

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção
Agrícola Familiar



Dissertação

Avaliação e quantificação dos componentes do balanço hídrico em pomar de pessegueiro, cv. Maciel, em plantas irrigadas e não irrigadas

Viviane Santos Silva Terra

Pelotas, 2010

Viviane Santos Silva Terra

Avaliação e quantificação dos componentes do balanço hídrico em pomar de pessegueiro, cv. Maciel, em plantas irrigadas e não irrigadas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos Timm - UFPel

Co-orientador: Pesquisador Dr. Carlos Reisser Júnior-
Embrapa Clima Temperado

Pelotas, 2010

Banca examinadora

Prof. Dr. Luís Carlos Timm

Prof^a. Dr^a. Claudia Fernanda Almeida Teixeira

Prof. Dr. Jocelito Saccol de Sá

DEDICATÓRIA

Dedico às duas pessoas mais importantes da minha vida, que sempre me apoiaram
e acreditaram no meu sucesso.

À minha mãe (*in memoriam*) que mesmo de longe me deu forças para prosseguir e
ao meu pai pelo amor, amizade, carinho e constante incentivo.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Luís Carlos Timm pela orientação, esclarecimentos, idéias e amizade.

Ao Pesquisador Dr. Carlos Reisser Júnior (Carlão) pela co-orientação, “paciência”, amizade, simplicidade, aprendizagem, profissionalismo.

À Universidade Federal de Pelotas, através do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar-SPAF da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, pela qualificação profissional e crescimento pessoal que me foi proporcionado.

À Embrapa Clima Temperado pelo uso da infra-estrutura na condução dos trabalhos, pelas oportunidades e conhecimentos adquiridos.

Ao CNPq, pelo suporte através da concessão de bolsa e de auxílio financeiro à execução deste projeto.

Ao Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Clima Temperado, pelo uso da infra-estrutura.

Ao Professor Dr. Mario Petillo da Universidade de Montevideu- Uruguai, pelos esclarecimentos, idéias e amizade.

A Prof^a. Dr^a. Claudia Fernanda Almeida Teixeira e a Prof^a. Dr^a. Rita de Cássia Fraga Damé, pela amizade, ajuda, compreensão, esclarecimentos e idéias.

Aos meus colegas do Laboratório de Agrometeorologia Denise, Lauricio, Matheus, Gabriel, Fabiano, Dr. Silvio Steinmetz, Dr. Ivan Rodrigues de Almeida, ao Lé e em especial ao Édson Kaster (Peronha), pela ajuda, amizade e incentivo.

À Samira, Fernanda, Juliana, Glaucea, Adilson, Leandro, Carina, Denise e em especial ao meu amigo Rogério pela amizade e apoio.

Ao Lúcio, pelo amor, dedicação, paciência e por ter estado sempre tão presente.

A todos, aqui citados ou não, que contribuíram de alguma forma, direta ou indiretamente, para realização deste trabalho.

Obrigada !!!

RESUMO

TERRA, V.S.S. **Avaliação e quantificação dos componentes do balanço hídrico em pomar de pessegueiro, cv. Maciel, em plantas irrigadas e não irrigadas.** 2010, 82p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

A região de Pelotas é responsável pela grande produção de frutíferas de Clima Temperado, em especial a cultura do pessegueiro que tem sido uma boa opção para a diversificação de culturas. O conhecimento da quantidade de água disponível no solo para atender as necessidades hídricas do pessegueiro durante os seus diferentes estádios de desenvolvimento é de interesse do ponto de vista agrônomo. Neste sentido, destaca-se o uso da irrigação na cultura do pessegueiro, visando fornecer a cultura um adequado suprimento de água. Desta forma, é importante conhecer a resposta do pessegueiro ao déficit hídrico para que se possa avaliar a influência da prática da irrigação na produção da cultura. Dentre as metodologias que tem sido utilizada, destaca-se a do balanço hídrico no solo, que consiste na aplicação da equação de conservação de massa. Baseado no acima exposto, este trabalho teve como o objetivo principal avaliar e quantificar os diferentes componentes do balanço hídrico em um solo Argissolo Vermelho Amarelo, cultivado com plantas de pessegueiro, cultivar Maciel, em condições de irrigação e sem irrigação, bem como verificar a adequação de um equipamento de Reflectometria no Domínio da Frequência (FDR) para monitorar o seu conteúdo de água ao longo do tempo. A avaliação e quantificação dos diferentes componentes do balanço hídrico de água no solo foram realizadas em uma área experimental pertencente a Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, cultivada com pessegueiro, cultivar Maciel, próximo às plantas irrigadas e não irrigadas. Para tal, o cálculo do balanço hídrico foi realizado semanalmente e dividido em 32 períodos, sendo a área experimental contendo as plantas irrigadas e não irrigadas dividida em cinco faixas. As plantas irrigadas pertenciam a faixa 1 (tubos 3 e 6), faixa 2 (tubo 2) e faixa 3 (tubo 1), cada uma com área de 0,5 m². As não irrigadas pertenciam a faixa 4 (tubo 8) e faixa 5 (tubo 7), com uma área de 1,0 m² cada. As faixas 1, 2 e 4 encontravam-se na subcopa da planta e as demais fora da copa. A precipitação foi medida por

meio de pluviômetros; a irrigação foi feita diariamente baseada na média evapotranspirativa da região; a variação da armazenagem de água no solo foi medida por meio de leituras de umidade do solo até 0,50 m de profundidade, utilizando-se um equipamento baseado na reflectometria no domínio da frequência (FDR), o qual foi calibrado a partir de leituras de tensiometria; o escoamento superficial e a drenagem interna ou ascensão capilar foram desprezados; a evapotranspiração foi tomada como variável incógnita. A partir dos resultados pode-se concluir que é possível a utilização de um método indireto, usando tensiômetros e curvas de retenção para a obtenção de curvas de calibração do equipamento de reflectometria no domínio da frequência (FDR); o manejo de irrigação adotado, baseado na média de evapotranspiração da região, pode não ser suficiente para suprir a demanda hídrica da cultura do pessegueiro; plantas de pessegueiro com suprimento hídrico por meio da irrigação apresentam valores maiores de evapotranspiração real e a armazenagem variou em todas as faixas irrigadas e não irrigadas entre 60 a 140 mm semana⁻¹, não sendo afetada pelos manejos adotados no estudo.

Palavras-chave: *Prunus persica*, irrigação localizada, reflectometria no domínio da frequência (FDR).

ABSTRACT

TERRA, V.S.S. **Evaluation and quantification of the components of soil water balance in peach orchards, cultivar Maciel, under and without irrigation, Brazil.** 2010, 82p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

The South region of Brazil (Pelotas, state of Rio Grande do Sul) is responsible for the production of temperate fruit trees. Among them, the peach crop has been a good option for crops diversification. The knowledge of the amount of available soil water to supply water needs during the peach different stages of development is of interest to the agronomic point of view. In this sense, we highlight the importance of the use of irrigation in peach orchards in order to provide an adequate crop water supply. It is therefore important to know the response of peach to water deficit so that we can assess the influence of the practice of irrigation in crop production. Among the methodologies, the soil water balance, which consists of applying the equation of conservation of mass, has been used. Based on this, the main objective of this work was to evaluate and quantify the different components of water balance in a Red Yellow Podzolic soil, planted with peach trees, cultivar Maciel, under irrigation and without irrigation and to verify the adequacy of Domain Reflectometry Frequency (FDR) equipment for monitoring the water content over time. The evaluation and quantification of different components of water balance of soil water were measured in an experimental area which belongs to Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, Brazil, planted with peach cultivar Maciel, nearby plants irrigated and not irrigated. For this, the water balance calculation was carried out weekly and divided into 32 periods, of which 4 periods (12, 20, 24 and 26) were discarded because they had precipitation above 30 mm week⁻¹. The experimental area containing irrigated and no irrigated plants was divided into five strips. The irrigated plants belonged to the strip 1 (tubes 3 and 6), strip 2 (tube 2) and strip 3 (tube 1), each one with an area of 0.5 m². The no-irrigated area belonged to the strip 4 (tube 8) and 5 (tube 7), with an area of 1 meters each one. Strips 1, 2 and 4 were under canopy and the other outside of the canopy. Rainfall was measured by rain gauges; irrigation water supply was made based on the average daily evapotranspiration of the region; the variation of water

storage in the soil was measured by readings of soil water content up to 0.50 m depth, using an equipment based on reflectometry in the frequency domain (FDR) which was calibrated from readings of tensiometers; the runoff and internal drainage or capillary rise were neglected; and the actual evapotranspiration (ET_r) was taken as the unknown variable. From the results we can conclude that it is possible to use an indirect method, using tensiometers and soil water retention curves to obtain calibration curves of the reflectometry equipment in the frequency domain (FDR); the adopted irrigation management, based on the average evapotranspiration of the region, may not be sufficient to supply the water requirements of peach crop; peach trees with water supply through irrigation have higher values of actual evapotranspiration; and soil water storage ranged in all irrigated and no irrigated strips between 60 and 140 mm week⁻¹, unaffected by the adopted treatments in the study.

Key-words: *Prunus persica*, drip irrigation, frequency domain reflectometry

SUMÁRIO

Resumo.....	6
Abstract.....	8
1 Introdução.....	12
2 Revisão de literatura.....	15
2.1 Características gerais da cultura do pessegueiro.....	15
2.2 Balanço hídrico.....	17
2.2.1 Precipitação.....	19
2.2.2 escoamento superficial ou runoff.....	20
2.2.3 Drenagem interna e ascensão capilar.....	20
2.2.4 Evapotranspiração.....	21
2.2.5 Irrigação.....	24
2.2.5.1 Método de irrigação localizada.....	24
2.3 Determinação da umidade do solo.....	26
3 Material e métodos.....	30
3.1 Descrição geral da área.....	30
3.1.1 Localização.....	30
3.1.2 Clima.....	30
3.1.3 Classificação e descrição do perfil do solo na área experimental.....	31
3.1.4 Cultivar e práticas culturais.....	31
3.2 Atributos físico-hídricos do solo.....	32
3.3 Calibração do equipamento de Reflectometria no Domínio da Frequência (sonda FDR), modelo Diviner 2000.....	35
3.3.1 Preparo da área experimental para a determinação das curvas de calibração da sonda de FDR.....	35
3.4 Balanço hídrico de água no solo.....	39
3.4.1 Avaliação e quantificação dos componentes do balanço hídrico.....	41
3.4.1.1 Precipitação (P).....	43
3.4.1.2 Irrigação (I).....	44

3.4.1.3 Evapotranspiração (ETr)	44
3.4.1.4 Variação do armazenamento de água no solo (ΔS).....	45
3.4.1.5 Escoamento superficial (R).....	46
3.4.1.6 Drenagem interna (D).....	46
4 Resultados e discussão	47
4.1 Calibração da sonda de FDR, modelo Diviner 2000 pelo método indireto.....	47
4.2 Componentes do balanço hídrico.....	50
4.2.1 Precipitação (P).....	50
4.2.2 Irrigação (I).....	52
4.2.3 Evapotranspiração real (ETr).....	53
4.2.4 Armazenagem de água no solo (S).....	57
4.2.5 Relação entre a armazenagem de água no solo (S), precipitação (P) e a evapotranspiração real (ETreal) para plantas irrigadas e não irrigadas...	63
5 Conclusões	66
6 Considerações finais	67
Referências bibliográficas.....	68
Apêndice- A.....	77
Anexo – A.....	80

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura no Brasil é uma das atividades agrícolas que vem se destacando nos últimos anos, isto se deve a sua alta rentabilidade, em pequenas áreas, permitindo a viabilidade das propriedades familiares.

Dentre as frutíferas de clima temperado a cultura do pessegueiro tem sido uma boa opção àqueles produtores que buscam alternativas para a diversificação de culturas em suas propriedades, visto que essa é à base do sistema econômico para pequenos agricultores, constituindo-se, portanto, num instrumento de geração de renda, emprego e de inclusão social.

No sul do Rio Grande do Sul, a região de Pelotas (municípios de Pelotas, Morro Redondo, Capão do Leão, Canguçu, Arroio do Padre, Arroio Grande, Candiota e Jaguarão) é responsável por 90% da produção de pêssegos do Estado, sendo a quase totalidade desta fruta industrializada no Brasil (TIMM et al., 2007). Dentre as principais cultivares nesta região, destaca-se a cv. Maciel, criada pela Embrapa Clima Temperado, com características de dupla finalidade e boa adaptação edafoclimática.

A produção desta fruta é influenciada por diversos fatores ambientais, sendo a disponibilidade de água no solo um dos mais importantes. Portanto, o conhecimento da quantidade de água disponível no solo para atender as necessidades hídricas do pessegueiro durante os seus diferentes estádios de desenvolvimento é de interesse do ponto de vista agrônomo. Neste sentido, destaca-se a importância do uso da irrigação na cultura do pessegueiro, principalmente em períodos de seca prolongados (fim da primavera e início do verão), no sentido de fornecer a cultura um adequado suprimento de água.

As relações entre os componentes do sistema solo-água-planta-atmosfera são complexas e dinâmicas, o que torna o manejo da irrigação uma tomada de decisão criteriosa. Por isso, é importante conhecer a resposta do pessegueiro ao déficit hídrico para que se possa avaliar a influência da prática da irrigação na

produção da cultura. Dentre as metodologias utilizadas, destaca-se a do balanço hídrico no solo, que consiste na aplicação da equação de conservação de massa.

Neste sentido, o estudo do ambiente físico no qual a planta se desenvolve, particularmente o solo, poderá conduzir a técnicas de manejo mais apropriadas para a racionalização do uso da água, minimização do impacto ambiental e obtenção de frutos de qualidade desejada.

Este trabalho foi realizado visando testar as seguintes hipóteses:

- como a medida da umidade do solo determina a quantidade de água disponível dentro deste sistema e a disponibilidade de água para a planta, isto influencia na quantidade transferida para a atmosfera. É possível de se conhecer as diferenças de evapotranspiração entre plantas de pessegueiro irrigadas e não irrigadas, determinando os diferentes componentes do balanço hídrico desta cultura;

- como equipamentos de medida indireta de umidade do solo necessitam de calibração para relacionar os valores determinados pelo aparelho com a umidade existente no solo e posteriormente as medidas de tensão de água no solo são relacionadas com a umidade deste solo. É possível de se utilizar equipamentos de medida de tensão para esta calibração, visando redução de tempo e medidas constantes, sem revolvimento do solo.

Visando confirmar as hipóteses acima, esse trabalho tem como objetivo principal realizar um estudo do ambiente físico no qual a planta se desenvolve, em particular o solo, fazendo uma avaliação e quantificação do balanço hídrico, podendo conduzir a técnicas de manejo mais apropriadas para a racionalização do uso da água.

Tendo como objetivos específicos:

- quantificar os diferentes componentes do balanço hídrico em plantas de um pomar de pessegueiro, cv. Maciel, irrigadas e não-irrigadas;

- verificar a adequação das curvas de calibração de um equipamento de Reflectometria no Domínio da Frequência (FDR), modelo Diviner 2000[®], obtidas de forma direta e indireta.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características gerais da cultura do pessegueiro

O pessegueiro é uma espécie nativa da China, com referências na literatura chinesa de 20 séculos a.C. No Brasil, a cultura foi introduzida por Martin Afonso de Souza, em 1532, por meio de mudas trazidas da Ilha da Madeira e plantadas em São Vicente, localizada em São Paulo. O gênero *Prunus* (L.) é o mais importante da família Rosaceae, existindo diversas espécies cultivadas em caráter comercial, como as pertencentes à *Prunus persica* (L.) Batsch (SACHES & CAMPOS, 1998).

Segundo a FAO (2009) China, Itália e Estados Unidos são os principais países produtores de pêssegos e nectarinas, no ano de 2005 produziram cerca de 15,7 milhões.

Segundo o IBGE (2007), o Brasil produziu 185.959 toneladas de pêssegos no ano de 2007, numa área de 22.467 ha. Os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná possuem as melhores condições naturais para a produção comercial do pêssego. Entretanto, é possível produzi-lo em outros estados com técnicas de cultivo e cultivares menos exigentes ao frio ou microclimas, normalmente em grandes altitudes.

O estado do Rio Grande do Sul é considerado o maior produtor de pêssego do Brasil e detém a maior área cultivada do país, com uma produção de 119.130 toneladas no ano de 2005 (IBGE, 2007). Sua produção destina-se tanto para indústria como para o consumo *in natura*, mas o Estado é considerado tipicamente produtor de frutos para industrialização. Sua produção comercial está concentrada em três pólos, conhecidos como Metade Sul do Estado, a Grande Porto Alegre e Encosta Superior do Nordeste na região da Serra Gaúcha, onde juntos, somam cerca de 13 mil ha de pomares (IBGE, 2007).

A região de Pelotas, no sul do Rio Grande do Sul, juntamente com outros municípios é responsável por 90% da produção de pêssegos do estado, com uma área cultivada de 8.145 ha (MADAIL & REICHERT, 2003), sendo que desse total de

área cultivada na região, apenas 6% (483 ha) possuem irrigação (REISSER JÚNIOR et al., 2006).

Ferreyra et al. (1998) e Simão (1998) destacam que o crescimento vegetativo do pessegueiro, ou mesmo de qualquer planta caducifólia, apresenta uma maior taxa de crescimento de ramos durante a primavera, período que coincide com as primeiras etapas do crescimento do fruto. À medida que avança a temporada de crescimento e se aproxima a troca de estação (primavera/verão), seu crescimento vai diminuindo até não ser detectado.

Para Kramer & Boyer (1995) e Taiz & Zeiger (2004) a água desempenha um papel fundamental no crescimento vegetal da planta. Um pequeno desequilíbrio no fluxo de água no interior da planta pode causar estresse hídrico e mau funcionamento de inúmeros processos celulares, principalmente no crescimento do pessegueiro.

Jones (1992) destaca que o estresse hídrico pode ocorrer em duas situações: uma quando o solo não contém água disponível às plantas, também chamado de déficit hídrico no solo; ou ainda quando o solo contém água disponível, mas a planta não é capaz de absorvê-la em velocidade e quantidade suficiente para atender à demanda atmosférica.

Reisser Júnior (2002) descreve que as respostas da planta ao estresse hídrico são indicadores do seu efeito e são fundamentais para estudos com irrigação. Segundo Simões (2007), que realizou um trabalho na região de Pelotas-RS, com pessegueiro, cv. Maciel observou que períodos de intensa atividade fisiológica nas plantas, coincidem, geralmente, com a alta demanda de água. Portanto nessa etapa, é intensa a multiplicação das células, sendo os mesmos responsáveis por determinar o tamanho final dos frutos. A escassez de água nestes períodos irá contribuir para a diminuição do tamanho do fruto e a produção.

Para Ramos (2002), a falta ou excesso de água é frequente fator de diminuição da produção e, por isso, seu manejo é essencial para a maximização da produção agrícola. O déficit hídrico também pode causar prejuízo na produção do ano seguinte, interferindo na diferenciação floral em pessegueiro (PROEBSTING & MIDDLETON, 1980; HERTER et al., 2003).

Levitt (1972) concluiu que para o entendimento da resposta da planta ao déficit hídrico é de fundamental importância quantificar a capacidade de armazenamento de água no solo.

De acordo com Kiehl (1979) e Reichardt & Timm (2008), a quantidade de água armazenada no solo disponível às plantas, varia com a textura e com as características físicas do solo, levando a planta a apresentar diferentes respostas em seus mecanismos de resistência morfofisiológica.

Simões (2007) concluiu em um estudo com diferentes aplicações de água, que a baixa quantidade de água armazenada no solo, pode antecipar a queda das folhas, comprometendo a taxa fotossintética da planta, causando a redução na produção da matéria seca e na formação de gemas vegetais e floríferas para o próximo ano, além de alterar o crescimento das plantas.

Por isso, o estudo da dinâmica da água no perfil do solo é importante na solução de problemas relacionados ao manejo da irrigação, drenagem, armazenamento, e transporte de nutrientes.

2.2 Balanço hídrico

Para determinar a quantidade e a disponibilidade de água para as plantas é necessário o conhecimento da dinâmica da água no solo. O balanço hídrico é um método utilizado para estimar essa demanda hídrica para os diferentes estádios de desenvolvimento de uma cultura, sendo realizado diretamente em condições de campo.

O cálculo do balanço hídrico baseia-se na aplicação da equação da conservação das massas, ou seja, a soma algébrica das densidades de fluxos durante um intervalo de tempo é igual às variações da quantidade de água, no mesmo intervalo em uma camada de solo (REICHARDT & TIMM, 2008).

Pela lei da conservação de massa pode-se escrever:

$$\int_{t_i}^{t_j} (p + i \pm d_s - q_e \pm q_z) dt = \int_{t_i}^{t_j} \int_0^L \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} \right) dz dt$$

Alguns autores citam a equação geral de conservação de massa como a metodologia adequada para quantificar a água disponível para as plantas, entre eles Hillel (1982); Reichardt et al. (1990); Villagra et al. (1995); Cintra et al. (2000); Timm (2002); Cruz et al. (2005a) e Petillo & Castel (2007). Através dessa equação é

possível quantificar a quantidade de água que entra e sai em um determinado volume de solo em um período de tempo.

As entradas ocorrem via precipitação e irrigação, e as saídas são representadas pela drenagem interna, evapotranspiração e escoamento superficial num volume de solo, levando em consideração a profundidade do sistema radicular da cultura, para um determinado período de tempo (Fig. 1). Se a quantidade de água que entra no tempo considerado for maior que a quantidade que sai durante o mesmo período, o saldo será positivo, caso contrário, será negativo (LIBARDI & SAAD, 1994).

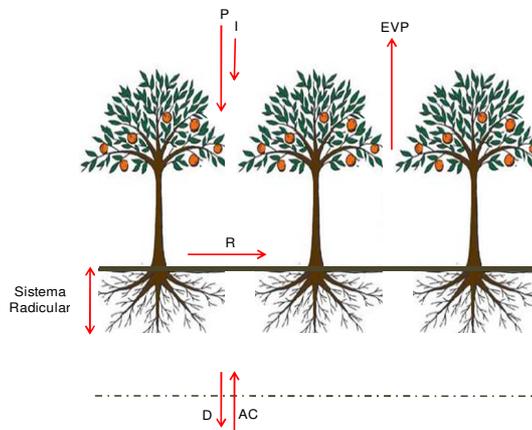


Figura 1 – Ilustração dos componentes do balanço hídrico em pomar de pessegueiro.

Para Petillo & Castel (2007) o método do balanço hídrico pode apresentar um erro na estimativa dos demais componentes, sendo acumulado na evapotranspiração, portanto suas estimativas podem não ser muito precisas, sendo uma das principais desvantagens do método. Outra limitação encontrada pelos autores seria a variação espacial da umidade no solo, principalmente na irrigação por gotejamento, onde a tridimensionalidade é considerada um problema. Além disso, a estimativa da evapotranspiração só pode ser realizada por um tempo relativamente longo em intervalos de uma semana ou mais.

Por outro lado, Reichardt et al. (1990) com o objetivo de realizar um estudo sobre a variabilidade espacial do solo e suas implicações no estabelecimento de balanços hídricos, citam que um fato importante que impõe dificuldades na metodologia do balanço hídrico no campo, é o fato do volume de solo ser aberto no seu limite inferior, o que dificulta a quantificação de uma capacidade de armazenar

água que estaria disponível as plantas. Outro problema seria a variabilidade espacial das propriedades físicas do solo.

Segundo Cruz et al. (2005a), a ênfase destes balanços têm sido dada à disponibilidade de água no solo, relacionada com os elementos climáticos e o desenvolvimento vegetal da cultura.

Para Cintra et al. (2000) a importância do balanço hídrico como ferramenta para avaliar a intensidade das saídas e entradas de água no solo, para posterior definição dos períodos mais prováveis de déficit hídrico para a cultura, pode estar relacionada aos fatores que o compõem, mas também ao conhecimento das características da planta, que representa o ponto de partida para a interpretação coerente dos resultados do balanço.

Para Silva (2002) os valores altos de balanço hídrico indicam excedentes hídricos e os baixos, falta de água ou deficiência hídrica. Essa excedência de água ocorre sempre que a precipitação for superior a quantidade necessária para atender a evapotranspiração potencial e completar o armazenamento de água no solo. Já a deficiência aparece sempre que o solo não conseguir suplementar a demanda atmosférica.

O conhecimento de como as plantas utilizam a água no solo e de como respondem aos níveis de armazenamento a partir do balanço hídrico, pode ser uma saída viável para o estabelecimento de estratégias eficazes de manejo, visando ao melhor uso possível das reservas de água no solo pelas culturas (CINTRA et al., 2000).

Cada componente do balanço hídrico como a precipitação, irrigação, evapotranspiração, drenagem interna, ascensão capilar e escoamento superficial, podem ser determinados por diferentes técnicas, e apesar da grande dificuldade e erros experimentais envolvidos na estimativa de cada componente, o balanço hídrico completo no campo constitui uma importante forma para ajudar no manejo da cultura.

2.2.1 Precipitação

A precipitação é um componente facilmente determinado, sendo medida com precisão através de pluviômetros ou pluviógrafos. Os dados muitas vezes são coletados de estações meteorológicas, onde sua distância em relação à cultura é de

fundamental importância, sendo recomendável que a medida da chuva seja realizada o mais próximo possível da área experimental.

Nem toda a água que precipita sobre uma determinada área contribui realmente para aumentar a umidade do solo. Apenas uma parcela da precipitação total que atinge o solo, infiltra e fica retida na camada para qual se deseja acompanhar o comportamento da umidade (TIMM et al., 2007).

2.2.2 escoamento superficial

A determinação direta do escoamento superficial no campo se torna muito difícil, pois para sua medição deve-se levar em consideração o tipo de solo, suas características físicas, a topografia do terreno e a cobertura superficial do solo. Desta forma, muitas vezes é deixado como incógnita na equação do balanço, neste caso todos os outros componentes devem ser conhecidos.

Em alguns casos, dependendo da declividade do terreno, o escoamento superficial não é considerado no cálculo do balanço hídrico. Segundo Pereira et al. (1974), em áreas com declividades inferiores a 3% o escoamento superficial pode ser desprezado. Cruz et al. (2005a) consideraram em um experimento com a cultura do citros, um escoamento superficial nulo, em função da área apresentar menos de 1% de declividade. O escoamento superficial também foi desconsiderado segundo Cintra et al. (2000) em um estudo realizado na região de Tabuleiro Sul, no estado do Sergipe, para a cultura citros por apresentar um relevo praticamente plano. Antonino et al. (2000) em um experimento realizado na microrregião dos Cariris Velhos, PB, com a cultura do milho, desconsideraram o escoamento superficial de água devido a topografia plana da área.

2.2.3 Drenagem interna e ascensão capilar

Os componentes drenagem profunda e ascensão capilar representam, respectivamente, saída e entrada de água pela parte inferior do volume de controle. A drenagem profunda expressa o excesso de água que penetrou no volume pelas chuvas ou irrigação. Quanto mais profundo o volume de controle, menor a drenagem profunda e maior a ascensão capilar.

O fluxo de drenagem interna ou ascensão capilar é o componente de grande complexidade no cálculo do balanço hídrico, sendo muitas vezes desconsiderado. Quando utilizado, sua determinação é realizada através da equação de Buckingham-Darcy, que envolve a função da condutividade hidráulica do solo $K(\theta)$.

Segundo van Lier & Libardi (1999), a condutividade hidráulica do solo não saturado é uma das propriedades mais importantes do solo em estudos que envolvam a infiltração da água, movimento de água dentro do perfil do solo e para as raízes da planta. No entanto, as informações referentes à variabilidade dos parâmetros empíricos que determinam a $K(\theta)$, são escassas. Uma das metodologias mais utilizadas para estimar a condutividade hidráulica é o método do perfil instantâneo, no qual é aplicado em situações em que o lençol freático está ausente, e podendo o perfil do solo ser heterogêneo (HILLEL et al., 1972; LIBARDI et al., 1980). A vantagem dessa metodologia está no fato de suas medições serem diretas no campo, no entanto, isso implica num grande investimento em equipamentos, mão-de-obra, tempo, principalmente em solos adensados, onde a drenagem é muito lenta.

Entre os atributos do solo influentes na determinação da condutividade hidráulica do solo não saturado, a textura é considerada uma das características importantes, devido a sua correlação com outros atributos do solo ou com fenômenos que ocorrem no solo. Para alguns autores como Govindaraju et al. (1992) e Reichardt et al. (1998), que discutem o fato de que os métodos baseados na equação de Richards, como é o caso do perfil instantâneo, embora teoricamente corretos, envolvem grandes problemas de aplicação, devido a exigência de dados de entrada difíceis de serem obtidos com precisão.

2.2.4 Evapotranspiração

Os processos de evaporação e transpiração, quando associados, recebem a denominação de evapotranspiração. A evapotranspiração é considerada uma variável dependente, principalmente, da planta, do solo e do clima. Podendo variar dependendo da cultura, em função da arquitetura foliar, das características da folha, da duração do ciclo da cultura e da época de cultivo (BERNARDO, 1995).

A evaporação em um solo cultivado depende principalmente da fração da radiação solar que atinge a superfície do solo. À medida que as culturas crescem, a

evaporação diminui e a transpiração aumenta. No estágio de desenvolvimento inicial da cultura, a evaporação corresponde a quase 100% da evapotranspiração. Já quando a cultura atinge a fase adulta (estágio de produção), a transpiração corresponde a aproximadamente 90% da evapotranspiração (ALLEN et al., 1998).

Segundo Pereira et al. (1997) a evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica, e pelo suprimento de água do solo às plantas, sendo que a disponibilidade de energia depende do local e da época do ano.

Os fatores que afetam a evapotranspiração segundo Allen et al. (1998), são: as condições climáticas (radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento), fatores da cultura (tipo de cultura, variedade e estágio de desenvolvimento) e características do solo (salinidade, fertilidade, adubação e grau de compactação do solo). A evapotranspiração é considerada um importante componente para determinação do balanço hídrico. Para se ter uma avaliação apropriada do balanço hídrico de uma determinada região, faz-se necessário definir os diferentes conceitos de evapotranspiração, como: evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração de referência (ET_0) e evapotranspiração da cultura (ET_c).

- Evapotranspiração potencial (ETP) - corresponde que à água utilizada por uma extensa superfície vegetada, em crescimento ativo e cobrindo totalmente o terreno, estando este bem suprido de umidade, ou seja, em nenhum instante a demanda atmosférica é restringida por falta d'água no solo. A ETP é um elemento climatológico fundamental, que corresponde ao processo oposto da chuva (THORNTHWAITE, 1946), sendo expressa na mesma unidade de medida (mm). A comparação entre chuva e a ETP resulta no balanço hídrico climatológico, indicando excessos e deficiências de umidade ao longo do ano ou da estação de crescimento das culturas (PEREIRA et al., 1997).

- Evapotranspiração de referência (ET_0) – é a evapotranspiração de uma superfície extensiva, coberta totalmente por grama com altura de 0,08 a 0,15 m, em crescimento ativo e sem deficiência hídrica. Assim definida, a evapotranspiração de referência coincide com a potencial. Segundo Pereira et al. (1997), que define ET_0 como sendo a evapotranspiração de uma cultura hipotética, com altura fixa igual a 0,12 m, albedo igual a 0,23, e resistência da cobertura ao transporte de vapor d'água

igual a 69 s m^{-1} , na qual representaria a evapotranspiração de um gramado verde, com altura uniforme, cobrindo totalmente a superfície do solo, e sem falta de água. Para a determinação da ET_0 , Allen et al. (1998) utilizam a equação considerada padrão pela FAO denominada de Penman-Monteith.

- Evapotranspiração da cultura (ET_c) – a cultura, desde o seu plantio até a colheita, cresce progressivamente, ocupando toda a área disponível. Nessas condições ocorre a evapotranspiração real, a qual é denominada, na prática, evapotranspiração da cultura (ET_c) ou evapotranspiração máxima (DOORENBOS & KASSAM, 1994). Em projetos de irrigação é fundamental o conhecimento da ET_c , uma vez que ela representa a quantidade de água que deve ser repostada ao solo para manter o crescimento e a produção em condições ideais, embora sua determinação esteja sujeita a muitos erros. A escassez ou excesso de água podem ser contornados utilizando-se as estimativas da evapotranspiração potencial (ou de referência) para gramado, corrigidas por um coeficiente de cultura (K_c). Esse coeficiente de ajuste representa o quociente entre ET_c e ET_0 , variando com a cultura, com seu estágio de desenvolvimento e com o método de estimativa de ET_0 (PEREIRA et al., 1997).

Segundo Allen et al. (1998), o K_c expressa as diferenças existentes entre a evapotranspiração de uma cultura qualquer e da cultura da grama, sendo ocasionadas pelas características dos estômatos, diferenças anatômicas das folhas, propriedades aerodinâmicas e pelo albedo (refletância da radiação solar).

Para Cruz et al. (2005) o estudo referente à evapotranspiração real (E_{Tr}) da cultura é um processo importante a ser avaliado, por que é por meio dela e da produtividade da cultura é que podemos determinar a eficiência do uso da água. Portanto, a E_{Tr} é considerada a evapotranspiração de uma determinada cultura, nas condições de umidade do solo ao longo do seu cultivo, isto é, sem a obrigatoriedade de o teor de água permanecer sempre próximo a capacidade de campo.

A medida direta da evapotranspiração é difícil e onerosa, porque exige instalações e equipamentos especiais, justificando-se somente em condições experimentais. Entretanto, a identificação da evapotranspiração contribui para uma melhor eficiência no manejo da irrigação, evitando à disposição da água para a cultura em excesso ou em déficit (OLIVEIRA & SILVA, 1990), havendo também uma grande economia de água através do conhecimento da evapotranspiração.

2.2.5 Irrigação do pessegueiro

A adoção de técnicas racionais de manejo conservacionista do solo e da água é de fundamental importância para a sustentabilidade, de tal forma que se possam manter ao longo do tempo esses recursos com quantidade e qualidade suficientes para a manutenção de níveis satisfatórios de produtividade.

Segundo Bernardo (1995), para se fazer uma irrigação correta deve-se, analisar o suprimento de água, fatores de solo, clima e planta de cada região. Em regiões onde a água é um fator limitante, o sistema de irrigação utilizado deve apresentar a maior eficiência do uso da água. Sendo uma prática utilizada para fornecer água as plantas, de acordo com a sua necessidade, como forma de garantir ou aumentar a produtividade das culturas ou a qualidade da produção.

O manejo adequado da irrigação significa num aumento ou garantia de renda do produtor. Havendo uma má condução, a irrigação pode ter sua eficiência comprometida, tanto pela colocação excessiva de água na área irrigada, como pela deficiência de água e pela sua distribuição inadequada (TIMM et al., 2007). O manejo da irrigação em pessegueiro esta relacionado com o sistema radicular da cultura e estágio de desenvolvimento das plantas, juntamente com as características do solo (físico/hídricas), fatores que juntos determinam a quantidade necessária de água para as plantas.

No Brasil, são utilizados os métodos de irrigação por superfície, aspersão e localizada, no entanto, para frutíferas o sistema de irrigação mais utilizado é a localizada, sendo os métodos de gotejamento e microaspersão. Dentre os sistemas de irrigação localizada o gotejamento é o mais utilizado na cultura do pessegueiro na região de Pelotas-RS (TIMM et al., 2007).

2.2.5.1 Método de irrigação localizada (gotejamento)

Segundo Mantovani et al. (2006), a irrigação localizada consiste na distribuição de água por uma rede de tubos que apresentam emissores afixados, responsáveis por aplicar a água diretamente na zona radicular, em pequenas intensidades e alta frequência, apresentando um elevado potencial de produtividade e uso eficiente da água na irrigação.

Para Vieira et al. (2004), a uniformidade na distribuição da água pelo sistema de gotejamento é considerado um dos aspectos mais importantes, porém a desuniformidade dos gotejadores, ocorrido no processo de fabricação, o dimensionamento inadequado do sistema e o entupimento dos emissores, são fatores que podem causar danos ao desenvolvimento da cultura.

No Rio Grande do Sul, principalmente na metade sul, a suplementação de água a cultura do pêssego através da irrigação tem sido feita, normalmente, com baixa tecnologia (aspectos relacionados ao manejo da irrigação) e que mesmo nesses casos, tem-se observado resposta positiva das plantas, particularmente em relação ao diâmetro das frutas (REISSER JÚNIOR & CARVALHO, 2003).

Herter et al. (2003) observaram num estudo realizado sobre a cultura do pessegueiro, a importância do uso da irrigação em períodos de seca prolongadas, principalmente no fim da primavera e início do verão, antes da colheita, no sentido de fornecer a cultura um adequado suprimento de água para que se obtenha frutos de qualidade superiores e menores riscos de prejuízos causados por pragas e doenças.

Na região de Pelotas, as informações sobre a eficiência da irrigação são escassas e as existentes mostram que o principal efeito da reposição hídrica por gotejamento é sobre o tamanho dos frutos, mas não sobre a produtividade (REISSER JÚNIOR, 1997).

Reisser Júnior et al. (2006) observaram em estudos realizados na região produtora de pêssego em Pelotas-RS, que o sistema de irrigação por gotejamento tem sido utilizado em 54% da área de pessegueiro irrigado, sendo que 46% são utilizados por outros sistemas. No entanto, Vieira (1975) e Keller & Bliesner (1990) destacam que o êxito da irrigação por gotejamento depende do processo de filtragem, bom funcionamento dos gotejadores e dos dimensionamentos previstos no projeto de irrigação.

Uma das etapas importantes no uso dos sistemas de irrigação diz respeito às decisões sobre quanto e quando aplicar água na cultura. Para que tais decisões sejam tomadas adequadamente, é necessário conhecer os fatores que afetam o manejo da irrigação, como o solo, o clima, a topografia do terreno e a cultura.

2.3 Determinação da umidade do solo

O monitoramento da umidade do solo tem sido uma prática cada vez mais importante na atividade agrícola, principalmente no que se refere ao manejo da irrigação.

O uso de métodos e técnicas (diretas e indiretas) para determinar o nível de umidade do solo é de grande importância econômica, pois proporciona um aumento na eficiência de irrigação e contribui para reduzir os gastos de energia, água e mão-de-obra (DETOMINI, 2007).

Segundo Souza & Matsura (2002) entre os métodos existentes para quantificar a umidade do solo de maneira direta, o método gravimétrico é considerado o padrão. Entre os métodos indiretos, podem ser citados a tensiometria, sonda de nêutrons e reflectometria no domínio do tempo (TDR). Além destes, o uso de equipamentos como a reflectometria no domínio da frequência (FDR) tem aumentado ao longo dos anos.

O método gravimétrico consiste da retirada de amostras do solo na área e profundidade em que se deseja determinar a umidade do solo. A determinação da umidade da amostra de solo é realizada através da pesagem da massa de solo úmido e da massa de seco em estufa (105 - 110°C). A diferença encontrada entre as duas medidas representa a massa de água perdida pela amostra. No caso de ser conhecida a densidade do solo ou volume da amostra, pode-se obter também a umidade volumétrica.

Para Klein (2008) é um método simples e permite diretamente a obtenção da umidade do solo, apresentando, no entanto, algumas desvantagens, como técnica destrutiva, morosidade na determinação e não permite a repetição da amostragem no mesmo local.

A utilização do tensiômetro, como método indireto, para a determinação da umidade do solo através da curva de retenção de água no solo é considerado o método mais barato, possuindo a vantagem de ser prático e de obter resultados de boa precisão (REICHARDT & TIMM, 2008). O tensiômetro consiste de uma cápsula porosa de cerâmica, conectada a um manômetro através de um tubo, geralmente de PVC preenchido com água.

O princípio de funcionamento do tensiômetro está relacionado ao estabelecimento do contato hidráulico entre a água contida no seu interior e a água

do solo, através de uma cápsula porosa, possibilitando o equilíbrio após um determinado tempo. Sua instalação deve ser de forma a proporcionar um bom contato entre a cápsula porosa e o solo, proporcionando o movimento da água do solo para a cápsula porosa e vice-versa. Quando ocorrer mudanças no conteúdo de água no solo, e conseqüentemente no seu estado de energia, essa alteração será transmitida à água no interior do tensiômetro, sendo indicada pelo manômetro (TEIXEIRA, 2001).

A sonda de nêutrons é uma técnica que pode ser utilizada para determinar o conteúdo de água a uma determinada profundidade no solo, o total de água no perfil e para o monitoramento da umidade ao longo do tempo. Para Teixeira (2001) uma grande vantagem na utilização dessa técnica é a sua natureza não destrutiva, o que a torna de grande importância nas determinações do conteúdo de água no solo. É uma técnica que vem sendo utilizada a muitos anos, mas que tende a cair em desuso devido aos potenciais problemas causados pela emissão de nêutrons e de radiação durante a sua operação.

Para uma boa obtenção dos dados, a sonda de nêutrons deve ser calibrada para o solo que será estudado. A sonda fornece valores de contagem por unidade de tempo, havendo a necessidade da construção de curvas de calibração para obtenção da umidade do solo, relacionando a contagem relativa com o conteúdo volumétrico de água no solo.

O método de calibração a campo apresenta alguns inconvenientes, como a necessidade da retirada de amostras de solo para a determinação da umidade gravimétrica, sendo que na maioria dos casos as relações entre as contagens do solo e a umidade volumétrica, não apresentam coeficientes de correlação considerados adequados (TURATTI et al., 1990).

Além da sonda de nêutrons existem outros métodos indiretos para a determinação do conteúdo de água no solo como o TDR e o FDR.

A técnica da reflectometria no domínio do tempo (TDR) é uma técnica considerada relativamente nova e foi criada para diagnosticar discontinuidades em sistemas eletrônicos de comunicação, como por exemplo, cabos e linhas de transmissão subterrânea. Essa técnica tem sido considerada promissora em trabalhos de medida de umidade em campo.

O princípio de funcionamento está baseado no envio de um pulso eletromagnético de alta frequência a hastes metálicas enterradas no solo (sondas),

sendo que o tempo de propagação na haste é proporcional à permissividade do solo, que por sua vez depende da umidade. A técnica de TDR utiliza a constante dielétrica da água para estimar o conteúdo de água do solo. Na faixa de frequência das ondas de rádio (\cong 50 MHz), a constante dielétrica da água é cerca de 80, do ar é 1 e do solo seco é de 3 a 5 MHz (TEIXEIRA, 2001). Algumas vantagens podem ser destacadas, como sendo, uma técnica não destrutiva, que não utiliza radiação ionizante, exatidão nas medições, é portátil e as medições podem ser realizadas de forma automática. Como desvantagens destacam-se o elevado custo do equipamento e a possível necessidade de calibração específica para cada tipo de solo.

Dentre os métodos baseados na determinação do conteúdo de água no solo, as sondas de capacitância (EnviroScan e Diviner 2000), apesar de pouco utilizadas no Brasil, são alternativas aos métodos de quantificação do teor de água no solo.

A reflectômetria no domínio da frequência é um equipamento utilizado para registrar dados de umidade do solo, em tempo real, mediante a resposta de mudança da constante dielétrica, conhecida como capacitância (SENTEK PTY, 1999).

A sonda é composta por um par de eletrodos que funcionam como um capacitor eletrônico, depois de ativado, é formado o meio dielétrico do capacitor através da matriz solo-água-ar ao redor do tubo de acesso. O capacitor é conectado a um circuito oscilatório LC (L = indutor; C = capacitor), onde as trocas de frequência do circuito dependem das trocas de capacitância na matriz do solo. A capacitância aumenta à medida que aumentam o número de moléculas de água livres e com seus dipolos respondendo ao campo dielétrico criado pelo capacitor. Para que isso aconteça a área dos eletrodos e a distância entre eles devem ser fixas na sonda (PALTINEANU & STARR, 1997; SENTEK, 2001).

Os sensores de capacitância (FDR) são confundidos com os sistemas da Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR), pois ambos medem a constante dielétrica do solo. Entretanto, o FDR mede o tempo de carga de um condensador e este é a função da constante dielétrica do solo que rodeia o condensador, e o TDR determina a constante dielétrica de um meio, medindo o tempo que leva uma onda eletromagnética a propagar-se por uma linha de transmissão, sendo função da constante dielétrica do meio que rodeia a linha de transmissão.

Um dos modelos que utiliza a técnica de FDR, a sonda Diviner 2000[®] é um dispositivo portátil que monitora a umidade do solo através de um display portátil, conectado a uma sonda (HENG et al., 2002). As leituras efetuadas pela sonda representam o conteúdo de umidade do solo a uma determinada profundidade. No momento da realização das medidas deve-se introduzir a sonda lentamente em um tubo de acesso de PVC.

As medidas podem ser realizadas em intervalos de 10 cm de profundidade, sem necessitar de pausa em cada horizonte, isso significa que a sonda pode subir e descer dentro do tubo de acesso, podendo medir até 16 leituras em poucos segundos, as leituras variam com o comprimento do tubo.

A técnica de FDR oferece algumas vantagens em relação a outros métodos, como a obtenção de um grande número de medidas, de forma contínua e sem danificar as propriedades do solo, rapidez na obtenção dos dados, fácil de ser transportado, não possui radioatividade e baixo custo em relação aos outros equipamentos. Entretanto apresenta como desvantagem a necessidade de calibração.

Para Garcia et al. (2005) a sonda de capacitância (FDR) é um equipamento muito prático para a determinação da umidade do solo, porém em alguns casos apresenta um inconveniente que é o caso da calibração, que requer muito tempo e um elevado número de repetições necessárias para obter uma ampla faixa de umidade. Por outro lado é observado que é essencial a calibração do equipamento em campo, juntamente com a coleta de amostras de solo.

Apesar dos avanços tecnológicos aplicados à técnica de FDR, os estudos disponíveis no Brasil ainda são poucos principalmente os relacionados à calibração. Os equipamentos que utilizam a técnica de FDR possuem uma calibração universal, de fábrica, alguns autores ressaltam a necessidade de calibrações locais, podendo melhorar a precisão do equipamento, ainda que sejam trabalhosas e onerosas (PALTINEAN & STARR, 1997; ANDRADE et al., 2007).

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição geral da área

3.1.1 Localização

O trabalho foi realizado em uma área experimental pertencente a Embrapa Clima Temperado, situada em Pelotas (32°45'S e 52°30'W), Rio Grande do Sul, Brasil com altitude média de 60 m.



Figura 2 - Imagem aérea da localização da área experimental e da sede da Embrapa Clima Temperado.

3.1.2 Clima

No município de Pelotas o clima é do tipo "Cfa", segundo a classificação de Köppen, ou seja, temperado úmido com verões quentes. A região possui temperatura e precipitação média anual de 17,9°C e 1500 mm, respectivamente. Os dados meteorológicos (temperatura média do ar, precipitação, evaporação de Piche, insolação, nebulosidade e umidade relativa do ar) utilizados neste estudo foram obtidos na Estação Agrometeorológica da Embrapa Clima Temperado, localizada aproximadamente a 500 m do local da realização do experimento.

3.1.3 Classificação e descrição do perfil do solo na área experimental

Conforme Embrapa (2006), o solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico abrupto plântico, com textura média argilosa, relevo suave ondulado, sendo sua caracterização e descrição morfológica realizada em uma trincheira aberta próxima a área experimental. Os dados referentes ao perfil são apresentados no Anexo A.

3.1.4 Cultivar e práticas culturais

A cultivar de pessegueiro Maciel (*Prunus persica* L, Batsch), é uma planta que apresenta vigor médio. A densidade de suas gemas floríferas é de 10 a 12 pares por 25 cm de comprimento por ramo. É uma cultivar que se adapta a regiões onde o acúmulo de frio hibernar esteja entre 200 e 300 horas, podendo produzir até 50 kg planta⁻¹ de frutos, com peso médio próximo a 120 g. A floração ocorre ao final de julho ou no início de agosto, sendo que sua colheita se inicia geralmente, na segunda ou terceira semana de dezembro (RASEIRA et al., 1998).

O pessegueiro apresenta um sistema radicular que inicialmente é pivotante, se ramificando lateralmente com o crescimento da planta, sendo que 90% das raízes encontram-se nos primeiros 50 cm de profundidade do solo. O sistema radicular da cultura juntamente com as características do solo é que definem a quantidade de água disponível para a planta (TIMM et al., 2007).

É recomendável que o solo, na linha das plantas, ou seja, na área explorada pelo sistema radicular, seja mantido livre de qualquer tipo de vegetação, evitando a competição com a cultura no período, entre a floração e a maturação dos frutos; estendendo-se até a queda das folhas. Como já citado, o pessegueiro apresenta uma maior taxa de crescimento durante a primavera, época em que a planta requer uma maior quantidade de água devido ao aumento da sua área foliar.

No início do experimento (15/09/2008) a cultivar Maciel encontrava-se com três anos de idade e sua primeira produção de frutos prevista para final de novembro ou início de dezembro de 2008. As plantas foram enxertadas no porta-enxerto Capdebosq e o espaçamento utilizado no pomar foi de 2 m entre plantas e 7,20 m entre linhas.

A poda foi realizada no mês de julho de 2008, a técnica empregada foi à condução em “taça”. O controle das plantas invasoras foi realizado através de capina nas linhas e nas entrelinhas era passada uma roçadeira, a fim de controlar a sua altura. Para as demais práticas culturais como raleio, manejo fitossanitário, bem como, as demais técnicas necessárias para a condução das plantas foram realizadas de acordo com os procedimentos adotados pela Embrapa Clima Temperado.

3.2 Atributos físico-hídricos do solo

Foram coletadas amostras de solo com estrutura deformada e preservada, retiradas da mesma trincheira da descrição do perfil, com o objetivo de determinar os seguintes atributos físico-hídricos nas profundidades de 0,10 m; 0,20 m; 0,30 m; 0,40 m; 0,50 m; 0,60 m e 0,70 m, como a textura (frações areia, silte e argila), densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e curva de retenção de água no solo. Cada anel de inox utilizado na coleta das amostras de solo possuía, aproximadamente, 0,05 m de altura e 0,048 m de diâmetro, sendo coletadas 3 amostras em cada profundidade. Durante a coleta as amostras foram devidamente identificadas e embaladas em papel alumínio e em seguida levadas ao laboratório.

As percentagens de areia, silte e argila das amostras de solo deformadas coletadas em cada uma das camadas estudadas foram determinadas pelo Método da Pipeta (GEE & OR, 2002). A densidade do solo foi avaliada por meio dos anéis, previamente identificados e pesados. As amostras foram pesadas obtendo-se a massa úmida e, levadas a estufa 105°C por 48h, após este período foram novamente pesadas determinando-se a massa seca. De posse dos dados de altura e diâmetro de cada anel, massas úmida e seca, obteve-se a densidade de cada amostra (GROSSMAN & REINSCH, 2002).

As amostras de solo coletadas com estrutura preservada para determinação da porosidade total e curva de retenção, foram preparadas no laboratório retirando-se o excesso de solo e saturadas por um período de 24 horas em um recipiente plástico, tomando-se o cuidado de promover uma completa expulsão do ar presente nos poros do solo. Para a determinação da porosidade do solo, as amostras após o período de saturação, foram drenadas no potencial equivalente a 6 KPa utilizando

uma mesa de tensão adaptada de Kiehl (1979). A partir dos valores de umidade com saturação da amostra e dos valores de retenção de água, calcularam-se os valores de porosidade total, microporosidade e macroporosidade (diferença entre a porosidade e microporosidade).

Para a determinação dos conteúdos de água no solo retidos nas tensões de 0 KPa, 1 KPa e 6 KPa foi utilizada a Mesa de Tensão, enquanto que para os retidos nas tensões de 33 KPa, 100 KPa, 300 KPa, 500 KPa e 1500 KPa foi utilizada a Câmara de Pressão de Richards. Foram utilizadas para a determinação da capacidade de campo (CC) e para o ponto de murcha permanente (PMP) as tensões de 33 KPa e 1500 KPa, respectivamente.

Na Tabela 1 são encontradas as percentagens de areia, silte e argila bem como os valores de densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade do solo em cada uma das camadas estudadas.

Tabela 1 – Composição granulométrica, densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade de um Argissolo Vermelho Amarelo nas diferentes camadas estudadas.

Camada (m)	Areia (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Densidade do solo (g cm ⁻³)	Porosidade total (%)	Macro (%)	Micro (%)
0-0,10	679	171	150	1,74	35,38	7,24	28,14
0,10-0,20	671	189	141	1,53	37,65	11,12	26,53
0,20-0,30	656	198	146	1,72	31,36	5,38	25,98
0,30-0,40	629	195	175	1,67	32,22	7,24	24,98
0,40-0,50	606	196	198	1,74	31,07	5,44	25,63
0,50-0,60	526	204	270	1,61	34,25	6,74	27,51
0,60-0,70	378	184	438	1,54	36,81	1,08	35,73

Analisando a tabela verifica-se que a fração areia é predominante na camada de 0-0,60 m de profundidade.

Os dados experimentais da curva de retenção foram ajustados à equação proposta por van Genuchten (1980) (Equação 1) utilizando-se o software Soil Water Retention Curve-SWRC (DOURADO NETO et al., 1990). Foi adotada a restrição de dependência entre m e n, isto é, $m = 1 - 1/n$ (MUALEM, 1976). Na Tabela 2 são

apresentadas as equações ajustadas aos dados experimentais (pares de conteúdo de água no solo-potencial matricial) para cada camada de profundidade estudada.

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left(1 + (\alpha * \phi_m)^n\right)^m} \quad (1)$$

onde: θ = conteúdo volumétrico de água no solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); θ_r = conteúdo volumétrico residual de água no solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); θ_s = conteúdo volumétrico de água na saturação ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); α (cm^{-1}), n e m = parâmetros de ajustes da equação solo (adimensional); e ϕ_m = potencial matricial (cm).

Tabela 2 - Equações ajustadas aos dados experimentais da curva de retenção de água no solo em cada camada estudada.

Camada (m)	Equações Ajustadas
0-0,10	$\theta = 0,0490 + \frac{0,3820 - 0,0490}{\left[1 + (0,0989 \phi_m)^{1,1686}\right]^{0,1443}}$
0,10-0,20	$\theta = 0,0100 + \frac{0,4010 - 0,0100}{\left[1 + (0,1882 \phi_m)^{1,1492}\right]^{0,1298}}$
0,20-0,30	$\theta = 0,0100 + \frac{0,3350 - 0,0100}{\left[1 + (0,1203 \phi_m)^{1,1274}\right]^{0,1330}}$
0,30-0,40	$\theta = 0,0100 + \frac{0,3460 - 0,0100}{\left[1 + (0,1738 \phi_m)^{1,129}\right]^{0,1142}}$
0,40-0,50	$\theta = 0,0100 + \frac{0,3320 - 0,0100}{\left[1 + (0,1692 \phi_m)^{1,1170}\right]^{0,1047}}$
0,50-0,60	$\theta = 0,0100 + \frac{0,3650 - 0,0100}{\left[1 + (0,2594 \phi_m)^{1,1050}\right]^{0,095}}$
0,60-0,70	$\theta = 0,2740 + \frac{0,3640 - 0,2740}{\left[1 + (0,0017 \phi_m)^{1,3812}\right]^{0,276}}$

3.3 Calibração do equipamento de Reflectometria no Domínio da Frequência (sonda de FDR), modelo Diviner 2000

Utilizaram-se duas metodologias para a confecção das curvas de calibração da sonda de FDR. A primeira obtida diretamente pela relação entre a frequência relativa e a umidade volumétrica da amostra coletada no momento da leitura com o FDR, e a segunda indiretamente pela frequência relativa e o potencial matricial obtido por tensiometria e sua posterior relação com a umidade volumétrica através da curva de retenção de água no solo. Para ambos os métodos foi utilizado uma sonda de FDR, modelo Diviner 2000.

3.3.1 Preparo da área experimental para a determinação das curvas de calibração da sonda de FDR

Para a calibração do equipamento, que utiliza a técnica da reflectometria no domínio da frequência (FDR) foi escolhido um local próximo a área experimental de pessegueiros, onde também foram conduzidos os estudos envolvendo a avaliação e a quantificação dos diferentes componentes do balanço hídrico no solo.

A primeira metodologia foi obtida diretamente pela relação entre a frequência relativa e a umidade volumétrica da amostra coletada no momento da leitura com o FDR, conforme citado anteriormente. O procedimento para a obtenção da curva de calibração da sonda foi realizado seguindo instruções fornecidas pelo fabricante do equipamento (SENTEK, 1999).

Após a seleção da área para a instalação dos tubos de acesso utilizados para a calibração, foi realizada uma limpeza no local, para posteriormente serem instalados os tubos. Na área experimental foram instalados dois tubos de acesso de PVC rígido, com diâmetros externo e interno de 60 mm e 55 mm, respectivamente, e comprimento de 1,0 m cada, separados entre si de 5 m.

Foi fixada uma base metálica na parte inferior do tripé e logo após, a instalação do tripé onde seriam fixados e nivelados os tubos através de um nível de bolha. Para a introdução do tubo de acesso no solo foi utilizado um trado especial para um melhor contato entre o tubo e o solo.

Depois da retirada do solo com a ajuda do trado foi colocado um tubo maciço com diâmetro inferior ao tubo de acesso para posteriormente com ajuda de uma marreta pressionar o tubo para dentro do solo.

No final da instalação do tubo de acesso foi realizada a limpeza na parte interna do tubo para retirada do excesso de solo, onde na extremidade inferior (dentro do tubo) foi colocada uma válvula de vedação (Fig. 3a) e na parte superior conectada uma tampa, evitando a entrada de água e pequenos animais (Fig. 3b).

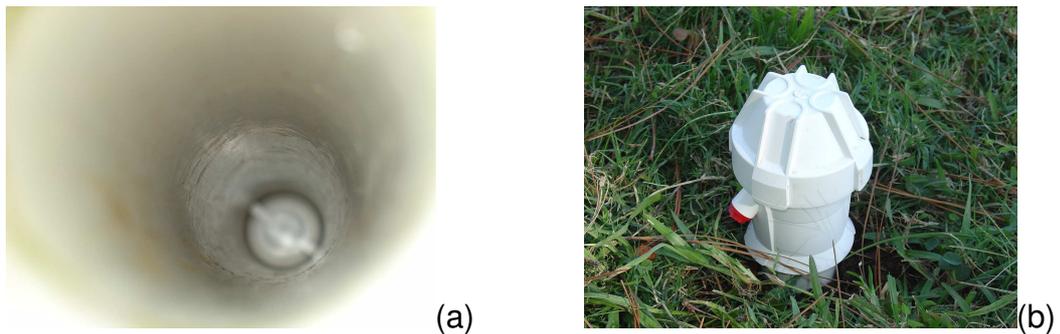


Figura 3 – Ilustração da válvula de vedação instalada na parte inferior dentro do tubo de acesso (a) e a tampa de vedação conectada na parte superior do tubo de acesso (b).

Após a instalação dos tubos de acesso, as leituras com a sonda foram realizadas nas profundidades de 0,10, 0,20, 0,30, 0,40, 0,50, 0,60 e 0,70 m, e concomitantemente retiradas três amostras deformadas para a determinação da umidade gravimétrica, para posterior transformação em umidade volumétrica. A coleta das amostras de solo foi realizada entre os meses de abril e junho de 2008 em dois níveis de umidade (seco e saturado), procurando-se determinar uma equação válida para uma maior amplitude de variação de umidade.

Para estabelecer a condição mais úmida, aplicou-se aproximadamente 80 litros de água, junto ao tubo, para que esta atingisse até 1,0 m de profundidade.

A segunda metodologia utilizada foi pelo método indireto determinado a partir da relação entre a frequência relativa e o potencial matricial obtido por tensiometria e sua posterior relação com a umidade volumétrica por meio da curva de retenção de água no solo.

A calibração foi realizada em uma área experimental (9,28 m²), onde foram instaladas duas baterias de tensiômetros com manômetro de mercúrio, cada bateria

composta de quatro tensiômetros nas profundidades de 0,10 m; 0,30 m; 0,50 m e 0,70 m, distanciados lateralmente entre si de 0,20 m. Os tensiômetros utilizados foram construídos no laboratório de Física do Solo da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, situada no município do Capão do Leão.

Além dos tensiômetros, foi instalado um tubo de acesso para a sonda de FDR, até a profundidade de 0,90 m, conforme instruções fornecidas pelo fabricante do equipamento (SENTEK, 1999), posicionado centralmente à área e distante 0,30 m do tensiômetro de maior profundidade (Fig. 4).



Figura 4 - Área e arranjo experimental utilizados para a determinação das curvas de calibração da sonda FDR em diferentes profundidades.

As leituras com a sonda foram realizadas nas profundidades de 0,10 m; 0,20 m; 0,30 m; 0,40 m; 0,50 m; 0,60 m e 0,70 m. Para a análise das curvas de calibração foram consideradas as profundidades de 0,10 m; 0,30 m; 0,50 m e 0,70 m, em função da existência de leituras coincidentes entre a sonda e os tensiômetros.

Para a obtenção das curvas de calibração do equipamento FDR, as quais relacionam os valores de frequência relativa e umidade volumétrica de água no solo, é necessário o conhecimento da frequência tanto em meio líquido (F_w), como no ar (F_a). A frequência da água (F_w) foi obtida utilizando-se caixas térmicas adaptadas contendo 18 litros de água, com um tubo de acesso central, de tal forma a possibilitar a cobertura total do tubo pela água (Fig. 5a). A frequência do ar (F_a) foi determinada inserindo-se a sonda em um tubo de acesso “novo” e lacrado, suspenso no ar, por um período de 10 segundos (Fig. 5b).

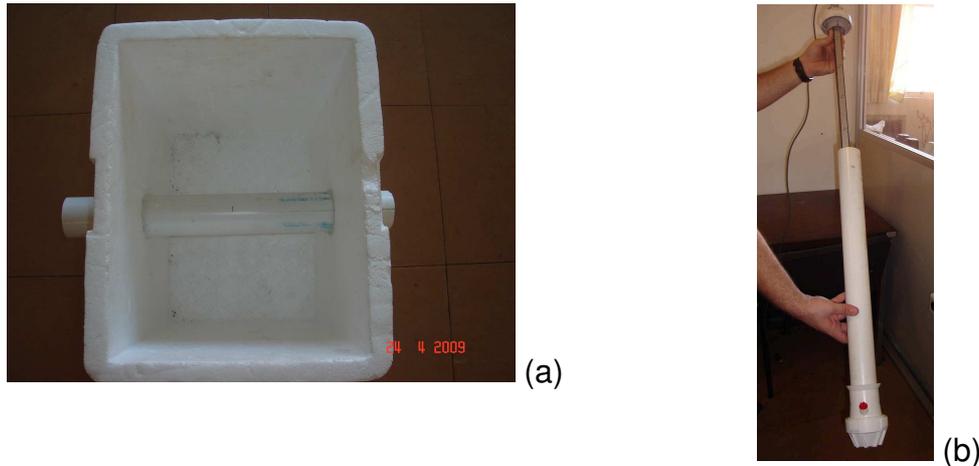


Figura 5 - Caixa térmica adaptada para a obtenção da frequência da água (a) e o tubo de acesso de PVC utilizado para obtenção da frequência do ar (b).

A frequência relativa (FR) foi calculada a partir da seguinte equação:

$$FR = \left(\frac{Fa - Fs}{Fa - Fw} \right) \quad (2)$$

onde: FR = frequência relativa; Fa = leitura de frequência no ar; Fw = leitura de frequência na água; Fs = leitura de frequência no solo, tubo de PVC instalado no solo.

A partir do cálculo da frequência relativa (FR), os valores de umidade volumétrica foram calculados por meio da seguinte equação:

$$\theta_v = aFR^b \quad (3)$$

onde: θ_v = umidade volumétrica do solo ($m^3 m^{-3}$); a e b = coeficientes de ajustes da equação (adimensionais); FR = frequência relativa calculada pela equação 2.

Para avaliar e quantificar as diferenças entre as duas metodologias utilizadas (direto e indireto) utilizaram-se os seguintes índices estatísticos: Índice de concordância (d) (WILLMOTT et al., 1985), Eficiência (EF), Erro médio quadrático normalizado (RMSE) e o Coeficiente de massa residual (CRM), (ZACHARIAS et al., 1996; SENTELHAS et al., 1998). Uma perfeita concordância entre as curvas obtidas pelos dois métodos resultaria em $d = EF = 1$ e $RMSE = CRM = 0$.

As equações dos índices estatísticos utilizados encontram-se logo abaixo:

a) Índice de concordância (d):

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n \left(\left| P_i - \bar{O} \right| + \left| O_i - \bar{O} \right| \right)^2} \right] \quad (4)$$

b) Eficiência (EF):

$$EF = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \right] \quad (5)$$

c) Erro médio quadrático normalizado (RMSE):

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2 \right]^{0,5} \times \left(\frac{100}{\bar{O}} \right) \quad (6)$$

d) Coeficiente de massa residual (CRM):

$$CMR = \left(\frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \right) \quad (7)$$

onde: O_i = representa os valores observados do conteúdo volumétrico de água no solo; P_i = representa os valores estimados do conteúdo volumétrico de água no solo; n = número de observações; \bar{O} = média aritmética do conteúdo volumétrico de água no solo.

3.4 Balanço hídrico de água no solo

Como já citado, o cálculo do balanço hídrico baseia-se na aplicação da equação de conservação das massas que pode ser escrita de uma forma simplificada:

$$P + I \pm D - ET \pm R = \pm \Delta S \quad (8)$$

onde: todas as unidades dos componentes do balanço hídrico são expressas em mm e estimadas em intervalos de tempo Δt (dias); P = precipitação; I = irrigação; ET = evapotranspiração; R = escoamento superficial; Q_L = fluxo de água no limite inferior do volume de solo, na profundidade $Z = L$ (tomada como o limite da zona radicular); e ΔS = variação do armazenamento de água no solo na camada de $0 - L$. O fluxo Q_L pode ser devido a ascensão capilar (AC) ou drenagem (D) dentro do elemento de volume considerado.

O cálculo do balanço hídrico foi realizado semanalmente e dividido em 32 períodos, dos quais 4 períodos (12, 20, 24 e 26) foram desconsiderados por apresentarem precipitação acima de 30 mm semana⁻¹. Os períodos com chuva acima de 30 mm semana⁻¹ foram desconsiderados devido ao fato de que nestes dias o volume de precipitação poderia gerar escoamento, podendo ocasionar erros no cálculo da evapotranspiração. Castel & Buj (1990), Domingo et al. (1996) e Petillo & Castel (2007) também desconsideraram para a determinação da evapotranspiração para cultura do citros valores superiores a 30 mm semanal⁻¹. Os autores consideraram que os valores acima de 30 mm semana⁻¹, poderiam causar a saturação do solo, levando ao escoamento superficial e podendo ocasionar erros no cálculo da evapotranspiração.

Tabela 3 – Períodos de avaliação do balanço hídrico de água no solo adotado neste estudo.

Período	Data	Período	Data
1	15/09/08-21/09/08	16	29/12/08-04/01/09
2	22/09/08-28/09/08	17	05/01/09-11/01/09
3	29/09/08-05/10/08	18	12/01/09-18/01/09
4	06/10/08-12/10/08	19	19/01/09-25/01/09
5	13/10/08-19/10/08	21	02/02/09-08/02/09
6	20/10/08-26/10/08	22	09/02/09-15/02/09
7	27/10/08-02/11/08	23	16/02/09-22/02/09
8	03/11/08-09/11/08	25	02/03/09-08/03/09
9	10/11/08-16/11/08	27	16/03/09-23/03/09
10	17/11/08-23/11/08	28	23/03/09-29/03/09
11	24/11/08-30/11/08	29	30/03/09-05/04/09
13	08/12/08-14/12/08	30	06/04/09-12/04/09
14	15/12/08-21/12/08	31	13/04/09-19/04/09
15	22/12/08-28/12/08	32	20/04/09-26/04/09

3.4.1 Avaliação e quantificação dos componentes do balanço hídrico

A avaliação e quantificação dos diferentes componentes do balanço hídrico de água no solo foram realizadas em uma área experimental cultivada com pessegueiro, cultivar Maciel, próximo às plantas irrigadas e não irrigadas.

Nesta área foram instalados seis tubos de acesso até a profundidade de 0,90 m, onde quatro tubos foram colocados próximos às plantas irrigadas e dois tubos foram colocados nas plantas não irrigadas (Fig. 6).

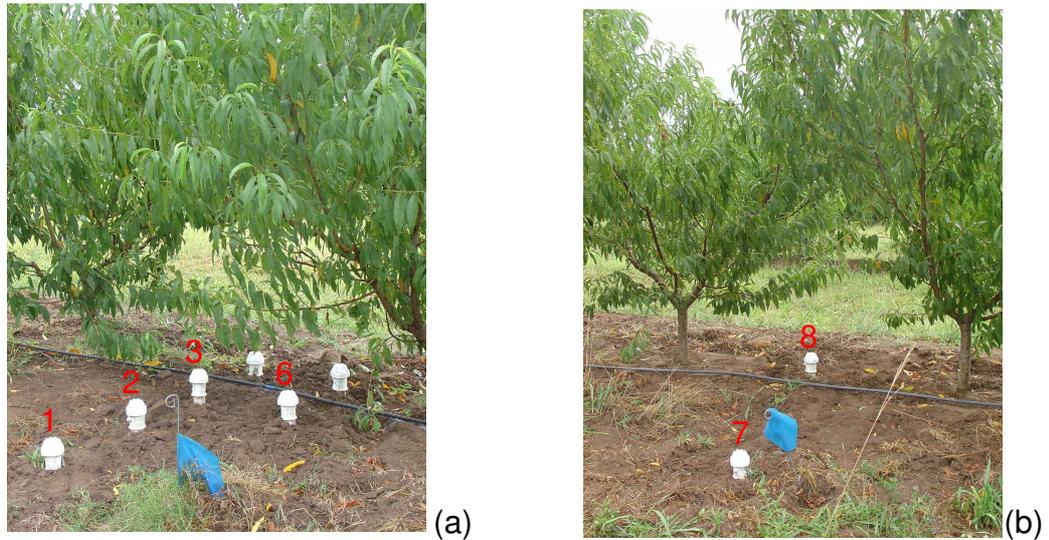
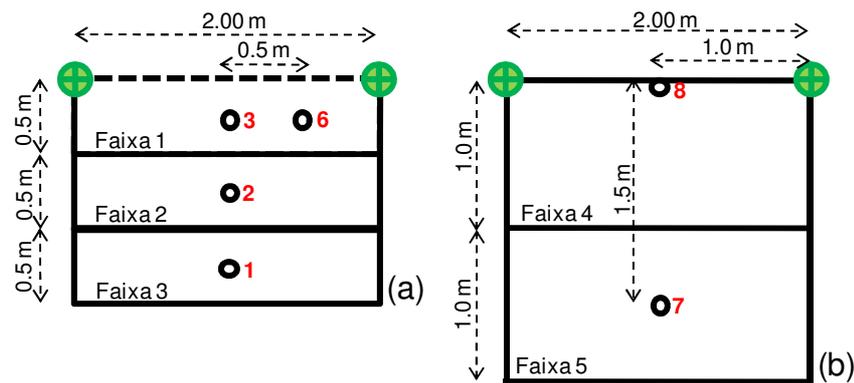


Figura 6 - Disposição dos tubos de acesso na área experimental para o monitoramento do conteúdo volumétrico de água no solo por meio da sonda de FDR próximo as plantas irrigadas (a) e plantas não irrigadas (b).

A área experimental contendo as plantas irrigadas e não irrigadas foi dividida em cinco faixas. As plantas irrigadas pertenciam a faixa 1 (tubos 3 e 6), faixa 2 (tubo 2) e faixa 3 (tubo 1), cada uma com área de $0,5 \text{ m}^2$. As não irrigadas pertenciam a faixa 4 (tubo 8) e faixa 5 (tubo 7), com uma área de $1,0 \text{ m}^2$ cada. As faixas 1, 2 e 4 encontravam-se na subcopa da planta e as demais fora da copa (Fig. 7).



- Legenda:
- Plantas
 - Tubos de acesso
 - Gotejadores
- Esc: 1:50

Figura 7 – Localização dos tubos de acesso para a sonda FDR em suas determinadas faixas, (a) plantas irrigadas e (b) plantas não irrigadas.

3.4.1.1 Precipitação (P)

Os dados de precipitação foram monitorados por meio de um pluviômetro instalado na Estação Agrometeorológica da Embrapa Clima Temperado, localizada a 500 m da área experimental.

As medidas de precipitação foram realizadas diariamente às 9 horas da manhã. Nos dias com chuva seu valor foi correspondente ao período anterior de 24 horas.

O primeiro membro da equação de conservação das massas é a precipitação calculada pela equação (9):

$$\int_{t_i}^{t_j} p dt = P \quad (9)$$

onde: p = densidade de fluxo de precipitação ou intensidade de chuva (mm dia^{-1}).

3.4.1.2 Irrigação (I)

A parcela de plantas irrigadas possuía uma linha individual de gotejadores, onde entre cada planta haviam 10 gotejadores, com vazão individual de $0,9 \text{ L h}^{-1}$.

Para medir a vazão do gotejador, foi utilizado um recipiente plástico com escala numérica, onde foi coletado e medido o volume de água que o mesmo aplicava em um determinado intervalo de tempo. O cálculo foi realizado segundo a equação (10):

$$q = 0,006 * \frac{vol_c}{t_c} \quad (10)$$

onde: q = vazão do gotejador (L h^{-1}); vol_c = volume coletado (mL); e t_c = tempo de coleta (min),

A irrigação foi controlada por meio de um sistema automático, instalado em um caixa d'água com capacidade para 20.000 L, água essa captada de um açude próximo ao experimento. O volume de água contido no reservatório foi monitorado diariamente.

A área correspondente a faixa 1 foi irrigada diariamente durante um período de 1 hora desde de setembro de 2008 até abril de 2009. O cálculo da lâmina de irrigação aplicada semanalmente foi baseado na média de evapotranspiração da região.

3.4.1.3 Evapotranspiração real (ET_r)

No cálculo do balanço hídrico, a evapotranspiração real (ET_r) foi tomada como variável incógnita. Ela foi estimada pela diferença entre os componentes do balanço hídrico, de acordo com a equação (8). A evapotranspiração de referência (ET₀) foi calculada pela equação simplificada de Penman-Monteith.

$$ET_0 = W * Q_0 * \left(0,20 + 0,49 * \frac{n}{N} \right) + 0,28 * Pi \quad (11)$$

onde: ET_0 = evapotranspiração de referência (mm d^{-1}); W = coeficiente de correção para obtenção do termo energético; Q_0 = radiação extra-terrestre expressa em milímetros evapotranspiração equivalente (mm dia^{-1}); 0,20 = coeficiente obtido através da regressão linear para região de Pelotas-RS (LOPES et al., 1971); 0,49 = coeficiente obtido através da regressão linear para região de Pelotas-RS (LOPES et al., 1971); n = número de horas de brilho solar real (h); N = número de horas de brilho solar máximo (h); 0,28 = coeficiente constante que corresponde à parcela aerodinâmica da expressão de Penman (OMETO, 1981); P_i = evaporação diária a partir dos dados do evaporímetro de Piche (mm dia^{-1}).

A avaliação e quantificação da ET_0 foi realizada diariamente durante o período de 15 de setembro de 2008 a 26 de abril de 2009.

3.4.1.4 Variação do armazenamento de água no solo (ΔS)

O armazenamento de água no solo (S) foi calculado para a camada de 0–0,50 m com base no conteúdo volumétrico de água no solo estimado pela sonda FDR a partir de leituras de F_s nos tubos 1, 2, 3, e 6 para as plantas irrigadas e 7 e 8 para as plantas não irrigadas.

A partir dos valores de S , a variação do armazenamento (ΔS) foi calculada por meio da equação 12 para o período de sete dias.

$$\int_0^L \left[\int_{t_i}^{t_j} \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} \right) dt \right] dz = \Delta h_z \quad (12)$$

O monitoramento do conteúdo de água no solo foi realizado diariamente nas profundidades de 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m, 0,40 m e 0,50 m, durante todo o período experimental, desde setembro de 2008 a abril de 2009, iniciando em t_i para $i = 0$ e continuando em t_{i+7} , sendo $i = 0, 7, 14, \dots$ com $\Delta t = 7$ dias.

3.4.1.5 Escoamento superficial (R)

No presente trabalho não foi considerado o escoamento superficial, pois a declividade do terreno é de 1%. Segundo Pereira et al. (1974), em áreas com declividades inferiores a 3% o escoamento superficial pode ser desprezado.

3.4.1.6 Drenagem interna e ascensão capilar (D)

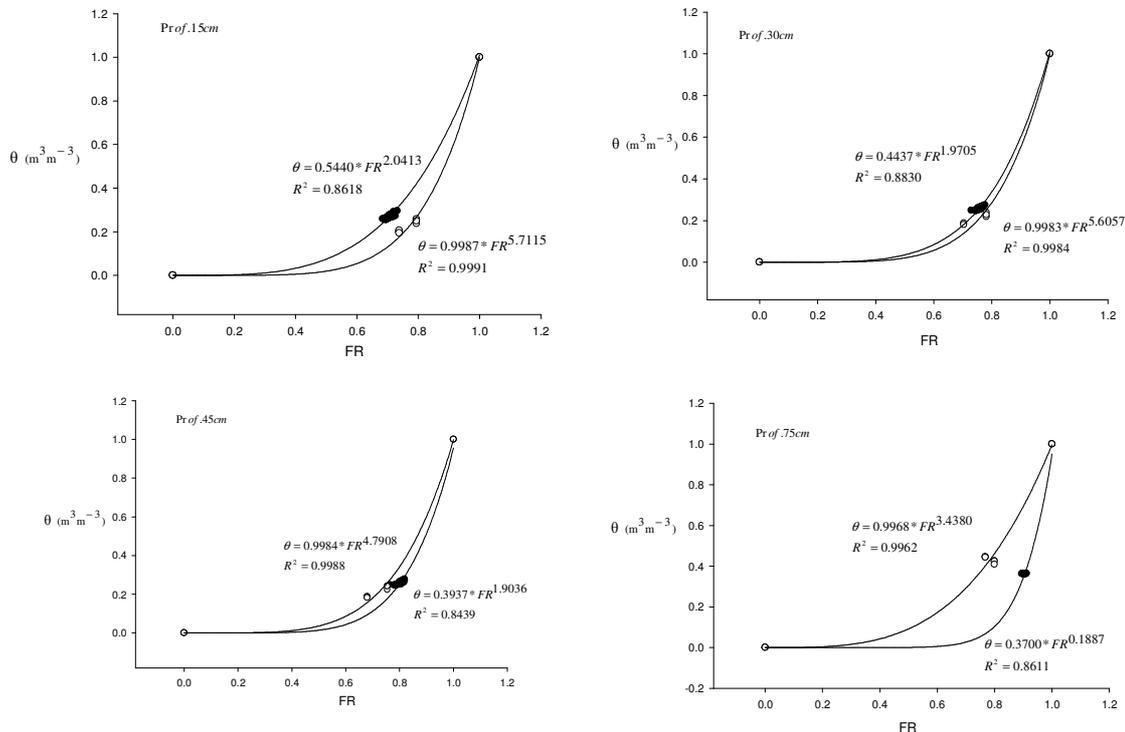
O fluxo de água vertical tanto em termos de ascensão capilar como de drenagem para fora do volume de solo estudado foi desconsiderado devido à existência de uma camada argilosa, considerada impermeável abaixo de 0,50 m (maiores informações a respeito do perfil do solo podem ser encontradas no Anexo 1).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Calibração da sonda de FDR, modelo Diviner 2000 pelo método indireto

No trabalho foram utilizadas as equações obtidas pelo método indireto, a partir da relação entre a frequência relativa e o potencial matricial obtido por tensiometria e sua posterior relação com a umidade volumétrica, através da curva de retenção de água no solo.

Na Figura 8, são apresentadas as curvas de calibração do equipamento de FDR para cada profundidade de solo, relacionando a umidade volumétrica em função da frequência relativa, para os dois métodos, direto e indireto.



Legenda: ● Método indireto (Tensiometria) ○ Método direto (Diviner)
 Figura 8 - Curvas de calibração para o FDR, obtidas para as diferentes profundidades do solo, considerando os métodos direto e indireto.

As curvas foram obtidas pela análise de regressão não linear (HIDALGO et al., 2003; ANDRADE JÚNIOR et al., 2007), considerando-se as leituras de sonda de

FDR e determinação do teor de água da amostra coletada no método direto (12 pares de leituras) e no método indireto foram consideradas as leituras de sonda e umidade volumétrica obtidas por tensiometria, via curva de retenção (em média 70 pares de leituras).

Pode-se afirmar que, de modo geral, a qualidade do ajuste das equações de calibração dos métodos foi satisfatória. Tal afirmação se baseia na análise dos coeficientes de determinação (R^2) das regressões não lineares ajustadas para cada camada em estudo, os quais variaram de 0,9962 a 0,9991 para o método direto e 0,8439 a 0,8830 para o método indireto.

Levin (1987) faz algumas considerações sobre o coeficiente de correlação (R), o qual expressa numericamente tanto a força quanto o sentido da correlação e propõe uma distribuição para classificar os coeficientes.

Nessa classificação os valores dos coeficientes de correlação obtidos pelas equações de calibração apresentaram correlação classificada como positiva forte, sendo acima de 0,90 para todas as equações. Isso mostra que as equações do tipo potência ajustaram-se satisfatoriamente aos dados experimentais, em ambos os métodos.

A verificação visual da Figura 8 mostra que há relativa proximidade entre as curvas de calibração, ou seja, mesma tendência, obtidas pelos métodos testados. No entanto, para as profundidades de 0,15 m e 0,30 m, o método que utiliza a tensiometria, tende a superestimar os valores de umidade volumétrica quando comparado com o método, que utiliza a calibração a campo. Já para as profundidades de 0,45 m e 0,75 m, a curva de calibração pelo método direto subestimou os valores de umidade.

A maior diferença da curva estimada considerando o método indireto em relação a estimada pelo método direto, ocorreu na profundidade de 0,75 m. Uma possível explicação para o fato é a presença de um horizonte “B textural” na camada localizada entre 0,52 m a 1,42 m, o que pode estar contribuindo para ocasionar alterações nas leituras de umidade, via sonda e tensiômetro, dificultando o movimento de água para camadas mais profundas.

Com relação às amplitudes de umidade alcançadas pelo método indireto observa-se que as faixas foram de 0,25 a 0,29 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$; 0,24 a 0,27 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$; 0,24 a 0,27 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e 0,36 a 0,36 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, para as profundidades de 0,15 m, 0,30 m, 0,45 m e 0,75 m, respectivamente.

Quanto à análise das faixas de umidade para as mesmas profundidades, considerando-se o método direto de calibração, verifica-se que as mesmas variaram de 0,19 a 0,25 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$; 0,17 a 0,23 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$; 0,18 a 0,24 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e 0,40 a 0,44 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$. Neste sentido, Garcia et al. (2005) e Hidalgo et al. (2003) consideram a necessidade de um elevado número de repetições para obter uma ampla faixa de umidade. Talvez este fator tenha contribuído para fornecer faixas estreitas de umidade volumétrica, ou seja, se a amplitude das faixas de umidade obtidas fossem maiores, com certeza ter-se-ia mais subsídios para inferir sobre a aplicabilidade das curvas de calibração da sonda de capacitância. Além disso, para a obtenção da condição de solo úmido, aplicou-se aproximadamente 80 litros de água, junto ao tubo, de forma a atingir a profundidade de 1,0 m, o que provavelmente tenha sido insuficiente para promover uma umidade próxima a saturação.

A correlação entre os valores medidos e estimados pelas curvas de calibração obtidas pelos métodos direto e indireto para cada profundidade do solo em estudo, pode ser analisada com base em indicadores estatísticos, como por exemplo, o de exatidão (d), que está associado ao desvio entre os valores estimados e medidos, dado pelo índice de Willmott.

O índice de concordância (d), varia de 0 a 1, em que o valor 1 significa uma concordância perfeita entre os dados observados e estimados, enquanto que o valor 0, significa não haver concordância entre os valores analisados.

Na Tabela 4, verifica-se que nenhuma profundidade do solo em estudo, apresentou valores do índice (d) igual a 1, sendo que para todas as profundidades os valores foram superiores a 0,80 e, em específico, para a de 0,15 m, valor muito próximo da unidade (0,96). Para o índice EF, os valores encontrados foram em média de 0,50, para todas as profundidades, com destaque para a profundidade de 0,15 m, cujo valor encontrado foi de 0,56, considerado o mais próximo de 1.

Tabela 4 - Índices estatísticos (índice de concordância, coeficiente de massa residual, eficiência e erro quadrático normalizado) utilizados para a verificação da concordância entre as curvas de calibração obtidas pelos métodos direto e indireto para cada profundidade do solo em estudo.

Prof. (m)	Índices estatísticos			
	d	CMR	EF	RMSE
0,15	0,96	0,19	0,56	0,26
0,30	0,87	0,36	0,50	0,32
0,45	0,81	0,42	0,49	0,33
0,75	0,81	0,42	0,50	0,35

$$d = 1 \quad CMR = 0 \quad EF = 1 \quad RMSE = 0$$

Também se utilizou para quantificação dos desvios entre a calibração proposta e a calibração a campo, o coeficiente de massa residual (CRM) que variou de 0,19 a 0,42, para as profundidades de 0,15 m e 0,75 m, respectivamente. É possível observar que a equação que representa a metodologia indireta obteve melhor ajuste para a profundidade de 0,15 m, com desvios mais próximos de zero, enquanto que para as profundidades 0,45 e 0,75 apresentaram os maiores desvios.

As profundidades de 0,15 e 0,30 m apresentaram um melhor ajuste dos dados, provavelmente devido ao fato de serem camadas de textura arenosa e em função dos menores teores de argila. Segundo Weinzettel & Usunoff. (2003), existe uma boa correlação entre as determinações realizadas pela sonda e as determinadas aplicando a curva do fabricante para solos de textura arenosa.

Andrade Junior et al. (2007), relataram grandes diferenças nos valores de umidade volumétrica por calibrações locais, comparado a calibração do fabricante, sendo associadas as diferenças quanto a textura do solo (arenoso), por isso, recomendam calibrações individuais para as camadas superficiais por apresentarem melhor precisão da estimativa.

4.2 Componentes do balanço hídrico

4.2.1 Precipitação (P)

Na Tabela 5 são apresentados os dados de precipitação ocorridos durante o período do experimento. O total de precipitação ocorrida durante o experimento foi de 1081,1 mm, como já citado foram retirados os balanços com precipitações acima

de 30 mm semana⁻¹, permanecendo para realização dos cálculos uma precipitação total de 308,4 mm.

O período com chuvas menores que 5 mm semanal⁻¹, ocorreram nos balanços B1, B2, B4, B8, B11, B14, B29, B30, B31 e B32. Koo (1961), utilizou somente os períodos com precipitações inferiores a 3 mm semanal⁻¹, para eliminar possíveis erros no cálculo da evapotranspiração. O período chuvoso, com chuvas superiores a 30 mm semanal⁻¹ ocorreu nos balanços B12, B20, B24 e B26. Como já citado, alguns autores consideraram que os valores acima de 30 mm semana⁻¹, poderiam causar a saturação do solo, levando ao escoamento superficial e podendo ocasionar erros no cálculo da evapotranspiração.

Tabela 5 – Valores de precipitação (P) de cada período analisado, desconsiderando os balanços com valores acima de 30 mm semana⁻¹.

Balanço	Período (7 dias)	P (mm)
1	15/9/08-21/09/08	0,8
2	22/09/08-28/09/08	3,4
3	29/09/08-5/10/08	5,2
4	06/10/08-12/10/08	3,3
5	13/10/08-19/10/08	13,9
6	20/10/08-26/10/08	25,2
7	27/10/08-02/11/08	14,8
8	03/11/08-09/11/08	4,4
9	10/11/08-16/11/08	15,6
10	17/11/08-23/11/08	7,2
11	24/11/08-30/11/08	0,7
13	08/12/08-14/12/08	18,7
14	15/12/08-21/12/08	0
15	22/12/08-28/12/08	9
16	29/12/08-04/01/09	7,2
17	05/01/09-11/01/09	18,5
18	12/01/09-18/01/09	13,3
19	19/01/09-25/01/09	25
21	02/02/09-08/02/09	21,6
22	09/02/09-15/02/09	25,3
23	16/02/09-22/02/09	29,8
25	02/03/09-08/03/09	17,3
27	16/03/09-23/03/09	13
28	23/03/09-29/03/09	14,8
29	30/03/09-05/04/09	0
30	06/04/09-12/04/09	0
31	13/04/09-19/04/09	0
32	20/04/09-26/04/09	0,4
Total		308,4

4.2.2 Irrigação (I)

A irrigação foi aplicada somente na faixa 1 (tubos 3 e 6) durante todo o período do experimento. A lâmina de água foi de aproximadamente 5 mm dia⁻¹, e de 31,5 mm semana⁻¹, num total de 882 mm aplicada em todo o período do experimento. Segundo Petillo (1995) em um estudo realizado no Uruguai com a

cultura de citros a aplicação da irrigação variou entre 213 e 856 mm, para uma precipitação de 1278 mm ano⁻¹. O Uruguai assim como o município de Pelotas-RS é considerado uma região úmida.

Através dos resultados encontrados se pode perceber que, em alguns períodos, o manejo da irrigação baseado na média evapotranspirativa da região de Pelotas-RS, pode não ser suficiente para suprir a demanda hídrica do pessegueiro.

4.2.3 Evapotranspiração real (ETr)

As faixas 1, 2 e 3 apresentaram valores de ETr calculados durante o período monitorado de 1219,78 mm, 330,09 mm e 343,06 mm, respectivamente. Nas faixas 4 e 5 apresentaram valores de 369,11 mm e 376,07 mm, respectivamente.

Verificou-se na Figura 9, que o maior valor para ETr ocorreu na faixa irrigada (faixa 1), no balanço 19, sendo de 64,79 mm semanal⁻¹ (9,27 mm dia⁻¹), o que é um valor coerente para o mês de janeiro, época de maior evapotranspiração pela cultura, devido ao aumento da área foliar. Os menores valores de ETr abaixo de 5 mm semana⁻¹ (variou de 0,11 a 0,71 mm dia⁻¹), ocorreram nas faixas não irrigadas (2, 3, 4 e 5) períodos com menor disponibilidade de água, menor demanda evaporativa.

A região de Pelotas caracteriza-se por apresentar, durante o período de novembro a janeiro, déficit de água no solo, coincidindo com uma maior taxa de evapotranspiração, podendo variar de 4 a 7,5 mm dia⁻¹ (ALBUQUERQUE 1978; e VIEGAS FILHO et al., 1997). Petillo & Castel (2007) também encontraram para a cultura do citros, no Uruguai, uma ETr maior nas plantas irrigadas do que nas não irrigadas no período da primavera (2,77 e 2,30 mm dia⁻¹) e uma diferença, entre de ETr, ainda maior no verão (0,47 na primavera e 1,06 mm dia⁻¹). Os resultados mostraram que ETr foi limitado devido ao estresse hídrico nas plantas não irrigadas no verão, devido ao menor teor de água armazenado no solo nesse período.

Oliveira et al. (2003) concluíram em um experimento realizado com a cultura do café, irrigado por gotejamento, na cidade de Lavras-MG, uma evapotranspiração variando de 2,52 a 3,50 mm dia⁻¹. Utilizando também o método do balanço hídrico, para dois cultivares de café arábica na fase de maturação de frutos, Neto et al., (2001) encontraram evapotranspiração de 2,17 mm dia⁻¹, para o período de janeiro a junho.

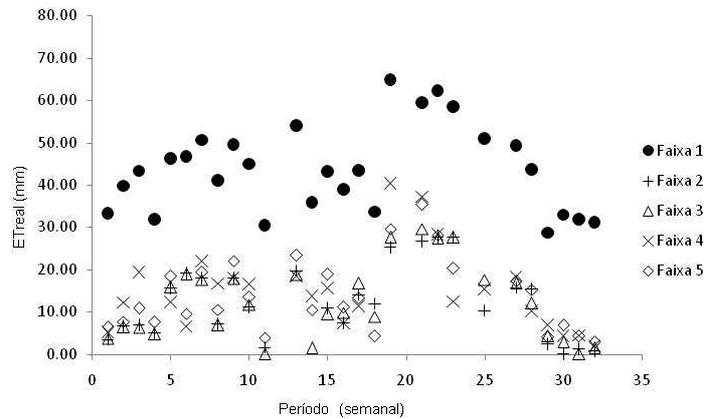


Figura 9 - Dados de evapotranspiração real (ETr) para plantas irrigadas e não irrigadas para cada período monitorado.

Na Figura 9, pode-se observar que os valores de ETr nas plantas não irrigadas (faixas 2, 3, 4 e 5) em alguns períodos, foram menores que a metade dos valores médios de ETr das plantas irrigadas. Isso pode ter ocorrido devido a falta de água disponível para as plantas pela irrigação e precipitação o que pode ter ocasionado uma baixa evapotranspiração do pessegueiro. Petillo & Castel (2007) no Uruguai também encontraram na cultura do citros valores de ETr nas plantas não irrigadas menores que a metade da ETr para as plantas irrigadas.

Na Figura 10, pode se observar a variação dos valores da ETr e da ET_0 , ao longo do ciclo do pessegueiro. Observa-se que na faixa 1 (plantas irrigadas) ambas possuem a mesma tendência, sendo que do início do experimento até a 10^a semana e entre a 20^a e a 27^a semanas houve uma superestimativa da ETr em relação a ET_0 . Isso pode ter ocorrido devido ao aumento da umidade do solo pela irrigação e pelo período de baixa demanda de água pela atmosfera. No período referente entre a 10^a e a 20^a semana houve uma subestimativa da ETr em relação a ET_0 e a partir da 27^a semana os valores de ET_0 e ETr permaneceram semelhantes.

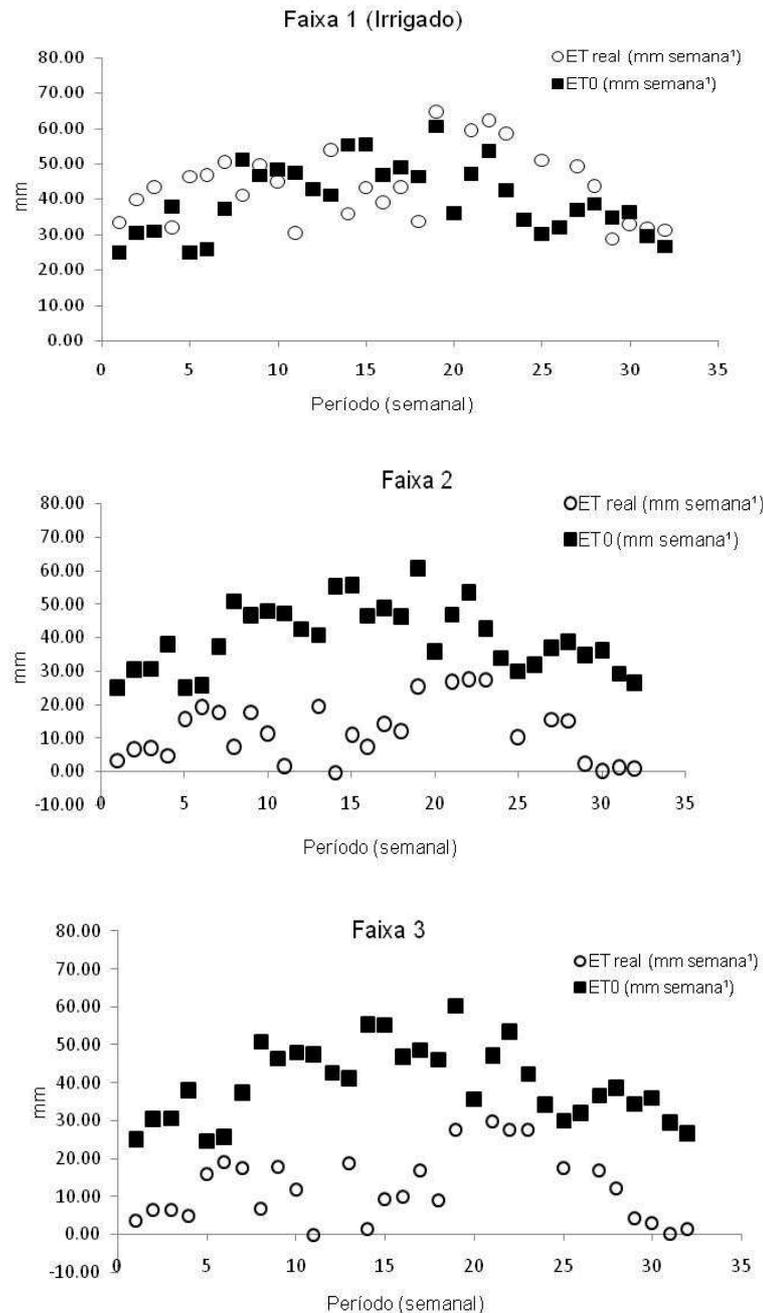


Figura 10 – Variação semanal dos valores de E_{Tr} e E_{T_0} nas faixas 1, 2, e 3 nas plantas irrigadas.

Verificou-se na Figura 10, que as faixas 2 e 3 apresentaram a mesma tendência para E_{Tr} . Os valores encontrados em ambas as faixas, subestimaram a E_{Tr} em relação a E_{T_0} para todo o período estudado. Isso pode ter ocorrido devido à baixa demanda atmosférica e pela diminuição da umidade do solo.

Observa-se na Figura 11, que nas plantas sem irrigação (faixas 4 e 5), a E_{Tr} foi menor durante todas as semanas avaliadas, tal fato pode ter sido ocasionado

principalmente pela redução da umidade do solo, visto que as plantas apresentam áreas foliares semelhantes e submetidas a mesma demanda atmosférica comparada com a irrigada (faixa 1).

Na faixa 4 e 5 entre as semanas 17 e 22, os valores de E_{Tr} , apresentaram uma subestimativa em relação aos demais valores da E_{Tr} do período analisado. Um dos fatores que explicariam tal resultado seria a ocorrência de chuva atípica ocorrida na região neste período, elevando o solo do estado do ponto de murcha permanente (PMP) acima da capacidade de campo (CC).

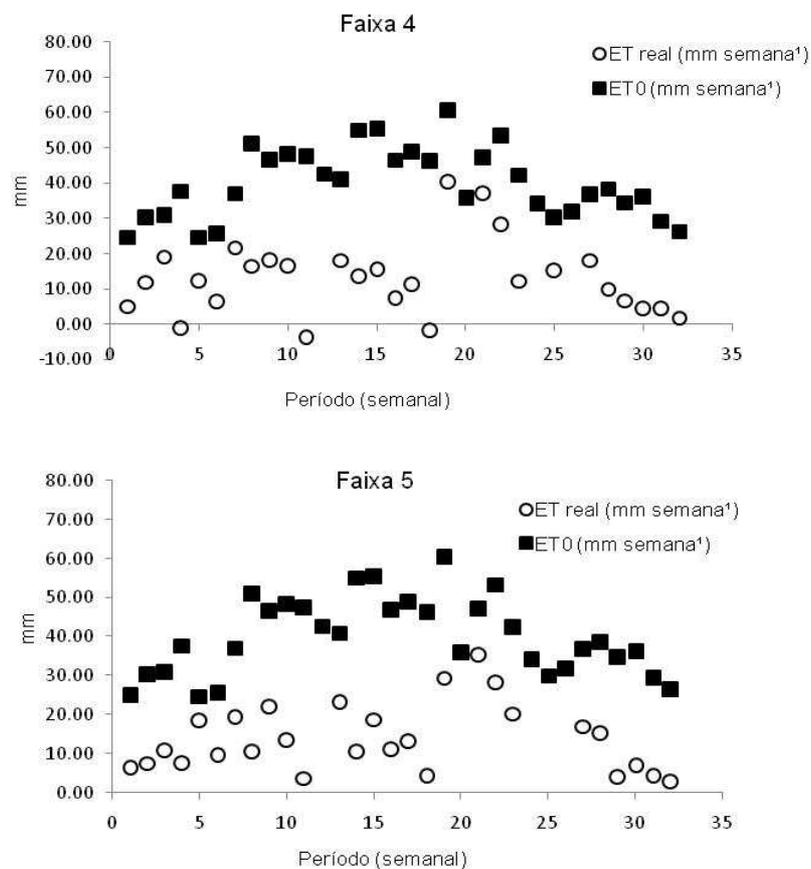


Figura 11 – Variação semanal dos valores de E_{Tr} e E_{T0} nas faixas 4 e 5 nas plantas não irrigadas.

Na Figura 11 também se verifica pequenas variações dos valores entre as duas faixas, mostrando que na faixa do pessegueiro como nas plantas localizadas entre as linhas apresentam consumos de água semelhantes. Petillo & Castel (2007) encontraram valores de E_{Tr} em parcelas não irrigadas no verão menores nas entrelinhas do que na primavera, embora a demanda atmosférica seja maior no verão. Os resultados sugerem que a E_{Tr} foi limitada devido ao estresse hídrico nas

parcelas não irrigadas no verão, como mostra o menor teor de água no solo e o reduzido crescimento da cobertura da grama no tratamento não irrigado.

Comparando-se as Figuras 10 e 11, pode ser observado que as faixas 2 e 3, mesmo estando localizadas nas plantas irrigadas, apresentaram a mesma semelhança que as faixas 4 e 5. Esse fato ocorreu devido às faixas não estarem localizadas no perímetro irrigado pelos gotejadores.

Também se pode perceber nas Figuras 10 e 11, que ocorreu uma diferença de consumo entre as plantas irrigadas e não irrigadas, principalmente nas faixas 2, 3, 4 e 5 que apresentaram períodos com deficiência hídrica, referente ao final da primavera e início do verão, exatamente no período vegetativo da planta, e durante o crescimento e a maturação dos frutos, podendo a vir causar problemas na qualidade e produção dos frutos. Viegas Filho et al. (1997) concluíram em um trabalho realizado com pessegueiro na região de Pelotas-RS, que os déficit hídricos concentram-se na troca de estação entre a primavera e o verão, durante o crescimento e a maturação dos frutos, quando podem vir causar problemas, com o provável suprimento de água, com possíveis prejuízos na produção e qualidade dos frutos e, ainda, na formação das gemas florais para o próximo ciclo.

4.2.4 Armazenagem de água no solo (S)

A análise da Tabela 6 mostra que nas plantas irrigadas, a que apresentou o valor máximo de S foi a faixa 1, que corresponde o balaço 1, de 135,53 mm semanal⁻¹ e o valor mínimo de S encontra-se na faixa 2 no balanço 17, de 66,01 mm semanal⁻¹. Esse fato pode ter ocorrido devido a faixa 1 ser mais próxima da linha dos gotejadores.

Verificou-se também na Tabela 6 os valores máximos e mínimos de armazenagem de água no solo para as plantas não irrigadas. O valor máximo de S foi encontrado na faixa 5, no balanço 1, de 135,5 mm semanal⁻¹ e o mínimo valor de S também foi encontrado na faixa 5, balanço 17, de 69,39 mm semanal⁻¹.

O valor máximo pode ter ocorrido devido ao acúmulo de água proveniente de uma precipitação. Cruz et al. (2005) também verificou que a maior umidade encontrada no solo, apesar da maior demanda evapotranspirativa, ocorreu durante o período chuvoso, mostrando que o suprimento pelas chuvas foi grande, mantendo o solo sempre úmido e, portanto, com maior disponibilidade de água.

Já o valor mínimo de armazenagem de água no solo ocorreu em consequência da uma escassez de água do solo, devido à diminuição da precipitação que ocorreu desde o sétimo balanço.

Na faixa 5, nos balanços 25 e 26 não foram apresentados valores, pois não foi realizada leituras de umidade do solo nesse período.

Tabela 6 - Dados da armazenagem de água no solo (S) até 0,50 m de profundidade nas 5 faixas para as plantas irrigadas e não irrigadas.

Balanço	Período (7 dias)	S (mm)				
		Irrigadas	Não irrigadas			
			Faixas			
		1	2	3	4	5
1	15/09/08-21/09/08	135,53	113,05	127,18	130,76	135,17
2	22/09/08-28/09/08	133,51	107,60	121,32	126,32	129,59
3	29/09/08-05/10/08	123,77	101,01	115,39	117,52	125,29
4	06/10/08-12/10/08	110,59	97,69	113,16	103,34	119,63
5	13/10/08-19/10/08	116,36	94,27	110,04	107,69	115,26
6	20/10/08-26/10/08	114,59	90,81	106,00	109,20	110,72
7	27/10/08-02/11/08	134,63	102,80	118,59	127,86	126,33
8	03/11/08-09/11/08	126,14	96,50	112,94	120,68	121,76
9	10/11/08-16/11/08	115,79	90,85	108,03	108,37	115,59
10	17/11/08-23/11/08	110,92	86,20	103,54	105,84	109,11
11	24/11/08-30/11/08	98,50	78,21	94,54	96,48	102,80
12	01/12/08-07/12/08	102,14	76,38	96,09	100,86	99,55
13	08/12/08-14/12/08	96,57	72,12	87,54	94,49	98,53
14	15/12/08-21/12/08	89,11	70,10	87,31	94,80	93,89
15	22/12/08-28/12/08	80,48	70,14	84,36	81,11	83,32
16	29/12/08-04/01/09	75,06	66,33	83,50	74,46	73,36
17	05/01/09-11/01/09	74,49	66,01	78,23	74,23	69,39
18	12/01/09-18/01/09	87,78	74,89	81,55	81,38	74,68
19	19/01/09-25/01/09	110,17	77,47	90,36	96,43	83,65
20	26/01/09-01/02/09	93,59	76,99	85,24	81,06	79,04
21	02/02/09-08/02/09	134,29	115,62	134,62	124,84	137,36
22	09/02/09-15/02/09	121,68	105,36	118,50	109,26	123,60
23	16/02/09-22/02/09	110,82	100,79	114,24	106,21	120,68
24	23/02/09-01/03/09	116,56	105,00	118,56	123,58	130,08
25	02/03/09-08/03/09	128,12	110,48	130,61	127,11	*
26	09/03/09-15/03/09	123,93	124,48	129,98	129,09	*
27	16/03/09-23/03/09	123,73	109,30	126,34	120,25	126,59
28	23/03/09-29/03/09	114,10	103,79	118,77	114,92	122,36
29	30/03/09-05/04/09	119,46	102,54	124,22	119,53	121,90
30	06/04/09-12/04/09	125,16	97,81	115,50	112,65	117,80
31	13/04/09-19/04/09	122,38	97,63	109,58	108,25	110,85
32	20/04/09-26/04/09	121,78	95,21	109,30	103,78	106,52

* Períodos sem leituras de umidade do solo.

Analisando a Tabela 6 e comparando-se as faixas 1 e 3, linha e entrelinha, respectivamente, verificou-se não haver diferenças significativas nas duas direções avaliadas. Esperava-se que devido à maior liberdade de crescimento das raízes em direção à entrelinha, e devido à possível sobreposição de raízes e pela alta concentração de umidade devido à irrigação na linha, ocorresse maiores diferenças

de comportamento. Cruz (2003) também não encontrou diferenças de comportamento na cultura do citros.

Na Tabela 6, na faixa 1 (linha) ocorreu uma maior ETr em relação a ETr da faixa 4 (linha), esse fato possivelmente pode ter sido influenciado pela maior disponibilidade de água pela irrigação, mostrando que a disponibilidade de água para as plantas é um dos fatores que determina a ETr das culturas. Nas faixas 4 e 5, linha e entrelinha, respectivamente, verificou-se que a faixa 5 apresentou valores maiores de armazenagem de água no solo, mas sem diferenças significativas. Isso pode ter ocorrido devido a faixa 4 um encontrar-se subcoba, impedindo assim a penetração da chuva através do dossel. As faixas 3 e 5 ambas na entre linha, apresentaram a mesma tendência. Isso deve-se ao perímetro irrigado não interferir na umidade do solo na faixa 3, assim as faixas 3 e 5 encontram-se sobre a mesma condição. Segundo Petillo (2002) a linha e a entre linha apresentaram o mesmo nível de umidade nas plantas não irrigadas. Já para as plantas irrigadas a linha apresentou uma maior umidade em relação à entre linha.

As Figuras 12 e 13 dão uma idéia das respostas do solo às condições atmosféricas nas diferentes faixas. A armazenagem de água no perfil do solo, para as cinco faixas, reflete as variações da precipitação pluviométrica ao longo do período monitorado. Cruz et al. (2005) concluiu em um experimento realizado com a cultura do citros, no município de Piracicaba-SP em um solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissólico que a armazenagem de água no perfil do solo também refletiu as variações da precipitação.

Observou-se nas Figuras 12 e 13 que todas as faixas possuíam o mesmo comportamento em relação à armazenagem, variando de 60 a 140 mm semana⁻¹. Sato et al. (2007) encontraram em um estudo realizado em Lavras-MG, para cultura do café, em um Latossolo Vermelho distroférico com textura argilosa, um armazenamento de água no solo para a camada de 0 - 40 cm, variando de 140 a 144 mm semana⁻¹. Mota et al. (1991) concluíram em um estudo realizado para o planejamento da irrigação de frutíferas que na maioria dos solos do Rio Grande do Sul as quantidades de água armazenadas no solo, variam de 2 a 216 mm para videira no período de outubro a março; 2 a 244 mm pra citros no período de outubro a maio; 13 a 262 mm para pessegueiro, ameixa e noqueira pecan no período de

outubro a janeiro e 17 a 363 mm para macieira, cerejeira e pereira no período de outubro a abril. Esse fato irá depender do tipo de solo e do clima da região.

Os dados apresentados na Figura 12 mostraram que todas as faixas irrigadas e não irrigadas tiveram o mesmo comportamento, estando em alguns períodos entre a CC e o PMP. Mesmo contendo restrições aos conceitos de água disponível no que diz respeito aos limites considerados, (ao ponto de murcha permanente, muitas vezes a planta já manifesta sintomas de deficiência hídrica mesmo antes de atingir o potencial de 15 m.c.a, a capacidade de campo que pode não ser limitante se não ocorrer restrição de oxigenação para as raízes), muito bem discutido em van Lier (1999) e em Pereira et al. (1974). Foi considerado no presente trabalho que a água disponível para cultura do pessegueiro estaria acima de 150 m.c.a. Cruz (2003) também considerou como água disponível a cultura de citros aquela retida a potenciais acima de 150 m.c.a.

Verificou-se na Figura 12 que na faixa 1 (irrigada) durante a 5^a e 20^a semanas (de outubro a janeiro) que a água armazenada no solo ficou entre a CC e PMP, havendo disponibilidade de água para as plantas.

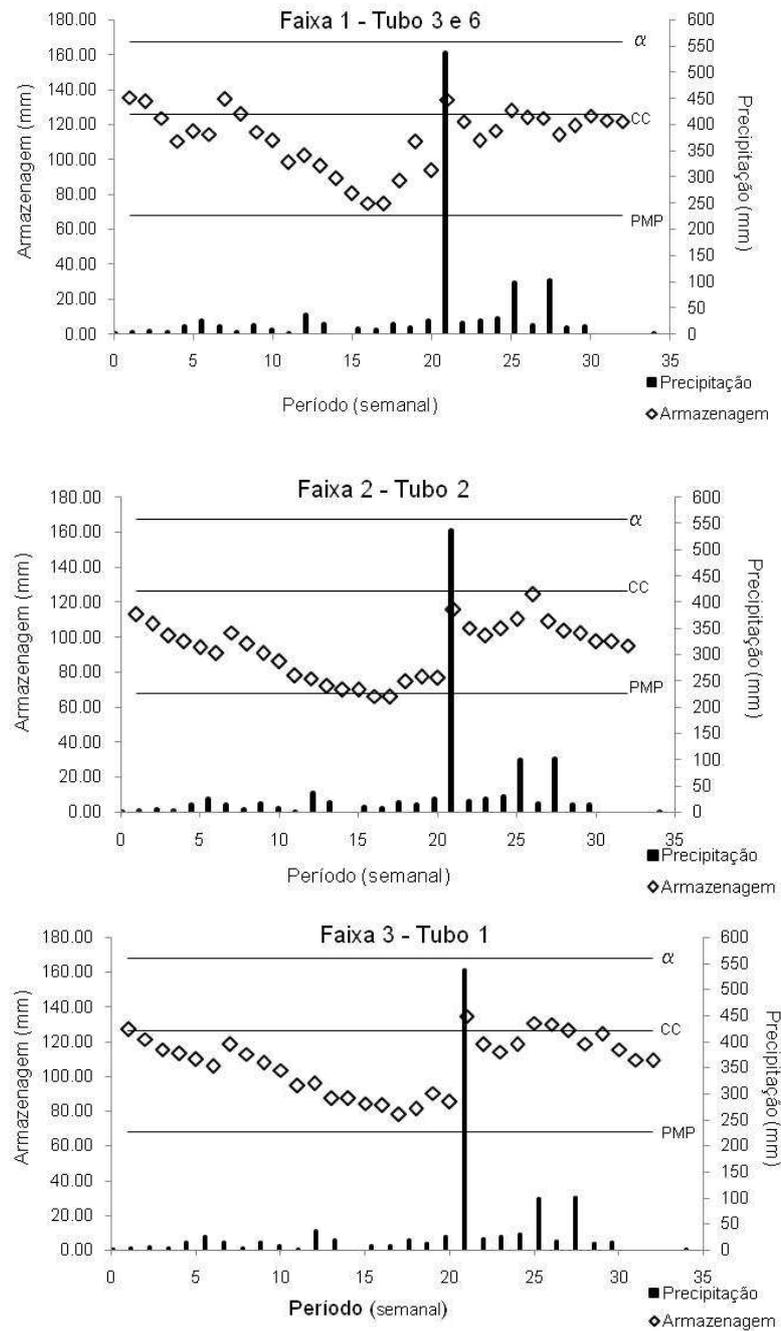


Figura 12 – Armazenagem, precipitação, porosidade total (α), capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) para as faixas 1, 2 e 3.

Verificou-se também nas Figuras 12 e 13 que as faixas 1 e 4 apresentaram a mesma tendência, uma elevação no início dos períodos (fim do inverno e início da

primavera), chegando a ultrapassar a capacidade de campo, tal fato pode ter ocorrido devido ao acúmulo de água pela chuva e pouca demanda atmosférica.

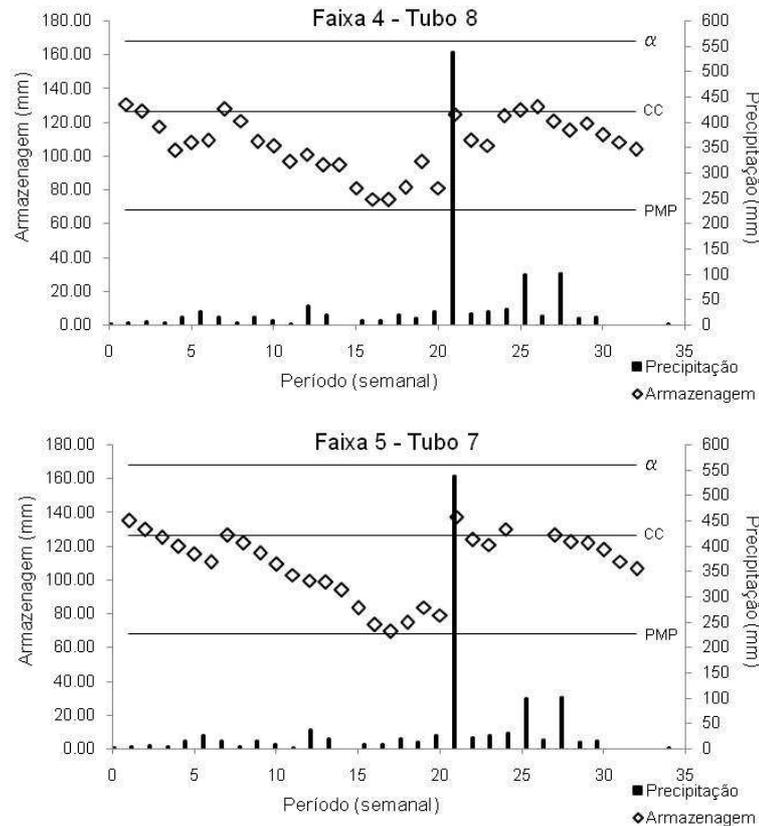


Figura 13 – Armazenagem, precipitação, porosidade total (α), capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) para as faixas 4 e 5.

Petillo (2002) no Uruguai também constatou que no período referente ao final do inverno o solo encontrava-se saturado, com o conteúdo de água acima da capacidade de campo e que no início da primavera o solo ainda continuava carregado de água.

Logo após, observou-se um decréscimo em todas as faixas, no período de 7 a 18 semanas, isso pode ter ocorrido devido à falta de chuva e pela irrigação não ter sido suficiente para suprir a demanda. Sendo que no período entre 16^a a 18^a semanas o nível de armazenagem de água no solo ultrapassou o ponto de murcha permanente (Figuras 12 e 13), mostrando que a irrigação neste período foi insuficiente para suprir a necessidade hídrica da cultura. Já no período da 21^a semana ocorreu uma acumulação de água em todas as faixas, essa acumulação deve-se a uma elevada precipitação de 530 mm semana⁻¹, fazendo com que as faixas 1, 3, 4 e 5 ultrapassassem a capacidade de campo (CC), porém a faixa 2

continuou abaixo da CC, isso pode ter ocorrido devido a maior concentração de raízes ativas encontrarem-se nesta faixa.

Nota-se também nas Figuras 12 e 13, que o armazenamento de água no perfil do solo em quase todos os períodos, permaneceu entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) em todas as faixas, havendo uma maior quantidade de água disponível no solo, garantindo condições de suprimento ideal de água às plantas durante o ciclo da cultura.

4.2.5 Relação entre a armazenagem de água no solo (S), precipitação (P) e a evapotranspiração real (ETreal) para plantas irrigadas e não irrigadas

A Figura 14 apresenta as relações entre a armazenagem de água no solo, à evapotranspiração real, precipitação e a irrigação para a faixa 1, na camada de 0-0,50 cm durante o período do experimento.

Analisando a Figura 14, pode se perceber que a armazenagem de água no solo refletiu as variações da precipitação, onde em alguns períodos a evapotranspiração também refletiu as variações tanto da armazenagem como da precipitação.

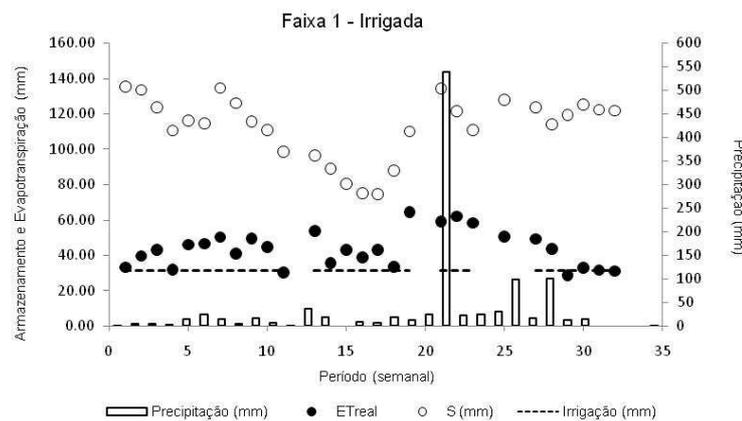


Figura 14 – Precipitação pluvial (P), armazenagem de água no solo (S), evapotranspiração real (ETreal) e a irrigação ocorridas ao longo dos 32 períodos de monitoramento.

Verificando-se a Figura 14, nota-se que no período da 1ª a 4ª semana houve um decréscimo da armazenagem de água no solo, com uma precipitação pouco

significativa, mas com um aumento da evapotranspiração, isso pode ter ocorrido devido à aplicação da irrigação.

Observou-se que durante o período chuvoso ocorreu uma maior umidade do solo, apesar da maior demanda evapotranspirativa, mostrando que o suprimento de água pelas chuvas foi grande, mantendo o solo sempre úmido e, portanto com maior disponibilidade de água durante este período. Cruz et al. (2005) em um experimento realizado na região de Piracicaba-SP, num Latossolo Vermelho-Amarelo, também verificou que no período chuvoso ocorreu um aumento da umidade do solo, mesmo com uma maior demanda evapotranspirativa, ocasionando numa maior disponibilidade de água para a cultura dos citros.

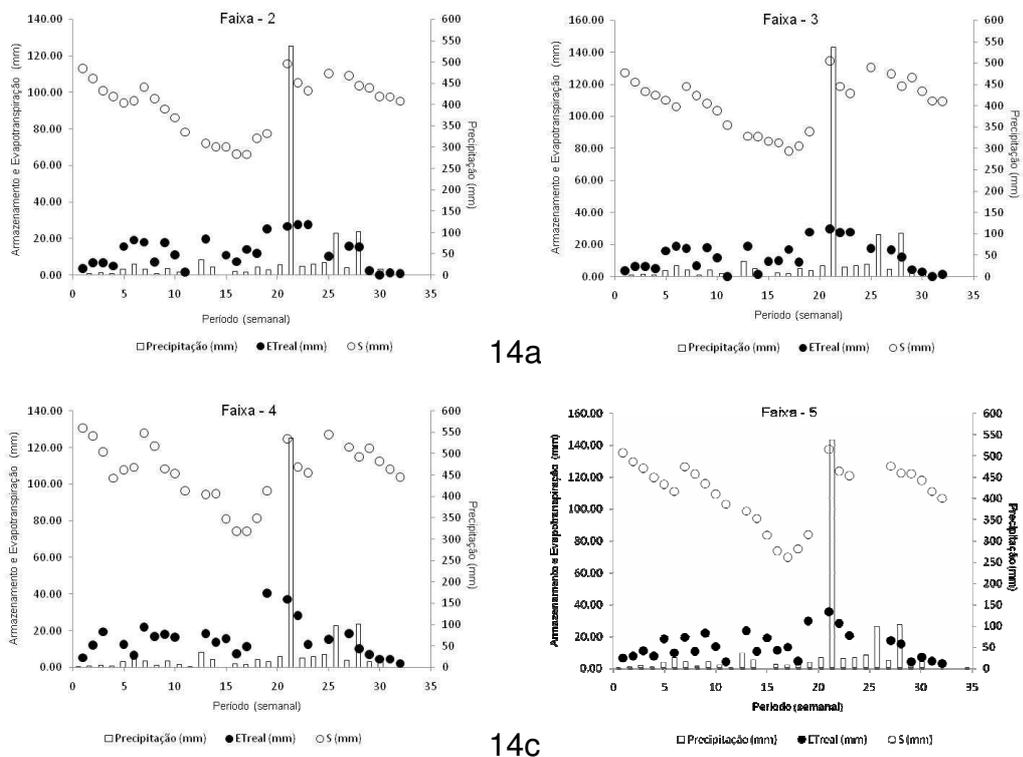


Figura 15 - Precipitação pluvial (P), armazenagem de água no solo (S), evapotranspiração real (ETreal) ocorridas ao longo dos 32 períodos de monitoramento das faixas 2, 3, 4 e 5.

Nas Figuras 15a, 15b, 15c e 15d, foi possível avaliar o comportamento da água no solo e na planta (evapotranspiração) em função da distribuição das chuvas ao longo do período experimental. Verificou-se também que a redução da ETr foi proporcional a diminuição da umidade do solo, sendo que esse fato ocorreu devido a períodos de baixa precipitação.

O primeiro fato a se destacar nas Figuras 15a, 15b, 15c e 15d, que os valores máximos de evapotranspiração referente aos períodos de maior demanda hídrica (1^a a 8^a semana), ocorreram quando as plantas iniciaram a emissão dos botões florais, a frutificação e o desenvolvimento dos frutos e, como período de menor demanda hídrica (11^a a 16^a semana), foi no início da maturação e colheita dos frutos. Cintra et al. (2000) concluíram em um experimento realizado com porta-enxertos de citros, que o período de maior demanda de água pela cultura, foi no período de emissão dos botões, da frutificação e durante o desenvolvimento dos frutos, sendo que o período de menor demanda, ocorreu no início da maturação e colheita dos frutos.

Cruz et al. (2005) avaliando a quantidade de água consumida na cultura de citros, afirmam que o fato da ocorrência de maiores taxas de evapotranspiração, quando ocorrem as maiores taxas de precipitação pluvial, é devido a maior evaporação e transpiração nas camadas superficiais até os 40 cm de profundidade.

Observou-se nas Figuras 15a, 15c e 15d, que no período de menor demanda de água pelo pessegueiro, a armazenagem de água no solo não foi suficiente. Esse fato pode ter ocorrido devido a existência de pequenas precipitações, não sendo suficiente para armazenagem de água pelo solo, mostrando que nesse caso seria necessário o uso da irrigação. A diminuição da armazenagem de água no solo pode ocasionar a queda antecipada das folhas. Ferreyra & Sellés (1998) observaram em um estudo realizado com a cultura do pessegueiro que devido ao déficit hídrico ocorreu à queda antecipada das folhas.

5 CONCLUSÕES

1 - O manejo de irrigação adotado, baseado na média de evapotranspiração da região, pode não ser suficiente para suprir a demanda hídrica da cultura do pessegueiro;

2 - Plantas de pessegueiro com suprimento hídrico por meio da irrigação apresentam valores maiores de evapotranspiração real;

3 - A armazenagem variou em todas as faixas irrigadas e não irrigadas entre 60 a 140 mm, não sendo afetada pelos manejos adotados no estudo;

4 - Apesar de o método indireto apresentar coeficientes de determinação considerados bons, a sua utilização deve ser feita com restrição, visto os resultados encontrados quando foram aplicados os índices estatísticos para avaliar a adequabilidade da equação de calibração via tensiometria.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados deste trabalho foi possível verificar que o manejo da irrigação baseado na média evapotranspirativa da região em alguns períodos não foi suficiente, devendo ser reavaliado. Outro fator que deve ser avaliado e quantificado em estudos futuros seria a interceptação da água da chuva pela planta.

Para uma melhor avaliação do balanço hídrico de uma cultura como o pessegueiro, torna-se indispensável o estudo das alterações do crescimento vegetativo da cultura sobre o uso da irrigação.

Deve-se realizar estudos referentes à produção dos frutos, pois esta variável sob restrição hídrica, pode apresentar grande variação, determinando a necessidade do estudo sobre futuras produções na mesma planta, podendo influenciar a produção do ano seguinte.

Neste trabalho também foi observado que a calibração do equipamento baseado na técnica da reflectometria no domínio da frequência (FDR) necessita de maiores estudos em camadas de solo com textura predominantemente argilosa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; SMITH, M. “**Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements – FAO Irrigation and Drainage Paper 56**”. <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>. Acessado às 14h30min do dia 28/04/2009.

ALBUQUERQUE, J. A. S.; FONSECA, V. O. Curva de crescimento do fruto como indicação para época de irrigação do pessegueiro. **AGROS**, Pelotas, v.3, n.1, p.27-42, 1978.

ANDRADE, A. J.; SILVA, C. R.; ROSSINI, D. Calibração de um sensor capacitivo de umidade em Latossolo Amarelo na microrregião do litoral Piauiense. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. n. 2, p.303-307, 2007.

ANTONINO, A. C. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; DALL’OLIO, A.; SALCEDO, I. H. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semi-árido do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v. 4, n. 1, p. 29-34, 2000.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6 ed. Viçosa: UPF, Impr. Univ., 1995. 625p.

BESSET, J. et al. Effect of water stress applied during the final stage of rapid growth on peach trees (cv. Big-Top). **Science Horticultrae**. Amsterdam, v.91, n.3-4, p.289-303, 2001.

BRUNO, I. P.; SILVA, L. S.; REICHARDT, K.; DOURADO-NETO, D.; BACCHI, O. O. S.; VOLPE, C. A.; Comparison between climatological and Field water balances for a coffee crop. **Sci. Agric**. v. 64, n. 3, p. 215-220, 2007.

CASTEL, J. R. & BUJ, A. Response of Salustiana oranges to high frequency déficit irrigation. **Irrig. Sci**. v. 11, p. 121- 127, 1990.

CHARTZOULAKIS, K; MICHELAKIS, N & STEFANOUDAKI, E. Water use, growth, yield and fruit quality of “Bonanza” oranges under different soil water regimes. **Adv. Hort. Sci**. v.13. p.6-11. 1999.

CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L.; SAAD, A. M. Balanço hídrico no solo para porta- enxertos de citros em ecossistemas de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 23-28, 2000.

CRUSE, R.R.; WIEGAND, C.L. & SWANSON, W.A. The effects of rainfall and irrigation management on citrus juice quality in Texas. **J. Amer. Soc. Hort. Sci**. 107(5). p.767-770.1982.

CRUZ, A. C. R. Consumo de água por cultura de citros cultivada em latossolo vermelho amarelo. 2003. 92p. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura

“Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CRUZ, A. C. R.; LIBARDI, P. L.; CARVALHO, L. A.; ROCHA, G. C. Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 29, p.1-10, 2005.

CRUZ, A. C. R.; LIBARDI, P. L.; ROCHA, G. C.; CARVALHO, L. A. Evapotranspiração real de uma cultura de laranja em produção num latossolo vermelho- amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 29, p. 659- 668, 2005.

CRUZ, A. C. R.; LIBARDI, P. L.; CARVALHO, L. A.; ROCHA, G. C. Balanço de água em volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citrus. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:1-10. 2005

DETOMINI, E. R. **Técnicas de avaliação de água no solo baseadas no uso de refletômetro no domínio de frequência-FDR**. Piracicaba: 2007. 49p.

DOURADO NETO, D.; JONG VAN LIER, Q.; BORTEL, T. A.; LIBARDI, P. L. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo de van Genuchten. **Engenharia Rural**, v.1, p.92-102, 1990.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994. 306p. (FAO Irrigação e Drenagem 33).

DOMINGO, R.; RUIZ-SÁNCHEZ, M. C., SÁNCHEZ-BLANCO, M. J.; TORRECILLASA, A. Water relations, growth and yield of Fino lemon trees under regulated déficit irrigation. **Irrig. Sci.**, v. 16, p. 115- 123, 1996.

EMBRAPA CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

FAO. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 11 de out. 2009.

FERREYRA, R. E.; SÉLLES, G. **Manejo Del Riego em condiciones de restricción hídrica**. Serie La Platina 67. Santiago: Instituto de Investigaciones Agropecuárias Chile, 1997. 38p.

FERREYRA, R. E. et al. **Frutales: Riego deficitario controlado**. Serie La Platina 70. Santiago: Instituto de Investigaciones Agropecuárias Chile, 1998. 66p.

GARCIA, I.; JIMÉNEZ, J. A.; MURIEL, J. L.; PEREA, F. e VANDERLINDEM, K. 2005. Evaluación de sondas de capacitancia para el seguimiento de la humedad de un suelo arcilloso bajo distintas condiciones y tipos de manejo. Estudios de la zona no saturada del suelo. F.J Samper Calvete y A. Paz Gonzáles. VII: 101-107.

GEE, G. W. & OR, D. The Solid Phase: Particle-Size Analysis. In: DANE, J. H.

& TOPP, G. C. (Ed.) **Methods of Soil Analysis** Part 4 – Physical Methods. Madison: Soil Science Society of America, Inc, 2002. p. 255-293.

GOVINDARAJU, R. S.; KAVVAS, M. L.; ROLSTON, D. E.; BIGGAR, J. Error analyses of simplified unsaturated flow models under large uncertainty in hydraulic properties. **Water resources Research**, v. 28, p. 2913-2924, 1992.

GROSSMAN, R. B. & REINSCH, T. G. The Solid Phase: Bulk Density and Linear Extensibility. In: DANE, J. H. & TOPP, G. C. (Ed.) **Methods of Soil Analysis** Part 4 – Physical Methods. Madison: Soil Science Society of America, Inc, 2002. p. 201-228.

HENG, L. K.; CAYCI, G.; KUTUK, C.; ARRILLAGA, J. L. and MOUTONNET, P. 2002. Comparison of soil moisture sensors between nêutron probe, Diviner 2000 and TDR under tomato crops. Thailand: 17th WCSS, 14-21.

HERTER, F. G.; OMETTO, J. C.; VIEGAS FILHO, J. S. Estresse hídrico na produção de pêsego em Pelotas, RS. In: Seminário sobre água na produção de frutíferas 2000, Pelotas **Resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. 81p.

HERTER, F. G., et al. Condições de clima e solo para a instalação do pomar. In: Castro, L. A. S. Ameixa: Produção. Brasília: Embrapa Clima Temperado, 2003. p.19-23.

HERTER, F. G.; SACKS, S.; CARVALHO, F. L. C.; FLORES, C. A. Condições de clima e solo para instalação do pomar. In: RASEIRA, M. C. B.; CENTELLAS-QUEZADA, A. (ed). Pêssego Produção. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003. p.36-40.

HIDALGO, J.; PASTOR, M.; HIDALGO, J. C. 2003. Evaluacion de una sonda FDR para la estimación de la evolución del contenido de agua en el suelo y para el control de riegos en olivar. Estudios de la sonda no saturada del suelo. 7: 171-175.

HILLEL, D. Introduction to soil physics. New York: Academic Press, 1982. 320p.

HILLEL, D.; KRENTOS, V. D.; STYLIANAU, Y. Procedure and test of an internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ. **Soil Science**. v.114, p.395-400, 1972.

IBGE. **Produção agrícola municipal: Culturas temporárias e permanentes**. 32.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 101p.

JONES, H. G. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology**. 2.ed. New York: Cambridge, 1992. 428p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Chapman and Hall, 1990. 652p.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264p.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo-RS, Editora UPF, 2008. 112p.

KOO, R. C. J. The distribution and uptake of soil moisture in citrus groves. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**. v.74, p.86-90. 1961.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995. 495p.

LEVIN, J. **Estatística aplicada a ciências humanas**. 2.ed. São Paulo: Harbra, 1987. 392p.

LEVITT, J. **Responses of plants to environment stress**. New York: Academic Press, 1972. 697p.

LIBARDI, P. L.; SAAD, A. M. Balanço hídrico em cultura de feijão irrigada por pivô central em Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 18, n. 3, p. 529-532, 1994.

LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Simple field methods for estimating the unsaturated hydraulic conductivity. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p.3-7, 1980.

MADAIL, J. C. M.; REICHERT, L. J. Produção Mundial e Nacional. In: MEDEIROS, C. A. B., RASEIRA, M. C. B. Pêssego: Produção. Brasília: Embrapa Clima Temperado. 2003. p.10-17.

LOPES, N. F. et al. Estimativa da radiação solar durante o ciclo vegetativo dos cereais no Rio Grande do Sul. **Boletim Técnico 73**, Pelotas: Ministério da Agricultura – IPEAS, 1971. 72p.

MADAIL, J. C. M., MARTINS, C. R. Mercado internacional e nacional In: CANTILLANO, F. F. Pêssego. Pós-colheita. Brasília: Embrapa, 2003. p.10-17.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação Princípios e Métodos**. Viçosa. Ed. UFV, 2006. 318p.

MORALES, P.; PETILLO, M. G.; HAYASHI, R.; PUPPO, L. Respuesta del duraznero a diferentes patrones de aplicación del água. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campinas Grande, PB, v.14, n.1, p.17-24, 2010.

MOTA, F. S.; AGENDES, M. O. O.; ALVES, E. G. P.; SIGNORINI, E.; ARAÚJO, S. M. B. Informação climatológica para planejamento da irrigação de fruteiras no Rio Grande do Sul. **Rev. Brasileira de Meteorologia**. v. 6, n.1, p.471-477, 1991.

MUALEN, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of

unsaturated porous media. **Water Resources Research**, v.12, n.3, p.513-522, 1976.

NETO, A. C. F. et al. Determinação da evapotranspiração de dois cultivares de café arábica na fase de maturação dos frutos. In: Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil. Vitória. **Resumos...** Vitória, Embrapa Café, v.2. p.44, 2001.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo, Ceres, 1981. 425p.

OLIVEIRA, F. A.; SILVA, J. J. S. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do feijão irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 317-322, 1990.

OLIVEIRA, P. M.; SILVA, A. M.; NETO, P. C. Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultura do cafeeiro (*Coffea arábica* L.). **Irriga**, Botucatu, v.8, n.3, p.273-282. 2003.

PALTINEANU, I & STARR, J. 1997. Real-time soil water dynamics using multisensor capacitance probes: Laboratory calibrations. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 61: 1576-1585.

PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, n. 4, p. 118-43, 1997.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fealq, 1997. 183p.

PEREIRA, A. R.; FERRAZ, E. S. B.; REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L. Estimativa da evapotranspiração e da drenagem profunda em cafezais cultivados em solos podzolizados Lins e Marília. Piracicaba. Piracicaba: Centro de Energia Nuclear Aplicada na Agricultura, 1974. 13p. (Boletim Científico, 14).

PETILLO, G. M. Effects of irrigation periods on citrus yield and fruit quality in Uruguay. **Proceedings of the Fifth International Microirrigation Congress**. Orlando, Florida, April. 2-6. p.492-496. 1995.

PETILLO, M. G. & CASTEL, J. R. Water balance and crop coefficient estimation of a citrus orchard in Uruguay. v. 2, p. 232- 243, 2007.

PROEBSTING, E. L. Jr., MIDDLETON, J. E. The behavior of peach and pear under extreme drought stress. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.105, n.3, p.380-87, 1980.

RAMOS, A. **Análise do desenvolvimento vegetativo e produtividade da palmeira popunha (*Bactris gasipaes* Kunth) sob níveis de irrigação e adubação nitrogenada**. 2002. 126f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

RASEIRA, A. et al. Instalação e Manejo do Pomar. In: MEDEIROS, C. A.; RASEIRA, M. C. B. A Cultura do Pessegueiro. Brasília: Embrapa, 1998. p. 130-160.

REISSER JÚNIOR, C. TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q. Características do cultivo de pêssegos da região de Pelotas-RS, relacionadas à disponibilidade de água para as plantas. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 21p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 240).

REISSER JÚNIOR, C. et al. Censo dos pomares de pessegueiro irrigados na região de Pelotas-RS. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. Frutas do Brasil: saúde para o mundo. 19, 2006, Cabo Frio. **Anais do...** Cabo Frio: SBF/UENF/UFRuralRJ, 2006. 557p.

REISSER JÚNIOR, C.; CARVALHO, F. L. C. Técnicas e manejo de irrigação. In: RASEIRA, M. A.; CENTELLAS-QUEZADA, A. Pêssego Produção. Brasília: Embrapa, 2003. p. 101-106.

REISSER JÚNIOR, C. **Alterações físicas em ambientes de estufa plástica e seus efeitos sobre as condições hídricas e o crescimento do tomateiro.** 2002. 160f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

REISSER JÚNIOR, C. Irrigação localizada como técnica de produção e seus reflexos sobre a qualidade. In: ENCONTRO SUL MINEIRO DE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 2. EPAMIG/UFLA. Resumos... Poços de Caldas: EPAMIG/UFLA, 1997. p.22-27.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera:** conceitos, processos e aplicações. São Paulo: Manole, 2008. 478p.

REICHARDT, K.; PORTEZAN, O.; LIBARDI, P. L.; BACCHI, O. O. S.; MORAES, S. O.; OLIVEIRA, J. C. M. Critical analysis of the field determination of soil hydraulic conductivity functions using the flux-gradient approach. **Soil & Tillage Research**, v. 48, p. 81-89, 1998.

REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L.; MORAES, S. O.; BACCHI, O. O. S.; TURATTI, A. L.; VILLAGRA, M. M. Soil spatial variability and its implications on the establishment of water balances. In: Congresso Internacional de Ciências do Solo, 14., 1990, Kyoto. **Anais do...** Kyoto: Sociedade Internacional de Ciência do Solo, 1990. v. 1, p. 41-46.

SACHES, S., CAMPOS, A. D. O pessegueiro In: MEDEIROS, C. A. B., RASEIRA, M. C. B. A cultura do pessegueiro. Brasília: Embrapa, 1998. p.13-19.

SATO, F. A.; SILVA, A. M.; COELHO, G.; SILVA, A. C.; CARVALHO, L. G. Coeficiente de cultura (Kc) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no período de outono-inverno na região de Lavras-MG. **Eng. Agrícola**. Jaboticabal, v.27, n.2, p.383-391. 2007.

SENTELHAS, P. C.; MARIN, F. R.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; VILLA NOVA, N. A.; BARBIERI, V. **Análise dos dados climáticos e de balanço hídrico climatológico de Piracicaba (1917-1997)**. Piracicaba: ESALQ, DFM, 1998. 81p.

SENTEK. **Calibration of Sentek Pty Ltd soil Moisture Sensores**. Sentek Pty Ltd,. Stepney, Austrália, 2001.

SENTEK PTY. **Diviner 2000**. Guia del usuário. Versión 1.0, 1999.

SESTARI, I.; GIEHL, R. F. H.; PINTO, J. A. V.; BRACKMANN, A. Condições de atmosfera controlada para pêssegos “Maciel” colhidos em dois estádios de maturação. **Ciência Rural**, v.38, n.5, 2008.

SILVA, A. L. **Estudo técnico e econômico do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2002. 67 p. Dissertação (Mestrado em engenharia Agrícola) – Universidade federal de Lavras, Lavras, 2002.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: Fealq, 1998. 760p.

SIMÕES, F. **Padrões de resposta do pessegueiro cv. Maciel a diferentes níveis de déficit hídrico**. 2007. 93f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E. Avaliação de sondas de TDR multi-haste segmentadas para estimativa da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.63-68, 2002.

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

TEIXEIRA, C. F. A. **Desempenho do tensiômetro com manômetro de mercúrio, reflectômetro no domínio do tempo e sonda de nêutrons no monitoramento do teor de água no solo**. 2001. 115p. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TIMM, L. C. et al. Manejo da irrigação na cultura do pessegueiro: **manual técnico**. Ed. da Universidade Federal de Pelotas, 2007. 110p.

TIMM, L. C. **Efeito do manejo da palha da cana-de-açúcar nas propriedades físico-hídricas de um solo**. 2002. 115 p. Tese (Doutorado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São paulo, Piracicaba, 2002.

THORNTHWAITE, C. W. The moisture factor in climate. **Am. Geophys Union Trans.**, v. 27, p. 41-48, 1946.

TURATTI, A. L.; VILLAGRA, M. M.; PONCE, J. E.; BACCHI, O. O. S.; REICHARDT, K. Variabilidade espacial do solo e sua implicação na calibração

de sondas de nêutrons. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.259-262, 1990.

VAN LIER, Q. J.; LIBARDI, P. L. Variabilidade dos parâmetros da equação que relaciona a condutividade hidráulica com a umidade do solo no método do perfil instantâneo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, n. 4, p. 1005-1014, 1999.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

VIEIRA, G. H. S; et al. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2004.

VIEIRA, D. B. Perspectiva do sistema de irrigação por gotejamento em São Paulo. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 1., 1975, Brasília. **Anais do...** Brasília: ABID, 1975. 31-33p.

VIEGAS FILHO, J. S.; DORFMAN, R.; HERTER, F. G. Balanço hídrico para a cultura do pessegueiro (*Prunus pérsica* L. Batsch), cultivar diamante, na região de Pelotas-RS. **Rev. Brasileira de Agrometeorologia**, santa Maria, v.5, n.2, p.249-254, 1997.

VILLAGRA, M. M.; BACCHI, O. O. S.; TUON, R. L.; REICHARDT, K. Difficulties of estimating evaporation from the water balance equation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 72, p. 317-325, 1995.

ZACHARIAS, S.; HEATWOLE, C. D.; CAKLEY, C. W. Robust quantitative techniques for validating pesticide transport models. **Transactions of the ASAE**, v.39, n.1, p.47-54. 1996.

WEINZETTEL, P. & USUNOFF, E. Calibración de una sonda de capacitancia en suelos argiudoles de la zona central de la provincia de BS. AS., Argentina. Estudios de la zona no saturada del solo.. **Instituto de Hidrologia de Lianuras**. J. Alvarez-Benedi y P. Marinero, Buenos Aires, v. 6, 2003.

WIEGAND, C. L. & SWANSON, W. A. Citrus response to irrigation: I. Irrigation requirements; daily, monthly and annual evapotranspiration amounts; and water management recommendations. **Journal Rio Grande Valley Horticultural Society**. v.35. p.73-85. 1982.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**. v.90, n.5, p.8995-9005, 1985.

APÊNDICE A

Precipitação (P), irrigação (I), armazenagem (S), variação do armazenamento de água no solo (ΔS), evapotranspiração de referência (ET_0), evapotranspiração real (ETr).

Tabela 8 - Precipitação (P), irrigação (I), armazenagem (S), variação do armazenamento de água no solo (ΔS), evapotranspiração de referência (ET_0), evapotranspiração real (ETr).

Parcela	Período (7 dias)	P (mm)	I (mm)	S (mm)					ΔS (mm)					ET_0 (mm)	ETr (mm)				
				Plantas irrigadas			Não irrigado		Plantas irrigadas			Não irrigado			Plantas irrigadas			Não irrigado	
				Faixas					Faixas						Faixas				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	15/9/08-21/09/08	0,8	31,5	135,53	113,05	127,18	130,76	135,17	-2,03	-5,44	-5,86	-8,89	-11,16	24,93	34,33	37,74	38,16	9,69	11,9
2	22/09/08-28/09/08	3,4	31,5	133,51	107,60	121,32	126,32	129,59	-9,74	-6,60	-5,93	-17,59	-8,60	30,32	44,64	41,5	40,83	20,99	12,9
3	29/09/08-5/10/08	5,2	31,5	123,77	101,01	115,39	117,52	125,29	-13,18	-3,32	-2,22	-28,36	-11,31	30,86	49,88	40,02	38,92	33,56	16,9
4	06/10/08-12/10/08	3,3	31,5	110,59	97,69	113,16	103,34	119,63	5,78	-3,42	-3,12	8,70	-8,74	37,87	29,02	38,22	37,92		12,9
5	13/10/08-19/10/08	13,9	31,5	116,36	94,27	110,04	107,69	115,26	-1,77	-3,46	-4,04	3,01	-9,08	24,88	47,17	48,86	49,44	10,89	22,9
6	20/10/08-26/10/08	25,2	31,5	114,59	45,40	106,00	109,20	110,72	20,03	11,99	12,59	37,32	31,22	25,68	36,67	44,71	44,11		
7	27/10/08-02/11/08	14,8	31,5	134,63	102,80	118,59	127,86	126,33	-8,49	-6,30	-5,65	-14,35	-9,13	37,27	54,79	52,6	51,95	29,15	23,9
8	03/11/08-09/11/08	4,4	31,5	126,14	96,50	112,94	120,68	121,76	-10,35	-5,65	-4,91	-24,63	-12,36	51,07	46,25	41,55	40,81	20,66	16,9
9	10/11/08-16/11/08	15,6	31,5	115,79	90,85	108,03	108,37	115,59	-4,87	-4,65	-4,48	-5,06	-12,95	46,62	51,97	51,75	51,58	25,92	28,9
10	17/11/08-23/11/08	7,2	31,5	110,92	86,20	103,54	105,84	109,11	-12,42	-7,98	-9,00	-18,72	-12,62	48,25	51,12	46,68	47,7		19,9
11	24/11/08-30/11/08	0,7	31,5	98,50	78,21	94,54	96,48	102,80	3,65	-1,84	1,55	8,77	-6,51	47,47	28,55	34,04	30,65		7,2
12	01/12/08-07/12/08	36	31,5	102,14	76,38	96,09	100,86	99,55	-5,57	-4,26	-8,55	-12,76	-2,03	42,83					
13	08/12/08-14/12/08	18,7	31,5	96,57	72,12	87,54	94,49	98,53	-7,47	-2,02	-0,23	0,63	-9,29	41,07	57,67	52,22	50,43	18,07	27,9
14	15/12/08-21/12/08	0	31,5	89,11	70,10	87,31	94,80	93,89	-8,63	0,04	-2,95	-27,37	-21,15	55,26	40,13	31,46	34,45	37,37	21,9
15	22/12/08-28/12/08	9	31,5	80,48	70,14	84,36	81,11	83,32	-5,42	-3,81	-0,86	-13,30	-19,92	55,48	45,92	44,31	41,36	22,3	28,9
16	29/12/08-04/01/09	7,2	31,5	75,06	66,33	83,50	74,46	73,36	-0,57	-0,32	-5,27	-0,46	-7,93	46,78	39,27	39,02	43,97	7,66	15,9
17	05/01/09-11/01/09	18,5	31,5	74,49	66,01	78,23	74,23	69,39	13,29	8,88	3,32	14,30	10,57	48,84	36,71	41,12	46,68	4,2	7,9
18	12/01/09-18/01/09	13,3	31,5	87,78	74,89	81,55	81,38	74,68	22,39	2,58	8,81	30,10	17,94	46,28	22,41	42,22	35,99		
19	19/01/09-25/01/09	25	31,5	110,17	77,47	90,36	96,43	83,65	-16,57	-0,48	-5,12	-30,75	-9,23	60,53	73,07	56,98	61,62	55,57	34,9
20	26/01/09-01/02/09	537,1	31,5	93,59	76,99	85,24	81,06	79,04	40,69	38,63	49,38	87,57	116,65	35,85					
21	02/02/09-08/02/09	21,6	31,5	134,29	115,62	134,62	124,84	137,36	-12,60	-10,26	-16,12	-31,16	-27,52	47,13	65,7	63,36	69,22	52,76	49,9
22	09/02/09-15/02/09	25,3	31,5	121,68	105,36	118,50	109,26	123,60	-10,86	-4,56	-4,27	-6,11	-5,84	53,47	67,66	61,36	61,07	31,4	31,9

23	16/02/09-22/02/09	29,8	31,5	110,82	100,79	114,24	106,21	120,68	5,74	4,20	4,32	34,75	18,79	42,52	55,56	57,1	56,98		11,0
24	23/02/09-01/03/09	98,3	31,5	116,56	105,00	118,56	123,58	130,08	11,56	5,49	12,04	7,05	-6,97	34,12					
25	02/03/09-08/03/09	17,3	31,5	128,12	110,48	130,61	127,11		-4,20	14,00	-0,62	3,96		30,17	53	34,8	49,42	13,34	
26	09/03/09-15/03/09	101,3	31,5	123,93	124,48	129,98	129,09		-0,19	-15,18	-3,64	-17,68		31,91					
27	16/03/09-23/03/09	13	31,5	123,73	109,30	126,34	120,25	126,59	-9,64	-5,51	-7,57	-10,65	-8,47	36,85	54,14	50,01	52,07	23,65	21,0
28	23/03/09-29/03/09	14,8	31,5	114,10	103,79	118,77	114,92	122,36	5,36	-1,24	5,45	9,21	-0,91	38,57	40,94	47,54	40,85	5,59	15,0
29	30/03/09-05/04/09	0	31,5	119,46	102,54	124,22	119,53	121,90	5,70	-4,73	-8,71	-13,76	-8,20	34,67	25,8	36,23	40,21	13,76	8,0
30	06/04/09-12/04/09	0	31,5	125,16	97,81	115,50	112,65	117,80	-2,78	-0,18	-5,92	-8,79	-13,91	36,22	34,28	31,68	37,42	8,79	13,0
31	13/04/09-19/04/09	0	31,5	122,38	97,63	109,58	108,25	110,85	-0,60	-2,42	-0,28	-8,95	-8,66	29,46	32,1	33,92	31,78	8,95	8,0
32	20/04/09-26/04/09	0,4	31,5	121,78	95,21	109,30	103,78	106,52	1,49	-0,86	-2,21	-3,28	-4,98	26,51	30,41	32,76	34,11	3,68	5,0

ANEXO - A

Descrição do perfil do solo Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico abrupto plúntico A moderado textura médio-argilosa, relevo suave ondulado com a classificação textural de acordo com os horizontes.

Tabela 9 - Descrição do perfil do solo Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico abrupto plúntico A moderado textura médio-argilosa, relevo suave ondulado com a classificação textural de acordo com os horizontes.

Horizonte	Profundidade (m)	Classificação textural
A ₁	0 - 0,16	Bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2) seco; cinzento escuro (10 YR 4/1) úmido; franco-arenoso; granular e blocos, sub-angulares pequenos, fraca; muito friável, dura, plástica, pegajoso; raízes comuns, finas; transição gradual e plana.
A ₂	0,16 - 0,34	Bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2) seco; cinzento escuro (10 YR 4/1) úmido; franco-arenoso; granular e blocos, sub-angulares pequenos, fraca; muito friável, dura, plástica, pegajoso; raízes comuns, finas; transição gradual e plana.
BE	0,34 - 0,52	Bruno (10 YR 5/3) seco e úmido; franco-arenoso; granular e blocos, sub-angulares pequenos, fraca; muito friável, dura, plástica, pegajoso; raízes poucas; transição clara e plana.
Bt ₁	0,52 - 0,70	Bruno (7,5 YR 5/6) forte úmido; franco-arenoso; granular e blocos, sub-angulares médios, fraca; friável, dura, plástica, pegajoso; transição gradual e plana.
Bt ₂	0,70 - 0,90	Bruno-avermelhado (5 YR 5/4) a vermelho-amarelado (5 YR 5/6) úmido; franco-argila-arenoso a argila; blocos sub-angulares médios, fraca duro; plástico, pegajoso; transição difusa e plana.
Bt ₃	0,90 - 1,42	Vermelhado (2,5 YR 4/6 e 5/6) argila; blocos sub-angulares, médios, fraca; plástico, pegajoso; firme, duro.

Fonte: Pesquisador M.Sc. Noel Gomes da Cunha da Embrapa Clima Temperado.