos na superfície do solo	22
3.8 Altura de plantas	23
3.9 Área foliar do feijoeiro.....	23
3.10 Massa de matéria seca	24
3.11 Variáveis analisadas referentes à produção final do feijoeiro	24
3.12 Análises Estatísticas	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Temperatura	26
4.2 Precipitação e Irrigação.....	27
4.3 Massa de matéria seca na superfície do solo.....	28
4.4 Teste de Uniformidade do Sistema	28
4.5 Calibração do TDR.....	31

4.6 Teor de água no solo TDR	32
4.7 Altura das plantas	36
4.8 Área foliar	37
4.9 Massa de Matéria seca.....	38
4.10 Variáveis Analisadas Referentes à Produção Final do Feijoeiro.....	39
5 CONCLUSÃO.....	40
6 REFERÊNCIAS	41

LISTA DE TABELAS

	Paginas
Tabela 1. Dados técnicos do pivô utilizado no experimento.....	15
Tabela 2. Análise física do solo da área experimental.....	17
Tabela 3. Análise química do solo da área experimental	17
Tabela 4. Altura das plantas de feijoeiro em cm em função do manejo de solo.....	37
Tabela 5. Área foliar das plantas de feijoeiro (cm ²) em função do sistema de manejo do solo.....	38
Tabela 6. Massa de matéria seca das plantas de feijoeiro (gramas) em função do sistema de manejo do solo.....	38
Tabela 7. Fatores de produção em função do sistema de manejo do solo.....	39

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Curvas de retenção de água no solo para amostras deformadas e indeformadas de solo.....	18
Figura 2. Incorporação mecânica da palha aleatoriamente em faixas.....	20
Figura 3. Distribuição das repetições na área irrigada pelo pivô e instalação dos sensores.....	21
Figura 4. Calibração do TDR com o solo em colunas de PVC	22
Figura 5. Retirada da palha de milho da superfície do solo no início das leituras de umidade do solo.....	23
Figura 6 .Temperaturas máximas e mínimas (°C) durante o ciclo da cultura	26
Figura 7. Precipitação e irrigação durante o ciclo do feijoeiro.....	28
Figura 8. Teste de uniformidade do sistema de Irrigação pivô central.....	29
Figura 9. Lâmina coletada e Lâmina média aplicada ao longo do pivô central.....	30
Figura 10. Calibração do TDR com a equação de Topp (1980).....	31
Figura 11. Variação da umidade do solo para a cultura do feijoeiro em função dos manejos de solo.....	33
Figura 12. Presença de mofo branco no solo (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) durante a fase reprodutiva do feijoeiro.....	35
Figura 13. Variação da Altura das plantas de feijoeiro ao longo do ciclo.....	37

ABREVIATURAS

TDR = Time Domain Reflectometry

PS = Palha na superfície

PI = Palha incorporada

MS = Massa de matéria seca

AF = Área foliar

DAE = Dias após a emergência

CUC = Coeficiente de uniformidade de Christiansen

Li = Lâmina coletada no ponto “i”, (mm)

Lm = Lâmina média de todas as observações, (mm)

EAp = Eficiência de aplicação potencial

Lmcp = Lâmina média coletada ponderada

La = Lâmina média aplicada

Q = Vazão do pivô

T = Tempo gasto por rotação (h)

A = Área total irrigada (ha)

mca = Metros de coluna de água

Ka = Constante dielétrica

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

RESUMO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) tem grande importância econômica no Brasil, pois além de ser um alimento básico da população brasileira possui alto valor agregado. A instabilidade climática afeta o feijoeiro em quase todas as regiões produtoras do Brasil, provocando grande oscilação na produção nacional e tornando o uso da irrigação muito oportuno. Nesse contexto a umidade do solo tem grande importância no controle da irrigação em que o manejo dos resíduos vegetais sobre a superfície tem efeito na redução da perda de água do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes manejos de resíduos vegetais da superfície do solo (com e sem incorporação) no consumo hídrico do feijoeiro irrigado, bem como avaliar seu desenvolvimento e produtividade. O projeto foi realizado na microbacia do córrego do Boi Branco, inserida nos municípios de Paranapanema e Itaí, na região sudoeste do Estado de São Paulo. O solo predominante na região é o latossolo vermelho muito argiloso. O sistema de irrigação utilizado foi o pivô central e adota-se sistema de cultivo mínimo com conservação da palha na superfície do solo. A incorporação dos resíduos ocorreu aleatoriamente em uma área correspondente ao raio do pivô, com 6 metros de largura. Observou-se ao final que a presença da palha na superfície reduziu a velocidade de secamento do solo nos primeiros 50 dias de cultivo. Os diferentes manejos de solo monitorados na camada de 0 – 20 cm de profundidade apresentaram a mesma retenção de água no solo, porém em intervalos de umidade diferentes, não sugerindo alteração na quantidade de água usada para irrigação e consequentemente não diferindo nas variáveis referentes a produção final do feijoeiro.

Palavras-chave: Feijão, Irrigação, TDR

SUMARY

RESIDUALS MANAGEMENT INFLUENCE OF VEGETABLES ON SOIL MOISTURE AND BEAN IRRIGATION PRODUCTIVITY IN CENTRAL PIVOT. Botucatu, 2015. 48p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: João Victor Ribeiro da Silva de Souza

Adviser: João Carlos Cury Saad

Co-adviser: Rodrigo Máximo Sánchez Román

The beans (*Phaseolus vulgaris* L.) has great economic importance in Brazil, as well as being a staple food of the population has high added value. Climate instability affects the bean in almost all producing regions of Brazil, causing large fluctuation in domestic production and making use of the very timely irrigation. In this context soil moisture is very important in controlling irrigation in the management of crop residues on the surface is effective in reducing soil water loss. The objective of this study was to evaluate the influence of the management of crop residues from the soil surface (with and without incorporation) in the use of irrigation water through the evaluation of soil moisture and evaluate the development and productivity of bean under one irrigation management. The project was conducted in the White Bullock Stream watershed, included in the municipalities of Paranapanema and Itai, in the southwestern region of the State of São Paulo. The predominant soil in the region is very clayey oxisol. The irrigation system used was the central pivot and is adopted minimum tillage system with conservation of straw on

the soil surface. The incorporation of residues occurred randomly in an area corresponding to the pivot radius of 6 meters wide. It was observed that the presence of the end of the straw on the soil surface reduced the drying rate in the first 50 days of cultivation. The different soil management monitored in the layer 0 - 20 cm depth showed the same water retention in the soil, but in different moisture ranges, not suggesting change in the amount of water used for irrigation and consequently no difference in the variables related to production final of beans.

Keywords: bean, irrigation, TDR

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) tem grande importância no território brasileiro, pois está entre os alimentos básicos que compõe a dieta da população. O Brasil já está entre os primeiros colocados em termos de consumo e vem se destacando com relação à produção que ocorre em praticamente todos os estados da nação. O feijão é rico em aminoácidos e proteínas que são essenciais aos seres humanos e seu conteúdo pode variar em função das variedades encontradas no mercado. Destaca-se o feijão tipo carioca como o de maior representação em produção.

O feijão é classificado como planta sensível ao déficit hídrico e pode ter sua produtividade comprometida em áreas em que a distribuição de chuvas é irregular ao longo do ano, tornando a irrigação indispensável para a reposição da água no solo e obtenção de boas produtividades. Nesse contexto a irrigação aparece como meio de se otimizar a produtividade por unidade de área e possibilitar a produção em áreas em que a distribuição pluviométrica se mostra incapaz de sustentar o desenvolvimento da cultura. Dentre os sistemas existentes o pivô central tem se destacado em relação a outros métodos, pois permite a irrigação de médias e grandes áreas de forma autônoma, confiável e eficiente.

Com a possibilidade de se repor a água no solo em grandes áreas, é de extrema importância o correto manejo da água e do solo para garantir que este perca o mínimo de umidade para o ambiente, tornando menor a necessidade de irrigação em um mesmo intervalo de tempo, gerando economia de água, energia, mão-de-obra e recursos para melhor sustentabilidade da produção e, consecutivamente, maiores rendimentos para o produtor.

O aumento no custo da energia, os períodos de seca, a competição pela água por diversos usuários e a crescente preocupação com problemas relacionados com a qualidade da água em conjunto com os fluxos de retorno da irrigação, são algumas das razões para maximizar a eficiência do uso da irrigação no campo.

Em relação à quantificação do teor de água presente no solo esta vem se tornando algo cada vez mais simples e prática. Uma das técnicas mais novas, precisas e que permite automação para coleta de dados são os sensores TDR (*Time Domain Reflectometry*). A técnica da TDR possui boa precisão e não compromete a estrutura do solo.

O manejo de resíduos vegetais sobre a superfície do solo gerados pela cultura anterior tem proporcionado uma redução na perda de água para o ambiente e melhores condições para o desenvolvimento das plantas. A cobertura do solo por restos culturais forma um bolsão de ar que resulta na menor evaporação da água do solo, reduz a incidência direta dos raios solares, reduz a amplitude térmica do solo e ajuda na manutenção da matéria orgânica.

O conhecimento da influência gerada pela incorporação de resíduos vegetais em relação à umidade do solo na cultura do feijoeiro, quando irrigado por pivô central, é de extrema importância uma vez que aborda um sistema de irrigação que utiliza grandes quantidades de água e toda ação que alavanque a otimização do seu uso promove uma diferença significativa na utilização dos recursos hídricos disponíveis, com vantagens econômicas, ambientais e sociais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do manejo de resíduos vegetais da superfície do solo (com e sem incorporação) no uso da água de irrigação, bem como no desenvolvimento e na produtividade do feijoeiro comum.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Feijão

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tem grande importância na alimentação da população do Brasil. O feijão é um alimento básico e ajuda na renda de produtores se destacando no cenário econômico e social do nosso país. Seu consumo se dá em todo o território brasileiro com destaque para a região nordeste (SILVA et al., 2008).

Em relação às suas características nutricionais o feijão tem em sua composição todos os aminoácidos considerados como essenciais; com altos teores de lisina, porém limitado em aminoácidos sulfurados como a metionina e cisteína (FONSECA MARQUES e BORA, 2000; PIRES et al., 2006; CARVALHO et al., 2012). Em feijões do tipo crioulo os teores de proteína podem alcançar até 35,2% (SANTALLA et al., 2004), e em feijões comerciais podem atingir até 28,7% (SATHE, 2002). Estima-se que o feijão esteja em terceiro lugar em relação ao consumo de energia pela população brasileira contribuindo com 11,2% das calorias absorvidas diariamente (SOARES, 1996).

Nos últimos anos o Brasil tem sido o principal produtor e consumidor mundial de feijão (FAO, 2010). Entre os vários tipos de grãos do feijoeiro-comum, o tipo carioca se destaca no território brasileiro e representa cerca de 70% da demanda pelos consumidores (DEL PELOSO e MELO, 2005; PEREIRA et al., 2009). A ingestão anual de feijão pela população brasileira entre 2008 e 2010 foi em torno de 17 kg (WANDER e CHAVES, 2011).

Nos Estados Unidos e México as produtividades médias estão em torno de 1.400 Kg ha⁻¹, ainda que superior à do Brasil esta está evoluindo e é evidenciada com aumento da produtividade média alcançada ao passar dos anos. Era de 500 Kg ha⁻¹ na década de 70 e 900 Kg ha⁻¹ nos anos 2000 IBGE (2011). O Brasil se destaca como maior produtor mundial com 17,3% da produção, seguido pela Índia com 16,4%, Myanmar 9,6%, China 6,7%, Estados Unidos da América 6,3 e México com 5,4%. (FAO, 2009).

No Brasil, o cultivo do feijoeiro comum esta presente em quase toda a extensão do território nacional, em várias épocas de semeadura, o que o expõe a uma grande diversidade climática (DIDONET, 2005; GUIMARAES et al., 2011). Destaca-se como a maior região produtora o Sul com 33,9% da produção, Nordeste 24%, o Sudeste 25,2%, Centro-Oeste 13,3% e Norte 3,6% (CONAB, 2010).

A instabilidade climática com períodos extremos de excedente e déficit de chuvas, afeta o feijoeiro em quase todas as regiões produtoras brasileiras. Por se tratar de uma cultura sensível à deficiência hídrica ocorre grande oscilação na produção nacional de feijão, sendo que em regiões onde as precipitações pluviais ocorrem com distribuição irregular o uso de irrigação é indispensável (GUIMARÃES et al., 1996a).

Acredita-se que aproximadamente 60% da produção mundial de feijão provêm de regiões com deficiência hídrica, o que a torna a segunda maior causa de queda de produtividade da cultura (SINGH, 1995). Segundo Fancelli e Dourado Neto (1991) e Guimarães (1996b) a ocorrência de déficit hídrico poderá paralisar o desenvolvimento foliar da cultura, tendo dessa maneira efeito indireto no rendimento de grãos, pela redução da área foliar fotossinteticamente ativa presente na planta. Essa queda na produtividade se mostra importante, pois uma supressão de água em diferentes fases chega a reduzir a produtividade ao redor de 20% (MIORINI et al. 2011). Assim, o uso da irrigação é indispensável podendo gerar uma taxa de retorno em torno de 70% superiores em termos econômicos (SILVEIRA et al., 2001).

O feijoeiro é classificado como planta sensível às variações no teor de água no solo, sendo afetado com períodos de deficiência e excesso hídrico (SILVEIRA e STONE, 2004). O fator água na produção da cultura influencia as variáveis altura da planta, índice de área foliar, produtividade, número de grãos por vagem e número de vagens por planta, alcançando valores superiores em plantas que receberam quantias de água maiores (MONTEIRO et al., 2010). No feijoeiro comum a variável referente à

produção mais sensível ao estresse hídrico foi o número de vagens por plantas (GUIMARÃES et al., 2011; MIORINI et al., 2011).

O feijoeiro é cultivado em três épocas de cultivo, safra das águas, safra das secas e safra de inverno (No cultivo de inverno o uso de grande tecnologia pelos agricultores com o artifício da irrigação chega a alcançar uma produção de três a cinco vezes superior a outras épocas de cultivo. (SILVEIRA et al. 2001).

Boa parte do sistema radicular do feijoeiro se concentra nas camadas mais superficiais do solo ocasionando assim a alta susceptibilidade da cultura ao estresse hídrico e por isso a importância da boa distribuição das chuvas e o correto uso da irrigação para o bom desenvolvimento das plantas (CARLESSO et al., 2007).

2.2 Irrigação

A irrigação é uma técnica que possibilita maior e melhor produção por unidade de área, porém sua utilização deve ser racional, uma vez que faz uso de um recurso natural que tem assumido cada vez maior importância em razão de sua iminente escassez, que é a água. Entre os tipos de estresses abióticos existentes, a deficiência hídrica se destaca pela amplitude de ocorrência e redução da produtividade (MUÑOZ-PEREA et al., 2006). A disponibilidade de água é geralmente o fator mais importante limitando o desenvolvimento da agricultura em regiões áridas e semiáridas (BOZKURT e MANSUROLU, 2011). O déficit hídrico afeta o crescimento e desenvolvimento que por consequência limitam o rendimento da cultura (MAÑAS e VALERO, 1993).

O aumento da produtividade agrícola com uso da irrigação é comprovado quando se analisam os dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2000), que apenas uma em cada seis áreas cultivadas no mundo são irrigadas e estas compreendem por mais de 40% da produção de alimentos.

Em tomate para consumo in natura, o correto uso da irrigação reduz os problemas como surgimento de fissuras bem como favorece um aumento no tamanho dos frutos (PUIUPOL et al., 1996 e PASCUAL et al., 2000). Na cultura do melão o emprego da irrigação promove a melhoria na qualidade do produto bem como incremento em açúcares e número de frutos comercializáveis na lavoura, graças à obtenção de frutos maiores e de maior presença no comércio (FERNANDES e TESTEZLAF, 2002).

No café foi possível observar um acréscimo de 119% com o uso da irrigação (LIMA et al., 2008) e em girassol o incremento na produção pode chegar a 48% (GOMES et al. 2005). Em cana-de-açúcar se comparadas às pesquisas envolvendo os cultivos com e sem o artifício da irrigação fica evidente o aumento da produtividade em áreas irrigadas (ELLIS e LANKFORD, 1990; MATIOLI et al., 1998; LEIVA e BARRANTES, 1998; DIAS et al., 1999; DALRI e CRUZ, 2002).

Assim as vantagens do uso da irrigação se mostram importantes possibilitando a produção de sementes de melhor qualidade, disponibilização do produto em diferentes épocas do ano e, portanto obtendo melhores ofertas de preços no mercado e consequentemente facilidade de obtenção de mão-de-obra (STONE e MOREIRA, 1986).

No caso da irrigação por aspersão, esta tem como fundamento a aplicação da água na superfície do solo ou diretamente na área foliar da cultura através do fracionamento do jato de água formando inúmeras gotas que se dispersam no ar e assim promovem a aplicação da água na cultura artificialmente simulando uma chuva. Dentro do grupo que compõe a irrigação por aspersão se destacam os sistemas convencional, pivô central, autopropelido e linear (RAMOS e MANTOVANI, 1994).

Criado nos Estados Unidos em 1952, o pivô central é constituído por uma estrutura piramidal metálica da qual parte uma linha lateral de aspersores montados nesta estrutura a qual é movida por rodas que giram em torno deste formando geralmente uma área circular. Atualmente é o sistema de irrigação mais automatizado presente na agricultura e possui boa eficiência no uso da água bem como redução de mão-de-obra para executar as operações necessárias para o seu funcionamento (RAMOS e MANTOVANI, 1994).

Dos sistemas de irrigação presentes na agricultura o pivô central está entre os mais utilizados, sendo que nos Estados Unidos mais da metade das terras irrigadas por aspersão são irrigadas por equipamentos deste tipo (KELLER e BLIESNER, 1990).

Em se tratando da irrigação por aspersão, a formação de gotas pelo fracionamento do jato de água afeta diretamente o resultado final, pois com diâmetros maiores essas possuem alta energia cinética e ao atingirem o solo podem alterar a estrutura promovendo o selamento superficial o que influi na infiltração da água no solo, enquanto que com a formação de gotas com diâmetros menores que o recomendado estas podem ser

arrastadas pelo vento aumentando a evapotranspiração bem como alterando a deposição dessas no solo (TARJUELO MARTÍN-BENITO, 1995).

2.3 Água

Aproximadamente 8% da água potável disponível do planeta está em território brasileiro, concentrando 18% do potencial de água em superfície presente no mundo (MAIA NETO, 1997). Contudo a distribuição da água no Brasil é extremamente irregular se concentrando na (Amazônia) região norte do país onde se encontra com cerca de 80% da água disponível e em escassez em outras áreas como no nordeste com 3,3% e nas regiões restantes com 16,7% (PROJETO ÁGUA, 1998).

A água desempenha influência crucial na qualidade de vida das populações. É um recurso indispensável para a sobrevivência de todas as espécies. Entretanto ha um risco de escassez de água com qualidade que compromete o bem estar de vida das gerações futuras, pois o modo como os recursos hídricos são usados e gerenciados tem promovido problemas ambientais significantes (FERREIRA e CUNHA, 2005).

No caso da agricultura, a água merece destaque ainda maior, uma vez que pode ser considerada, em nível mundial, o grande consumidor de água doce. Cerca de 70% da água usada no mundo vem de mananciais para o uso na agricultura e no Brasil cerca de 55% da água utilizada é perdida por ineficiência no manejo deste recurso (FAO, 2013).

O aumento no custo da energia, os períodos de seca, a competição pela água por diversos usuários, e a crescente preocupação com problemas relacionados com a qualidade da água em conjunto com os fluxos de retorno da irrigação são algumas das razões para maximizar a eficiência do uso da irrigação no campo. Infelizmente, na gestão dos sistemas de irrigação, mesmo se todos os outros fatores fossem conhecidos precisamente, ainda assim a água não poderia ser aplicada de maneira uniforme no campo com os sistemas de irrigação existentes. Portanto, ao se irrigar, devem-se considerar as vantagens e desvantagens entre a aplicação de água suficiente para suprir adequadamente toda a área ou a aplicação de menos água em algumas áreas permitindo que elas sejam irrigadas de forma deficiente (WALKER, 1979).

2.4 Resíduos vegetais na superfície do solo

Os resíduos vegetais atuam diretamente no teor de água presente no solo. Em cana-de-açúcar em que a camada de palha sobre a superfície do solo é espessa foi observado que na camada de solo de 0-20 cm de profundidade ocorreu uma redução nas perdas de água praticamente à metade daquela verificada na condição de solo descoberto. Com o aumento da profundidade do solo a palha passa a ter menor influência em relação a umidade volumétrica, assim na condição sem palha a perda de água aconteceu praticamente por evaporação enquanto que com palha esta ocorreu predominantemente por percolação profunda (PERES et al. 2010).

Stone et al. (2006) observaram que a presença de palha na superfície do solo reduziu as perdas de água por evapotranspiração no feijoeiro, tendo efeito sobre o manejo da irrigação reduzindo sua frequência, principalmente no início do desenvolvimento da cultura em que o dossel ainda não cobre o solo totalmente.

Segundo Fidalski et al. (2010), a presença de cobertura morta na superfície do solo teve efeitos positivos no conteúdo de água na camada mais superficial em um solo de textura arenosa (0-20 cm), bem como em subsuperfície (20- 40 cm) em solos de textura média.

Assim, a presença de restos vegetais sobre a superfície do solo é uma boa alternativa no manejo do teor de água no solo uma vez que esta apresenta certo armazenamento de ar que permanece relativamente parado dentro da camada de palha formando uma espécie de camada isolante ao fluxo hídrico (LEMON, 1956).

Aase e Tanaka (1987) mediram o processo de evaporação em função da quantidade de resíduos na superfície do solo, utilizando lisímetros de pesagem; não observaram diferenças acumuladas no teor de água no solo em longo prazo, o que sugere que o efeito da palha sobre a superfície ocorra em curto prazo no início da secagem do solo. Dalmago et al. (2010) observaram que em plantio convencional a evaporação da água do solo foi superior ao sistema de plantio direto após irrigações.

Outros fatores de destaque na presença de resíduos vegetais na superfície do solo é a proteção contra o escoamento superficial reduzindo a perda de solo por erosão (AMARAL et al., 2008) e aumento na matéria orgânica (LEITE et al., 2003). Segundo Amaral et al. (2013), o efeito da palhada concomitante a boas práticas de manejo

que influenciem nas características físicas superficiais e subsuperficiais do solo pode controlar a erosão hídrica pluvial.

2.5 Teor de água no solo

A presença da água no solo é indispensável para o pleno crescimento e desenvolvimento das plantas. Segundo Syperreck et al. (2008), o uso de metodologias que quantifiquem a água no uso agrícola se tornou necessário, uma vez que vem se tornando mais escassa tanto para a irrigação como para o uso urbano.

A água no solo fica retida entre seus poros de modo que estes devem possuir tanto ar quanto água em equilíbrio para o desenvolvimento ideal da cultura. A água fica retida no complexo poroso do solo em dois processos: o primeiro se refere aos microporos e envolve o fenômeno da capilaridade, o segundo se refere a adsorção da água na superfície dos sólidos (LIBARDI, 2005).

Atualmente a quantificação da água presente no solo deixou de ser algo demorado e tedioso uma vez que os novos métodos incluem aquisição de dados automatizados (EVETT et al., 2002). Com o desenvolvimento da tecnologia, a gestão e o controle da irrigação têm se tornado cada vez mais fácil e ampla, uma vez que os dados podem ser obtidos automaticamente e em intervalos frequentes auxiliando nas verificações e no gerenciamento da irrigação (GOLDHAMER et al., 1999).

Existem vários tipos de sensores disponíveis no mercado, alguns baseados em impedância, capacitância e transmissão em domínio de tempo, estes são capazes de fazer leituras contínuas e em tempo real, auxiliando nas tomadas de decisão o que torna preciso o manejo da irrigação (STARR e PALTINEANU, 2002).

As principais técnicas utilizadas no manejo de água nos solos englobam vários métodos, os gravimétricos, tensiômetro, eletrométricos, sonda de nêutrons e TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo), os quais são os mais comuns na prática da irrigação (BERNARDO et al., 2006).

2.6 TDR (Time Domain Reflectometry – Reflectometria no Domínio do Tempo)

A técnica da TDR (Time Domain Reflectometry - Reflectometria no Domínio do Tempo) consiste em um método não destrutivo, rápido e que possibilita a automação da aquisição dos dados do teor de água no solo por longos períodos de tempo. Essa técnica vem se destacando em relação às demais e envolve a medida da constante dielétrica do solo obtido através da introdução de hastes de aço inoxidável no solo que emitem um pulso eletromagnético. Como a medida do tempo decorrido é proporcional à constante dielétrica do solo e varia unicamente com o conteúdo de água neste, determina-se assim o teor de água presente no solo. Em função do seu alto custo e da complexidade que envolve seu uso é um método utilizado principalmente em trabalhos de pesquisa (MANTOVANI et al., 2009; SONCELA et al., 2013).

A nível de pesquisa vários autores vem trabalhando com o TDR afim de avaliar a umidade do solo em diversas culturas como feijão (LIMA et al., 2006; COLLARES et al., 2008), soja (RIBOLDI et al., 2013), milho (ANDRADE, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Dados técnicos da área

O experimento foi conduzido em uma área pertencente à fazenda Olhos D'água, na microbacia do córrego do Boi Branco, situada na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Alto Paranapanema (UGRHI 14) na sub-bacia 8 com as coordenadas geográficas de Latitude: 26°90'90" S a 27°03'56" S e Longitude: 54°44'27" W a 54°35'612" W. Esta sub-bacia está inserida nos municípios de Paranapanema e Itaí, localizando-se na região sudoeste do Estado de São Paulo. A área irrigada utilizada no trabalho possui 20 ha e o solo predominante é o Latossolo Vermelho Escuro Álico de textura muito argilosa. Na região de acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, caracterizado como clima temperado úmido, apresentando inverno seco e chuvas no verão.

A fazenda possui irrigação por pivô central e como manejo de solo o sistema de cultivo mínimo com manejo da palha na superfície. Foi feita a incorporação da palhada remanescente no solo em partes da área para a realização desta pesquisa. O pivô utilizado teve como cultura anterior milho que foi colhido entre os dias 08 e 10 de julho de 2014. A semeadura do feijão ocorreu no dia 22 de agosto de 2014. O cultivar semeado foi o Estilo com deposição de 10 sementes por metro linear e espaçamento entre linhas de 0,45 metros. A germinação ocorreu cinco dias após a semeadura e o estande final foi de oito plantas por metro.

O experimento consistiu na análise da umidade do solo, em uma área irrigadas por pivô central com presença de resíduos vegetais provenientes da cultura

anterior. Para obter os diferentes manejos de solo (com e sem incorporação dos resíduos vegetais) foi realizada a incorporação da palhada em duas faixas ao longo do raio do pivô alternando aleatoriamente os pontos de incorporação em cada faixa.

O teor de água no solo foi monitorado na camada de 0 - 20 cm, em 14 repetições para cada manejo de solo. Foram delimitadas 28 parcelas experimentais e cada parcela teve dimensão de 5 x 6 totalizando 30 m² com 11 linhas de semeadura espaçadas em 0,45 metros. A quantificação da umidade do solo foi feita através da técnica da TDR. Os sensores foram instalados verticalmente no solo.

3.2 Sistema de irrigação

O pivô central utilizado é rebocável e possui comprimento de 361,75 m dispostos em 7 torres mais o canhão. O pivô trabalha de forma setorizada a 180 graus na área em que atua e foi adquirido no ano de 2011. É da marca LINDSAY, modelo ZIMMATIC, produzido em Campinas/SP, de baixa pressão, feito em aço galvanizado, possui reguladores de pressão e está equipado com emissores e pendurais estando em situação de relevo com pouca variação, dados técnicos do pivô central estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados técnicos do pivô utilizado no experimento.

Vazão	260	m ³ h ⁻¹
Comprimento total até a ultima torre	361,75	m
Comprimento do lance em balanço	20,11	m
Comprimento total do equipamento	381,86	m
Alcance efetivo do canhao final	26,00	m
Raio efetivo area irrigada	407,86	m
Tempo maximo de operação diaria	21	h
Tempo minimo para 1 volta a 100%	8,48	h
Velocidade da ultima torre a 100%	268	m h ⁻¹
Altura maximada estrutura do pivô	4,60	m
Lamina bruta minima para 1 volta a 100%	4,22	mm

Area circular irrigada (360°)	52,26	ha
Desnível do ponto do pivô até o ponto mais alto	12,00	m
Perda de carga no tubo pivô	15,28	mca
Pressão no final da tubulação do pivô	18,17	mca
Pressão na entrada do pivô	50,05	mca
Desnível motobomba ao centro do pivô	54,00	m
Perda de carga na adutora	36,36	mca

Foram aferidas as características de projeto do pivô como lâmina média e tempo máximo de operação diária bem como as características do conjunto motobomba, tais como a potência, velocidade de rotação, vazão e altura manométrica total.

As avaliações de uniformidade do sistema foram feitas com pluviômetros de acordo com as normas ABNT-NBR 14244 (ABNT 1988) com avaliação de dois raios (com 3° entre eles) a partir do centro afastados entre si em 5 metros e uso do CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em percentagem) de acordo com Bernardo et al. (2006) (Equação 1).

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

em que, CUC – coeficiente de uniformidade, %

N - número de coletores

L_i – lâmina coletada no ponto “i”, mm

L_m – lâmina média de todas as observações, mm

Foi feita a determinação da eficiência de aplicação em potencial (EAp) de acordo com o descrito por Bernardo et al. (2006) (Equação 2).

$$EAp = \frac{Lmcp}{La} * 100 \quad (2)$$

em que, EAp - eficiência de aplicação em potencial, %

Lmcp – lamina média coletada ponderada, mm

La – lamina média aplicada determina pela, (Equação 3) em mm:

$$La = \frac{Q * T}{10 * A} (mm) \quad (3)$$

em que, Q – vazão do pivô ($m^3 h^{-1}$)

T – tempo gasto por rotação (h)

A – área total irrigada (ha)

3.3 Características do solo

Com relação ao solo foram analisados seus atributos físicos no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA)/UNESP, Botucatu-SP, com a metodologia proposta pela Embrapa (1997), conforme Tabela 2.

Tabela 2. Análise física do solo da área experimental.

Camada	Areia ($g\ kg^{-1}$)	Argila ($g\ kg^{-1}$)	Silte ($g\ kg^{-1}$)	Textura do Solo
0 - 20	89	652	259	Muito Argiloso
20 – 40	89	685	226	Muito Argiloso

A análise química do solo foi realizada de acordo com Raij et al., (2001) no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA)/UNESP, Botucatu-SP (Tabela 3).

Tabela 3. Análise química do solo da área experimental.

Camada	pH CaCl ₂	M.O. $g\ dm^{-3}$	P _{resina} $mg\ dm^{-3}$	H+Al -----	K mmol _c dm^{-3}	Ca -----	Mg -----	SB -----	CTC	V%
0 - 20	5,3	40	77	35	4,4	59	15	78	113	69

M.O, Matéria orgânica; P_{resina}, Fosforo em resina; SB, Soma de bases; CTC, Capacidade de troca catiônica, V%, Saturação de bases.

Foram feitas duas curvas de retenção da água no solo, uma com amostras indeformadas para representar o solo estruturado nas áreas com a palha na superfície e outra com amostras indeformadas para representar a áreas em que houve desestruturação do solo para a incorporação da palhada. As curvas de retenção da água no solo foram feitas com as médias de 20 amostras indeformadas e 20 amostras deformadas, sendo que as indeformadas foram feitas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Recursos Naturais / Ciência do Solo da UNESP-FCA, Botucatu-SP e as deformadas no Laboratório de Água no Solo do Departamento de Engenharia Rural da UNESP-FCA, Botucatu-SP. Ambas as curvas obtidas foram ajustadas pelo software Soil Water Retention Curve SWRC (Dourado-Neto et al., 2000) (Figura 1).

A partir das amostras indeformadas foram obtidas a densidade do solo, que foi de $1,19 \text{ g cm}^{-3}$, e a porosidade total de 55%.

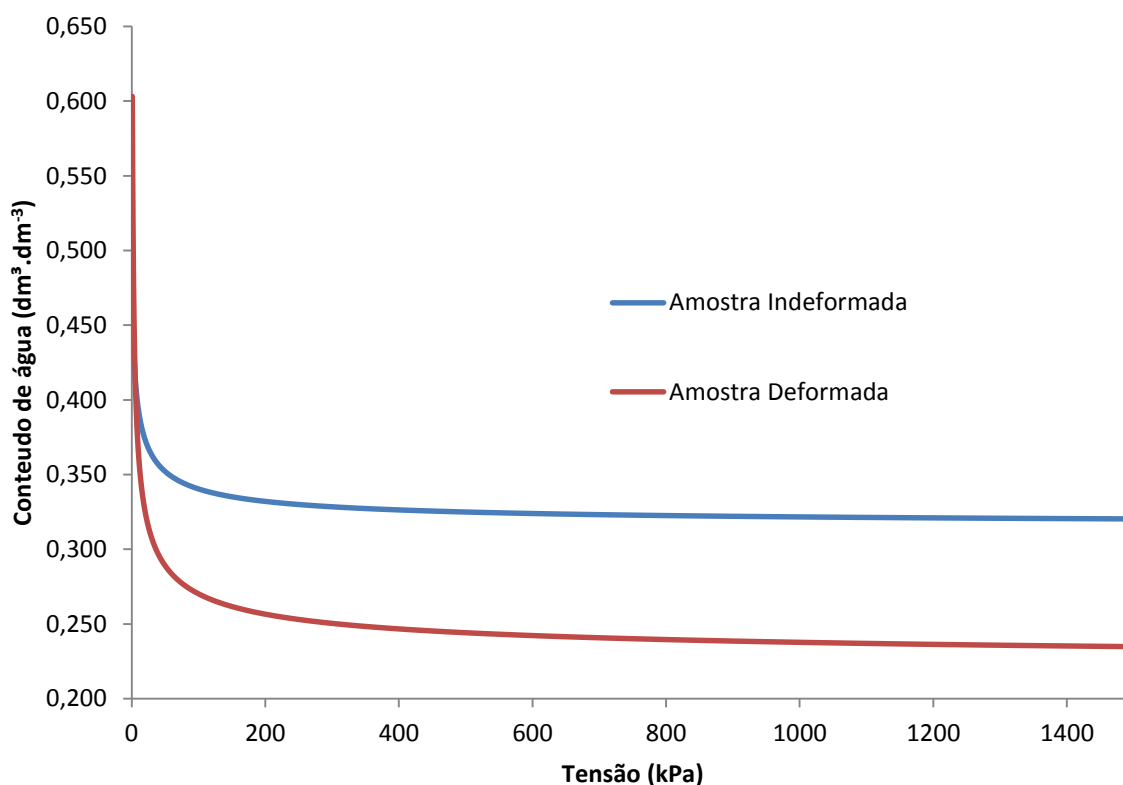


Figura 1. Curvas de retenção de água no solo para amostras deformadas e indeformadas de solo

3.4 Incorporação da palha

A área analisada possuía sistema de cultivo mínimo com conservação da palha na superfície do solo. Foram demarcadas duas faixas paralelas de comprimento correspondente ao comprimento total do pivô e largura de seis metros, em dois locais da área partindo do ponto pivô. As faixas foram divididas em setores, com comprimento equivalente a distância entre as torres do pivô, ou seja, 7 setores com aproximadamente 50 metros cada.

A incorporação dos resíduos vegetais ocorreu ao longo das duas faixas de forma aleatória, de maneira que dentro de um mesmo setor se em uma faixa a palha foi incorporada, automaticamente na outra faixa a palha foi mantida na superfície.

Para a incorporação da palha foi feito o uso de grade intermediária com discos de 28 polegadas a uma profundidade de 17 centímetros e posteriormente da grade niveladora para redução dos torrões presentes na superfície e sistematização do terreno. Cada ida e volta da grade intermediária compreendeu a uma passada sendo que na área foram efetuadas cinco passadas para a incorporação completa da palha (Figura 2) e uma passada da grade niveladora. A incorporação ocorreu 22 dias antes do plantio.



Figura 2. Incorporação mecânica da palha aleatoriamente em faixas.

3.5 Adubação

A adubação de base foi feita durante o plantio com 240 kg ha^{-1} do formulado 10-50-00 [MAP - $(\text{NH}_4) \text{H}_2\text{PO}_4$].

Foram feitas duas adubações de cobertura, ambas via fertirrigação, sendo que a primeira ocorreu 17 DAE (Dias Após a Emergência) em que foi aplicado 135 kg ha^{-1} de ureia e a segunda 35 DAE com mais 140 kg ha^{-1} de ureia.

3.6 Avaliações do teor de água no solo com TDR

Os sensores do TDR foram confeccionados na FCA/UNESP-Botucatu de acordo com a metodologia proposta por Elaiuy et al. (2009). Posteriormente, foram instalados sensores com haste de 20 cm de comprimento verticalmente no solo, com 14 sensores para cada sistema de manejo do solo (com e sem incorporação dos restos vegetais) totalizando 28 sensores. As leituras ocorreram uma vez por dia, às 8 horas da manhã. Os sensores foram instalados na vertical a fim de se avaliar o teor de água no perfil do solo (Figura 3).

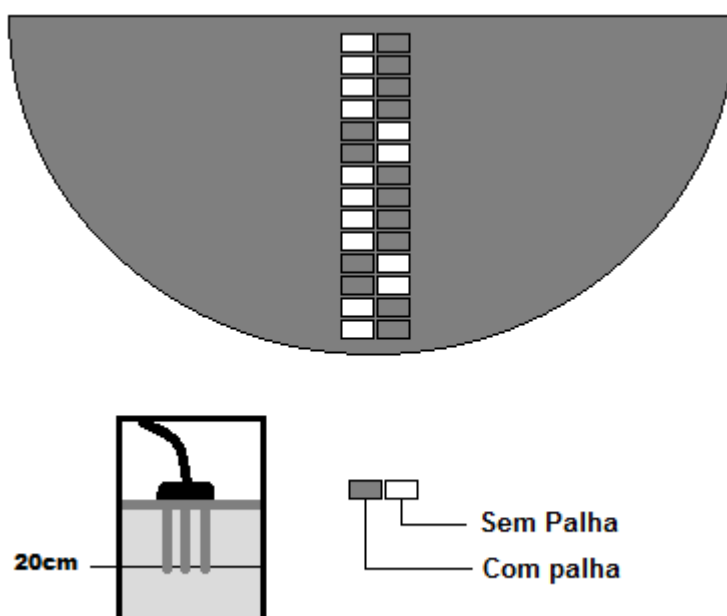


Figura 3. Distribuição das repetições na área irrigada pelo pivô e instalação dos sensores.

O aparelho TDR utilizado foi o (TDR 100, Campbell Scientific, Logan, Uta, EUA). A calibração do aparelho TDR em relação ao teor de umidade do solo foi feito em duas colunas de PVC de 25 cm de comprimento que foram completadas com solo proveniente do local da pesquisa. Após a saturação com água fez-se a inserção do sensor no solo e este pesado diariamente para avaliar a perda de água ao mesmo tempo em que se fez a leitura da constante dielétrica do solo (K_a) com o TDR 100 para obtenção da curva de calibração do aparelho (Figura 4).



Figura 4. Calibração da TDR com o solo em colunas de PVC.

3.7 Massa de resíduos na superfície do solo

A quantificação da massa de resíduos presentes na área ocorreu aos 15 DAE (Dias após a emergência) utilizando um quadro com dimensão de 0,50 x 0,50 m que foi colocado ao lado de cada repetição e feita a coleta da palha, estas foram colocadas em sacos de papel individuais. Posteriormente os sacos com a palha foram colocados em

estufa de circulação de ar a 65°C por cinco dias para a completa retirada da umidade e posterior pesagem em balança de precisão (Figura 5).



Figura 5. Retirada da palha de milho da superfície do solo no início das leituras de umidade do solo.

3.8 Altura de plantas

Para obtenção da altura das plantas do feijoeiro foi utilizada uma régua graduada e a medida foi a diferença entre a base da planta rente ao solo até o ápice. Para cada data de coleta foram utilizadas três plantas em sequência, sempre na segunda linha de semeadura a partir da extremidade da área útil. A avaliação ocorreu quinzenalmente a partir do 20º dia após emergência.

3.9 Área foliar do feijoeiro

Para avaliação da área foliar foram utilizadas as mesmas três plantas coletadas para a realização da altura. Estas tiveram suas folhas retiradas para mensuração pelo aparelho Li-Cor®, modelo Li 3100.

3.10 Massa de matéria seca

Para a avaliação da massa de matéria seca foram utilizadas as mesmas três plantas coletadas para a realização da altura e área foliar. Estas ao final foram colocadas em sacos de papel individuais e em estufa a 65 °C por três dias e posteriormente pesadas.

3.11 Variáveis analisadas referentes à produção final do feijoeiro

A coleta das plantas para a determinação das variáveis referentes a produção final do feijoeiro ocorreu aos 86 DAE na qual foram obtidos:

a) Número total de vagens: determinou-se a média do número de vagens em 10 plantas em sequência na linha central de semeadura de cada área útil do experimento;

b) Tamanho médio das vagens: determinação feita nas 10 plantas utilizadas para o cálculo do número de vagens, sendo as mensurações realizadas com uma régua graduada em milímetros e um barbante;

c) Número médio de grãos por vagem: utilizando as 10 plantas retiradas para a determinação do número de vagens;

d) Número de grãos por planta: determinou-se a média do número de grãos nas plantas coletadas para o número de vagens;

e) Produtividade em quilogramas por hectare obtida através da massa de grãos a 13% de umidade utilizando as mesmas 10 plantas coletadas para o número de vagens.

3.12 Análises Estatísticas

Delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos sendo um (PS – Palha na superfície) e o outro (PI – Palha incorporada) com 14 repetições cada totalizando 28 parcelas com 30 m² cada. Os dados foram avaliados pelo test “t” Student, considerou significativo $p < 0,05$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura

Durante o período de condução da cultura em campo, a temperatura variou marcando máximas de 38°C e mínimas de 9°C (Figura 6). A temperatura média durante o período foi de 22,6 °C.

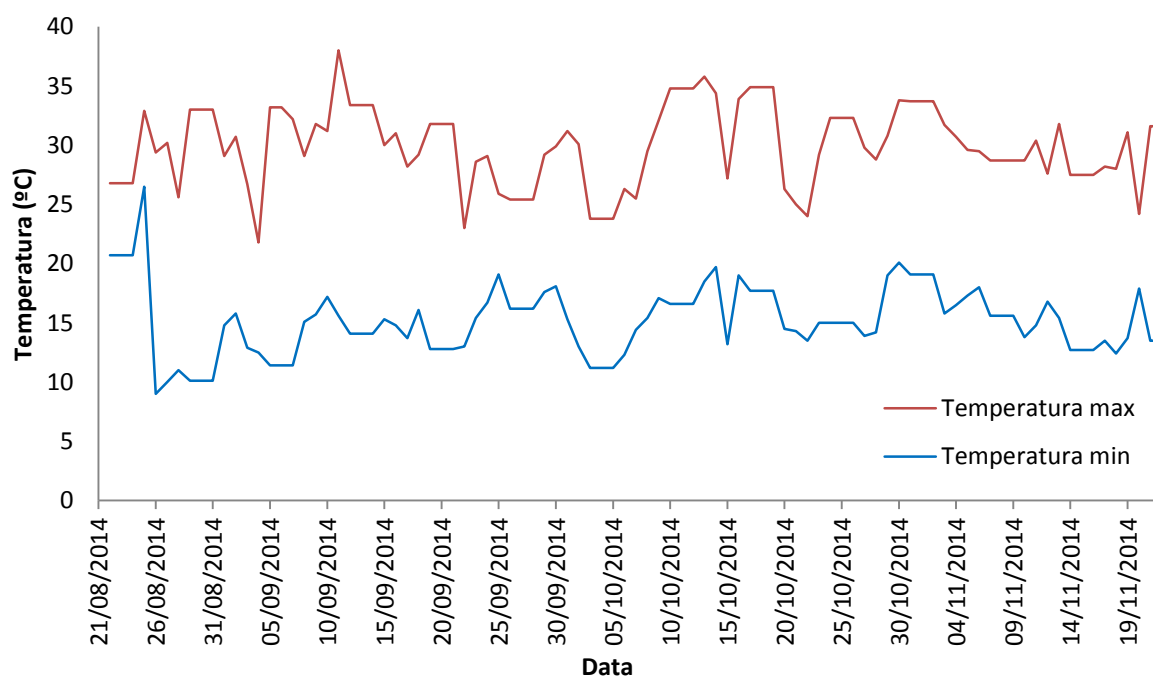


Figura 6. Temperaturas máximas e mínimas (°C) durante o ciclo da cultura.

Geralmente o feijoeiro é conduzido em campo a uma temperatura que pode variar de 10 a 35°C (MARIOT, 1989). De acordo com Massingnam et al. (1998) temperaturas superiores a 32°C pode acarretar perdas na produtividade. Neste trabalho em questão foi possível observar que a temperatura média ficou dentro do ideal com apenas picos de altas temperaturas em dias específicos não gerando portanto maiores problemas durante a condução da cultura. De acordo com Barbano et al., (2001), os efeitos da temperatura são mais severos em função do número de dias consecutivos sob altas temperaturas.

4.2 Precipitação e Irrigação

No período de condução do trabalho em campo da semeadura até a colheita, a distribuição pluviométrica se mostrou irregular com chuvas concentradas e longos períodos de escassez hídrica. No histórico de chuvas da fazenda, registrado diariamente de 2010 a 2013, a cultura do feijoeiro recebeu, em média para o mesmo período, 400 mm de chuva durante o ciclo, sendo a irrigação apenas complementar. No período do trabalho em questão o regime pluviométrico foi de 249 mm, sendo assim um ano atípico no qual a irrigação foi indispensável e exigida ao máximo em termos operacionais para suprir as necessidades da cultura. A distribuição e o volume de água aplicado por irrigação estão demonstrados na figura 7.

Durante o período do trabalho o total irrigado com o pivô central foi de 146 milímetros. Foi utilizado como critério de manejo de irrigação o usual praticado pelo produtor e fundamentado no uso de uma lamina fixa de 16 mm por aplicação.

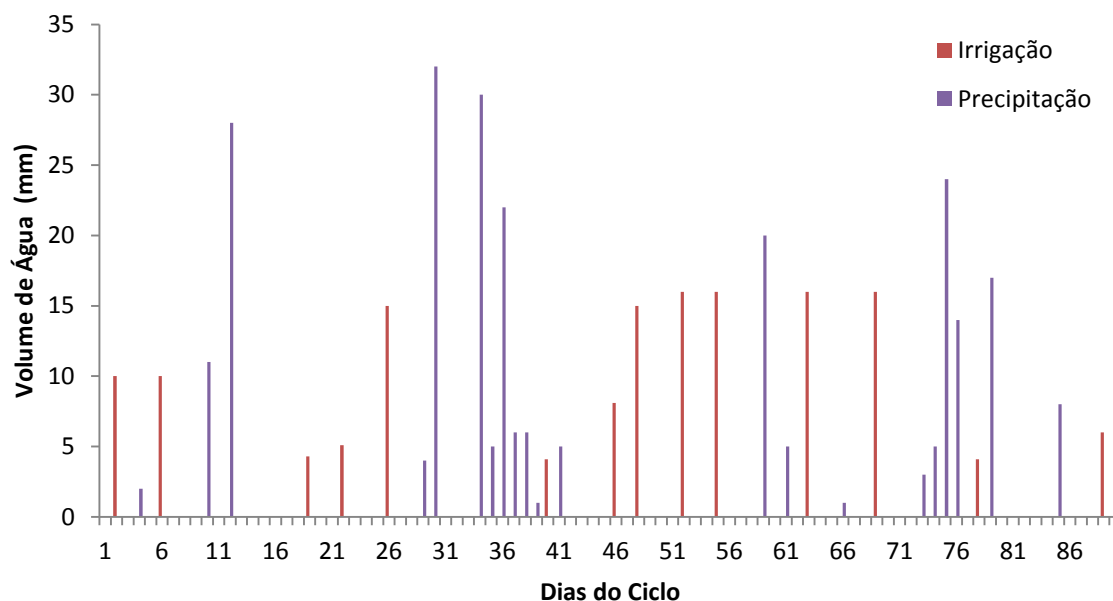


Figura 7. Precipitação e irrigação durante o ciclo do feijoeiro

4.3 Massa de matéria seca na superfície do solo

Em média se recomenda que a massa de matéria seca proveniente da cultura anterior presente na superfície do solo seja de no mínimo 6000 kg ha⁻¹ afim de se reduzir a erosão e melhorar o solo (CRUZ et al., 2011); neste trabalho a palha na superfície foi de 7000 kg ha⁻¹. Nos locais onde houve a incorporação da massa de matéria seca foi definida como nula.

4.4 Teste de Uniformidade do Sistema

Durante a realização do teste de uniformidade do sistema (Figura 8) o percentímetro que regula a velocidade do pivô estava em 100%, a velocidade média do vento estava em 1,2 km h⁻¹ com rajadas de 4 km h⁻¹ e temperatura do ar em 30,6 °C.



Figura 8. Teste de uniformidade do sistema de Irrigação pivô central.

O pivô central se mostrou em boas condições de serviço apresentando CUC de 85%, com lâmina média ponderada de 4,25 milímetros e eficiência de aplicação (EAp) de 83,2% (Figura 9).

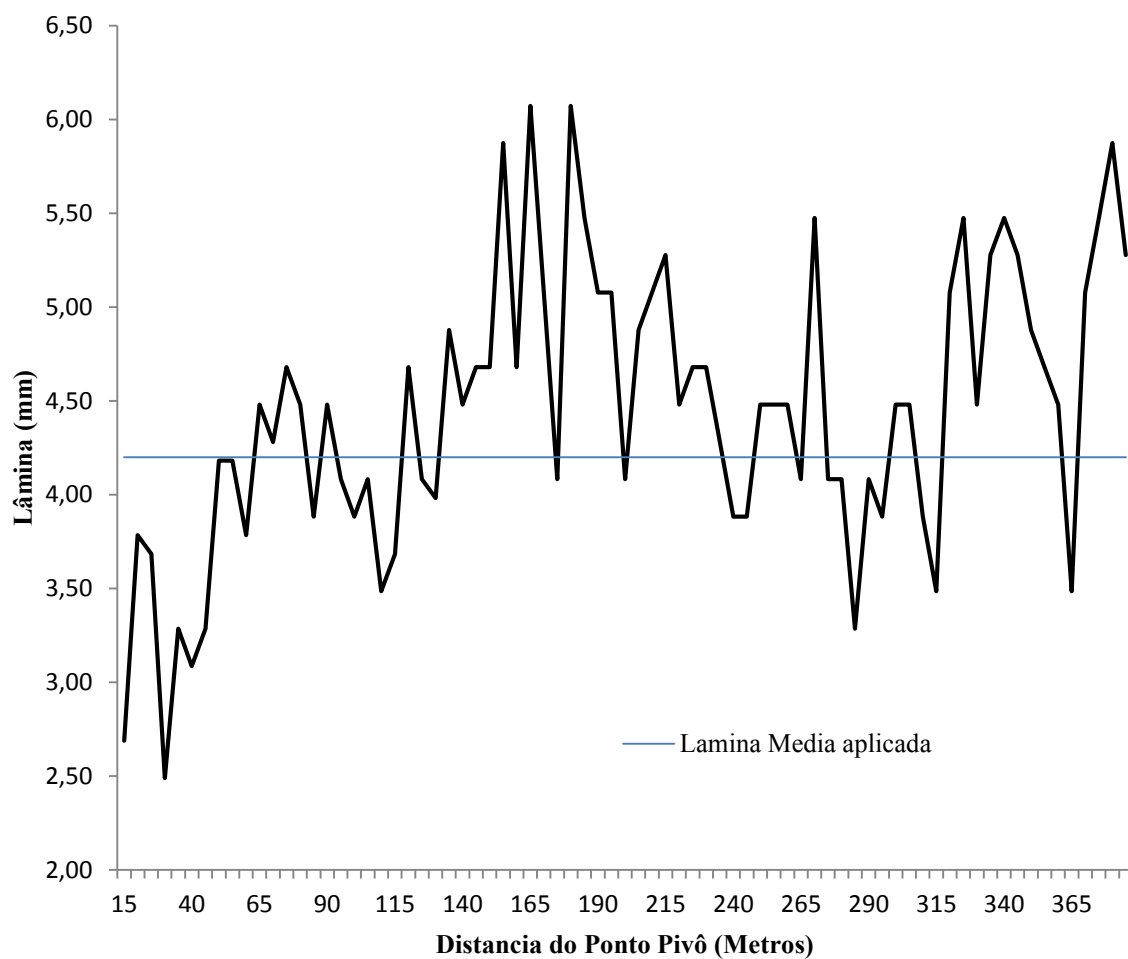


Figura 9. Lâmina coletada e Lâmina média aplicada ao longo do pivô central.

De acordo com Ramos e Mantovani (1994) valores de uniformidade (CUC) acima de 80% são considerados como ótimos para o sistema de irrigação por pivô central. Pelas normas NBR 14244 de 1988 (ABNT), pivôs com valor de CUC abaixo de 80% são classificados como ruins, de 80 a 84% regulares, 85 a 89% bons e acima de 90% como ótimos.

4.5 Calibração do TDR

A curva de calibração do TDR (Figura 10) representa os valores obtidos da constante dielétrica (K_a) em função do conteúdo volumétrico ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) de água obtido pela formula de Topp et al. (1980) considerada como universal.

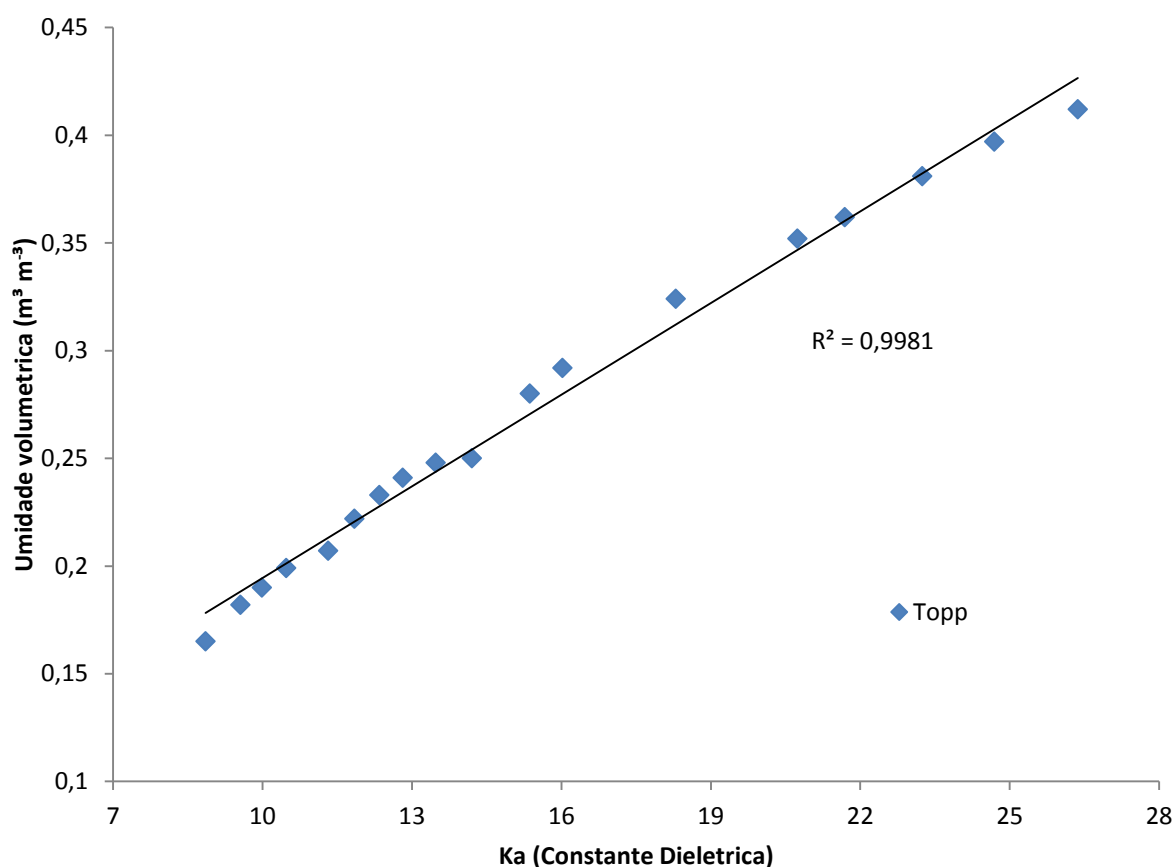


Figura 10. Calibração do TDR com a equação de Topp (1980).

De acordo com Topp (1980) a formula empírica pode ser usada em todos os tipos de solos. Tommaselli e Bacchi (2001) observaram que a curva de calibração de Topp et al. (1980) obteve correlações aplicáveis aos solos estudados.

4.6 Teor de água no solo TDR

Os dados obtidos em campo com o TDR mostram que o manejo com a não incorporação da palhada no solo promoveu maiores valores de umidade do solo em todos os dias de leitura na área de abrangência do pivô.

A falta de dados nos gráficos em alguns momentos ocorreu devido a fatores como chuva e aplicações de defensivos que impossibilitaram a entrada na área experimental para a coleta de dados.

Durante o período em que se desenvolveu o trabalho a escassez de chuvas local se tornou um ponto crítico que comprometeu a disponibilidade hídrica para irrigação. Houve necessidade de racionalizar a água destinada a irrigação ao mínimo necessário para suprir os pivôs localizados na fazenda.

Outro fator que influenciou na irrigação foi o dimensionamento do sistema utilizado, em que um único conjunto motobomba é responsável pela irrigação de mais duas áreas. Foi constatado em campo que para irrigar essas áreas é necessário um intervalo de quatro dias. Por consequência a lamina máxima possível a ser aplicada pelo pivô usado no projeto foi de 16 mm, pois essa lamina era a maior possível durante um turno de 21 horas descontando o horário de pico que tem duração de 3 horas e possíveis oscilações no fornecimento de energia elétrica que eram constantes na área e de longa duração.

Adotando como referência a tensão de água no solo de 40 kPa, para o tratamento com PS a umidade correspondente a esta tensão foi obtida com a curva de retenção oriunda de amostras indeformadas, enquanto que para o tratamento com PI foi estimada com a curva de retenção obtida com amostras deformadas. Utilizando este mesmo valor de tensão de água no solo como referência, é possível observar comportamento semelhante da água no solo para os dois tratamentos avaliados (Figura 11).

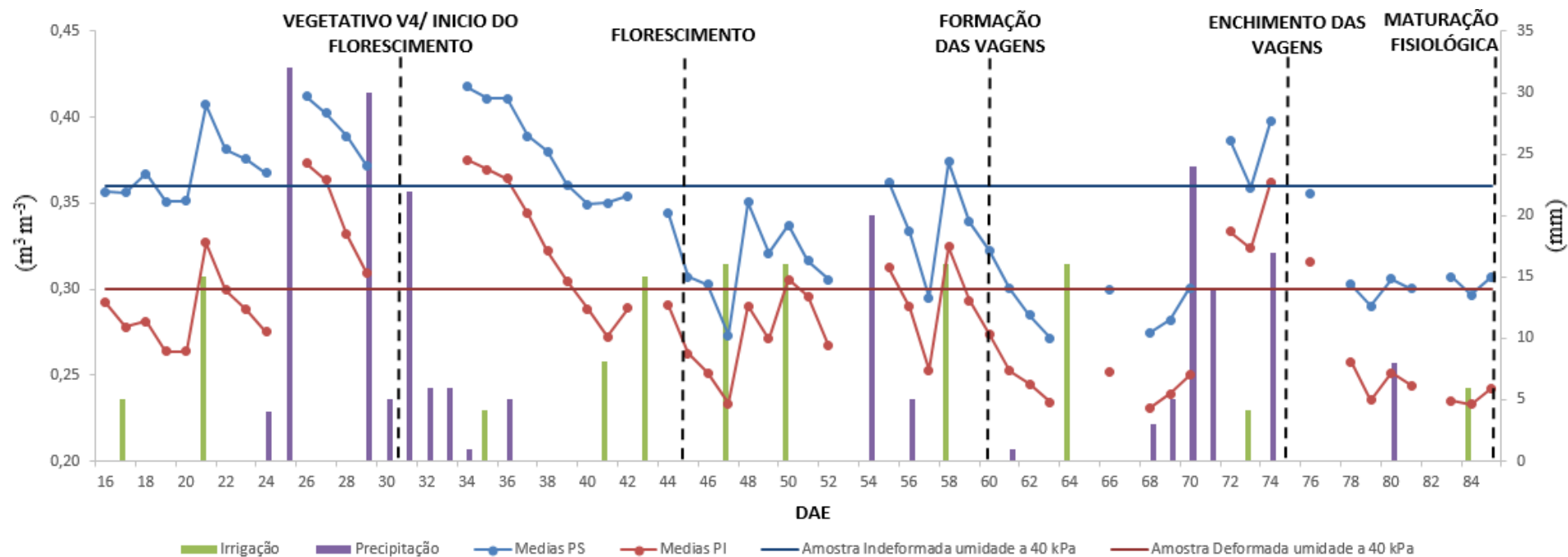


Figura 11. Variação da umidade do solo para a cultura do feijoeiro em função dos manejos de solo.

Durante o período de avaliação, nos locais com a presença de palha na superfície do solo (PS) as leituras máxima e mínima de umidade do solo foram de 0,41 e 0,27 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, respectivamente. Para o tratamento em que a palha foi incorporada (PI), as umidades máxima e mínima foram de, respectivamente, 0,37 e 0,23 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$.

As diferenças entre as leituras máximas e mínimas de umidade do solo foram de 0,14 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ para os dois manejos de solo adotados, portanto, a incorporação dos resíduos deslocou a curva de retenção para baixo, porém não afetou a grandeza do intervalo de água disponível para as plantas. Resultados similares foram encontrados por Resende e Durães (1996) que observaram que a maior umidade do solo não significa maior disponibilidade de água para as plantas. As diferentes técnicas de manejo do solo alteram a conformidade dos agregados do solo (ARAÚJO et al., 2010).

Nesse contexto, se cruzados os valores máximos de umidade do solo obtidos com o TDR, com as curvas de retenção obtidas neste trabalho, observa-se que houve variação nas tensões da água no solo referentes à capacidade de campo (CC), na qual para o tratamento com PS representado pela curva de retenção obtida com amostras indeformadas, a CC encontrou-se em torno da tensão de 5 kPa. Para os tratamentos com PI, representado pela curva de retenção com amostras deformadas, a CC se encontrou próximo a 8 kPa.

É possível observar também que as maiores diferenças entre as leituras de umidade do solo entre os tratamentos com e sem incorporação da palha se encontram até os 45 DAE, analisando todo o ciclo da cultura. Portanto se torna evidente que a manutenção da palha na superfície do solo tem efeito maior na umidade no início do ciclo da cultura. Isso ocorre pois correspondente ao desenvolvimento vegetativo e ao florescimento do feijoeiro, ou seja, fases caracterizadas pelo fechamento das entrelinhas e menor cobertura vegetal.

A partir dos 36 DAE a umidade do solo começou a decrescer com maior intensidade, em função do período com falta de chuvas que perdurou até 54 DAE. Outro fator que colaborou para a retirada de água do solo foi o fato das plantas se encontrarem no início do enchimento de grãos e, portanto, já apresentar um porte maior e maior evapotranspiração.

Dos 56 DAE aos 67 DAE observou-se a combinação de falta de chuva e restrição de irrigação para ambas as áreas de atuação do pivô, culminando em uma

forte queda das leituras de umidade do solo. Nesta etapa a irrigação foi suspensa para ajudar no controle do mofo branco que foi observado em alto índice (Figura 12), bem como para economizar água de irrigação que estava escassa. Nesse período o feijoeiro se encontrava na fase reprodutiva.



Figura 12. Presença de mofo branco no solo (*Sclerotinia sclerotiorum*) durante a fase reprodutiva do feijoeiro.

De acordo com Oliveira (2005) o mofo branco é uma doença comum em áreas irrigadas por pivô central e as perdas pelo ataque são da ordem de 30 a 100%, quando não são tomadas às medidas preventivas para o controle, principalmente, em períodos chuvosos.

A partir dos 67 DAE teve início o período chuvoso que perdurou até os 74 DAE e promoveu um aumento nas leituras de umidade do solo. Nesse período o feijoeiro se encontrava na fase final da formação de vagens e início do enchimento de grãos.

Nos 75 DAE ocorreu uma queda progressiva da umidade do solo que culminou com o final do ciclo e maturação fisiológica dos grãos possibilitando a colheita do feijoeiro.

Foi possível observar que o feijão sofreu com o déficit hídrico durante as fases que compreendem do florescimento até o enchimento de vagens, com

momentos de picos seguidos de quedas da umidade do solo durante a formação de vagens. É provável que durante esse período a planta tenha suprido sua necessidade hídrica extraíndo água em maiores profundidades do solo, não analisadas neste trabalho. Normalmente as raízes do feijoeiro se desenvolvem até os 40 cm de profundidade.

Bizari et al. (2010) trabalhando com latossolo argiloso encontrou raízes do feijoeiro em até 40cm de profundidade. Segundo Fujiwara et al. (1994), dependendo das condições do solo, o sistema radicular do feijão pode atingir até 1,5 m de profundidade.

Em camadas mais profundas do solo geralmente se encontram maiores valores de umidade do solo, podendo suprir a necessidade hídrica da cultura instalada em casos de estresse. Zanette et al. (2007), comparando o sistema de plantio direto com o convencional, observaram em ambos os manejos de solo que a umidade do solo é maior em camadas mais profundas.

Para um mesmo manejo de irrigação, os diferentes manejos de solo adotados neste trabalho atuaram diretamente nas leituras de umidade com o TDR, de modo que a incorporação da palha promoveu menores valores de umidade no solo em relação à manutenção da palha na superfície. No entanto, a quantidade de água disponível foi a mesma para ambos os manejos de solo.

4.7 Altura das plantas

A altura média das plantas foi estatisticamente superior nos tratamentos com PS foram dos 20 DAE até os 50 DAE e se igualam dos 65 DAE aos 80 DAE (Tabela 4).

Tabela 4. Altura das plantas de feijoeiro em cm em função das áreas de atuação do pivô e sistema de manejo do solo.

	Altura 20DAE	Altura 35DAE	Altura 50DAE	Altura 65DAE	Altura 80DAE
PS	16,18 A	30,80 A	43,97 A	59,64 A	58,70 A
PI	14,21 B	30,05 B	41,10 B	57,67 A	61,55 A

Médias ausentes de letra ou com letras iguais não diferem pelo teste t ($\alpha = 0.05$). Valores seguidos de letras devem ser lidos em colunas. PS - Palha na superfície. PI - Palha incorporada. DAE - Dias após a emergência.

A palha presente na superfície reduziu as perdas de água do solo por evaporação promovendo maiores valores de umidade nos tratamentos com PS no início do cultivo do feijoeiro promovendo a ocorrência de plantas maiores na primeira etapa de desenvolvimento da cultura e que perdurou até os 50DAE (Figura 13) e se igualando a partir dos 65DAE até os 80 DAE, data da última coleta de plantas antes da colheita.

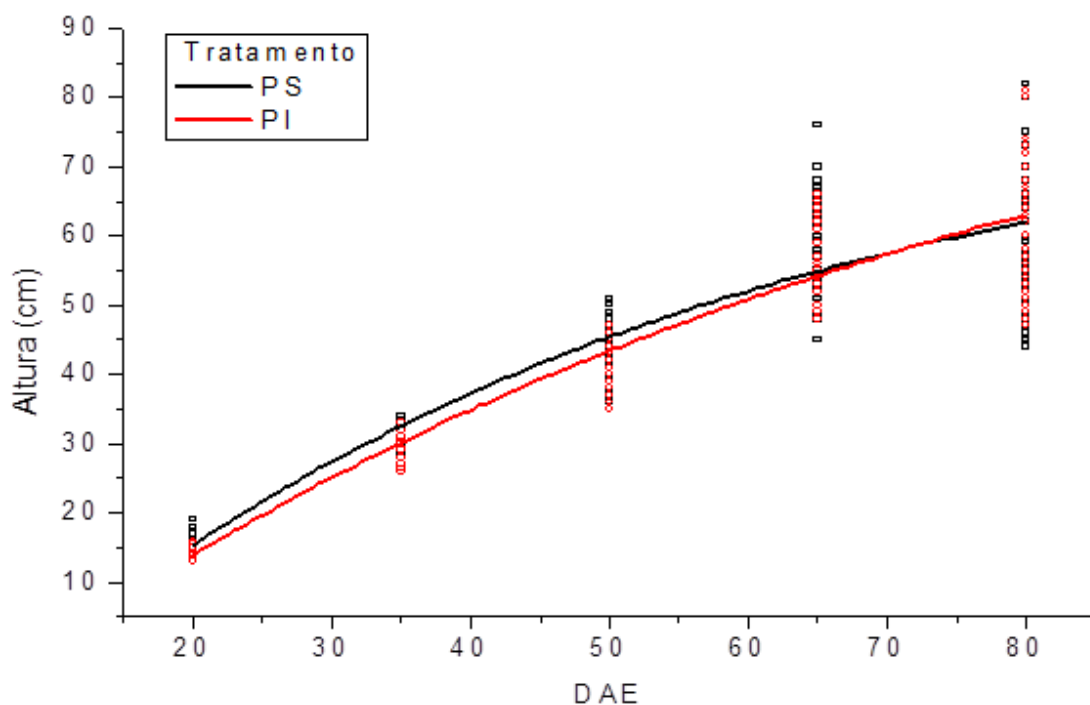


Figura 13. Variação da altura das plantas de feijoeiro ao longo do ciclo.

4.8 Área foliar

Entre os tratamentos com PS e PI não foi observada diferenças estatísticas em nenhum dos períodos de coleta o que mostra que o manejo de solo não influenciou na área foliar do feijoeiro (Tabela 5).

Tabela 5. Área foliar das plantas de feijoeiro (cm²) em função do sistema de manejo do solo.

	AF 20DAE	AF 35DAE	AF 50DAE	AF 65DAE	AF 80DAE
PS	175 A	808 A	1979 A	3193 A	2502 A
PI	163 A	779 A	1765 A	2986 A	2447 A

Médias ausentes de letra ou com letras iguais não diferem pelo teste t ($\alpha = 0.05$). Valores seguidos de letras devem ser lidos em colunas. PS - Palha na superfície. PI - Palha incorporada. AF - Área foliar. DAE - Dias após emergência.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), a disponibilidade de água no solo interfere na área foliar, o que não foi observado neste trabalho não promovendo diferenças entre os manejos de solo com PS e PI.

4.9 Massa de Matéria seca

A massa de matéria seca (MS) não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos com e sem incorporação da palha para todas as datas de coleta de plantas de feijoeiro. (Tabela 6).

Tabela 6. Massa de matéria seca das plantas de feijoeiro (gramas) em função sistema de manejo do solo.

	MS 20DAE	MS 35DAE	MS 50DAE	MS 65DAE	MS 80DAE
PS	1,22 A	4,67 A	13,9 A	26,66 A	46,2 A
PI	1,11 A	4,51 A	12,96 A	26,42 A	45,2 A

Médias ausentes de letra ou com letras iguais não diferem pelo teste t ($\alpha = 0.05$). Valores seguidos de letras devem ser lidos em colunas. MS - Massa de Matéria Seca. PS - Palha na superfície. PI - Palha incorporada. DAE - Dias após a emergência.

Urchei et al., (2000) observou que plantas de feijoeiro cultivadas sob plantio direto e convencional com diferentes disponibilidades de água no solo promoveram diferenças no acúmulo de massa de matéria seca. Esses resultados sugerem que a incorporação dos resíduos do solo adotados neste trabalho não apresentou diferenças no fornecimento de água para a cultura ao longo do ciclo.

4.10 Variáveis Analisadas Referentes à Produção Final do Feijoeiro

Com relação ao manejo de solo adotado não foi possível observar diferenças estatísticas entre os tratamentos com PS e PI em nenhuma das variáveis referentes a produção final do feijoeiro (Tabela 7).

Tabela 7. Fatores de produção em função do sistema de manejo do solo.

	CVP	NGV	NVP	PROD	NGP	M100
PS	9,34 A	4,73 A	23,08 A	4,95 A	109,0 A	26,0 A
PI	9,29 A	4,72 A	22,99 A	5,05 A	108,7 A	25,9 A

Médias ausentes de letra ou com letras iguais não diferem pelo teste t ($\alpha = 0.05$). Valores seguidos de letras devem ser lidos em colunas. PS - Palha na superfície. PI - Palha incorporada. CVP - Comprimento de vagens por planta (cm). NGV- Número de grãos por vagem. NVP - Número de vagens por planta. PROD - Produtividade em t ha⁻¹. NGP - Número de grãos por planta. M100 - Massa de 100 grãos (gramas).

Esses dados estão de acordo com os dados obtidos da água presente no solo com PS e PI, em que foi observado que apesar de intervalos diferentes de umidade a disponibilidade de água para ambos os manejos de solo adotados neste trabalho foi a mesma, não implicando em diferenças nas variáveis produtivas da cultura entre os tratamentos durante o período de cultivo do feijoeiro.

Miorini et al. (2011) observaram que em plantas de feijão submetidas a estresse hídrico apresentam vagens menores independente da fase fenológica em que ocorreu o estresse. De acordo com os autores Stone et al. (1988) e Miorini et al. (2011) plantas de feijoeiro submetidas a estresse hídrico sofrem redução no número de vagens por planta. Carvalho (2013) observou que em situação de estresse hídrico a cultura do feijoeiro apresenta redução no número de grãos por vagem. Pereira et al. (2004) e Carvalho (2013) que estudando a cultura do feijoeiro observaram que em caso de ocorrência de estresse por déficit hídrico a massa dos grãos é afetada. Muitos autores afirmam que o feijoeiro em situação de estresse hídrico sofre redução na produtividade (STONE et al., 1988; MIORINI et al., 2011; CARVALHO, 2013). Esses resultados condizem com os resultados obtidos em que a incorporação da palha apenas desloca a curva de retenção do solo para baixo, não interferindo na disponibilização de água para a cultura, portanto não promovendo incidência de diferença na disponibilidade hídrica para cultura.

5 CONCLUSÃO

1. A manutenção da palha na superfície do solo reduziu a velocidade de perda de água por evaporação com maior intensidade até 50 dias após a emergência do feijão, que corresponde à fase vegetativa da cultura, período de fechamento das entrelinhas de plantio.

2. A curva de retenção realizada com amostras indeformadas apresentou maiores valores de umidade se comparado com a amostra deformada, ou seja, a amostra deformada teve boa representação da desestruturação do solo obtida pela incorporação da palha na camada de 0 a 20 cm de profundidade em relação às leituras de umidade do solo feitas com o TDR.

3. Considerando a umidade do solo a partir do 20º dia após a emergência até a maturação fisiológica do feijoeiro, a incorporação ou não dos resíduos vegetais da superfície do solo não interferiu na quantidade de água disponível para cultura sob um mesmo manejo de irrigação.

4. O tamanho das vagens, número de grãos por planta, número de vagens, produção da cultura e o número de grãos por vagem no feijoeiro não mostraram diferença estatística significativa no teste T em nível significativo $\alpha = 0,05$.

6 REFERÊNCIAS

- AASE, J.K.; TANAKA, D.L. Soil water evaporation comparisons among tillage practices in the northern great plains. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, WI, v. 51, p. 436-440, 1987.
- AMARAL, A. J.; BERTOL, I.; COGO, N. P.; BARBOSA, F. T. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da região do Planalto Sul-Catarinense. **Revista Brasileira Ciência do Solo, Campinas**, v. 32, n. 5, p. 2145-2155, 2008.
- AMARAL, A. J.; COGO, N. P.; BERTOL, I.; SANTOS, P. G.; WERNER, R.S. Erosão hídrica e escoamento superficial em função de tipos e doses de resíduo cultural em dois modos de semeadura direta. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 12, n. 2, p. 163-174, 2013.
- ANDRADE, J. G; CARLESSO, R; SEGUÍ, J. P; MARTINS, J. D; BROETTO, T. Perdas de água por evaporação de um solo cultivado em sistema de plantio direto e convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007.
- ARAÚJO, F. S.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; SOUZA, Z. M.; SOUSA, A. C. M. Physical quality of a Yellow Latossol under integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 34, p. 717-723, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14244**: Equipamentos de Irrigação mecanizada: pivô central e lateral móvel providos de emissores fixos ou rotativos: determinação da uniformidade de distribuição de água. Rio de Janeiro, 1998.
- BARBANO, M.T.; BRUNINI, O.; WUTKE, E. B.; CASTRO, J. L.; GALLO, P. B. et al. Comparação entre valores observados e estimados de duração dos diferentes subperíodos de desenvolvimento da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 103-110, 2001.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BIZARI, D. R.; MATSURA, E. E.; CHAMLET, J.; MESQUITA, M.; SALVADOR, C. A. Profundidade efetiva de raízes e sua relação com a parte aérea da cultura do feijoeiro irrigado em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v. 4, n. 3, p. 172–183, 2010.

BOZKURT S.; MANSUROLU, G. S. The effects of drip line depths and irrigation levels on yield, quality and water use characteristics of lettuce under greenhouse condition. **African. Journal of Biotechnology**. v. 10, n. 17, p. 3370-3379, 2011.

CARLESSO, R.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F. PETRY, M.; WOLSHK, D. Efeito da lâmina de Irrigação na Senescência. Foliar do Feijoeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 545-546, 2007.

CARVALHO, A. V.; BASSINELLO, P. Z.; MATTIETTO, R. A.; CARVALHO, R. N.; RIOS, A. O.; SECCADIO, L. L. Processamento e caracterização de snack extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. **Brazilian Journal of Food Technology**. vol. 15, n. 1, p. 72-83. 2012.

CARVALHO, J. J. **Resposta do feijoeiro comum à irrigação com déficit, sob semeadura direta**. 2013. 128 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & KAISER, D.R. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 933-942, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Produção de feijão**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 05 Dez. 2011.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; ALVARENGA, R. C.; NETO, M. M.G.; VIANA, J.H. M.; OLIVEIRA, M. F.; MATRAGOLO, W. J. R. Cultivo do milho. **Sistema de Produção Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, n. 1, set. 2011.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; KRUGER, C. A. M. B.; BERGONCI, J.I.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Evaporação da água na superfície do solo em sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 45, n. 8, p. 780-790, 2010.

DALRI, A.B.; CRUZ, R.L. Efeito da frequência de irrigação subsuperficial por gotejamento no desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Irriga**, Botucatu, v. 7, n. 1, p. 29-34, 2002.

DEL PELOSO, M.J.; MELO, L.C. **Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro-comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 131p.

DIAS, F.L.F.; MAZZA, J.A.; MATSUOKA, S.; PERECIN, D.; MAULE, R. F. Produtividade da cana-de-açúcar em relação ao clima e solos na região noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 627-34, 1999.

DIDONET, A. D. Ecofisiologia e rendimento potencial do feijoeiro. In: PELOSO, M. J. DEL; MELO, L. C. (Ed.). **Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. cap. 1, p. 9-37.

DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. & LOPES, P.P. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, Cidade, v. 57, p. 191-192, 2000.

ELAIUY, M. L. C.; SATO, L. M.; VARALHO, A. C. T.; SOUZA, C. F. Desenvolvimento e avaliação de sonda TDR para o manejo racional da água em substratos utilizados na produção de mudas florestais. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 117-131, 2009.

ELLIS, R.D.; LANKFORD, B.A. The tolerance of sugarcane to water stress during main development phases. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 17, n. 1-3, p. 117-28, 1990.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

EVETT, S.R.; LAURENT, J.P.; CEPUDER, P.; HIGNETT, C. Neutron scattering, capacitance, and TDR soil water content measurements compared on four continents. In: **WATER CONSERVATION SOIL SOCIETY SYMPOSIUM**, 17., 2002, Thailand, p. 1021-1–1021-10.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Feijão irrigado**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 1991. 266 p.

FERNANDES, A. L. T.; TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 6, n. 1, p. 45-50, 2002.

FERREIRA A, CUNHA C. Sustentabilidade ambiental da água consumida no Município do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Panamericana Salud Publica**, Washington, v. 18 p. 93–99, 2005.

FIDALSKI, J. AULER, P. A. M.; BERALDO, J. M. G.; MARUR, C. J.; FARIA, R. T.; BRABOZA, G. M. C. Availability of soil water under tillage systems, mulch management and citrus rootstocks. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 2010, v. 34, n.3, p. 917-924.

FONSECA MARQUES, M. F.; BORA, P. S. Composición química y análisis de aminoácidos de alubias. **Ciencia y Tecnología Alimentaria**, Madrid, v. 2, p. 248-252, 2000.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Food balance sheets**, 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/368/DesktopDefault.aspx?PageID=368#ancor>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Irrigation efficiencies**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/t7202e/t7202e08.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases** (FAOSTAT), FAOSTAT Agriculture Data, 2000. Obtido via base de dados FAOSTAT. 1960-1999. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em: 25 nov. 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Food Productions**. 2009. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>>. Acesso em: 07 dez. 2014.

FUJIWARA, M.; KURACHI, S.A.H.; ARRUDA, F.B.; PIRES, R.C.M.; SAKAI, E. **A Técnica de estudo de raízes pelo método do trado**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1994. 10 p. (Boletim, 153).

GOLDHAMER, D.A.; FERERES, E.; MATA, M.; GIRONA, J.; COHEN, M. Sensitivity of continuous and discrete plant and soil water status monitoring in peach trees subjected to deficit irrigation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 124, p. 437-444. 1999.

GOMES, E. M.; UNGARO, M. R. G.; VIEIRA, D. B. Produção de grãos, óleo e proteína em girassol sob estresse hídrico. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 4.; REUNIÃO NACIONAL DA CULTURA DE GIRASSOL, 16., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa/Soja, 2005. p. 23-25.

GUIMARAES, C. M; STONE, L. F; DEL PELOSO, M. J; OLIVEIRA, J. P. Genótipos de feijoeiro comum sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 15, n. 7, p. 649-656, 2011.

GUIMARÃES, C.M. Relações hídricas. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1996b. 786 p.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 7, p. 481-488, 1996a.

IBGE - **Estatística da produção agrícola**. 2011. 81 p.

KELLER, J., BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649 p.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, P. L. O. A.; MATOS, E. S. Total C and N storage and organic C pools of a red-yellow podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic Forest Zone, Southeastern Brazil. **Australian Journal Soil Research**, Amsterdam, v. 41, n. 4, p. 717-730, 2003.

LEIVA, E.; BARRANTES, A. Incremento de la produccion de caña de azucar com riego por goteo enterrado. **Sugar y Azucar**, New York, v.93, n.8, p.26-31, 1998.

LEMON, E.R. The potentialities for decreasing soil moisture evaporation loss. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 20, n. 1, p. 120-125, 1956.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 335 p.

- LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P DE; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 1832-1842, 2008.
- LIMA, C. L. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S. & GUBIANI, P. I. Qualidade físico-hídrica e rendimento de soja (*Glycine max* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de um Argissolo Vermelho distrófico sob diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1172-1178, 2006.
- MAIA NETO, R. F. Água para o desenvolvimento sustentável. **A Água em Revista**, Belo Horizonte, n. 9, p. 21-32, 1997.
- MAÑAS, F. M. S. O.; VALERO, J. A. J. **Agronomía del riego**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 732 p.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S. PALARETTI, L. F. **Irrigação princípios e métodos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 355 p.
- MARIOT, E. J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: **O FEIJÃO no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. p. 25-41. (Circular, 63).
- MASSIGNAM, A. M.; VIEIRA, H. J.; HEMP, S.; FLESCHE, R. D. Ecofisiologia do feijoeiro. II – Redução do rendimento pela ocorrência de altas temperaturas no florescimento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 41-45, 1998.
- MATIOLI, C. S.; FRIZZONE, J. A.; PERES, F. C. Irrigação suplementar da cana-de-açúcar: modelo de análise de decisão para a região norte do Estado de São Paulo. **Stab, Açúcar, Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n. 2, p. 42-5, 1998.
- MIORINI, T. J. J.; SAAD, J. C. C.; MENEGALE, M. L. Supressão de Água em Diferentes Fases Fenológicas do Feijoeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 360-368, 2011.
- MONTEIRO, P. F. C.; FILHO, R. A.; MONTEIRO, R. O. C. Efeitos da Irrigação e da Adubação Nitrogenada Sobre as Variáveis Agronômicas da Cultura do Feijão. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 386-400, 2010.
- MUÑOZ-PEREA, C. G.; TERÁN, H.; ALLEN, R. G.; WRIGHT, J. L.; WESTERMANN, D. T.; SINGH, S. P. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. **Crop Science**, Madison, WI, v. 46, p. 2111-2120, 2006.
- OLIVEIRA F. Manejo do mofo branco. **Revista DBO Agrotecnologia**, v. 4, p. 8-13, 2005.
- PASCUAL B.; MAROTO J. V.; SANBAUTISTA, A.; LOPEZ-GALARZA S., ALAGARDA, J. Influence of watering on the yield and cracking of cherry, fresh-market and processing tomatoes. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, UK, v. 75 n. 2, p. 171-175, 2000.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C. de; DEL PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília DF, v. 44, p. 29-37, 2009.

PEREIRA, J. C.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; ALVAREZ, A. C. C. INFLUÊNCIA do manejo do solo, lâminas de água e dose de nitrogênio na produtividade do feijoeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 13-19, 2004.

PERES, J. G.; SOUZA, C. F.; LAVORENTI, N. A. Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana-de-açúcar na umidade e na perda de água do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.5, p. 875-886, 2010.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA M. G. A.; ROSA, J. C.; COSTA, N. M. B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, p.179-187, 2006.

PROJETO ÁGUA. **Ecossistemas aquáticos**. 1998. Disponível em: <www2.rantac.com.br/cardeal/ProjetoÁgua>. Acesso em: 16 out. 2015.

PUIUPOL L.U., BEHBOUDIAN M.H., FISHER K.J. Growth, yield, and postharvest attributes of glasshouse tomatoes produced under deficit irrigation. **Hortscience**, Alexandria, v. 31, n. 6, p. 926-929, 1996.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J. C. DE; CANTARELLA, H.; QUAAGGIO, J. A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285 p.

RAMOS, M.M.; MANTOVANI, E.C. Sistemas de irrigação e seus componentes. In: COSTA, E.F. da; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. (Ed.). **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPMS-SPI, 1994. p. 41-84.

RESENDE, M.; SANS, L.M.; DURÃES, F.O. Veranico e sua inter-relação com o sistema solo/água/planta/atmosfera nos Cerrados. In: ALVARES V. V. H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: editora, 1996. p. 157-167.

RIBOLDI, L. B; AGUILLERA, M. M; MONQUERO, P. A. Efeito da aplicação de herbicidas dessecantes na soja sobre as populações de nematoides no solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, p. 3577-3584, 2013.

SANTALLA, M.; SEVILLANO, M. C. M.; MONTEAGUDO, A. B.; RON, A. M. Genetic diversity of Argentinean common bean and its evolution during domestication. **Euphytica**, Dordrecht, v. 135, n. 1, p. 75-87, 2004.

SATHE, S. K. Dry bean protein functionality (Review). **Critical Reviews in Biotechnology**, Philadelphia, v. 22, n. 2, p. 175-223, 2002.

SILVA, B. M.; SILVA, E. A.; OLIVEIRA, G. C.; FERREIRA, M. M.; SERAFIM, M. E. Plant-available soil water capacity: estimation methods and implications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 464-475. 2014.

SILVA, W. P. da; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; SILVA, C. D. P. S. e; GUEDES, M. A.; LIMA, A. G. B. de. Determinação da difusividade e da energia de ativação para feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L) Walp), variedade sempre verde, com base no comportamento da secagem. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, p. 325-333, 2008.

SILVEIRA, P. M.; SILVA O.; STONE, L. F.; SILVA J. G. Efeitos do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e a economicidade do feijoeiro irrigado (1) **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 2, p. 257-263, fev. 2001.

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

SINGH, S. P. Selection for water-stress tolerance in interracial populations of common bean. **Crop Science**, Madison, WI, v. 35, p. 118-124, 1995.

SOARES, A. G. Consumo e qualidade nutritiva. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFGO, v. 2, p. 73-79.

SONCELA, R; SAMPAIO, S. C; BOAS, M. A. V; TAVARES, M. H. F; SMANHOTTO, A. Construction and calibration of TDR probes for volumetric water content estimation in a Distroferic Red Latosol. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 5, p. 919-928, 2013.

STARR, J.L., PALTINEANU, I.C. Capacitance devices. In: DANE, J.H., TOPP, G.C. (Ed.). **Methods of Soil Analysis**. Madison: 2002. Part 4, v. 5, p. 463-471.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. **Irrigação do feijoeiro**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1986. 31 p. (Embrapa- Circular Técnica, 20).

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; SILVA, S. C. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. I. Produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 161-167, 1988.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. DA; MOREIRA, J. A. A; BRAZ, A. J. B. P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p. 577-582, 2006.

SYPERRECK, V. L. G.; KLOSOWSKI, E. S.; GRECO, M.; FURLANETTO, C. Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 603, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TARJUELO MARTÍN-BENITO, J. M. **El riego por aspersión y su tecnología**. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. 491 p.

TOMMASELLI, J. T. G; BACCHI, O. O. S. Calibração de um equipamento de TDR para medida de umidade de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 9, p. 1145-1154, 2001.

TOPP, G.C.; DAVIS, J.L.; ANNAN, A. Electromagnetic determination of soil water content: Measurement in coaxial transmission lines. **Water Resources Research**, Washington, DC, v. 16, p. 576-583, 1980.

URCHEI, M. A; RODRIGUES, J. D; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, 2000, v. 35, n. 3, p. 497-506.

WALKER, W. Explicit sprinkler irrigation uniformity: efficiency model. **Journal Irrigation and Drainage**, Amsterdam, ASCE, n. IR2, p. 129-136, 1979.

WANDER, A. E.; CHAVES, M. O. Consumo per capita de feijão no Brasil de 1998 a 2010: Uma comparação entre consumo aparente e consumo domiciliar. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2011.

ZANETTE, S. V; SAMPAIO, S, C.; SILVESTRE, M. G.; BOAS, M. A. V.; URIBE-OPAZO, M. A.; QUEIROZ, M. M. F. Análise espacial da umidade do solo cultivado com soja sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 11, n. 3, p. 239-247. 2007.