

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-graduação em Manejo e
Conservação do Solo e da Água



Tese

**Manejo de água em pomar de pessegueiro baseado em atributos do Sistema
Solo-Planta-Atmosfera**

Luciano Recart Romano

Pelotas, 2017

LUCIANO RECART ROMANO

**MANEJO DE ÁGUA EM POMAR DE PESSEGUEIRO BASEADO EM ATRIBUTOS
DO SISTEMA SOLO-PLANTA-ATMOSFERA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos Timm

Co-orientador: Dr. Carlos Reisser Júnior

Co-orientador: Prof. Dr. Ledemar Carlos Vahl

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

R759m Romano, Luciano Recart

Manejo de água em pomar de pessegueiro baseado em atributos do Sistema Solo-Planta-Atmosfera / Luciano Recart Romano ; Luís Carlos Timm, orientador ; Carlos Reisser Júnior, Ledemar Carlos Vahl, coorientadores. — Pelotas, 2017.

97 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. Prunus persica (L.). 2. Conteúdo de água no solo. 3. Potencial hídrico no ramo. I. Timm, Luís Carlos, orient. II. Reisser Júnior, Carlos, coorient. III. Vahl, Ledemar Carlos, coorient. IV. Título.

CDD : 631.4

LUCIANO RECART ROMANO

MANEJO DE ÁGUA EM POMAR DE PESSEGUEIRO BASEADO EM ATRIBUTOS
DO SISTEMA SOLO-PLANTA-ATMOSFERA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências

Data da defesa 29/09/2017

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luís Carlos Timm (Orientador)

Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP

Prof. Dr. Fabiano Simões

Doutor em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Flavio Gilberto Herter

Doutor em Fisiologia Vegetal pela Université Blaise Pascal Clermont Ferrand

Prof. Dr. Marcelo Peske Hartwig

Doutor em Irrigação e Drenagem pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP

Prof. Dr. Jocelito Saccol de Sá (suplente)

Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP

*“Com a sabedoria edifica-se a casa, e
com a inteligência ela se firma”*
Provérbios 24:3

Aos meus pais Gilberto e Maria Isabel (*In memoriam*),
OFEREÇO

A minha esposa Patrícia e aos meus filhos Daniel e Ester,
DEDICO

Agradecimentos

À Deus, pela sua graça e misericórdia, sempre me suprindo com saúde, paz e alegria para prosseguir.

Ao Professor Dr. Luís Carlos Timm pela orientação, oportunidade, disposição, esclarecimentos, amizade e profissionalismo.

Ao Pesquisador Dr. Carlos Reisser Júnior pela co-orientação, oportunidade, ideias, incentivo, disposição, esclarecimentos, amizade e profissionalismo.

Ao Professor Dr. Ledemar Carlos Vahl pela co-orientação, oportunidade, ideias, incentivo e amizade.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso pela oportunidade de capacitação e crescimento profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - Universidade Federal de Pelotas

À Embrapa Clima Temperado pelo uso de sua infraestrutura na condução do trabalho.

Ao Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Clima Temperado pela disponibilidade de sua equipe e infraestrutura.

Ao meu colega e amigo Alex Monteiro pela amizade, paciência, discussões, ideias, compreensão e todo o auxílio no trabalho de campo.

Ao bolsista de iniciação científica Rodrigo Valandro Mazzaro pela amizade, dedicação e convivência na condução dos trabalhos em campo.

Ao Produtor Marcos Fiss e seus colaboradores pelo apoio e concessão da área experimental.

Aos colegas Rodrigo Paiva e Gabriel Lemos pela amizade cultivada durante este período.

Aos amigos e colegas da Pós-Graduação pela amizade e pelos momentos que vivenciamos nesse período.

Aos professores da Pós-Graduação pela amizade e ensinamentos.

A toda a minha família pelo apoio, incentivo, compreensão e paciência.

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

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

ROMANO, Luciano Recart. **Manejo de água em pomar de pessegueiro baseado em atributos do Sistema Solo-Planta-Atmosfera.** 2017. 97f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

A produção de pêsego ocupa destaque entre as frutíferas de clima temperado no Brasil, sendo o Estado do Rio Grande do Sul responsável por 65 % da produção. Para obter elevada produtividade com frutos de qualidade, o pessegueiro requer adequado suprimento de água durante a primavera e o verão. Neste período, é frequente a ocorrência de déficit hídrico e a irrigação pode promover aumento de rendimento e qualidade dos frutos. Os objetivos deste trabalho foram: avaliar a resposta do pessegueiro à irrigação, quanto ao estado hídrico das plantas e a produtividade e qualidade dos frutos; determinar o manejo de água no solo mais adequado para a cultura do pessegueiro; e avaliar a influência da textura do solo no manejo da água. O estudo foi realizado em um pomar de pessegueiro comercial, cv Esmeralda, localizado no município de Morro Redondo - RS, durante as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17. Foram demarcadas duas áreas homogêneas em função da classe textural do solo, sendo classificadas como Franco Arenosa e Franco Argilo Arenosa. As plantas foram irrigadas por sistema de irrigação localizada por gotejamento. Os resultados mostraram que: a irrigação na fase de crescimento de fruto não influenciou a produtividade nem o tamanho dos frutos; a irrigação na fase de pós-colheita aumentou o crescimento vegetativo na safra seguinte mas não afetou a produção de frutos; os pessegueiros da área do pomar com solo franco arenoso produziram frutos maiores do que os da área com solo franco argilo arenoso; o manejo da irrigação baseado no potencial de água no ramo gera maior consumo de água, seguido pelo manejo baseado no teor de água no solo e, por último, o manejo baseado no clima.

Palavras-chave: *Prunus persica* (L.), conteúdo de água no solo, potencial hídrico no ramo, classe textural do solo.

ABSTRACT

ROMANO, Luciano Recart. **Peach irrigation water management based on soil, plant and atmosphere attributes** - 2017. 97f. Thesis (Ph.D. in Science) – Post Graduation Program in Management and Conservation of Soil and Water. Agronomy College Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2017.

The production of peach stands out among the fruits of temperate climate in Brazil, being the State of Rio Grande do Sul (RS) responsible for 65% of the production. To achieve high productivity with quality fruits, the peach tree requires adequate water supply during spring and summer. During period, water deficit is frequent and irrigation can promote yield increase and fruit quality. The objectives of this study were to evaluate the peach response to irrigation, as the water status of plants and productivity and fruit quality; to determine the soil water management most appropriate for the peach tree; and to evaluate the influence of soil texture on water management. The study was carried out in a commercial peach orchard, cv Esmeralda, located in the municipality of Morro Redondo - RS, during the harvests of 2014/15, 2015/16 and 2016/17. Two homogeneous areas were demarcated according to the textural class of the soil, being classified as Sandy Loam and Sandy Clay Loam. The plants were irrigated by a drip irrigation system. The results showed that: irrigation in the fruit growth phase did not influence fruit productivity nor fruit size; post-harvest irrigation increased vegetative growth in the next crop but did not affect fruit production; the peach orchard area with sandy loam soil produced larger fruit than the area with sandy loam clay soil; the management of irrigation based on the water potential in the branch generates greater water consumption, followed by management based on the water content in the soil and, finally, the management based on the climate.

Keywords: *Prunus persica* (L.), soil water content, water potential in the peach tree branch, soil textural class.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem aérea da área experimental obtida no Google Earth (2014)	33
Figura 2 - Mapa mostrando as duas áreas homogêneas do ponto de vista textural demarcadas na área experimental e os pontos de monitoramento do conteúdo de água no solo representados pelas elipses brancas (Fonte: TERRA,2012) (as letras identificam as linhas de cultivo e os números identificam as plantas dentro de cada linha)	34
Figura 3 - Estação Agrometeorológica Automática Squitter modelo ISIS S1220, utilizada para monitoramento das variáveis meteorológicas precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento. Fonte: O Autor.	35
Figura 5 - Esquema de instalação do tubo de acesso para a sonda de capacitância modelo Diviner 2000® na linha de plantas de pessegueiros.	38
Figura 6 - (A) Foto da folha sã coberta por envelope de papel alumínio; (B) ilustração dos componentes da Câmara de pressão de “Scholander” utilizada para medir o potencial de água no ramo Fonte: (Próprio autor e Manual do equipamento, respectivamente).	41
Figura 7 - Correlação dos valores de ET ₀ estimados pela equação de Penman-Monteith com os estimados pela equação de Penman-Van Bavel usada pela Estação Meteorológica Automática	44
Figura 8 - Variação temporal da precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ET ₀), registrados na estação agrometeorológica automática, durante os períodos: P1 - janeiro a abril de 2015 (A); P2 - janeiro a março de 2016 (B); P3 - novembro a dezembro de 2016 (C) Morro Redondo – RS	46
Figura 9 - Variação temporal da precipitação, da lâmina de irrigação (Irrigação) e do conteúdo de água no solo durante o período de 19 de janeiro a 2 de abril de 2015 na área com classe textural Franco Arenosa sob Manejo não irrigado (A) e Manejo irrigado Clima (B)	50

Figura 10 - Variação temporal da precipitação, da lâmina de irrigação (no manejo irrigado) e do conteúdo de água no solo durante o período de 19 de Janeiro a 2 de Abril de 2015, na área com classe textural Franco Argilo Arenosa sob Manejo não irrigado (A) e Manejo irrigado Clima (B)	51
Figura 11 - Variação temporal da precipitação, da lâmina de irrigação (Irrigação) e do conteúdo de água no solo, durante o período de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016 na área com classe textural Franco Arenosa sob Manejo não irrigado (A), Manejo irrigado via Clima (B) e Manejo Irrigado via Solo (C).....	57
Figura 12 - Variação temporal da precipitação, da lâmina de irrigação (Irrigação) e do conteúdo de água no solo, durante o período de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016 na área com classe textural Franco Argilo Arenosa sob Manejo não irrigado (A), Manejo irrigado via Clima (B) e Manejo Irrigado via Solo (C)	58
Figura 13 - Variação temporal da precipitação, da lâmina de irrigação (Irrigação) e do conteúdo de água no solo no período de novembro a dezembro de 2016 na área com classe textural Franco Arenosa sob Manejo não irrigado (A), Manejo irrigado via Clima (B) e Manejo Irrigado via Solo (C)	62
Figura 14 - Variação temporal da precipitação, da lâmina de irrigação (Irrigação) e do conteúdo de água no solo no período de novembro a dezembro de 2016 na área com classe textural franco Argilo Arenosa sob Manejo não irrigado (A), Manejo irrigado via Clima (B) e Manejo Irrigado via Solo	63
Figura 15 - Variação temporal da variável potencial de água no ramo (MPa) no período de janeiro a abril de 2015.....	67
Figura 16 - Correlação do potencial de água no ramo (Ψ_s) com o conteúdo de água no solo (θ) na camada de 0,0-0,40 m de profundidade em pomar de pessegueiro no período de janeiro a abril de 2015.....	68
Figura 17 - Variação temporal da variável potencial de água no ramo (Ψ_s) das plantas de pessegueiro no período de janeiro a fevereiro de 2016.....	70
Figura 18 - Correlação do potencial de água no ramo (Ψ_s) com a conteúdo de água no solo (θ) na camada de 0,0-0,40 m de profundidade em pomar de pessegueiro no período de janeiro a fevereiro de 2016.....	71

Figura 19 - Variação temporal do potencial de água no ramo (Ψ_s), no período de novembro a dezembro 2016.	74
Figura 20 - Correlação do potencial de água no ramo (Ψ_s) com o conteúdo de água no solo (θ) na camada de 0,0-0,40 m de profundidade em pomar de pessegueiro no período de novembro a dezembro de 2016.....	75
Figura 21 - Correlação do potencial de água no ramo com o conteúdo de água no solo na camada de 0,0-0,40 m de profundidade em pomar de pessegueiro	77
Figura 22 - Variação do diâmetro sutural e sua taxa de crescimento ao longo do ciclo da cultura em 2016	84
Figura 23 - Variação do comprimento e sua taxa de crescimento de ramos das plantas de pessegueiro ao longo do ciclo em 2016	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físico-hídricas dos solos das duas classes texturais na área experimental	35
Tabela 2 - Média aritmética da evapotranspiração de referência (ET ₀), Erro-Padrão (EP), coeficiente angular da reta (a), coeficiente linear (b), coeficiente de determinação (R ²)	44
Tabela 3 - Resultados da estatística descritiva aplicada a variável conteúdo de água no solo (m ³ ·m ⁻³) durante o período de 19 de Janeiro a 2 de Abril de 2015	48
Tabela 4 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral para a variável conteúdo de água no solo (m ³ · m ⁻³) no período de 19 de janeiro a 2 de abril de 2015.....	49
Tabela 5 - Comparação entre médias para a variável conteúdo de água no solo (m ³ m ⁻³) avaliada no período de 19 de Janeiro a 2 de Abril de 2015 pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	52
Tabela 6 - Resultados da estatística descritiva aplicada à variável conteúdo de água no solo (m ³ m ⁻³) durante o período de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016	54
Tabela 7 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral para a variável conteúdo de água no solo (m ³ m ⁻³) no período de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016	55
Tabela 8 - Comparação entre médias para a variável conteúdo de água no solo (m ³ m ⁻³), avaliadas no período de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016 pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	56
Tabela 9 - Resultados da estatística descritiva aplicada à variável conteúdo de água no solo (m ³ m ⁻³) durante o período de novembro a dezembro de 2016	59
Tabela 10 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral para a variável conteúdo de água no solo (m ³ ·m ⁻³) no período de novembro a dezembro de 2016.....	60

Tabela 11 - Comparação entre médias para a variável conteúdo de água no solo ($m^3 m^{-3}$), avaliadas de novembro a dezembro de 2016 pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade	61
Tabela 12 - Resultados da estatística descritiva aplicada a variável potencial de água no ramo (MPa), durante o período de 19 de janeiro a 2 de abril de 2015.....	65
Tabela 13 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral do potencial de água no ramo (MPa) durante o período de 19 de janeiro a 2 de abril de 2015.....	66
Tabela 14 - Comparação entre médias para a variável potencial de água no ramo (MPa), avaliada no período janeiro a abril de 2015 pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	66
Tabela 15 - Resultados da estatística descritiva aplicada a variável potencial de água no ramo (MPa) das plantas de pessegueiro, durante o período de janeiro a fevereiro de 2016.....	69
Tabela 16 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral do potencial de água no ramo (MPa) durante o período de janeiro a fevereiro de 2016.....	69
Tabela 17 - Comparação entre médias para a variável potencial de água no ramo (MPa), avaliadas no período de janeiro a fevereiro de 2016 pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	70
Tabela 18 - Resultados da estatística descritiva aplicada a variável potencial de água no ramo (MPa), durante o período de novembro a dezembro 2016	72
Tabela 19 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral do potencial de água no ramo (MPa) durante o período de novembro a dezembro de 2016	72
Tabela 20 - Comparação entre médias para a variável potencial de água no ramo (MPa), avaliada de novembro a dezembro de 2016 pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	73
Tabela 21 - Simulação para cálculo da lâmina de irrigação (mm) usando as equações ajustadas no período de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016	78

Tabela 22 - Resultados da estatística descritiva aplicada aos componentes de produção no período de dezembro 2016.....	80
Tabela 23 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral para as variáveis: produção por planta (PP), número de frutos por planta (NF) e massa média dos frutos(MMF) das plantas de pessegueiro avaliadas em dezembro de 2016	82
Tabela 24 - Comparação entre médias da variável massa média dos frutos (g fruto^{-1}), avaliadas em dezembro de 2016 pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	82
Tabela 25 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral para as variáveis crescimento relativo do tronco durante três períodos	87
Tabela 26 - Comparação de médias para a variável crescimento relativo de tronco das plantas de pessegueiro no período janeiro a agosto de 2015, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CC	Capacidade de campo
CV	Coeficiente de variação
ET0	Evapotranspiração de referência
FDR	Reflectometria no domínio da frequência
ICL	Manejo irrigado clima
ISOL	Manejo irrigado solo
MMF	massa média dos frutos
NF	número de frutos por planta
NI	Manejo não irrigado
P	Precipitação
PMP	Ponto de murcha permanente
PP	Produção por planta
TDR	Reflectometria no domínio do tempo
θ	Conteúdo de água no solo
Ψ_p	Potencial de pressão
Ψ_s	Potencial de água no ramo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	Irrigação	19
2.2	Manejo da água.....	21
2.3	Monitoramento da umidade do solo (conteúdo de água no solo).....	24
2.4	Potencial Hídrico da planta.....	25
2.5	Fatores Atmosféricos.....	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	Localização	32
3.2	Descrição do pomar de pessegueiro	32
3.3	Descrição da área experimental	33
3.4	Monitoramento das variáveis meteorológicas	35
3.5	Monitoramento do conteúdo de água no solo	37
3.6	Sistema de irrigação.....	39
3.7	Manejo da irrigação	39
3.7.1	Método do balanço hídrico climatológico.....	39
3.7.2	Método do balanço de água no solo.....	39
3.8	Manejo da irrigação Pós-colheita 2014.....	40
3.9	Manejo da irrigação Pós-colheita 2015.....	40
3.10	Manejo da irrigação na Fase de Enchimento do Fruto 2016.....	40
3.11	Monitoramento do potencial de água no ramo.....	40
3.12	Determinações dos atributos da Planta	41
3.12.1	Taxa de aumento do diâmetro do tronco	41
3.12.2	Curva de crescimento de ramos e frutos	42
3.13	Análise dos Dados.....	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1	Calibração da ET ₀ na estação agrometeorológica.	44
4.2	Dinâmica do sistema solo, água, planta e atmosfera.....	45
4.2.1	Atmosfera.....	45
4.2.2	Dinâmica da água no solo de janeiro a abril de 2015 (P1)	47
4.2.3	Dinâmica da água no solo de janeiro a fevereiro de 2016 (P2)	53

4.2.4	Dinâmica da água no solo de novembro a dezembro de 2016 (P3)	59
4.2.5	Dinâmica da água no solo nos três períodos.....	64
4.2.6	Potencial de água no ramo: janeiro a abril de 2015 (P1)	65
4.2.7	Potencial de água no ramo: janeiro a fevereiro de 2016 (P2)	68
4.2.8	Potencial de água no ramo de novembro a dezembro de 2016 (P3) ...	71
4.2.9	Potencial de água no ramo nos três períodos	75
4.2.10	Comparação entre os manejos de irrigação	78
4.3	Componentes de produção	79
5	CONCLUSÕES	89
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90

1 INTRODUÇÃO

A produção de pêssego ocupa destaque entre as fruteiras de clima temperado no Brasil. O Estado do Rio Grande do Sul (RS) é o principal produtor, com 65% da produção nacional (FACHINELLO et al., 2011). Para obter elevada produtividade com frutos de qualidade, o pessegueiro requer adequado suprimento de água durante a primavera e o verão (HERTER et al., 1998). Nestas estações é frequente a ocorrência de períodos de déficit hídrico, que podem causar quedas de produtividade e de qualidade dos frutos.

A prática da irrigação pode oferecer para o agricultor uma maior garantia na produção de pêssego, propiciando uma maior estabilidade e confiança do investimento realizado e agregando valor de mercado ao produto, especialmente na fruticultura destinada ao mercado “*in natura*”. O quanto de água a aplicar e o momento de aplicá-la representam as etapas mais importantes no manejo da irrigação. É necessário conhecer os fatores que afetam o manejo da irrigação, tais como: cultura, solo, clima, particularidades do local onde será instalado o sistema de irrigação, bem como as características desse sistema (TAVARES et al., 2007).

O excesso ou o déficit de água pode causar prejuízos ao desenvolvimento da planta e à produtividade. A quantidade de água requerida por uma dada cultura ao longo do seu ciclo de desenvolvimento e sua resposta à irrigação não são constantes. As culturas diferem entre si quanto à tolerância à deficiência de água no solo, sendo que algumas apresentam maior resistência à falta de água, sem apresentar queda significativa na produção; outras respondem de forma mais intensa a pequenas variações no conteúdo de água do solo, mesmo entre plantas de mesma espécie.

Desta forma, um adequado manejo da água deve levar em consideração a dinâmica e a inter-relação entre os componentes do Sistema Solo-Planta-Atmosfera (SSPA), bem como a variabilidade destes componentes. Devido à importância econômica e social da cultura do pessegueiro no cenário agrícola da metade Sul do RS, pesquisas que visem o entendimento do SSPA como um todo se tornam importantes para que os produtores tenham subsídios para decidir quanto ao manejo da água e outras práticas agrícolas no pomar. Sendo a água um dos principais componentes ligados ao desenvolvimento do pessegueiro, é fundamental conhecer a disponibilidade hídrica do solo e as exigências hídricas do pessegueiro em seus

diferentes estádios de desenvolvimento, sua reposição, bem como de que forma as variáveis que compõem esses processos se relacionam com as variáveis climáticas da região e com a produtividade.

Em função disso, os objetivos deste trabalho foram os seguintes:

- a) avaliar a resposta do pessegueiro à irrigação em seus diferentes períodos fisiológicos ao longo do ano, quanto ao estado hídrico das plantas e a produtividade e qualidade dos frutos;
- b) determinar o manejo de água no solo mais adequado para a cultura do pessegueiro;
- c) avaliar a influência da textura do solo no manejo da água.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Irrigação

A agricultura irrigada é o maior usuário de água em todo o mundo, superior a 70-80% do consumo total de água doce. Isto, somado a uma pressão crescente sobre os recursos hídricos, devido à competição por água entre a agricultura, a indústria e o abastecimento público, é necessário desenvolver e fornecer novas ferramentas e métodos de conservação de água na agricultura. Isto implica uma redução contínua em entradas de água durante todo o período de crescimento, desde que a qualidade do fruto e produtividade sejam mantidos (FERERES; SORIANO, 2007).

No Brasil, para aumento da área irrigada, são necessárias algumas estratégias: identificação das potencialidades para expandir a produção nas áreas com solos aptos à irrigação e com disponibilidade de recursos hídricos; aprimoramento das técnicas de irrigação que levem à sustentabilidade; e execução de pesquisa para o desenvolvimento de tecnologias e inovações (ROCHA; CHRISTOFIDIS, 2014).

Para suprir a necessidade das culturas agrícolas, é importante saber a quantidade de água a ser aplicada no solo, se necessário. O manejo da irrigação deve responder duas questões básicas e importantes, de forma objetiva: a) quanto de água aplicar; e b) quando aplicar água. Estas questões podem ser respondidas através do monitoramento da umidade do solo, das condições hídricas da planta e das condições atmosféricas. Segundo Terra (2010), esta é uma das etapas mais importantes no uso dos sistemas de irrigação pois 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. Para Mantovani et al. (2009), seja qual for o processo utilizado de monitoramento, é fundamental entender as relações do Sistema Solo-Água-Planta-Atmosfera.

Segundo Silva (2003), a irrigação é uma técnica antiga e vem sendo utilizada com o objetivo de incrementar a produção agrícola, diminuindo os riscos dos agricultores, no que se refere a produção, porém os riscos de adoção devem sempre levar em consideração os custos. Na irrigação por gotejamento, cujo sistema é fixo, os investimentos para instalação do sistema são altos. Outro fator a ser analisado é o custo de operação, no qual se analisa mão-de-obra, energia e manejo do sistema, que representam custos de produção adicionais.

Em um levantamento conduzido na metade Sul do RS, Timm et al. (2007) constataram que o manejo da irrigação adotado pelos persicultores não se baseava nas necessidades hídricas da cultura, nas características físico-hídricas do solo e nas condições atmosféricas. Os autores concluíram que os persicultores, na maioria das vezes, realizavam o manejo da irrigação de forma empírica, o que causa um aumento do custo de operação do sistema de irrigação e o uso inadequado dos recursos naturais na propriedade, com retornos duvidosos ao produtor. Acredita-se que este panorama não tenha sido alterado ao longo dos últimos anos. Em vista disso, existe ainda uma carência de pesquisas que visem avaliar as interações entre o pessegueiro e o meio físico em que ele se desenvolve, já que a qualidade do pêssego é resultado da interação de vários fatores, nos quais se destacam a topografia, o solo, a água, o clima e as práticas de manejo.

Nas zonas úmidas e subúmidas, a irrigação tem sido usada em alguns períodos ou estádios de desenvolvimento da cultura para completar a precipitação

durante períodos de déficit. Esta prática tem sido chamada de irrigação suplementar (FERERES; SORIANO, 2007).

2.2 Manejo da água

O manejo da irrigação visa obter alta eficiência no uso dos recursos água e energia elétrica, através da aplicação da quantidade de água demandada pela cultura no momento certo. Para um eficiente manejo, é necessário monitorar o consumo hídrico da planta em todo seu ciclo. Monitorar precisamente esse consumo demanda tempo e esforços consideráveis por parte do irrigante, tornando difícil a decisão de quanto e quando irrigar, uma vez que é um processo dinâmico de interação entre água, solo, planta e atmosfera (ALMEIDA, 2012).

Moreira et al. (2014) destacam que o gerenciamento adequado da água no solo é fundamental para a sustentabilidade da produção agrícola. O uso deste recurso natural sem critérios técnicos pode resultar na escassez e na poluição de mananciais. Por ser indispensável para a produção agrícola, é necessário o seu monitoramento para avaliar o seu comportamento.

O balanço hídrico permite quantificar cada componente do ciclo hidrológico, podendo ser efetuado em vários níveis. Considerando a lei de conservação de massas, o balanço hídrico é a soma de todas as entradas e saídas de água no solo. Para o cálculo da variação do volume de água armazenado, delimita-se a profundidade da camada de solo em que ocorre mais de 95% do sistema radicular ativo (REICHARDT; TIMM, 2012).

Pela lei de conservação de massa, a equação de balanço hídrico instantâneo pode ser descrita como:

$$\int_{t_i}^{t_j} (p + i \pm ds - q_e \pm q_z) dt = \int_{t_i}^{t_j} \int_0^L \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} \right) dz dt \quad \text{Eq. (1)}$$

onde:

p = densidade de fluxo de precipitação;

i = densidade de fluxo de irrigação;

ds = densidade de fluxo de escoamento superficial;

q_e = densidade de fluxo de evapotranspiração;

q_z = densidade de fluxo de drenagem interna;

$\Delta t = t_j - t_i$, intervalo de tempo;

θ = umidade volumétrica do solo na camada Δz ($\Delta z = L - 0$).

Todas as densidades de fluxo instantâneas da Equação 1 são expressas em mm.dia^{-1} . Essa equação descreve que a soma algébrica das densidades de fluxo instantâneas que entram e saem do elemento de volume, durante a variação de tempo, é igual a variação instantânea de umidade do solo nesse elemento de volume (REICHARDT; TIMM, 2012).

O balanço hídrico fundamenta-se no princípio de conservação de massa, onde as transferências de matéria são limitadas em um volume de controle de capacidade finita de armazenamento, num dado intervalo de tempo (CUNHA, 1992).

Os solos encontrados sobre a superfície do planeta Terra não apresentam características homogêneas. Sendo assim, são classificados como uma coleção de corpos naturais, constituídos de partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos (SANTOS et al., 2013).

O solo é o reservatório de água para as plantas. Todas as práticas e manejos têm o objetivo de manter o nível de água em condições adequadas para o desenvolvimento das plantas, sendo um reservatório aberto para atmosfera e para horizontes mais profundos, retendo água através das interações com a sua matriz (REICHARDT, 1988).

A armazenagem de água no solo normalmente é expressa em altura ou lâmina, para não haver dependência com a área de coleta. Dados como precipitação, irrigação e evaporação são expressos em mm, ou seja, considerando o solo como um prisma de seção conhecida, obtém-se a armazenagem em altura (CARVALHO; OLIVEIRA, 2012).

Segundo Libardi (2012), pode-se calcular a altura de água no solo, considerando a umidade constante com a profundidade, o que normalmente não ocorre em condições reais. Entretanto, deve-se dividir o perfil do solo em incrementos de profundidade, determinando o conteúdo de água em cada incremento, sendo que a altura total de água no perfil é o somatório de todos os incrementos.

Devido à heterogeneidade dos solos, os seus atributos e, conseqüentemente, a armazenagem de água no solo, são influenciados pela localização e profundidade

(SALVADOR, 2012). Esta variação afeta também a maior ou menor disponibilidade de água para as plantas.

No armazenamento de água no solo, o importante é quantificar o volume de água disponível para as plantas e determinar os limites de capacidade de armazenamento de cada solo. Para cada tipo de solo, tem que se elaborar as curvas de retenção de água no solo. Conhecendo-se estas curvas, obtém-se o conteúdo de água na capacidade de campo (CC), que é o limite superior de armazenagem e no ponto de murcha permanente (PMP), o limite inferior de armazenagem, onde há presença de água no solo, mas não está disponível para as plantas, devido as forças de retenção (BRADY; WEIL, 2013).

As forças de retenção de água no solo podem variar em função da distância entre as partículas sólidas e as moléculas de água. São influenciadas pelos fenômenos de adesão e coesão. Adesão é a atração entre as moléculas de água e as partículas sólidas do solo; coesão é a atração entre moléculas de água. Quanto maior a superfície específica das partículas do solo, maior a força de retenção. As partículas de argila são bem menores que as de areia, por isto, apresentam alta superfície específica, influenciando na retenção de água e nutrientes no solo (BRADY; WEIL, 2013; MARENCO; LOPES, 2013).

Brady e Weil (2013) consideram fundamental conhecer as proporções dos diferentes tamanhos de partículas presentes nos solos, para um melhor entendimento do seu comportamento e, assim, poder manejá-lo de forma mais apropriada. Quando se realiza um estudo em um determinado local, a textura é a primeira e mais importante propriedade a ser analisada e, a partir dela, pode-se obter várias conclusões.

O manejo da irrigação com base no monitoramento da umidade do solo por sensores localizados nas zonas de maior extração de água pelo sistema radicular da cultura, é muito utilizado. De acordo com Freire (2014), a distribuição do sistema radicular do pessegueiro em profundidade é variável de cultivar para cultivar. Em condições normais de cultivo pode-se considerar que cerca de 80% das raízes finas encontram-se na profundidade de 0 a 0,50 m e que mais de 50 % situam-se até 0,20 m de profundidade. As raízes finas são aquelas com o diâmetro menor que 1 mm, consideradas ativas, responsáveis pela absorção de nutrientes e água (PALTINEANU et al., 2013)

2.3 Monitoramento da umidade do solo (conteúdo de água no solo)

Existem métodos diretos e indiretos para determinação da umidade do solo. Os diretos permitem a determinação direta da umidade do solo, onde o método gravimétrico é considerado o método padrão. Já, os indiretos baseiam-se em propriedades químicas ou físicas do solo, conforme a quantidade de água presente.

O método padrão para determinação da umidade gravimétrica do solo é o método em estufa, que consiste na secagem da massa de solo úmido em uma estufa (105 - 110°C) e, posterior, determinação da massa de solo seco.

Para determinar a umidade volumétrica é necessário conhecer a densidade do solo. Um dos métodos mais empregados é o do anel volumétrico que, segundo Klein (2008), é um método simples que permite determinar diretamente a umidade. No entanto, tem as desvantagens do tempo necessário na determinação (no mínimo 24 h) e de não permitir a repetição da amostragem no mesmo local.

Coelho Filho et al. (2013) mencionam que existe grande disponibilidade de técnicas para determinação da água no solo, tais como tensiometria, reflectometria no domínio do tempo (TDR) ou no domínio da frequência (FDR), blocos de Boyoucos, dentre outras técnicas para aquisição de dados. Essas técnicas são mais empregadas como indicadores da disponibilidade hídrica do solo.

A utilização de métodos indiretos para determinação da umidade do solo, como tensiômetro, a partir da curva de retenção de água no solo, possui a vantagem de ser prático e de obter resultados com boa precisão (REICHARDT; TIMM, 2012). O tensiômetro consiste de uma cápsula porosa de cerâmica, conectada a um manômetro através de um tubo, geralmente de PVC preenchido com água.

Os sensores baseados em princípios físicos, como os Watermark[®], exigem calibração para cada tipo de solo. Esses sensores registram a variação de resistência elétrica entre os eletrodos do dispositivo, a qual é causada pelo movimento de água entre o sensor e a matriz do solo. Esta variação de resistência elétrica é convertida em tensão de água no solo (BORQUEZ-LOPEZ et al., 2013).

2.4 Potencial Hídrico da planta

A água desempenha um papel fundamental na vida da planta. Mesmo um pequeno desequilíbrio pode causar déficits hídricos e mau funcionamento de inúmeros processos celulares. Para realizar a fotossíntese, expõe-se à perda de água para a atmosfera. Os potenciais com maior relevância dentro das plantas são o osmótico e o de pressão. O potencial de pressão (Ψ_p) é responsável pelo turgor das células vegetais. A pressão de turgescência é necessária para a expansão celular, para manter a forma das plantas herbáceas. O valor máximo de Ψ_p ocorre quando as células estão completamente túrgidas e diminui com a desidratação da célula até atingir 0 (zero), quando ocorre a flacidez ou perda total de turgescência (TAIZ; ZAIGER, 2013; KRAMER; BOYER, 1995).

O conteúdo de água na planta varia em função das flutuações de umidade no solo e no ar e das taxas de transpiração da planta. O conteúdo de água nas plantas diminui quando as taxas de transpiração excedem as de absorção de água (MARENCO; LOPES, 2013).

A resposta das plantas ao potencial de água no solo tem sido estudada por vários pesquisadores. Entretanto, o potencial de água no solo não indica, de maneira geral, as condições de déficit ou excesso de água na profundidade do solo explorado pelo sistema radicular das plantas (CARLESSO, 1995).

Os estágios nos quais as espécies frutíferas são mais sensíveis ao estresse hídrico são os de grande atividade fisiológica e meristemática e, em pessegueiro, um destes períodos de grande atividade é durante a diferenciação das gemas, que ocorre após a colheita até a queda de folhas. Esta é uma das fases mais importantes no controle da umidade do solo, pois é quando a planta armazena as reservas de nutrientes que irá utilizar na brotação, no florescimento e na época de definição da carga de frutos para a próxima safra. Tais informações, no entanto, são ainda genéricas e a resposta fisiológica e morfológica da planta à disponibilidade de água no período pós-colheita não é suficientemente clara para indicar a eventual irrigação da cultura neste período (REISSER, 1998).

Segundo Laruee Johnson (1989), a curva de crescimento do fruto no pessegueiro segue uma curva dupla sigmóide, que inclui três estádios: estágio I, ocorre logo após o início do desenvolvimento do fruto, com predomínio da divisão e

multiplicação celular, com duração de aproximadamente quatro semanas; estágio II, ocorre um crescimento lento do fruto e lignificação do endocarpo (endurecimento do caroço) e crescimento do endosperma; e estágio III, fase em que a expansão celular recomeça no mesocarpo (polpa), aumentando o tamanho até alcançar a completa maturidade.

As condições hídricas das plantas podem ser monitoradas a partir de alguns indicadores tais como conteúdo de água no solo e potencial de água na planta, sendo os órgãos vegetais mais usados para realizar esta medida as folhas e os ramos. O potencial de água na planta sofre variações em curta escala de tempo em função das condições ambientais, como diminuição ou aumento da radiação solar, e pela passagem de nuvens temporárias. Em alguns casos, pode ser mais elevado e por período de tempo maior, em função da secagem do solo e diminuição da água disponível no solo (COELHO FILHO et al., 2013).

Indicadores de estado hídrico nas plantas se tornaram muito populares para o planejamento de um sistema de irrigação mais preciso, porque a condição hídrica da planta controla muitos processos fisiológicos e a produtividade das culturas. Portanto, estas informações podem ser muito úteis no manejo da irrigação (FERNÁNDEZ; CUEVAS, 2010; ORTUÑO et al., 2010).

O potencial de água na planta pode ser medido através do método de equilíbrio de pressão ou câmara de pressão. Este método tornou-se bastante difundido a partir de estudos fisiológicos e de relações hídricas efetuados por Scholander et al. (1965). Ele baseia-se no princípio de equilíbrio de pressão: em uma folha transpirando, seu xilema encontra-se sob tensão. Quando o seu pecíolo é cortado da planta, a seiva retorna ao interior das células das folhas, reequilibrando. Quando se coloca esta folha cortada no interior da câmara de pressão e aplica-se uma pressão crescente e constante, a seiva retorna à extremidade do corte (pecíolo); esta tensão é igual à tensão da água no xilema, no momento do corte (COELHO FILHO et al., 2013).

Para Abrisqueta et al. (2015), o potencial de água no ramo (Ψ_s) pode ser considerado um indicador eficaz nas estratégias do manejo da água, visando maximizar o rendimento e a qualidade dos frutos. No entanto, por causa do trabalho intensivo envolvido na medição de Ψ_s , outros métodos também são desejáveis, como o monitoramento do conteúdo de água no solo e das condições atmosféricas.

Abrisqueta e colaboradores estudaram o padrão sazonal do potencial hídrico do ramo de pessegueiros adultos sob diferentes condições de irrigação por gotejamento, e concluíram que estimativas do potencial hídrico do ramo podem ser realizadas a partir do conteúdo de água no solo.

Ferreyra et al. (2002) constataram que o potencial de água no xilema é um indicador do estado hídrico da planta e pode ser útil para monitorar o estresse hídrico durante o estágio II de crescimento do fruto, especialmente nas medições feitas ao meio-dia, porque as diferenças de potencial de água no xilema entre plantas devidamente irrigadas e estressadas, são maiores em medições feitas em torno de 12:00 h (meio-dia) (-0,6 MPa) do que na parte da manhã, aproximadamente às 05h30min (-0,3 MPa).

Girona et al. (2012) classificaram os potenciais hídricos no ramo ao meio dia (12:00h) quanto ao estresse hídrico em quatro níveis: bem irrigado $\Psi_s = -0,8$ MPa; leve $\Psi_s = -0,9$ MPa; moderado $\Psi_s = -1,1$ MPa e grave $\Psi_s = -1,9$ MPa.

O pessegueiro apresenta uma tendência ao comportamento aniso-hídrico, ou seja, o Ψ_s diminui acentuadamente nas horas de maior demanda atmosférica durante o dia, descrevendo a sua dependência entre as condições hídricas da planta e as relações atmosféricas e com o conteúdo de água no solo (Girona e Fereres, 2012; Simões, 2007).

Remorini e Massai(2003), compararam indicadores fisiológicos do estado hídrico de plantas jovens de pessegueiro, como: conteúdo de água no solo, potencial de água no solo, potencial de água na folha, potencial de água no ramo, temperatura da folha, flutuações do diâmetro do tronco, fluxo de seiva e área foliar. Concluíram que os melhores indicadores foram os potenciais de água no ramo medidos tanto ao amanhecer como ao meio dia.

Sotiropoulos et al. (2010) constataram que a irrigação suplementar no estágio II reduziu a queda de frutos antes da colheita e que a combinação da irrigação no estágio III e pós-colheita reduziu o comprimento de ramos vigorosos dentro do dossel, no período de estudo.

Girona et al. (2012) indicaram valores limites para Ψ_s ao meio dia para cada estágio de desenvolvimento: Crescimento do fruto I, Ψ_s de -0,9 MPa; Crescimento do fruto II, -1,8 MPa; Crescimento do fruto III, -1,1 MPa; e Pós-colheita, -1,8 MPa.

Segundo os autores, esses valores são eficazes no controle do crescimento vegetativo e não provocam comprometimento da qualidade dos frutos.

Naor et al. (2001) estudaram o comportamento do potencial hídrico no ramo (Ψ_s) de árvores de nectarina na fase III de crescimento de fruto, com a variação do coeficiente de cultura (K_c) entre 0,63 e 1,29 durante o período de três anos. Eles desenvolveram seu estudo ao norte da Galileia-Israel, com média anual de precipitação de 550 mm, usando sistema de irrigação por gotejamento em solo de textura argilosa. Os autores verificaram que nos tratamentos com menores valores de K_c foram obtidos os Ψ_s mais negativos, variando de -1,26 MPa a -2,06 MPa. Foi observado um pequeno aumento do diâmetro dos frutos quando K_c foi maior que 1,01.

Mirás-Avalos et al. (2016) estudaram o manejo da irrigação com déficit regulado na região do Mediterrâneo (Murcia-Espanha), usando os limites mínimos de potencial no ramo como indicadores na programação da irrigação, nas Fases II de crescimento do fruto e pós-colheita. Foram adotados três tratamentos, um controle com 120% da ET_0 e outros dois com déficits regulados (-1,5 e -1,8 MPa durante o crescimento do fruto e -1,5 e -2,0 MPa durante a pós-colheita). Verificaram que nos tratamentos com déficit regulado ocorreu um decréscimo no volume de água armazenado no solo nos períodos avaliados, e que também a programação da irrigação com base no potencial do ramo ao meio-dia é uma opção viável para economizar água.

Silva et al. (2008) estudaram os efeitos da irrigação na produtividade do cafeeiro em função da época de aplicação e do monitoramento do seu potencial hídrico. Concluíram que o potencial hídrico da planta é um indicador fisiológico que tem relação direta com a sua produtividade, podendo-se recomendar o seu emprego no manejo de irrigação.

Para Monteiro (2015), a dinâmica e as inter-relações do Sistema Solo-Planta-Atmosfera tornam o manejo da irrigação complexo, sendo necessário um melhor conhecimento dessa dinâmica para realizar o manejo da irrigação de forma mais eficaz e sustentável.

Qassim et al. (2013) investigaram os efeitos do déficit hídrico no período pós-colheita sobre a produção subsequente e a qualidade dos frutos, aplicando cinco níveis de irrigação (50%, 80%, 100%, 150% e 190% da evapotranspiração de referência) durante três anos de avaliação. Verificaram que, em geral, o potencial

hídrico da água na folha aumentou com a quantidade de água aplicada nos tratamentos com irrigação, e que o estresse hídrico no período de pós-colheita não impactou o tamanho dos frutos no período seguinte (segundo e terceiro anos de avaliação).

Marsal et al. (2016) avaliaram a irrigação com déficit regulamentado (RDI) na cultura de pessegueiro adotando quatro níveis de irrigação, sendo dois pela evapotranspiração de referência e os outros dois pelo potencial de água no ramo (meio-dia), no estágio III de crescimento do fruto e na pós-colheita. Os autores não encontraram diferenças na produção de frutos durante o experimento e verificaram que quanto menor a quantidade de água aplicada menor são os potenciais no ramo ao meio-dia.

Oliveira et al. (2009) avaliaram o comportamento fisiológico de cafeeiros submetidos a diferentes disponibilidades de água no solo. Ao realizarem três manejos de água no solo, verificaram que os diferentes manejos de irrigação proporcionaram diferentes níveis de água nas plantas e que houve dependência entre o potencial da água na planta, no solo e na atmosfera para os diferentes manejos. Essas diferenças de potenciais no Sistema Solo-Planta-Atmosfera são os responsáveis pelo fluxo de água neste sistema contínuo. Observaram as variações de -2,77 a - 41,02 kPa no solo; de -0,40 a - 2,55 Mpa na planta; e de - 64,23 a -222,79 Mpa na atmosfera, indicando grandes diferenças nos valores dos potenciais, responsáveis pelo gradiente de potencial entre solo e planta e entre planta e atmosfera.

2.5 Fatores Atmosféricos

A evapotranspiração é um fenômeno biofísico, que envolve princípios fisiológicos e físicos, ligados à planta e atmosfera. É a perda de água de uma superfície com qualquer tipo de cobertura vegetal para a atmosfera. Pode ser estimada através de vários métodos, dentre eles aqueles que se utilizam de dados coletados a partir de estações agrometeorológicas como: temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar e velocidade do vento (CARVALHO et al., 2011; BORGES; MENDIONDO, 2007).

A evapotranspiração consiste na soma da evaporação da água do solo e da transpiração das plantas. A taxa de evaporação direta da água do solo depende de

sua estrutura e de sua textura, do conteúdo de água, da condutividade hidráulica e da demanda evaporativa da atmosfera. A taxa de transpiração é resultante do gradiente de pressão do ar, da resistência do fluxo de vapor d'água e dos mecanismos internos das plantas (GOMIDE; MAENO, 2008).

Pimentel (2004) ressalta que a seca é uma circunstância na qual as plantas sofrem redução do seu crescimento ou redução da produtividade. O estresse hídrico causado por esse fenômeno pode ser influenciado pela redução de água no solo e/ou pelos fatores atmosféricos. Nesta situação, a taxa de evapotranspiração diminui, influenciando a taxa de respiração e, conseqüentemente, o seu crescimento.

A correta determinação da evapotranspiração das culturas tem fundamental importância para racionalizar o uso da água em projetos de irrigação. Um dos métodos de manejo de irrigação é a estimativa da evapotranspiração da cultura (ETC) a partir da evapotranspiração de referência (ET₀) (CARVALHO et al., 2011).

A evapotranspiração de referência (ET₀) pode ser definida como o processo de transferência de água para a atmosfera por meio de uma superfície padrão gramada, cobrindo a superfície do solo e sem restrição de umidade (ALLEN et al., 1998). Esta superfície gramada hipotética tem as seguintes características: altura de 12 cm; resistência de 70 s/m; albedo de 23%; em pleno desenvolvimento vegetativo; cobertura uniforme da superfície do solo; sem restrição de água e de nutrientes; e sem o ataque de pragas e doenças.

Girona et al. (2012) mencionaram que a Evapotranspiração Real da cultura (ET_r) é difícil de estimar com precisão. Quando a água do solo está prontamente disponível para a cultura, ET_r é igual a ETC. Quando um nível crítico de umidade do solo é atingido, definido como uma fração do total disponível do conteúdo de água no solo, a transpiração é reduzida, assim, ET_r é menor que ETC.

A evapotranspiração real (ET_r) é, geralmente, uma fração da evapotranspiração potencial máxima da cultura (DOORENBOS; KASSAN, 1979). Ela depende da cobertura vegetal da superfície do solo, especialmente da superfície foliar para a transpiração e da quantidade de água no solo. A evapotranspiração potencial máxima (ETC) de uma cultura foi definida como a evapotranspiração de uma cultura livre de doenças, desenvolvendo-se num campo sem restrição de água ou fertilidade do solo e que é capaz de atingir a máxima produção potencial sob determinadas condições climáticas. O fator que relaciona a ET₀ com a ETC é o coeficiente de cultura

(Kc), que varia com o estágio da cultura, as condições climáticas e o comprimento do seu ciclo. Quando não existe deficiência de água no campo, a ETr é igual à ETC.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

O estudo foi realizado em um pomar de pessegueiros comercial, localizado no município de Morro Redondo com coordenada geográfica de 31°31'55.30" de latitude sul e 52°35'37.87" de longitude oeste, com altitude de 243 metros em relação ao nível do mar. O clima é do tipo Cfa, segundo a classificação Köppen, ou seja, temperado úmido com verões quentes. No município, as médias anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar são 18°C, 1502 mm e 78,8 %, respectivamente. O solo do pomar é classificado como Argissolo Bruno-Acinzentado (EMBRAPA, 2006).

3.2 Descrição do pomar de pessegueiro

O pomar de pessegueiro, cultivar Esmeralda com porta-enxerto não identificado oriundos da germinação de caroços, foi instalado em 2007 com espaçamento entre plantas de 1,5 m e entre linhas de 6,0 m e orientação das linhas no sentido leste/oeste (Figura 1). As práticas culturais foram realizadas pelo produtor (poda, raleio, manejo fitossanitário e capina). As linhas e entre linhas permaneceram cultivadas com aveia durante o período de dormência da cultura.

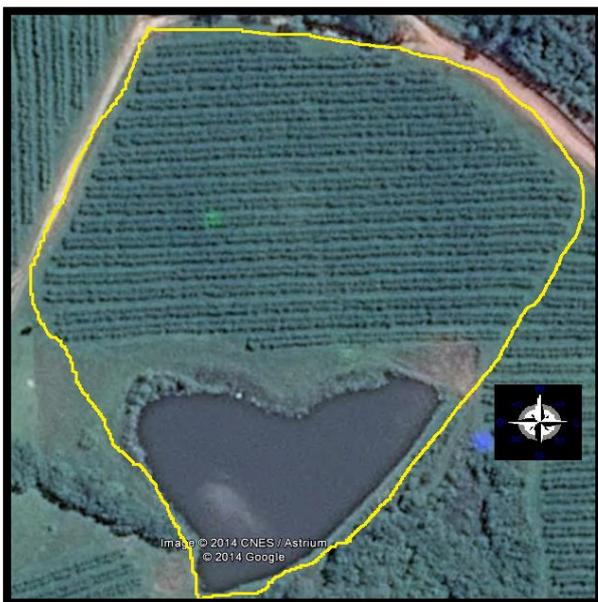


Figura 1 - Imagem aérea da área experimental obtida no Google Earth (2014)

3.3 Descrição da área experimental

A área experimental possui aproximadamente 1,8 ha. A partir da aplicação da Teoria das Variáveis Regionalizadas (Geoestatística), Terra (2012) elaborou mapas de distribuição espacial das frações granulométricas (areia, silte e argila) e quatro zonas homogêneas, quanto a classificação textural, foram delimitadas (Figura 2). Duas destas áreas homogêneas foram usadas neste estudo: uma em que a textura do solo foi classificada como Franco Arenosa (argila = 135 g kg^{-1} , areia = 692 g kg^{-1} e silte = 173 g kg^{-1}) e outra como Franco Argilo Arenosa (argila = 276 g kg^{-1} , areia = 512 g kg^{-1} e silte = 212 g kg^{-1}).

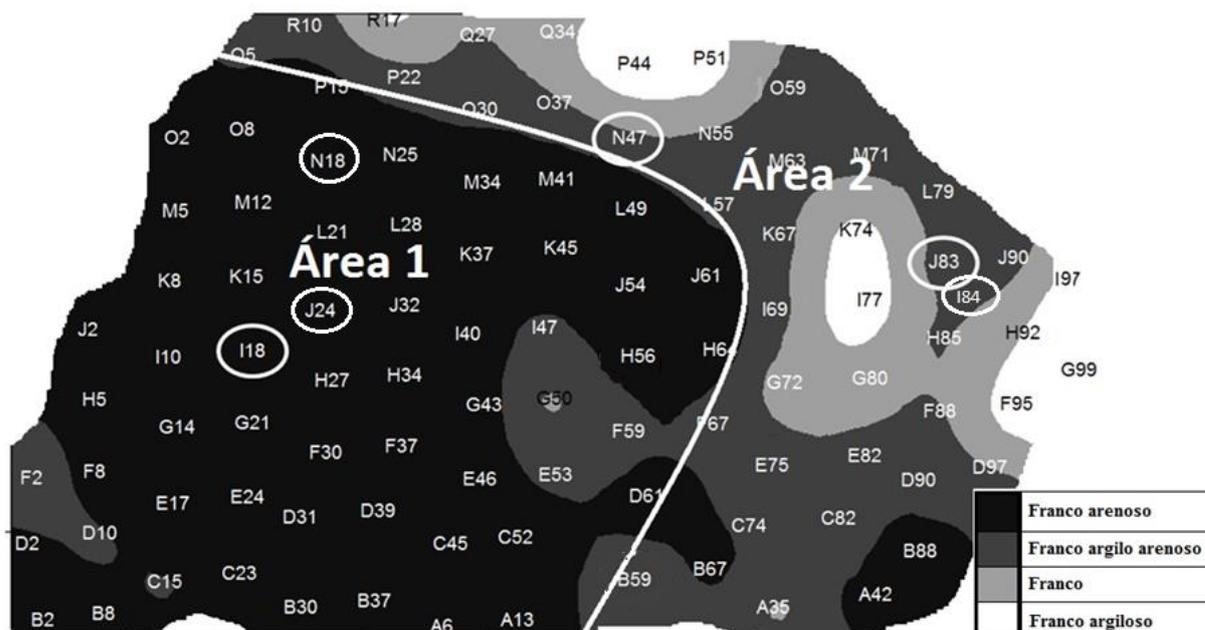


Figura 2 - Mapa mostrando as duas áreas homogêneas do ponto de vista textural demarcadas na área experimental e os pontos de monitoramento do conteúdo de água no solo representados pelas elipses brancas (Fonte: TERRA,2012) (as letras identificam as linhas de cultivo e os números identificam as plantas dentro de cada linha)

Para a determinação das propriedades físico-hídricas do solo (densidade, porosidade total, microporosidade, macroporosidade e curva de retenção de água) (Tabela 1) foram coletadas amostras com estrutura preservada em anéis metálicos com 0,05 m de diâmetro e 0,05 m de altura, no centro das camadas de 0,00 a 0,20 m; e de 0,20 a 0,40 m de profundidade, com três repetições em cada camada e em cada classe textural.

O conteúdo de água no solo retido nos potenciais matriciais de -10 kPa e -1500 kPa foram considerados referentes a umidade na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP), respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Características físico-hídricas dos solos das duas classes texturais na área experimental

Classe textural	Camada de solo	Ds	Pt	Mac	Mic	CC	PMP
	(m)	(g cm ⁻³)	(%)	(%)	(%)	(m ³ ·m ⁻³)	(m ³ ·m ⁻³)
Franco Arenosa	0-0,20	1,39	47,53	26,03	21,50	0,190	0,077
	0,20-0,40	1,30	49,40	27,39	22,01	0,188	0,069
Franco Argilo Arenosa	0-0,20	1,32	47,98	21,85	26,13	0,229	0,095
	0,20-0,40	1,50	41,08	12,22	28,86	0,268	0,090

Ds = densidade do solo; Pt = porosidade total (Pt); Mac = macroporosidade; Mic = microporosidade; CC = capacidade de campo; PMP = ponto de murcha permanente

3.4 Monitoramento das variáveis meteorológicas

As variáveis meteorológicas (temperatura do ar, radiação solar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação) foram obtidas em uma Estação Meteorológica Automática (EMA), marca SQUITTER, modelo ISIS-S1220 (Figura 3). Esta estação possui um algoritmo para estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀) pelo método proposto por Penman-Van Bavel (SQUITTER DO BRASIL, 2008). Ela foi configurada para aquisição dos valores de cada variável meteorológica a cada 5 segundos e registro dos respectivos valores médios de cada variável de hora em hora, os quais eram armazenados em um data logger acoplado a mesma.



Figura 3 - Estação Agrometeorológica Automática Squitter modelo ISIS S1220, utilizada para monitoramento das variáveis meteorológicas precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento. Fonte: O Autor.

O algoritmo implementado na Estação Agrometeorológica para a estimativa de ET₀ se baseia no método de Penman-Van Bavel, descritos no manual da estação (SQUITTER DO BRASIL, 2008):

$$\text{Def} = \frac{1,323 \cdot \left(1 - \frac{\text{UR}}{100}\right) \cdot e^{17,27 \frac{T}{T+273}}}{T+273} \quad \text{Eq. (2)}$$

$$\text{Um} = \text{Def} \cdot \frac{\text{UR}}{100 - \text{UR}} \quad \text{Eq. (3)}$$

$$\text{RA} = \frac{\left(\ln\left(\frac{\text{Hven}}{0,026 \cdot \text{Hveg}}\right)\right)^2}{(0,16 \cdot 3600 \cdot \text{Vven}) + 1} \quad \text{Eq. (4)}$$

$$\text{Ratm} = 3600 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (T + 273)^4 \cdot \left(0,7 + 0,08241 \cdot \text{Um} \cdot e^{\frac{1500}{T+273}}\right) \quad \text{Eq. (5)}$$

$$\text{BOL} = -3600 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (T + 273)^4 + \text{Ratm} \quad \text{Eq. (6)}$$

$$\text{RL} = 0,8 \cdot 3600 \cdot \text{Rsolar} + \text{BOL} \quad \text{Eq. (7)}$$

$$\text{EPS} = \frac{101,3}{\text{PBM}} \cdot (0,921 - 0,002632 \cdot T + 0,003075 \cdot T^2) \quad \text{Eq. (8)}$$

$$\text{ET}_0 = \frac{\text{EPS} \cdot \frac{\text{RL}}{2,44 \cdot 10^6} + \frac{\text{Def}}{\text{RA}}}{(\text{EPS} + 1)} \quad \text{Eq. (9)}$$

em que:

Def=déficit de umidade do ar (kg m⁻³);

UR=umidade relativa do ar (%);

T=temperatura do ar (°C);

Um=umidade específica do ar (kg m⁻³);

RA=fator aerodinâmico da equação (s m⁻¹);

H_{ven}=altura da medida da velocidade do vento (m);

H_{veg}=altura da cobertura vegetal (m);

V_{vent}=velocidade do vento (m s⁻¹);

R_{atm}= radiação solar incidente de onda longa (J m⁻² h⁻¹);

BOL=balanço de radiação de onda longa (J m⁻² h⁻¹);

RL=radiação solar líquida ($J\ m^{-2}\ h^{-1}$);

R_{solar} =radiação solar ($J\cdot m^{-2}\ h^{-1}$);

EPS=fator de correção da pressão barométrica (adimensional);

PBM=pressão barométrica média corrigida ao nível do mar (kPa);

ET0=evapotranspiração de referência ($mm\cdot h^{-1}$).

3.5 Monitoramento do conteúdo de água no solo

O conteúdo de água no solo (θ) na linha de planta (Figura 2) foi monitorado por meio de uma sonda de capacitância modelo Diviner 2000® (Figura 4). As leituras eram realizadas no período das 8:00 às 9:00h nas camadas de 0 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,30 m; e 0,30 a 0,40 m. Neste trabalho, o valor médio de θ calculado a partir dos valores de θ nas camadas de 0,0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m foi denominado de “C020”; o valor médio de θ calculado a partir dos valores de θ nas camadas de 0,20 a 0,30 m e de 0,30 a 0,40 m foi denominado de “C2040”.



Figura 4 - Sonda de capacitância modelo Diviner 2000® para monitorar o conteúdo de água do solo nas linhas de plantas e respectivo tubo de acesso. Fonte: O Autor.

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

$$FR = \left(\frac{FA-FS}{FA-FW} \right) \quad \text{Eq. (10)}$$

onde:

FR=frequência relativa da sonda de capacitância (adimensional);

FA= frequência medida no ar que é realizada com o tubo de PVC totalmente suspenso no ar por 10 s;

FW=frequência medida na água que é realizada com o tubo de PVC imerso em uma caixa com 18L de água;

FS=frequência medida no solo com o sensor inserido dentro do tubo de acesso instalado em cada ponto de monitoramento do conteúdo de água no solo (Figura 5).

O conteúdo de água no solo foi estimado através da equação proposta pelo fabricante:

$$\theta = 0,494 \cdot FR^{3,017} \quad \text{Eq. (11)}$$

Sendo θ o conteúdo estimado de água no solo ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) em função da FR calculada por meio da Equação 10. Os valores 0,494 e 3,017 correspondem aos parâmetros de ajustes da equação do tipo potencial (Equação 11) proposta pelo fabricante para estimativa do conteúdo de água no solo.

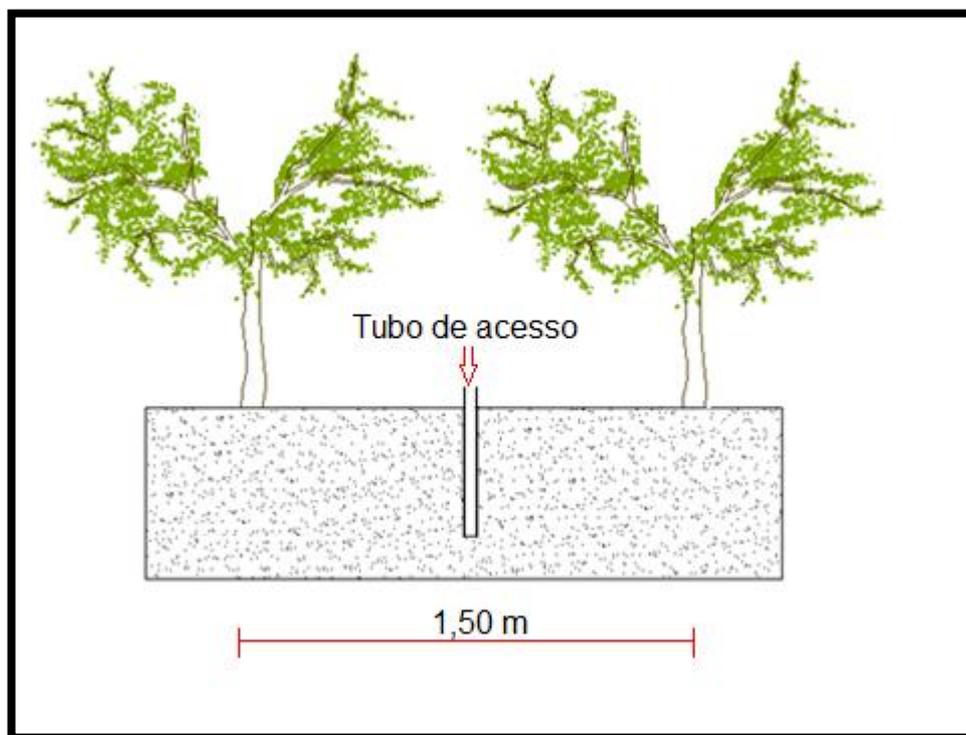


Figura 4 - Esquema de instalação do tubo de acesso para a sonda de capacitância modelo Diviner 2000® na linha de plantas de pessegueiros.

3.6 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação foi composto por um conjunto motobomba, filtro de disco, linha principal e quatro registros. As linhas de irrigação foram compostas de tubos flexíveis de polietileno e gotejadores autocompensantes, distribuídas ao longo das linhas de plantas no pomar e posicionadas 0,10 m distantes do tronco das árvores de pessegueiros.

3.7 Manejo da irrigação

3.7.1 Método do balanço hídrico climatológico

A lâmina líquida de irrigação (L_L) aplicada foi estimada com base na reposição da evapotranspiração da cultura (ETC), que é o produto entre o coeficiente de cultura do pessegueiro (K_c) e a evapotranspiração de referência (ET_0 , Equação 9), sendo considerado o somatório da ETC menos o somatório da precipitação em cada período de análise (Equação 12).

$$L_L = \sum ETC - \sum P_e \quad \text{Eq. (12)}$$

3.7.2 Método do balanço de água no solo

A irrigação real necessária (Equação 13) foi estimada com base na reposição da capacidade total de água no solo (Equação 14). A lâmina de água atual, foi obtida pela diferença entre o conteúdo de água na capacidade de campo e o conteúdo atual de água no solo (Equação 15), nas camadas de 0 à 0,40 m de profundidade.

$$IRN = CTA - LAA \quad \text{Eq. (13)}$$

$$CAD = (CC - PMP) \cdot P_e \quad \text{Eq. (14)}$$

$$LAA = (CC - \theta_{ua}) \cdot P_e \quad \text{Eq. (15)}$$

em que:

IRN=irrigação real necessária (mm);

CAD=capacidade disponível de água no solo;

LAA=lâmina atual de água armazenada no solo (mm);

CC=conteúdo de água no solo referente a capacidade de campo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$);

PMP=conteúdo de água no solo referente ao ponto de murcha permanente ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$);

Pe=profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (mm);

θ_{ua} =conteúdo atual de água no solo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$).

3.8 Manejo da irrigação Pós-colheita 2014

A avaliação ocorreu de janeiro a abril de 2015. Durante este período, a irrigação foi realizada pelo método do balanço hídrico climatológico, usando sistema de gotejamento, com gotejadores autocompensantes espaçados 0,75 m entre si e vazão de 2,47 litros h^{-1} . O manejo da irrigação foi baseado na reposição da ETC, duas vezes por semana.

3.9 Manejo da irrigação Pós-colheita 2015

A avaliação ocorreu de janeiro a fevereiro de 2016. Durante este período, a irrigação foi realizada baseando-se nos métodos do balanço hídrico climatológico e do balanço de água no solo, usando sistema de irrigação localizada por gotejamento, com gotejadores autocompensantes espaçados 0,40 m entre si e vazão de 1,68 litros h^{-1} . O manejo da irrigação foi baseado na reposição de água no solo, três vezes por semana.

3.10 Manejo da irrigação na Fase de Enchimento do Fruto 2016

A avaliação ocorreu de novembro a dezembro de 2016. Durante este período, a irrigação foi realizada baseando-se nos métodos do balanço hídrico climatológico e do balanço de água no solo, usando sistema de irrigação localizada por gotejamento, com gotejadores autocompensantes espaçados 0,40 m entre si e vazão de 1,68 litros h^{-1} . O manejo da irrigação foi baseado na reposição de água no solo duas vezes por semana.

3.11 Monitoramento do potencial de água no ramo

Para monitorar o potencial de água no ramo foi utilizada uma câmara de pressão tipo "Scholander" (SCHOLANDER; HAMMEL; 1965), marca "PMS Instrument Company". Em cada combinação (manejo de irrigação e classe textural do solo) foi selecionada uma planta na qual foram selecionadas duas folhas sãs da parte mediana da planta, sendo as leituras do potencial de água no ramo (Ψ_s) realizadas entre as 11:00 h e 13:00 h. As folhas eram cobertas por envelopes impermeáveis de papel alumínio (Figura 6A) para evitar a transpiração, 15 minutos antes das leituras do Ψ_s , que foram realizadas com auxílio de uma lupa, observando-se a primeira gota de seiva no pecíolo e registrando-se a pressão no manômetro da câmara de pressão (Figura 6B). A média das duas leituras foi considerada como o Ψ_s de cada planta.

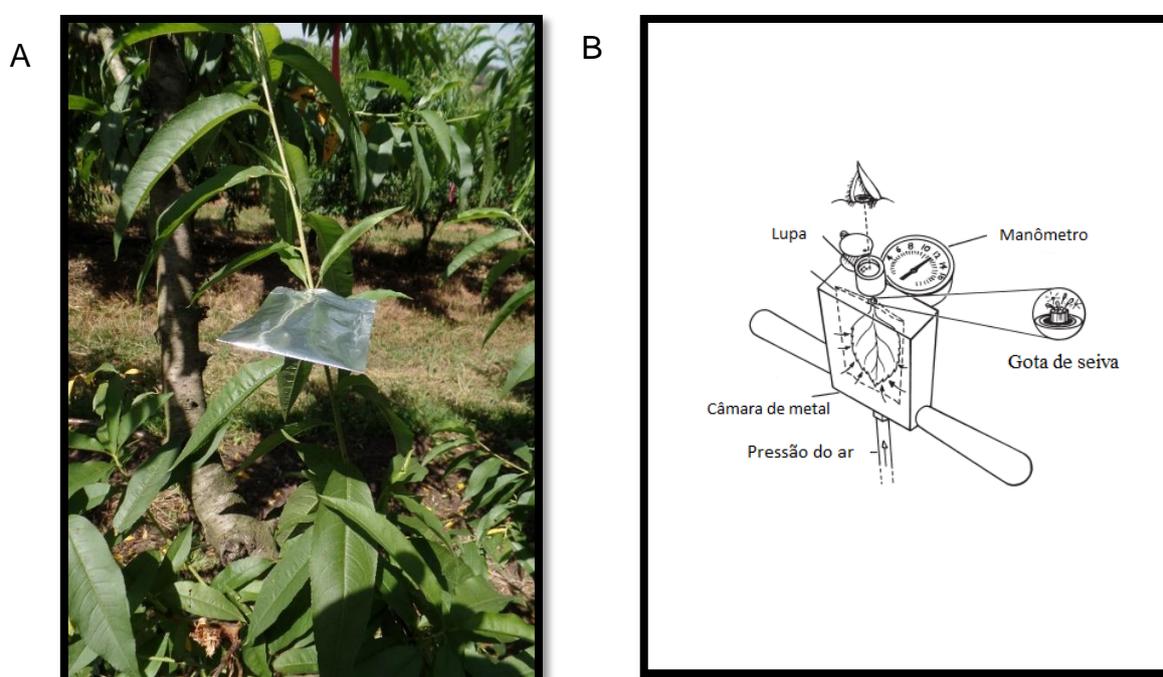


Figura 5 - (A) Foto da folha sã coberta por envelope de papel alumínio; (B) ilustração dos componentes da Câmara de pressão de "Scholander" utilizada para medir o potencial de água no ramo Fonte: (Próprio autor e Manual do equipamento, respectivamente).

3.12 Determinações dos atributos da Planta

3.12.1 Taxa de aumento do diâmetro do tronco

Para determinar a taxa de crescimento do tronco, os diâmetros foram medidos a 0,20m acima da superfície do solo. As medições foram realizadas no início e no término do experimento, com auxílio de um paquímetro. Por meio destas medidas, foi

calculada a taxa de crescimento total do tronco (Eq. 14) sendo expresso em porcentagem:

$$C = \frac{\varnothing_f - \varnothing_i}{\varnothing_i} \cdot 100 \quad \text{Eq.(14)}$$

onde:

C = taxa de crescimento relativo do tronco (%);

\varnothing_i = diâmetro inicial de tronco no início do experimento (cm);

\varnothing_f = diâmetro final de tronco no término do experimento (cm)

3.12.2 Curva de crescimento de ramos e frutos

Foram marcados cinco ramos aleatoriamente nos diferentes quadrantes da região mediana das plantas e determinado, no início e no término do experimento, o seu comprimento (cm) com auxílio de uma fita métrica. Para obter a curva de crescimento dos ramos, os dados coletados foram plotados em um gráfico, sendo o eixo 'x' a variável tempo e o eixo 'y' a variável comprimento.

3.13 Análise dos Dados

Em cada conjunto de dados (conteúdo de água no solo por camada, potencial de água na planta e crescimento relativo do tronco) coletados ao longo do experimento, foi realizada uma análise exploratória por meio da estatística descritiva. Foram calculadas a média, medidas de dispersão (valor mínimo e máximo, desvio-padrão e coeficiente de variação) e de formato de cada conjunto de dados (coeficientes de assimetria e de curtose). Os valores do coeficiente de variação (CV) foram classificados, de acordo com a classificação proposta por Wilding e Drees (1983), como: baixa dispersão dos dados em torno da média ($CV \leq 15\%$), moderada ($15\% < CV \leq 35\%$) e alta dispersão ($CV > 35\%$).

Para a análise conjunta dos dados de potencial de água na planta, adotou-se o modelo estatístico de experimento fatorial, com a combinação do manejo da irrigação e a classe textural, onde os blocos foram as datas das avaliações. Para o

conteúdo de água no solo, adotou-se o modelo estatístico de experimento fatorial, com a combinação do manejo de irrigação com as camadas do perfil do solo, onde os blocos foram as datas das avaliações. Neste caso, realizou-se análise independente para cada classe textural. Para a análise de comparação de médias, adotou-se o teste de Tukey com nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R, pacote 'ExpDes.pt' (FERREIRA et al., 2013) e do aplicativo Office Excel®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Calibração da ET₀ na estação agrometeorológica.

Os valores da ET₀ estimados pela EMA (PBV) foram comparados com o método padrão de estimativa de evapotranspiração Penman-Monteith (PM), os quais são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Média aritmética da evapotranspiração de referência (ET₀), Erro-Padrão (EP), coeficiente angular da reta (a), coeficiente linear (b), coeficiente de determinação (R²)

Equação/Método	ET ₀ (mm·dia ⁻¹)	EP (mm·dia ⁻¹)	a	b	R ²
Penman-Monteith	3,47				
Estação agrometeorológica	3,54 ^{ns}	0,342	1,204	-0,659	0,955

^{ns}A média do valor estimado da ET₀ não difere estatisticamente da média estimada pela equação Penman-Monteith, pelo teste t (p <0,05)

Na Figura 7 observa-se a correlação das estimativas de ET₀ através das equações analisadas, sendo que os dados de saída da estação agrometeorológica apresentaram alta correlação com os dados estimados através do método padrão de Penman-Monteith.

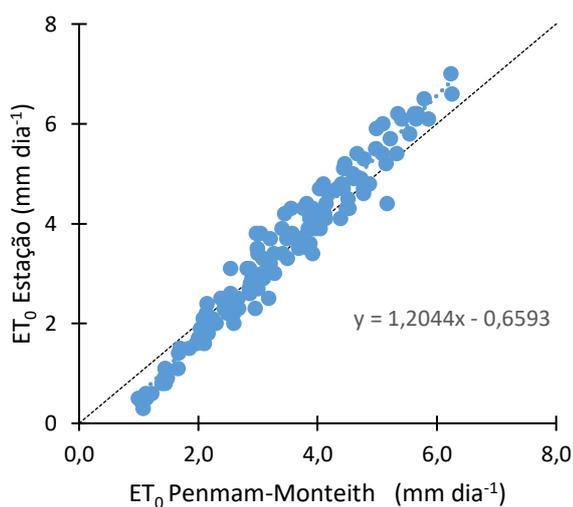


Figura 6 - Correlação dos valores de ET₀ estimados pela equação de Penman-Monteith com os estimados pela equação de Penman-Van Bavel usada pela Estação Meteorológica Automática

4.2 Dinâmica do sistema solo, água, planta e atmosfera

4.2.1 Atmosfera

As condições climáticas durante os períodos de avaliação apresentaram o comportamento esperado para a região do experimento, com baixo índice de precipitação e alta demanda atmosférica, para os meses de novembro a março. Na Figura 8 são apresentados os dados de precipitação e evapotranspiração de referência (ET₀) dos períodos nos quais foram realizados a irrigação suplementar. No período “P1”, durante os meses de janeiro a abril de 2015, estágio de pós-colheita na cultura do pessegueiro para a cultivar Esmeralda, a precipitação total registrada foi de 297 mm e a ET₀ de 353 mm. Nesse período, foi registrado um déficit de 56 mm, com uma ET₀ média de 3,9 mm·dia⁻¹, com a maior ocorrência da precipitação concentrada no mês de janeiro, conforme demonstrado na Figura 8A. Durante o período “P2”, de janeiro a março de 2016, os dados de precipitação registrados foram de 325 mm e a ET₀ de 316 mm (Figura 8B), apresentando um excesso de 9 mm,. No período “P3”, de novembro a dezembro de 2016, durante o estágio III de crescimento do fruto, a precipitação registrada foi de 62 mm e a ET₀ de 238 mm apresentando um déficit de 176 mm.

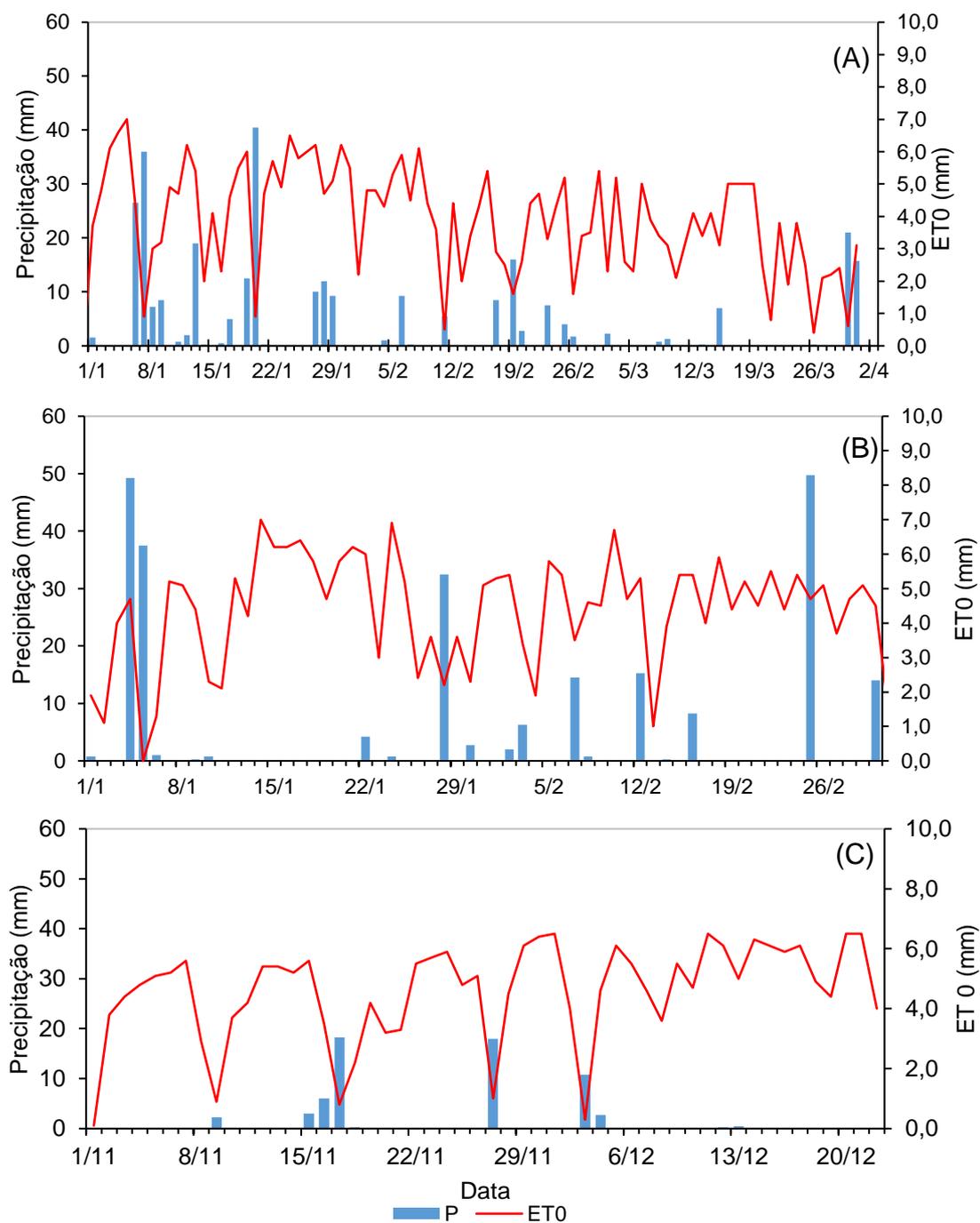


Figura 7 - Variação temporal da precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ET₀), registrados na estação agrometeorológica automática, durante os períodos: P1 - janeiro a abril de 2015 (A); P2 - janeiro a março de 2016 (B); P3 - novembro a dezembro de 2016 (C) Morro Redondo – RS

4.2.2 Dinâmica da água no solo de janeiro a abril de 2015 (P1)

O conteúdo de água no solo variou em função do manejo da irrigação, com maior variação na camada superficial de 0,0 a 0,20 m e da classe textural. Na Tabela 3 são apresentados os resultados da estatística descritiva aplicada à variável conteúdo de água no solo (θ) nos diferentes manejos de irrigação, nas diferentes camadas de solo e para as duas classes texturais, durante o período de avaliação P1. Foram calculadas nesta análise exploratória o valor médio, desvio padrão, mínimo, máximo, coeficientes de assimetria e de curtose e coeficiente de variação, para o período P1 em cada classe textural: Franco Arenosa e Franco Argilo Arenosa.

Nas camadas do solo com textura Franco Argilo Arenosa obteve-se maior conteúdo médio de água no solo, o que demonstra as diferenças físico-hídricas entre as duas texturas. Assim, os solos com maior teor de argila na sua composição granulométrica tendem apresentar maior retenção de água; os valores médios nas camadas em ambos os manejos foram de 0,096 e 0,161 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, respectivamente para as texturas Franco Arenosa e Franco Argilo Arenosa, durante o período de avaliação P1. Já nos manejos irrigados, o CV foi menor na classe textura Franco Argilo Arenosa nas suas respectivas camadas, expressando menor variabilidade dos dados de θ relativos à média. Essa menor variação pode ter ocorrido em consequência de que durante este período os espaçamentos entre gotejadores eram de 0,75 m, sendo este espaçamento não suficiente para a formação do bulbo úmido, na classe Franco Arenosa.

Os valores dos coeficientes de assimetria foram positivos em todos os tratamentos, indicando que a maioria dos dados ficaram abaixo do valor médio.

Tabela 3 - Resultados da estatística descritiva aplicada a variável conteúdo de água no solo ($m^3 \cdot m^{-3}$) durante o período de 19 de Janeiro a 2 de Abril de 2015

Camada	Manejo	Média	DP	Mín.	Máx.	Cs	Ck	CV (%)	
Classe textural Franco Arenosa									
C020	NI	0,067	0,026	0,036	0,115	0,434	-1,324	38,8	
	ICL	0,089	0,026	0,056	0,142	0,447	-1,003	29,9	
	Classe textural Franco Argilo Arenosa								
	NI	0,123	0,033	0,072	0,202	0,499	0,479	26,8	
	ICL	0,109	0,035	0,070	0,180	1,022	-0,155	31,8	
Classe textural Franco Arenosa									
C2040	NI	0,102	0,033	0,069	0,168	0,821	-0,637	32,1	
	ICL	0,125	0,028	0,090	0,173	0,550	-0,926	22,6	
	Classe textural Franco Argilo Arenosa								
	NI	0,191	0,033	0,145	0,256	0,618	-0,615	17,5	
	ICL	0,232	0,022	0,194	0,279	0,052	-0,534	9,7	

DP = desvio padrão; Min.= valor mínimo; Max.= valor máximo; Cs = coeficiente de assimetria; Ck = coeficiente de curtose; CV = coeficiente de variação; NI = Manejo não irrigado; ICL = Manejo irrigado clima; C020 = camada de 0,0 a 0,20 m; C2040 = camada de 0,20 a 0,40 m

Na Tabela 4 são apresentadas as análises das variâncias em ambas as classes texturais. Estas foram analisadas de forma independente em função dos diferentes valores de conteúdo de água no solo (θ) para cada classe. O efeito principal do manejo da irrigação, na variável θ , foi altamente significativo em ambas as classes texturais, demonstrando o efeito da irrigação sobre os valores de θ .

No fator principal camada solo as diferenças foram altamente significativas em ambas as classes texturais, indicando a necessidade de análises independentes entre as camadas. A camada superficial sofre maior influência de variáveis ligas a atmosfera.

A irrigação suplementar manteve θ mais elevada na classe textural Franco Arenosa, principalmente na camada C2040, conforme observado na Figura 9. Na Figura 9A, na classe textural Franco Arenosa, observa-se que com a redução da precipitação a θ nas camadas estudadas foi reduzida, ficando abaixo do ponto de murcha permanente. Quando se fez irrigação suplementar, realizando a reposição da evapotranspiração, mostrado na Figura 9B, a θ média das camadas permaneceu acima do PMP. Na Figura 10 é apresentada a variação temporal da θ na classe textural Franco Argilo Arenosa nas suas respectivas camadas. Observa-se também que conforme houve redução do volume de precipitação, entre os dias 02/02 e

26/02/15, a camada superficial C020 sofreu redução da θ . Neste mesmo período, pode-se observar na Figura 10B, no manejo irrigado na classe textural Franco Argilo Arenosa, que na camada C2040 a θ manteve-se flutuando próximo a CC com a irrigação suplementar.

Tabela 4 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral para a variável conteúdo de água no solo ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) no período de 19 de janeiro a 2 de abril de 2015

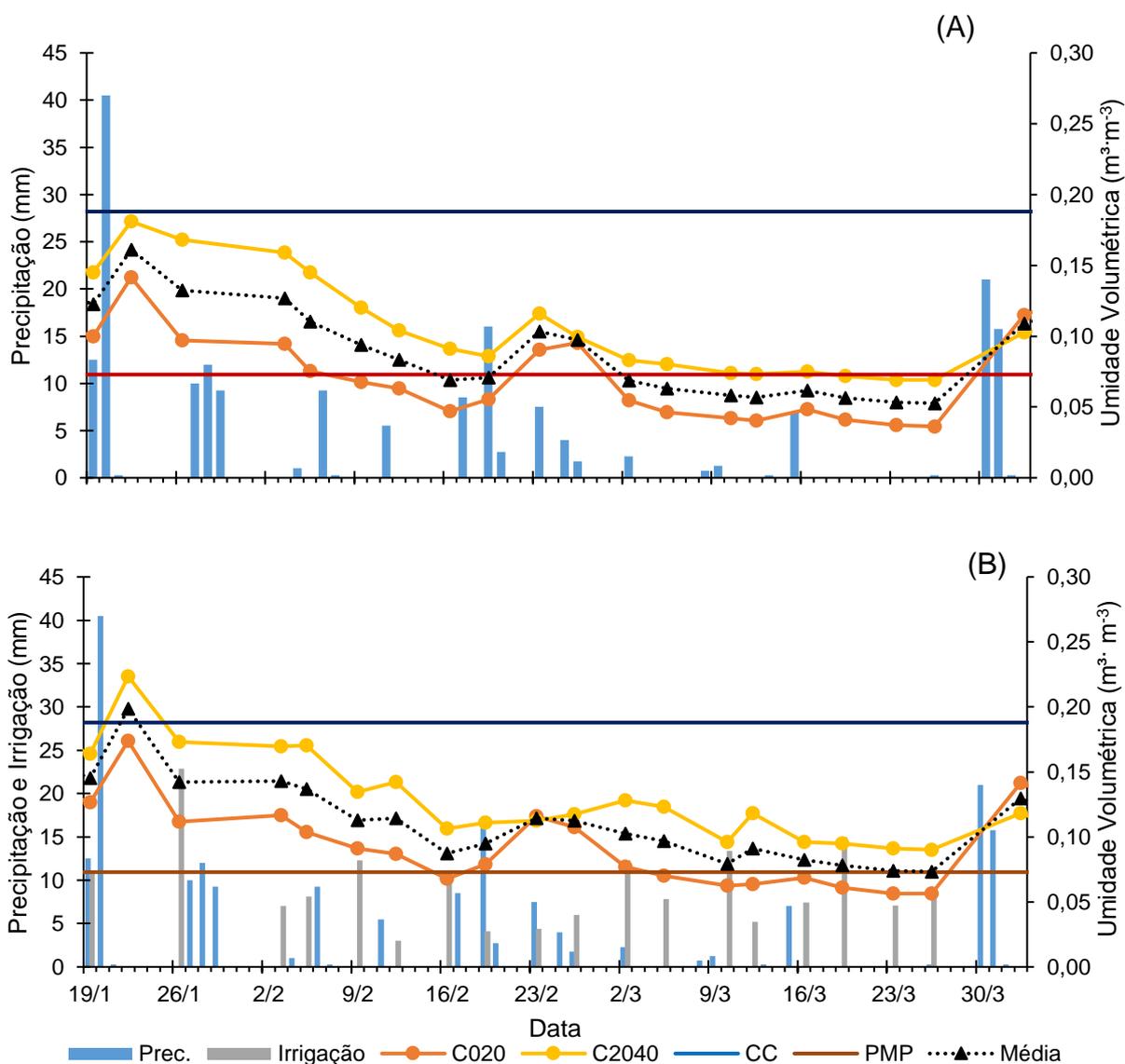
Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F Calculado
Variável: conteúdo de água no solo Franco Arenoso				
Bloco	17	0,046232	0,0027195	
Fator Manejo da Irrigação	1	0,009006	0,0090064	51,4**
Fator Camada do Solo	1	0,023151	0,0231511	132,0**
Interação	1	0,000003	0,000003	0,017 ^{ns}
Resíduo	51	0,008942	0,0001753	
Total	71	0,087335		
Coeficiente de Variação	13,9%		Média Geral = 0,096 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	
Variável: conteúdo de água no solo Franco Argilo Arenoso				
Bloco	17	0,041738	0,002455	
Fator Manejo da Irrigação	1	0,003506	0,003506	7,2**
Fator Camada do Solo	1	0,164817	0,164817	340,4**
Interação	1	0,013507	0,013507	27,9**
Resíduo	51	0,024697	0,000484	
Total	71	0,248265		
Coeficiente de Variação	13,4%		Média Geral = 0,164 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	

**Efeito significativo pelo teste F a 1% de probabilidade

Nas Figuras 9 e 10 é apresentada a variação temporal do conteúdo de água no solo nos respectivos tratamentos e nas suas camadas. Observa-se que entre os dias 2 e 16 de fevereiro de 2015, em ambas as classes texturais o solo começou a secar além do proposto no manejo, observando-se redução de θ em todas as camadas para todos os tratamentos. Neste período foram registrados 16 mm de chuva e a ET0 estimada foi de 63 mm, resultando num déficit de 47 mm. Na textura Franco Arenosa a camada C020 para o tratamento não Irrigado ficou, no fim deste período, com valores de θ abaixo do PMP, como observa-se na Figura 9A.

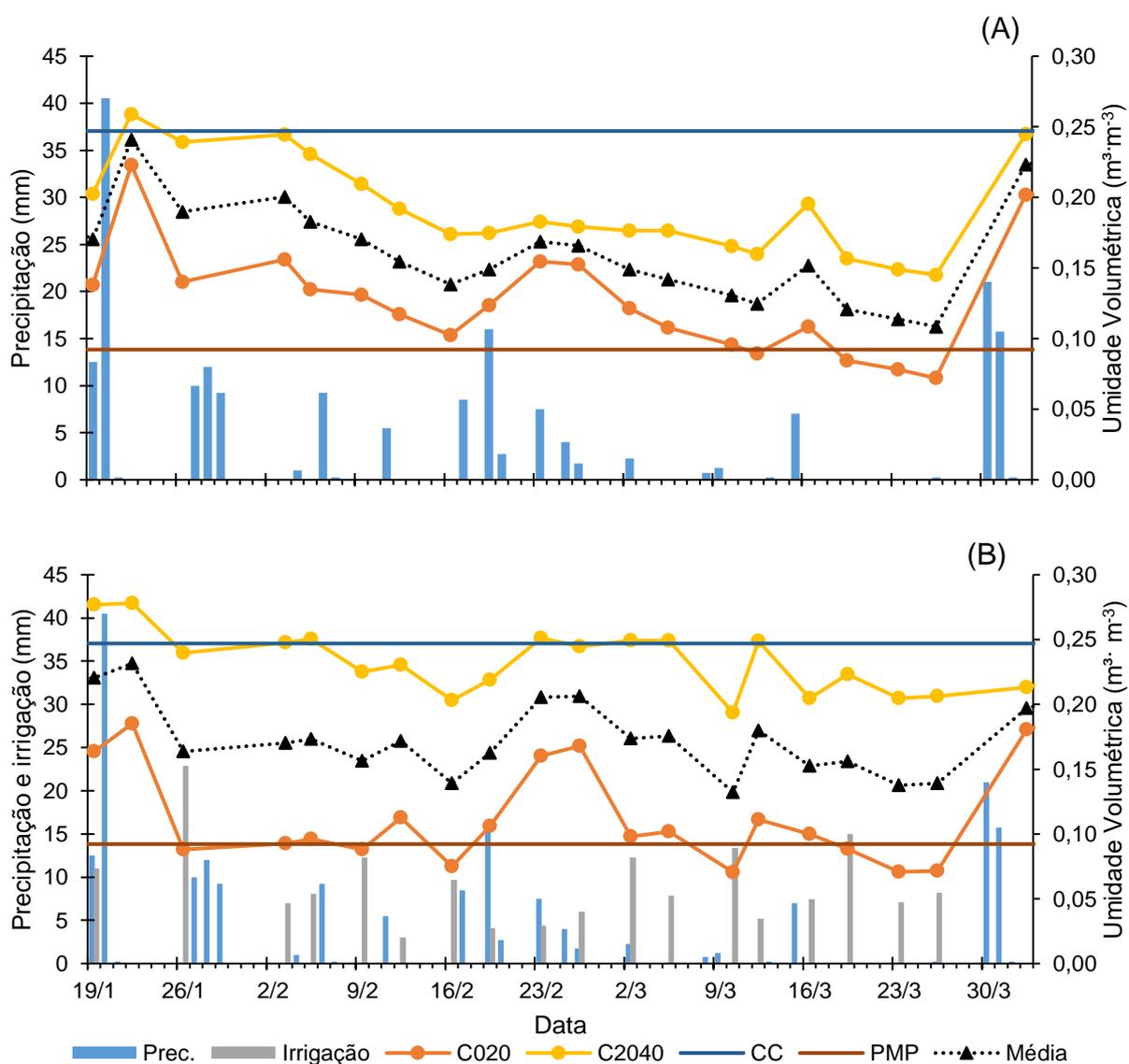
Na Figura 9B observa-se que no decorrer do tempo a irrigação suplementar via clima não foi suficiente para elevar o conteúdo de água do solo até o limite desejado, ou seja, na capacidade de campo. Conforme aumenta o déficit hídrico a θ média diminui, demonstrando que na classe textural Franco Arenosa o manejo não foi

eficiente. A média dos valores de θ durante o período foi de $0,107 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, valor que está próximo ao limite inferior de PMP.



C020 = camada de 0,0 a 0,20 m; C2040 = camada de 0,20 a 0,40 m; Média = médias das camadas; CC = umidade na capacidade de campo; PMP = umidade no ponto de murcha permanente

Figura 8 - Variação temporal da precipitação, da lâmina de irrigação (Irrigação) e do conteúdo de água no solo durante o período de 19 de janeiro a 2 de abril de 2015 na área com classe textural Franco Arenosa sob Manejo não irrigado (A) e Manejo irrigado Clima (B)



C020 = camada de 0,0 a 0,20 m; C2040 = camada de 0,20 a 0,40 m; Média = médias das camadas; CC = umidade na capacidade de campo; PMP = umidade no ponto de murcha permanente

Figura 9 - Variação temporal da precipitação, da lâmina de irrigação (no manejo irrigado) e do conteúdo de água no solo durante o período de 19 de Janeiro a 2 de Abril de 2015, na área com classe textural Franco Argilo Arenosa sob Manejo não irrigado (A) e Manejo irrigado Clima (B)

Na tabela 5 é apresentada a comparação das médias da variável θ para cada classe textural e os efeitos do manejo da irrigação nas respectivas camadas de solo. Nesta análise pode-se observar que para o efeito principal manejo, houve diferença significativa pelo teste Tukey em ambas as classes texturais, sendo que a irrigação proporcionou maior θ médio em comparação com o tratamento sem irrigação.

Tabela 5 - Comparação entre médias para a variável conteúdo de água no solo ($m^3 m^{-3}$) avaliada no período de 19 de Janeiro a 2 de Abril de 2015 pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Manejo/Camada	C020	C2040	Efeito Principal Manejo
Classe textural Franco Arenosa			
Sem Irrigação	0,067	0,102	0,084 b
Irrigado Clima	0,089	0,125	0,107 a
Efeito Principal Camada	0,078 B	0,114 A	
Classe textural Franco Argilo Arenosa			
Sem Irrigação	0,123 aB	0,191 bA	0,157 b
Irrigado Clima	0,109 aB	0,232 aA	0,171 a
Efeito Principal Camada	0,116 B	0,212 A	

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na análise conjunta da Tabela 5 e das Figuras 9 e 10, pode-se observar que as parcelas com a textura Franco Argilo Arenosa apresentaram maior θ médio quando comparadas às de textura Franco Arenosa e em todos os manejos a θ foi menor na camada C020. A menor θ nesta camada também foi constatada por Oliveira et al. (2009) em estudo com plantas de cafeeiro. Esta menor θ pode ser atribuída aos efeitos da evaporação da água do solo na camada superficial e a maior concentração de raízes nesta camada, constituindo uma zona de maior extração de água pelas plantas de pessegueiro, as quais desenvolvem mais de 50% das raízes finas até a profundidade de 0,20 m (FINARDI; LEAL, 1985).

4.2.3 Dinâmica da água no solo de janeiro a fevereiro de 2016 (P2)

Durante o período de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016, denominado de período P2, as avaliações e o manejo da irrigação foram conduzidos três vezes por semana, com espaçamento entre gotejadores de 0,40 m e vazão de 1,68 litros-hora⁻¹. Foram realizados três manejos da irrigação nas duas texturas: não irrigado (NI), irrigado via clima (ICL) e irrigado via solo (ISOL).

Na tabela 6 é apresentada a análise da estatística descritiva para ambas as classes texturais. Pode-se observar que todos os tratamentos apresentaram menor θ na camada C020, no período analisado, indicando ser esta camada que sofre maior influência dos fatores atmosféricos e a zona que concentra mais de cinquenta por cento das raízes finas do pessegueiro. Sendo assim, essa camada apresenta maior flutuação dos valores de θ , quando comparamos apenas os valores dos coeficientes de variação entre as camadas para o mesmo manejo e mesma textura, esse apresenta valores menores do que quando comparados aos da camada C2040. As diferenças físico-hídricas entre as classes texturais ficam evidenciadas quando observamos as médias gerais de θ apresentados na Tabela 6. As áreas com a textura Franco Argilo Arenosa apresentaram maior θ médio. O manejo de irrigação via solo apresentou menor CV na camada C2040 em ambas as texturas, indicando menor dispersão de dados em torno da média; os valores médios de θ ficaram próximos aos da umidade na capacidade de campo, como fora proposto para este manejo. O coeficiente de assimetria apresentou valor negativos, demonstrando que há mais valores acima da média.

Tabela 6 - Resultados da estatística descritiva aplicada à variável conteúdo de água no solo ($m^3 m^{-3}$) durante o período de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016

Camada	Manejo	Média	DP	Mín.	Máx.	Cs	Ck	CV (%)
		Classe textural Franco Arenosa						
C020	NI	0,079	0,012	0,065	0,110	1,158	1,207	14,8
	ICL	0,081	0,008	0,070	0,098	0,441	-0,694	10,1
	ISOL	0,125	0,027	0,077	0,166	-0,331	-0,922	21,2
	Classe textural Franco Argilo Arenosa							
	NI	0,095	0,019	0,075	0,138	1,241	0,831	20,2
	ICL	0,125	0,037	0,078	0,209	0,874	0,445	29,6
ISOL	0,161	0,031	0,089	0,211	-0,527	0,248	19,0	
		Classe textural Franco Arenosa						
C2040	NI	0,110	0,030	0,077	0,183	1,149	0,576	27,2
	ICL	0,141	0,035	0,109	0,231	1,626	1,674	24,6
	ISOL	0,187	0,019	0,148	0,214	-0,465	-0,654	10,3
	Classe textural Franco Argilo Arenosa							
	NI	0,149	0,027	0,130	0,242	2,766	8,227	18,3
	ICL	0,224	0,024	0,184	0,270	0,137	-0,316	10,6
ISOL	0,252	0,011	0,216	0,267	-2,287	7,507	4,2	

DP = desvio padrão; Min. = valor mínimo; Max. = valor máximo; Cs = coeficiente de assimetria; Ck = coeficiente de curtose; CV = coeficiente de variação; NI = manejo não irrigado; ICL = manejo irrigado clima; ISOL = manejo irrigado solo; C020 = camada 0,0 a 0,20 m; C2040 = camada 0,20 a 0,40 m

Na Tabela 7 é apresentada a análise da variância. As texturas foram analisadas de forma independente e foram considerados como fatores principais manejo da irrigação e as camadas do solo. Ambos os fatores apresentaram-se altamente significativos através do teste F.

Tabela 7 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral para a variável conteúdo de água no solo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) no período de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Variável: Conteúdo de água no solo- Franco Arenosa				
Bloco	17	0,021499	0,001265	
Fator Manejo da Irrigação	2	0,072326	0,036163	85,4**
Fator Camada do Solo	1	0,070021	0,070021	165,4**
Interação	2	0,005253	0,002626	6,2**
Resíduo	85	0,035974	0,000423	
Total	107	0,205073		
Coeficiente de Variação	17,1%		Média geral = 0,121 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	
Variável: Conteúdo de água no solo- Franco Argilo Arenosa				
Bloco	17	0,03171	0,001865	
Fator Manejo da Irrigação	2	0,13064	0,065318	146,8**
Fator Camada do Solo	1	0,17912	0,17912	402,5**
Interação	2	0,01047	0,005236	11,8**
Resíduo	85	0,03782	0,000445	
Total	107	0,38976		
Coeficiente de Variação	12,6 %		Média geral = 0,168 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	

**Efeito significativo pelo teste F a 1% de probabilidade

Na Tabela 8 consta o desdobramento da análise da variância, através da comparação de médias pelo teste Tukey. Em ambas as texturas, para o efeito principal manejo, os tratamentos irrigação via solo apresentaram maior θ médio do que nos demais manejos; para o efeito principal camada, os valores de θ médio foram maiores na camada C2040 do que na camada C020, diferenciando estatisticamente pelo teste de Tukey.

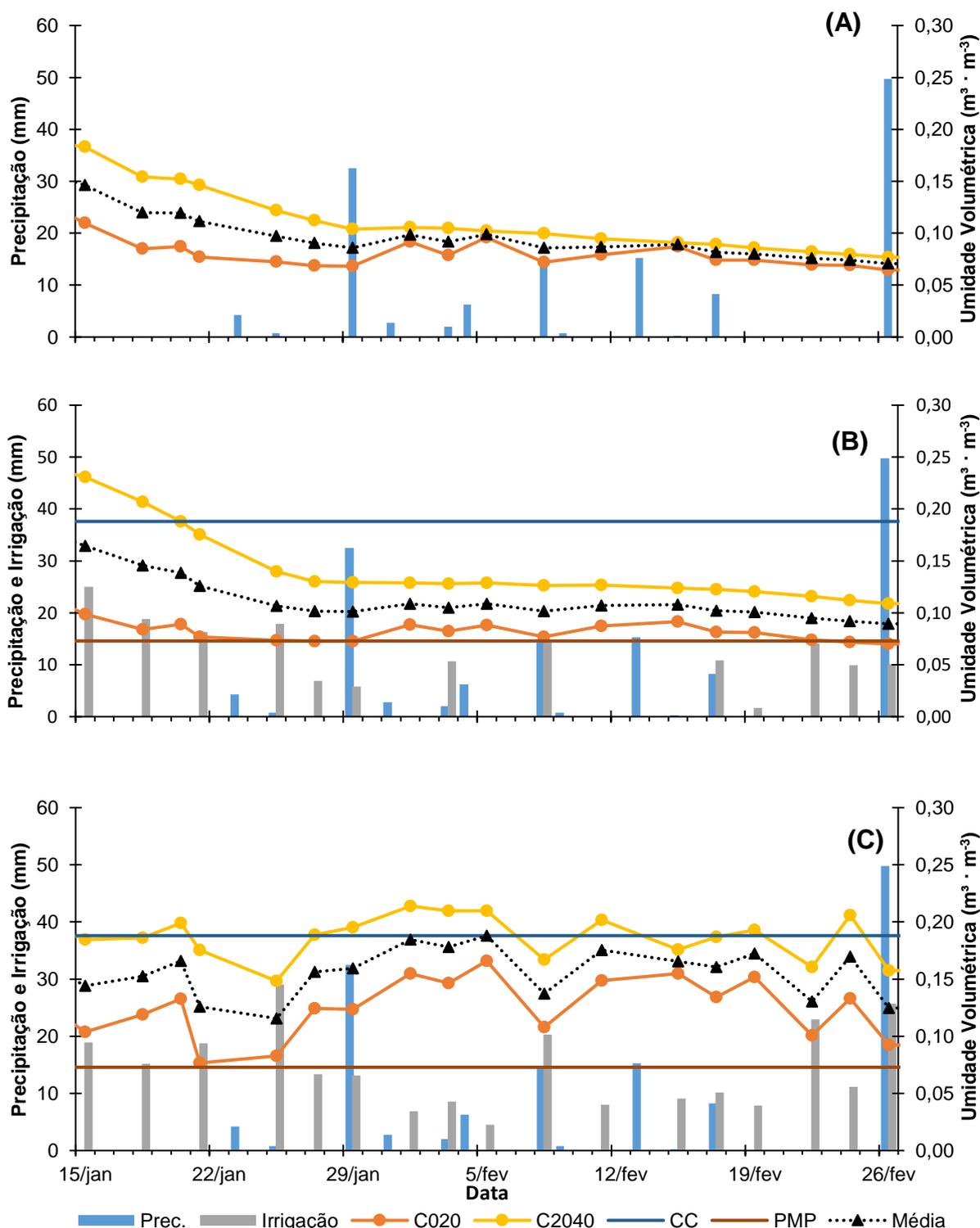
Tabela 8 - Comparação entre médias para a variável conteúdo de água no solo ($m^3 m^{-3}$), avaliadas no período de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016 pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Manejo/Camada	C020	C2040	Efeito Principal Manejo
Classe textural Franco Arenosa			
Sem Irrigação	0,079 bB	0,110 cA	0,095 c
Irigado Clima	0,081 bB	0,141 bA	0,111 b
Irigado Solo	0,125 aB	0,187 aA	0,156 a
Efeito Principal Camada	0,095 B	0,146 A	
Classe textural Franco Argilo Arenosa			
Sem Irrigação	0,095 cB	0,149 cA	0,122 c
Irigado Clima	0,125 bB	0,224 bA	0,175 b
Irigado Solo	0,161 aB	0,252 aA	0,206 a
Efeito Principal Camada	0,127 B	0,208 A	

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

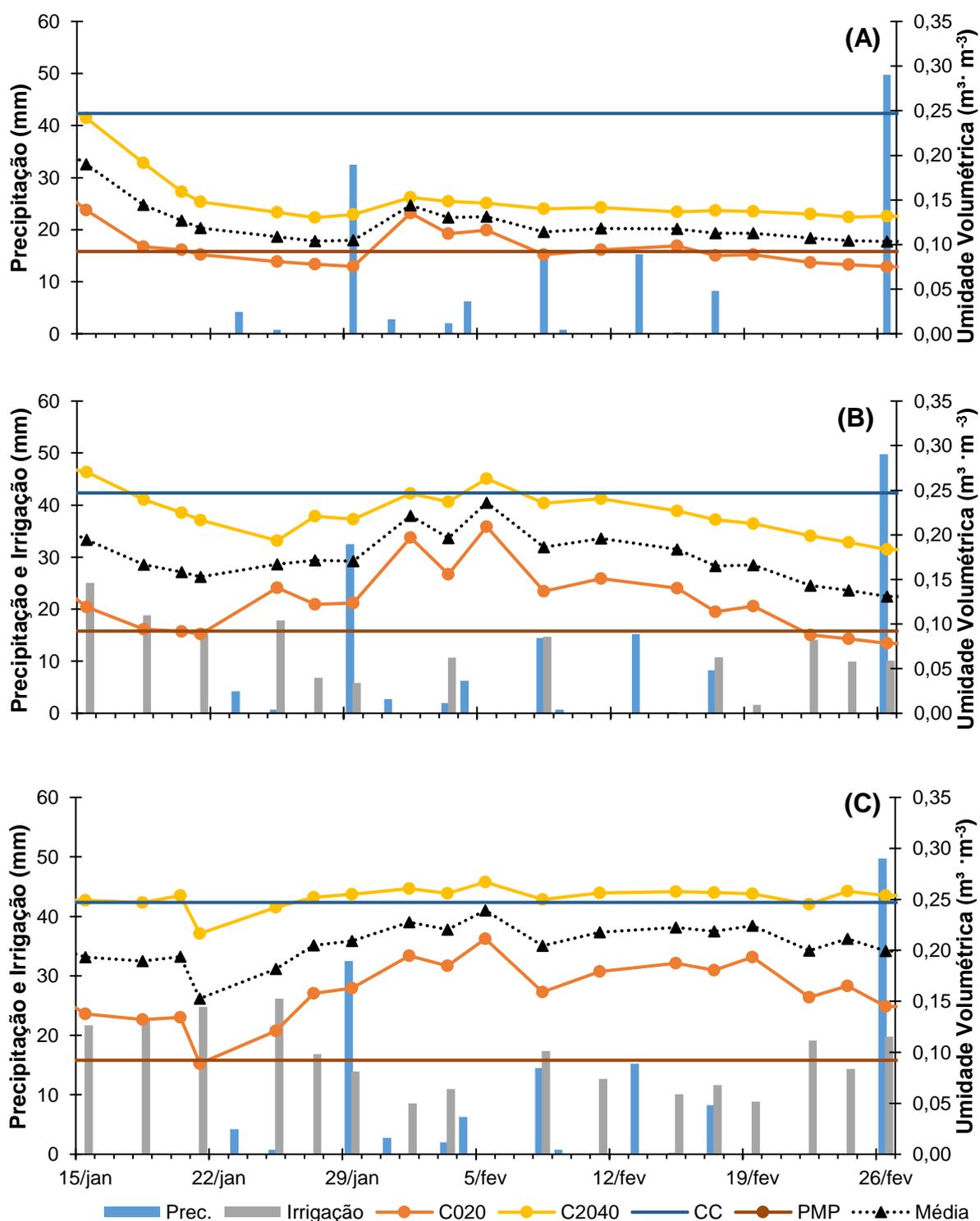
Na análise conjunta da Tabela 8 e da Figura 11 pode-se observar a variação temporal de θ . Na Figura 11A, para o manejo sem irrigação na classe textural Franco Arenosa, o valor do θ médio no perfil foi de $0,095 m^3 \cdot m^{-3}$. A camada C020 ficou com menor valor do θ médio. Na Figura 11C, o manejo da irrigação via solo proporcionou o maior valor de θ médio para as camadas, sendo este valor próximo a CC, o que era proposto para o manejo.

Na análise conjunta da Tabela 8 e da Figura 12, observa-se que os valores do θ médio para todos os manejos, na textura Franco Argilo Arenosa, foram superiores quando comparados com a textura Franco Arenosa. Os manejos de irrigação foram significativos quando comparados os valores do θ médio, sendo o manejo da irrigação via solo proporcionou maior θ médio, e o não irrigado, o menor. A irrigação via solo proporcionou os maiores valores de θ em todas as camadas analisadas.



C020 = camada de 0,0 a 0,20 m; C2040 = camada de 0,20 a 0,40 m; Média = médias das camadas C020 e C2040; CC = umidade na capacidade de campo; PMP = umidade no ponto de murcha permanente

Figura 10 - Variação temporal da precipitação, da lâmina de irrigação (Irrigação) e do conteúdo de água no solo, durante o período de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016 na área com classe textural Franco Arenosa sob Manejo não irrigado (A), Manejo irrigado via Clima (B) e Manejo Irrigado via Solo (C)



C020 = camada de 0,0 a 0,20 m; C2040 = camada de 0,20 a 0,40 m; Média = médias das camadas C020 e C2040; CC = umidade na capacidade de campo; PMP = umidade no ponto de murcha permanente.

Figura 11 - Variação temporal da precipitação, da lâmina de irrigação (Irrigação) e do conteúdo de água no solo, durante o período de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016 na área com classe textural Franco Argilo Arenosa sob Manejo não irrigado (A), Manejo irrigado via Clima (B) e Manejo Irrigado via Solo (C)

4.2.4 Dinâmica da água no solo de novembro a dezembro de 2016 (P3)

Durante este período de avaliação, o manejo da irrigação foi conduzido duas vezes por semana, com espaçamento entre gotejadores de 0,40 m e vazão de 1,68 litros·hora⁻¹. Foram realizados três manejos da irrigação, nas duas texturas: não irrigado (NI), irrigado via clima (ICL) e irrigado via solo (ISOL).

Na Tabela 9 é apresentada a estatística descritiva dos dados do θ , durante o período de avaliação. Pode-se observar que os tratamentos irrigados através do balanço de água no solo apresentaram menor CV quando comparado aos outros manejos, em ambas as texturas e camadas. O manejo não irrigado apresentou todos os Cs positivos, indicando que apresenta mais valores abaixo da média. Todos os CVs foram classificados de moderada a alta variabilidade, demonstrando alta variabilidade dos dados. Nestas camadas se apresentam a maior concentração de raízes, conseqüentemente maior zona de transferência de água no solo.

Tabela 9 - Resultados da estatística descritiva aplicada à variável conteúdo de água no solo ($m^3 m^{-3}$) durante o período de novembro a dezembro de 2016

Camada	Manejo	Média	DP	Mín.	Máx.	Cs	Ck	CV (%)	
Classe textural Franco Arenosa									
C020	NI	0,092	0,038	0,056	0,200	1,910	4,464	41,2	
	ICL	0,102	0,036	0,067	0,196	1,470	2,742	35,0	
	ISOL	0,116	0,036	0,067	0,192	0,264	-0,156	31,1	
	Classe textural Franco Argilo Arenosa								
	NI	0,110	0,047	0,073	0,259	2,676	8,275	42,9	
	ICL	0,119	0,046	0,074	0,246	1,637	3,606	39,0	
ISOL	0,140	0,038	0,093	0,231	0,894	1,164	27,3		
Classe textural Franco Arenosa									
C2040	NI	0,114	0,044	0,075	0,214	1,310	0,760	38,8	
	ICL	0,149	0,053	0,107	0,260	1,347	0,411	35,3	
	ISOL	0,155	0,043	0,106	0,248	0,733	0,142	27,5	
	Classe textural Franco Argilo Arenosa								
	NI	0,167	0,047	0,136	0,292	1,953	3,192	28,0	
	ICL	0,218	0,045	0,154	0,295	0,347	-1,207	20,6	
ISOL	0,223	0,042	0,152	0,270	-0,685	-1,200	18,9		

DP = desvio padrão; Min. = valor mínimo; Max. = valor máximo; Cs = coeficiente de assimetria; Ck = coeficiente de curtose; CV = coeficiente de variação; NI = Manejo não irrigado; ICL = Manejo irrigado clima; ISOL = Manejo irrigado solo; C020 = camada 0,0 a 0,20 m; C2040 = camada 0,20 a 0,40 m

O quadro da análise de variância é apresentado na Tabela 10. Para ambas classes texturais, os efeitos de manejo da irrigação, efeitos da camada e sua interação foram altamente significativos, demonstrando haver diferenças entre os manejos e as camadas em estudo. Estas relações serão discutida posteriormente.

Tabela 10 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral para a variável conteúdo de água no solo ($m^3 \cdot m^{-3}$) no período de novembro a dezembro de 2016

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F Calculado
Variável: Conteúdo de água no solo Franco Arenoso				
Bloco	13	0,117627	0,0090482	
Fator Manejo da Irrigação	2	0,015168	0,0075839	25,1**
Fator Camada do Solo	1	0,027485	0,0274849	91,0**
Interação	2	0,002354	0,0011769	3,9*
Resíduo	65	0,019623	0,0003019	
Total	83	0,182257		
Coeficiente de Variação	14,3%		Média Geral = 0,121 $m^3 m^{-3}$	
Variável: Conteúdo de água no solo Franco Argilo Arenoso				
Bloco	13	0,12365	0,009512	
Fator Manejo da Irrigação	2	0,02668	0,01334	28,9**
Fator Camada do Solo	1	0,13388	0,133877	290,6**
Interação	2	0,0063	0,003148	6,8**
Resíduo	65	0,02995	0,000461	
Total	83	0,32045		
Coeficiente de Variação	13,2%		Média Geral = 0,163 $m^3 m^{-3}$	

**Efeito significativo pelo teste F a 1% de probabilidade; *Efeito significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ns não significativo.

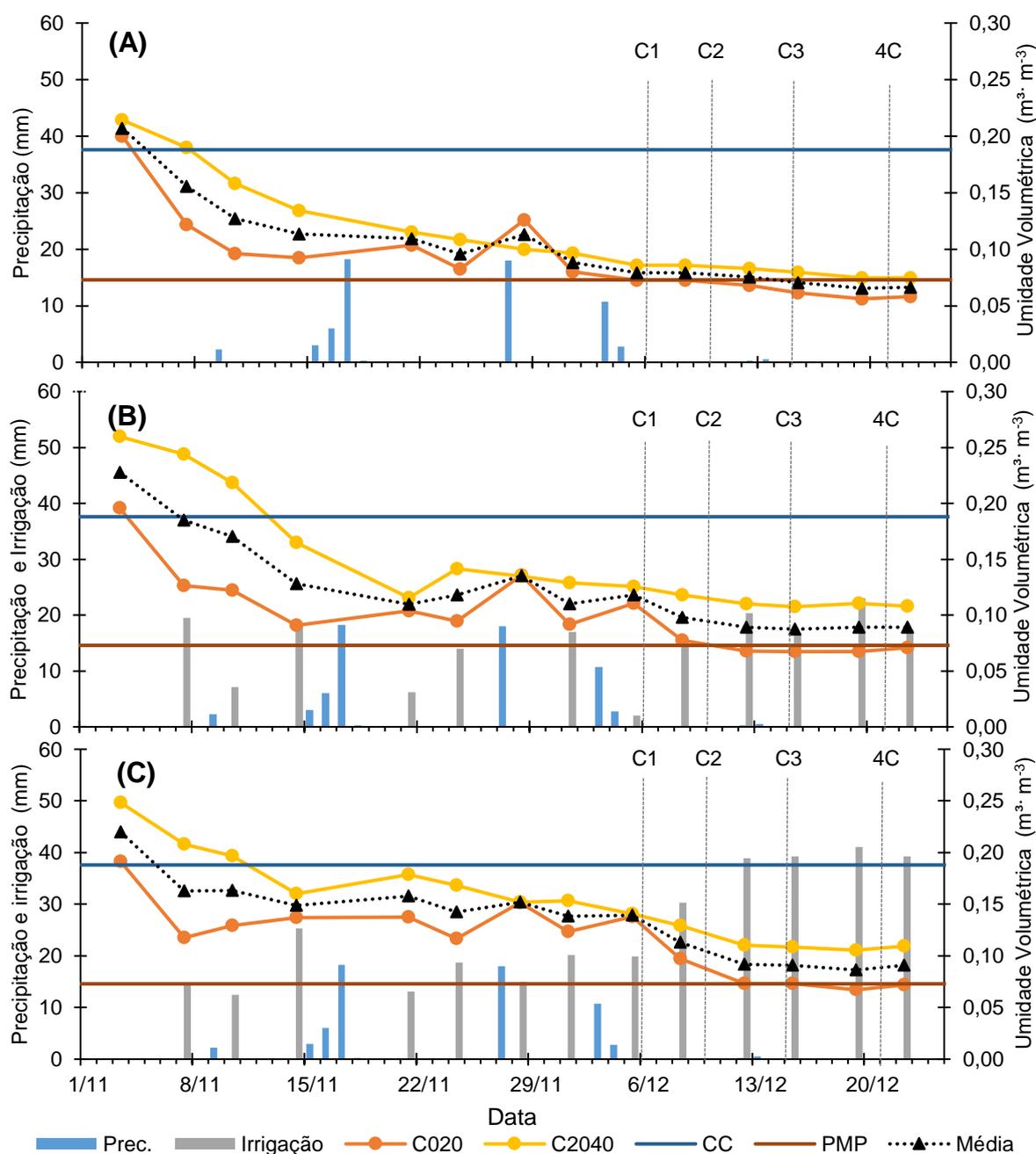
As médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5%, como apresentado na Tabela 11. Os efeitos de manejo da irrigação foram significativos quando comparados através deste teste. Em ambas as texturas, todos os manejos foram significativamente diferentes entre si, mostrando que a irrigação tem influência direta no conteúdo de água do solo. O manejo irrigado via solo proporcionou maior média dentre as camadas para ambas as texturas.

Tabela 11 - Comparação entre médias para a variável conteúdo de água no solo ($m^3 m^{-3}$), avaliadas de novembro a dezembro de 2016 pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Manejo/Camada	C020	C2040	Efeito Principal Manejo
Classe textural Franco Arenosa			
Sem Irrigação	0,092 bB	0,114 bA	0,103 b
Irrigado Clima	0,102 abB	0,149 aA	0,125 a
Irrigado Solo	0,116 aB	0,155 aA	0,136 a
Efeito Principal Camada	0,103 B	0,139 A	
Classe textural Franco Argilo Arenosa			
Sem Irrigação	0,110 bB	0,167 bA	0,139 b
Irrigado Clima	0,119 bB	0,218 aA	0,168 a
Irrigado Solo	0,140 aB	0,223 aA	0,181 a
Efeito Principal Camada	0,123 B	0,203 A	

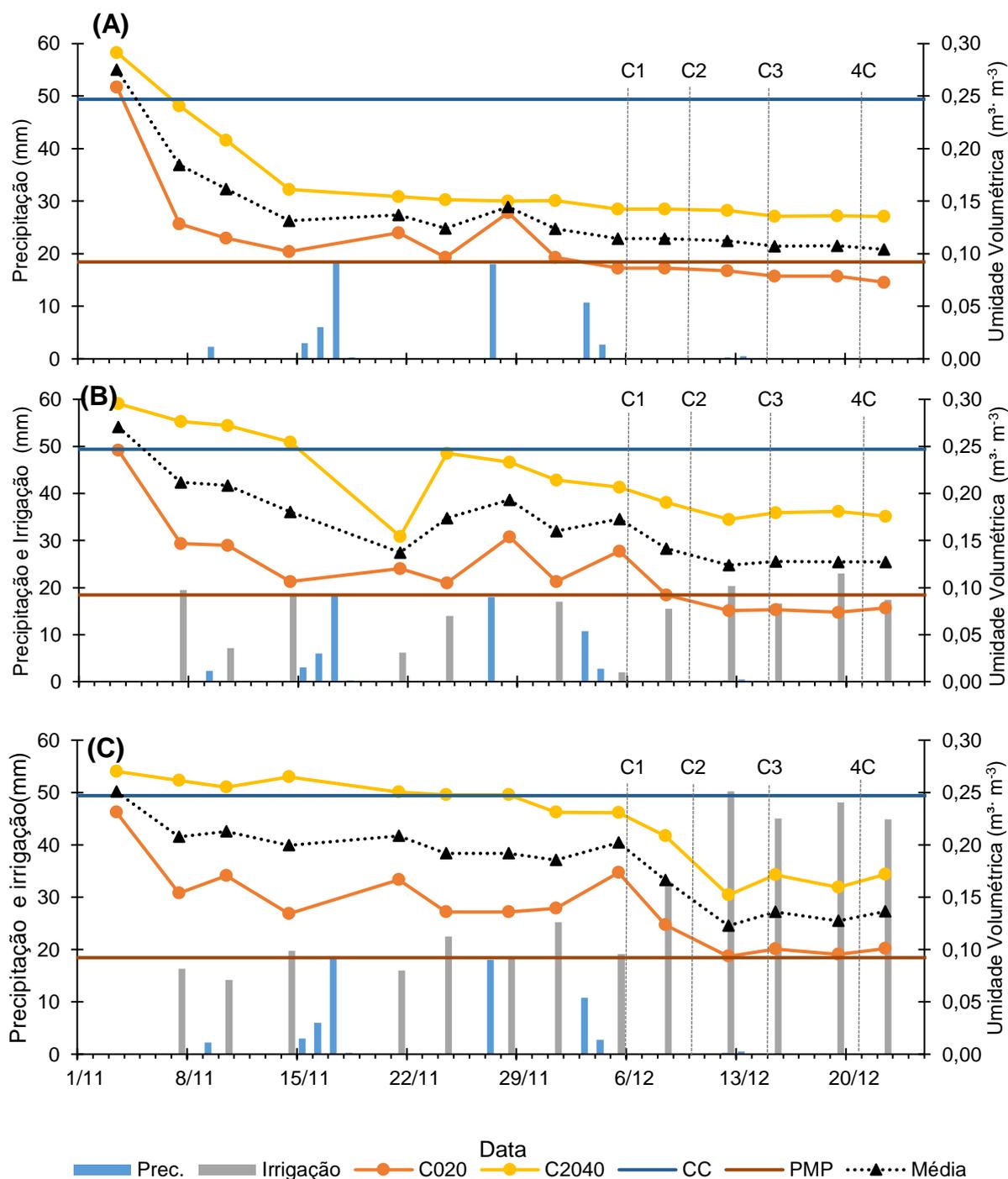
As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Nas Figuras 13 e 14 são apresentadas as variações temporais do θ durante o período de avaliação P3, nas classes texturais Franco Arenosa e Franco Argilo Arenosa. Observa-se a partir da data de 01/11 a depleção da água no solo em todos os manejos. Durante este período, foram registrados 62 mm de precipitação, não sendo suficiente para repor a água no solo e 238,2 mm de ET₀, resultando um déficit de 176,2 mm. Na avaliação das Figuras 13A e 14A os manejos sem irrigação na camada C020 a partir do dia 5/12 permaneceram abaixo PMP para ambas as texturas. Nas Figuras 13B e 14B, pode-se verificar que no manejo do balanço hídrico climatológico a reposição da ETC não foi suficiente para manter o armazenamento de água no solo em níveis mais elevados. Na área com textura Franco Arenosa, estes valores foram ainda menores, o que pode ter ocorrido em função do intervalo de até quatro dias entre irrigações não ter sido suficiente nesta textura. Isto fica mais evidenciado nas Figuras 13C e 14C, no manejo via solo na textura Franco Arenosa, a partir da data de 6/12.



C020 = camada de 0,0 a 0,20 m; C2040 = camada de 0,20 a 0,40 m; Média = médias das camadas; CC = umidade na capacidade de campo; PMP = umidade no ponto de murcha permanente; C1 = primeira colheita; C2 = segunda colheita; C3 = terceira colheita; C4 = quarta colheita

Figura 12 - Variação temporal da precipitação, da lâmina de irrigação (Irrigação) e do conteúdo de água no solo no período de novembro a dezembro de 2016 na área com classe textural Franco Arenosa sob Manejo não irrigado (A), Manejo irrigado via Clima (B) e Manejo Irrigado via Solo (C)



C020 = camada de 0,0 a 0,20 m; C2040 = camada de 0,20 a 0,40 m; Média = médias das camadas; CC = umidade na capacidade de campo; PMP = umidade no ponto de murcha permanente; C1 = primeira colheita; C2 = segunda colheita; C3 = terceira colheita; C4 = quarta colheita

Figura 13 - Variação temporal da precipitação, da lâmina de irrigação (Irrigação) e do conteúdo de água no solo no período de novembro a dezembro de 2016 na área com classe textural franco Argilo Arenosa sob Manejo não irrigado (A), Manejo irrigado via Clima (B) e Manejo Irrigado via Solo

4.2.5 Dinâmica da água no solo nos três períodos

Na análise geral dos dados do conteúdo de água no solo por camadas, observa-se que no perfil de 0 a 0,20 m, foram registradas as menores médias de θ , mesmo nos manejos irrigados via solo, indicando ser esta a zona de maior transferência de água no solo. Estes dados corroboram com os resultados obtidos por Girona et al. (2002), que demonstram ser esta a zona de maior variação do conteúdo de água no solo e a mais influenciada no balanço de massa. Nesta zona encontra-se mais de 50 % das raízes finas do pessegueiro, sendo estas as responsáveis pela extração de água e nutrientes (FINARDI; LEAL, 1985).

Quando comparado o conteúdo de água no solo entre as duas texturas, as parcelas com a textura Franco Argilo Arenosa apresentam maior conteúdo médio de água no solo, em função da maior microporosidade do solo dessas parcelas. A microporosidade está diretamente relacionada ao armazenamento de água no solo (REICHARDT; TIMM, 2012), influenciando o comportamento da disponibilidade de água para as plantas.

Na comparação entre os períodos P1 e P2 quando foram reduzidos os espaçamentos entre gotejadores e o intervalo entre irrigação, observa-se que no P2 no manejo irrigado via clima, as médias do θ foram maiores em ambas as texturas. No P1 o espaçamento entre gotejadores de 0,75 m não foi suficiente para a formação do bulbo de molhamento, mostrando que para este tipo de solo o manejo com gotejadores espaçados desta distância não são eficientes.

Na comparação entre os períodos P2 e P3, sendo que em P2 os intervalos entre as irrigações foram de três vezes por semana e em P3 de duas vezes por semana, observa-se que os valores médios de θ foram maiores em todos os manejos no período P2.

No manejo via solo foram registradas as maiores médias do θ em comparação ao manejo via clima em ambas as texturas, nos períodos P2 e P3. Segundo Terra (2010), em um estudo realizado na região de Pelotas com a cultura do pessegueiro, pode-se perceber que o manejo baseado na reposição da evapotranspiração não foi suficiente em alguns períodos para suprir o reabastecimento de água do solo.

4.2.6 Potencial de água no ramo: janeiro a abril de 2015 (P1)

Durante o período de avaliação, entre os dias 19 de janeiro a 2 de abril de 2015, fase pós-colheita do Pessegueiro, foram realizadas 16 medidas da variável potencial de água no ramo (Ψ_s), com intervalos variando de 3 a 4 dias.

Na Tabela 12 é apresentada a análise da estatística descritiva da variável Ψ_s . Pode-se observar que os coeficientes de curtose foram negativos para todos os tratamentos, indicando alta variabilidade dos dados, o que é confirmado pelo coeficiente de variação.

Tabela 12 - Resultados da estatística descritiva aplicada a variável potencial de água no ramo (MPa), durante o período de 19 de janeiro a 2 de abril de 2015

Manejo	Média	DP	Mín,	Máx,	Cs	Ck	CV (%)
Classe textural Franco Arenosa							
NI	-1,20	0,36	-1,85	-0,77	-0,535	-1,008	30,1
ICL	-1,17	0,41	-1,96	-0,63	-0,458	-0,711	35,4
Classe textural Franco Argilo Arenosa							
NI	-1,17	0,51	-2,13	-0,59	-0,648	-0,910	43,5
ICL	-1,35	0,37	-1,93	-0,68	0,195	-0,671	27,3

DP = desvio padrão; Min. = valor mínimo; Max. = valor máximo; Cs = coeficiente de assimetria; Ck = coeficiente de curtose; CV = coeficiente de variação; NI = Manejo não irrigado; ICL = Manejo irrigado clima

A variável potencial de água no ramo (Ψ_s) foi analisada de forma conjunta, considerando como fatores principais o manejo da irrigação e textura do solo. Na Tabela 13 é mostrada a análise da variância, a qual não apresentou diferenças significativas entre os fatores principais, somente a interação entre os fatores foi significativa.

Tabela 13 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral do potencial de água no ramo (MPa) durante o período de 19 de janeiro a 2 de abril de 2015

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F Calculado
Bloco	15	8,6739	0,57826	
Fator Manejo da Irrigação	1	0,0881	0,08813	2,2 ^{ns}
Fator Textura	1	0,0955	0,09546	2,3 ^{ns}
Interação	1	0,1755	0,17553	4,3*
Resíduo	45	1,8338	0,04075	
Total	63	10,8668		
Coeficiente de Variação	16,5%		Média geral = - 1,22 MPa	

*Efeito significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ns não significativo

Na Tabela 14 são apresentados os desdobramentos dos fatores e suas interações. A média de Ψ_s na textura Franco Argilo Arenosa foi menor quando comparada à textura Franco Arenosa, no manejo irrigado via clima. Esta diferença foi significativa pelo teste de Tukey a 5%, o que demonstra a diferença entre o conteúdo de água no solo e a sua disponibilidade para as plantas. Quando analisado o θ médio (Tabela 5), o seu valor é maior na textura Franco Argilo Arenosa do que na textura Franco Arenosa.

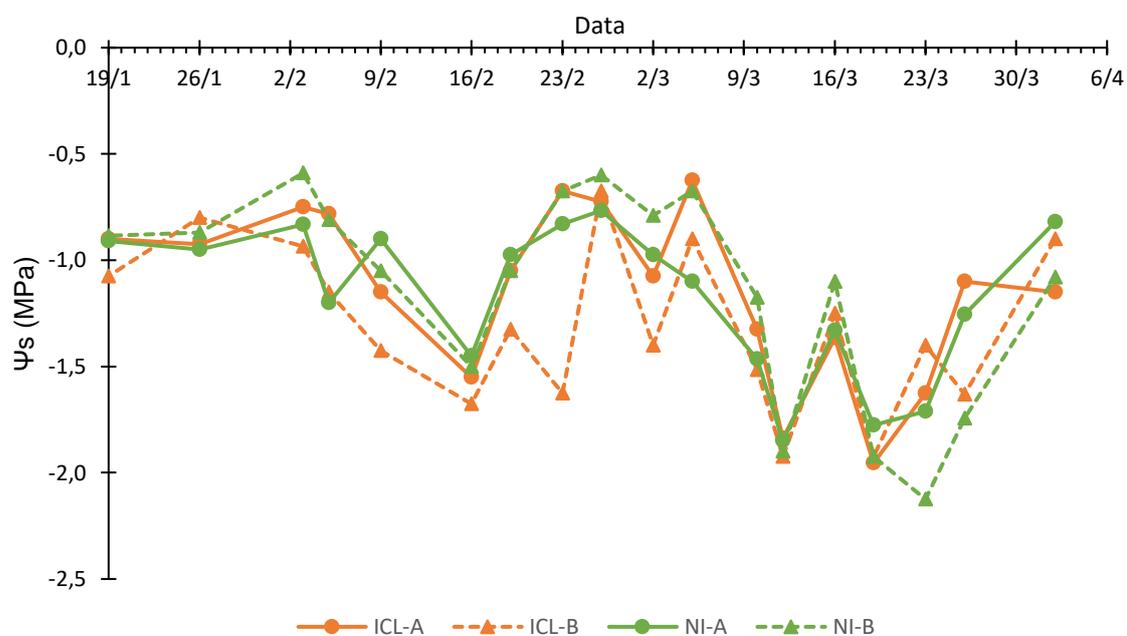
Tabela 14 - Comparação entre médias para a variável potencial de água no ramo (MPa), avaliada no período janeiro a abril de 2015 pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Manejo/Textura	Franco Arenosa		Franco Argilo Arenosa		Efeito Principal Manejo
Sem Irrigação	-1,20	aA	-1,17	aA	-1,19 a
Irrigado Clima	-1,17	aA	-1,35	bB	-1,26 a
Efeito Principal Textura	-1,18	A	-1,26	A	

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A Figura 15 demonstra a variação temporal do Ψ_s durante o período de avaliação. Observa-se que os menores valores de Ψ_s ocorrem quando também são observados os menores valores de θ médio para todos os tratamentos, quando analisadas as Figuras 9 e 10. Analisando entre os dias 5 e 17 de fevereiro, observou-se que em todos os tratamentos o θ do solo diminuiu, refletindo diretamente sobre o Ψ_s , conforme é demonstrado na Figura 15. Isto também ocorreu entre os dias 01 e 30 de março, quando se observou que conforme diminuiu o θ , diminuiu o Ψ_s ; no dia 16 e 30 de março observou-se o aumento do θ e o aumento do Ψ_s . Também foi observado

que nas datas de 26/02 e 02/04, houve redução do Ψ_s após o restabelecimento do conteúdo de água próximo à capacidade de campo. Estes dados corroboram com resultados observados por autores como Simões (2007) e Abrisqueta et al. (2012) segundo os quais conforme se restabeleça o conteúdo de água no solo, próximo à θ na CC, o potencial de água no ramo é restabelecido rapidamente.



ICL = Irrigado Clima; NI = Não Irrigado. Textura: A = Franco Arenosa; B = Franco Argilo Arenosa

Figura 14 - Variação temporal da variável potencial de água no ramo (MPa) no período de janeiro a abril de 2015

Na figura 16 é apresentada a correlação entre o conteúdo de água no solo e o potencial de água no ramo. Nas áreas com a textura Franco Argilo Arenosa observa-se valores maiores do θ , mas não resultou em valores maiores de Ψ_s , demonstrando uma maior retenção de água pelos solos com maior teor de argila, o que reduz a disponibilidade de água para a planta.

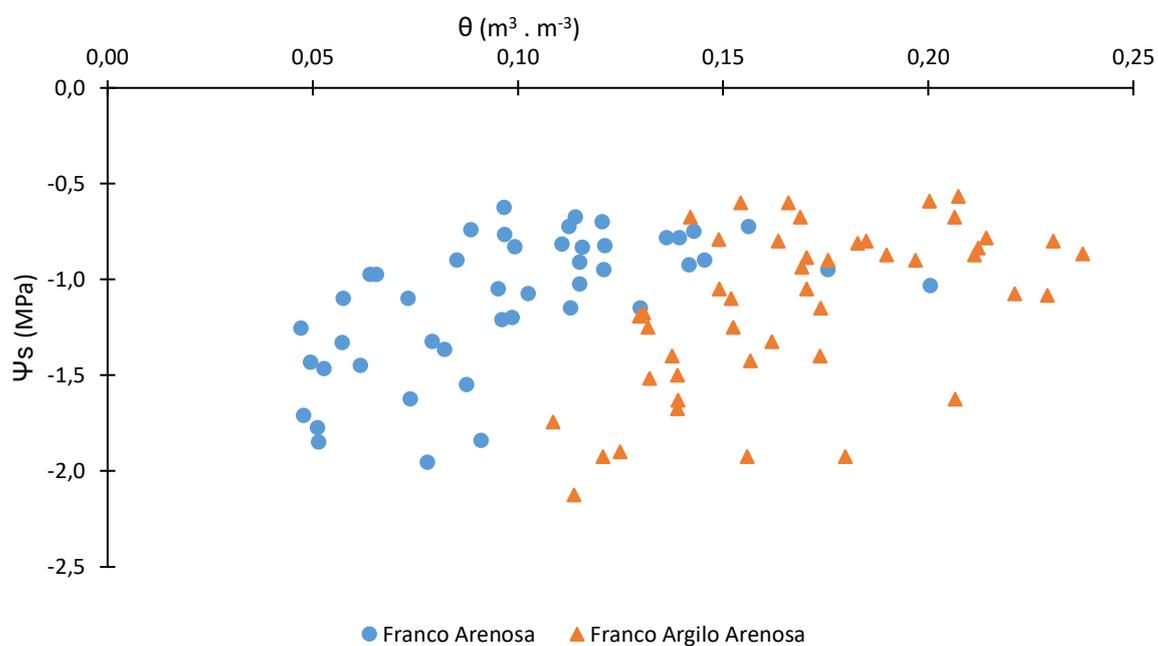


Figura 15 - Correlação do potencial de água no ramo (Ψ_s) com o conteúdo de água no solo (θ) na camada de 0,0-0,40 m de profundidade em pomar de pessegueiro no período de janeiro a abril de 2015

4.2.7 Potencial de água no ramo: janeiro a fevereiro de 2016 (P2)

Foram realizadas 16 avaliações da variável potencial de água no ramo (Ψ_s), durante o período de 15 de janeiro a 22 de fevereiro de 2016, fase pós-colheita do pessegueiro, com intervalos entre 2 a 3 dias.

Na Tabela 15 é apresentada a análise da estatística descritiva, em que se pode observar que no manejo da irrigação via solo o Ψ_s atingiu os maiores valores quando comparados aos outros tratamentos, apresentando o menor CV em ambas as classes texturais. O valor mínimo observado foi no manejo NI na classe Franco Argilo Arenosa e o valor máximo foi no manejo ISOL na classe textural Franco Argilo Arenosa. Em todos os tratamentos os CVs são classificados como de variância moderada.

Tabela 15 - Resultados da estatística descritiva aplicada a variável potencial de água no ramo (MPa) das plantas de pessegueiro, durante o período de janeiro a fevereiro de 2016

Manejo	Média	DP	Mín.	Máx.	Cs	Ck	CV (%)
Classe textural Franco Arenosa							
NI	-1,36	0,27	-1,87	-0,88	0,402	0,448	19,6
ICL	-1,29	0,27	-1,83	-0,87	-0,375	-0,639	21,2
ISOL	-1,07	0,19	-1,30	-0,75	0,410	-1,285	17,5
Classe textural Franco Argilo Arenosa							
NI	-1,40	0,38	-2,10	-0,75	-0,027	-0,414	27,7
ICL	-1,67	0,39	-2,08	-0,94	0,659	-0,771	23,2
ISOL	-1,10	0,24	-1,50	-0,68	-0,021	-0,465	22,0

DP = desvio Padrão; Min. = valor mínimo; Max. = valor máximo; Cs = Coeficiente de assimetria; Ck = coeficiente de curtose; CV = coeficiente de variação; NI = Manejo não irrigado; ICL = Manejo irrigado clima

O quadro da análise da variância é apresentado na Tabela 16, no qual as fontes de variação são: os blocos, as 16 medidas realizadas durante o período de avaliação e os efeitos principais de manejo e textura. Todos os efeitos e suas interações foram altamente significativos, resultando na média geral de -1,32 MPa e CV 17,04%, classificada como de variância moderada.

Tabela 16 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral do potencial de água no ramo (MPa) durante o período de janeiro a fevereiro de 2016

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F Calculado
Bloco	15	4,203263	0,280218	
Fator Manejo	2	2,661927	1,330964	26,4**
Fator Textura	1	0,52215	0,52215	10,3**
Interação	2	0,611569	0,305784	6,1**
Resíduo	75	3,778987	0,050387	
Total	95	11,777896		
CV	17,04 %		Média geral = - 1,32 MPa	

**Efeito significativo pelo teste F a 1% de probabilidade

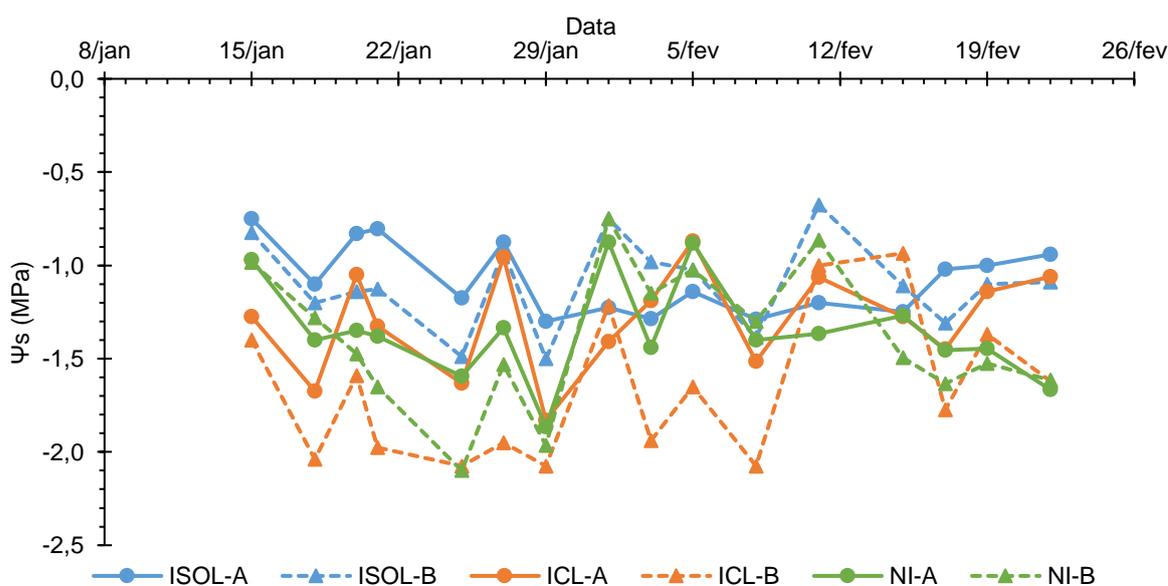
O teste de Tukey é apresentado na tabela 17. No efeito de manejo, o tratamento irrigado via solo resultou na maior média geral Ψ_s , diferenciado dos outros tratamentos pelo teste de Tukey a 5 %. No efeito textura, as áreas de solo com a textura Franco Argilo Arenosa resultaram na menor média Ψ_s , pelo teste de Tukey a 5 %, evidenciando novamente a diferença de Ψ_s entre as texturas.

Tabela 17 - Comparação entre médias para a variável potencial de água no ramo (MPa), avaliadas no período de janeiro a fevereiro de 2016 pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Manejo/Textura	Franco Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Efeito Principal Manejo
Sem Irrigação	-1,36 bA	-1,40 bA	-1,37 b
Irrigado Clima	-1,30 bA	-1,67 cB	-1,48 b
Irrigado Solo	-1,07 aA	-1,10 aA	-1,09 a
Efeito Principal Textura	-1,24 A	-1,39 B	

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Figura 17 é apresentada a variação temporal do Ψ_s durante o período de avaliação. Pode se observar dois períodos distintos quanto ao Ψ_s : um de 15/01 a 29/01 e outro de 04/02 a 17/02. No primeiro período, os valores de Ψ_s foram menores nos manejos não irrigado e irrigado via clima. Neste período ocorreu maior transferência de água nas camadas C020 e C2040, resultando em menor θ nestas camadas, o que reduz a água disponível para as plantas. Já no manejo irrigado via solo, obtiveram-se os Ψ_s maiores; quando observamos os valores θ médios neste período, em ambas as texturas encontram-se próximos aos valores de θ para CC. Durante o segundo período, foi registrado maior volume de precipitação, mesmo assim não foi suficiente para elevar os valores do θ para os manejos não irrigado e irrigado via solo, resultando, conseqüentemente, em valores menores de Ψ_s .



ISOL = irrigado solo; ICL = irrigado clima; NI = não Irrigado; A = franco arenosa; B = franco argilo arenosa

Figura 16 - Variação temporal da variável potencial de água no ramo (Ψ_s) das plantas de pessegueiro no período de janeiro a fevereiro de 2016

Na Figura 18 é mostrada a correlação entre os valores do θ médio para cada textura e Ψ_s . Como pode ser observado, os valores do Ψ_s nas plantas da área com textura Franco Argilo Arenosa são menores do que os valores do Ψ_s nas plantas da área com textura Franco Arenosa para o mesmo conteúdo de água no solo.

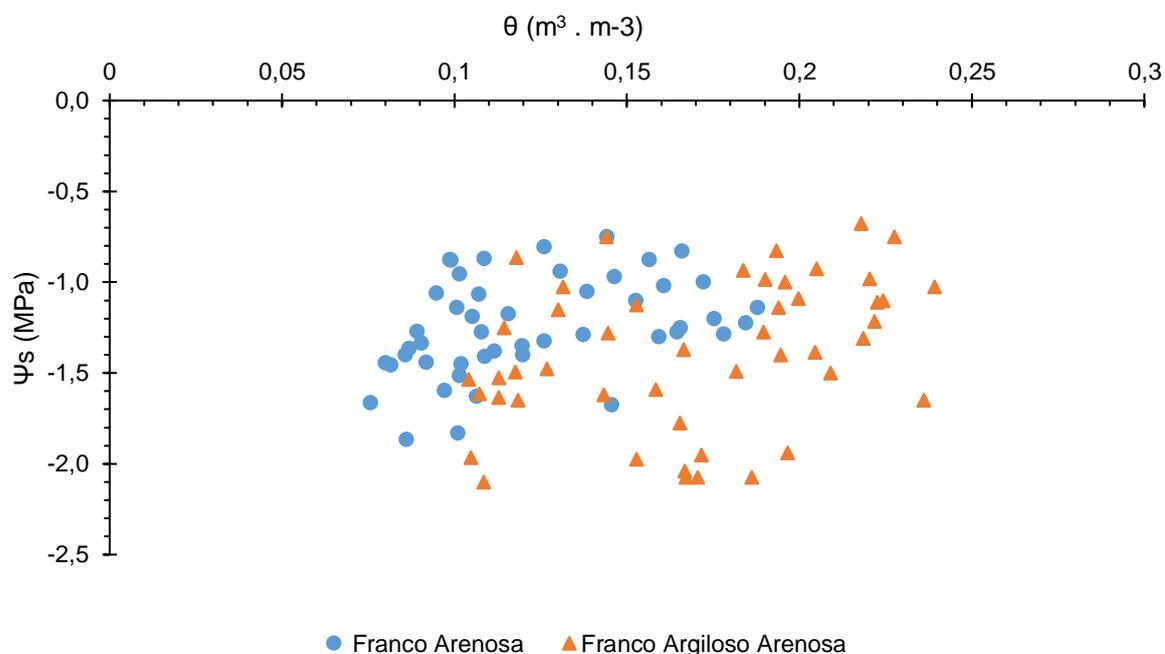


Figura 17 - Correlação do potencial de água no ramo (Ψ_s) com a conteúdo de água no solo (θ) na camada de 0,0-0,40 m de profundidade em pomar de pessegueiro no período de janeiro a fevereiro de 2016

4.2.8 Potencial de água no ramo de novembro a dezembro de 2016 (P3)

Foram realizadas 13 avaliações para a variável potencial de água no ramo (Ψ_s) durante o período de produção do pessegueiro, entre os dias 7 de novembro e 22 de dezembro de 2016, com intervalos ente 3 a 4 dias.

Na tabela 18 é apresentada a estatística descritiva para a variável Ψ_s . Pode-se observar que os coeficientes de variação são classificados como de variância moderada. Os coeficientes de curtose foram negativos, indicando um achatamento da curva ou alta variabilidade dos dados. O valor máximo verificado foi de -0,68 MPa no manejo irrigado via solo na área com textura franco arenosa.

Tabela 18 - Resultados da estatística descritiva aplicada a variável potencial de água no ramo (MPa), durante o período de novembro a dezembro 2016

Manejo	Média	DP	Mín.	Máx.	Cs	Ck	CV (%)
Classe textural Franco Arenosa							
NI	-1,42	0,33	-2,100	-1,000	-0,612	-0,134	23,3
ICL	-1,43	0,30	-1,845	-0,930	0,115	-0,985	21,2
ISOL	-1,18	0,29	-1,575	-0,675	0,229	-1,257	24,4
Classe textural Franco Argilo Arenosa							
NI	-1,50	0,30	-1,950	-1,065	0,005	-1,424	20,1
ICL	-1,62	0,40	-2,100	-0,965	0,250	-1,255	24,5
ISOL	-1,48	0,42	-2,100	-0,850	-0,102	-1,089	28,3

DP = desvio padrão; Min. = valor mínimo; Max. = valor máximo; Cs = coeficiente de assimetria; Ck = coeficiente de curtose; CV = coeficiente de variação; NI = Manejo não irrigado; ICL = Manejo irrigado clima; ISOL = Manejo irrigado solo

Na tabela 19 é apresentada a análise da variância dos dados. Os efeitos principais de manejo e textura do solo foram altamente significativos, já a interação foi significativa, mostrando claramente as diferenças entres os manejos e a textura do solo.

Tabela 19 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral do potencial de água no ramo (MPa) durante o período de novembro a dezembro de 2016

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F Calculado
Bloco	12	7,065882	0,588824	
Fator Manejo	2	0,438726	0,219363	9,3**
Fator Textura	1	0,696371	0,696371	29,6**
Interação	2	0,212033	0,106017	4,5*
Resíduo	60	1,410087	0,023501	
Total	77	9,823099		
Coeficiente de	10,6%		Média Geral = - 1,44 MPa	

**Efeito significativo pelo teste F a 1% de probabilidade; *Efeito significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

Na Tabela 20 é mostrado o desdobramento dos efeitos através da comparação de médias pelo teste de Tukey, no qual pode-se observar o efeito principal de manejo da irrigação no potencial de água no ramo. O manejo via solo diferenciou dos outros manejos e para o efeito principal textura, a Franco Arenosa apresentou a maior média. Quando comparadas todas as médias, o tratamento irrigado via solo, na textura Franco Arenosa apresentou a maior média (-1,18 MPa)

neste período, o que evidencia ainda mais as diferenças entre os manejos e as texturas.

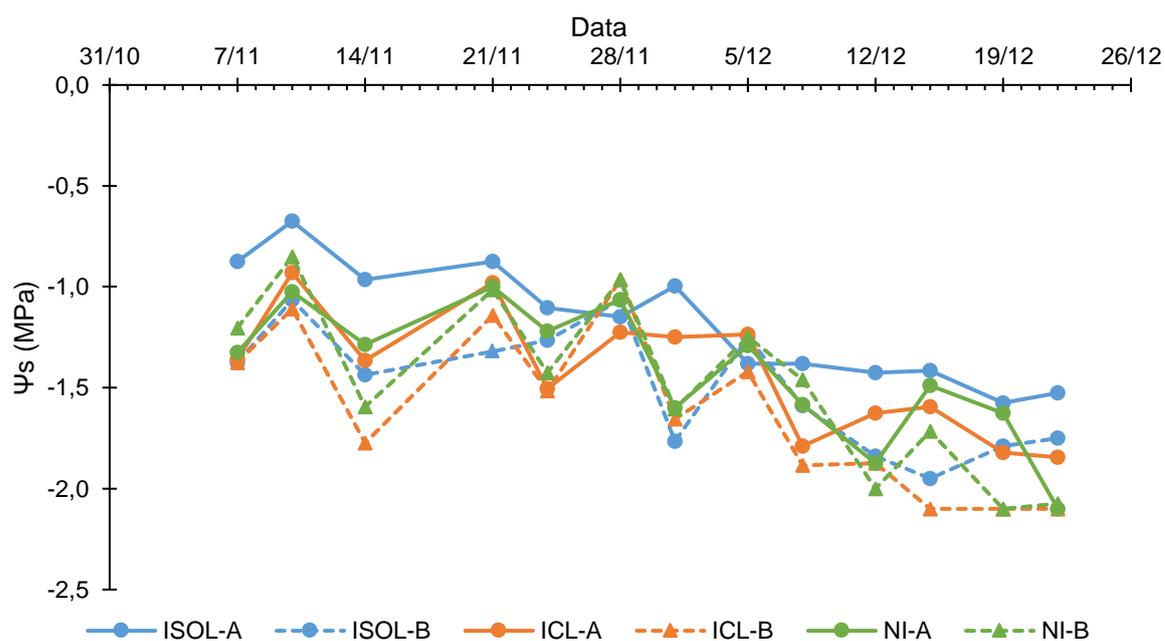
Tabela 20 - Comparação entre médias para a variável potencial de água no ramo (MPa), avaliada de novembro a dezembro de 2016 pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Manejo/Textura	Franco Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Efeito Principal Manejo	
Sem Irrigação	-1,42 bA	-1,48 aA	-1,45	b
Irigado Clima	-1,43 bA	-1,62 aB	-1,52	b
Irigado Solo	-1,18 aA	-1,50 aB	-1,34	a
Efeito Principal Textura	-1,34 A	-1,53 B		

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Figura 19 pode-se observar a variação temporal Ψ_s durante o período de avaliação de 7 de novembro a 22 de dezembro. O manejo que apresentou a menor flutuação foi o irrigado via solo, na textura Franco Arenosa. Entre os dias 5 e 22 de dezembro, observa-se o decréscimo nos valores de Ψ_s , o que pode ter ocorrido em função do déficit de água neste período, quando foram registrados 0,75 mm de precipitação e 98,3 mm de ET₀, resultando num déficit de 97,55 mm. Neste mesmo período observam-se as maiores taxas de crescimento de fruto, que serão apresentadas posteriormente.

A irrigação suplementar via solo manteve o potencial de água no ramo (Ψ_s) entre os valores de -0,68 a -1,58 MPa, com valor médio de -1,18 MPa na área de classe textural Franco Arenosa durante o período P3, valor que está acima do indicado por Abrisqueta et al. (2012, 2015) segundo os quais Ψ_s de -1,0 MPa podem indicar que as plantas já se encontrem em estresse hídrico. Conforme a classificação proposta por Fulton et al. (2007), o valor de Ψ_s de -1,2 MPa é classificado como estresse leve para o mês de dezembro.



ISOL = irrigado via Solo; ICL = irrigado clima; NI = não irrigado; A = franco arenosa; B = franco argilo arenosa

Figura 18 - Variação temporal do potencial de água no ramo (Ψ_s), no período de novembro a dezembro 2016.

Na figura 20 é apresentada a correlação entre o conteúdo de água no solo e o potencial de água no ramo. Novamente é observado o comportamento da relação entre o conteúdo de água no solo e a disponibilidade de água: as parcelas com textura Franco Argilo Arenosa apresentam maior θ , mas isto não resulta em maior Ψ_s . Pode-se também observar a relação entre o θ e o Ψ_s .

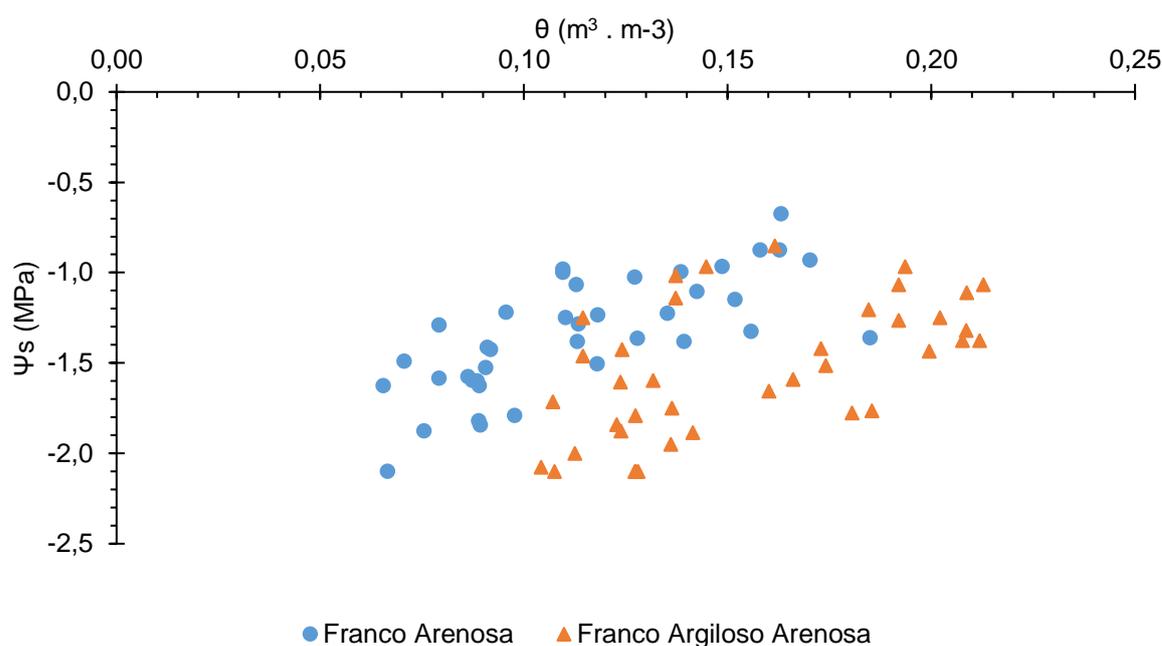


Figura 19 - Correlação do potencial de água no ramo (Ψ_s) com o conteúdo de água no solo (θ) na camada de 0,0-0,40 m de profundidade em pomar de pessegueiro no período de novembro a dezembro de 2016

4.2.9 Potencial de água no ramo nos três períodos

Todas as parcelas estavam sob as mesmas condições atmosféricas, ou seja, tinham a mesma demanda de água. Os diferentes manejos de irrigação proporcionaram diferentes conteúdo de água no solo nas duas texturas estudadas. Isto pode ser verificado através das Figuras 16, 18, 20 e 21, que mostram a relação entre o conteúdo de água no solo e o potencial de água no ramo. Foi verificado que quanto menor o conteúdo de água no solo menor potencial de água no ramo. Essa flutuação no Ψ_s também foi verificada por Marengo e Lopes (2013), que constataram que quanto menor o conteúdo de água no solo menor o conteúdo de água na planta, consequentemente menor transpiração da planta.

Foram evidenciadas as diferenças de disponibilidade de água nas texturas estudadas ou heterogeneidade da água disponível para as plantas. Terra (2012) ressalta a importância de realizar estudos sobre a regionalização das áreas dentro do pomar de pessegueiro, para fins de manejos diferenciados de irrigação. As diferenças entre os atributos físicos nas duas texturas resultaram em diferentes disponibilidades de água para as plantas. Autores como Klein et al. (2010), estudando a influência da

textura sobre o PMP, demonstram que quanto maior o teor de partículas finas na composição granulométrica, maior será a retenção de água pelo solo, sendo assim necessário maior energia para extração desta água; embora apresente maior θ , não disponibiliza a água da mesma forma para as plantas. Estas diferenças nos valores de Ψ_s também foram verificadas por Mcctchan e Shackel (1992), os quais observaram que solos com maior teor de areia na sua composição granulométrica exibiram maiores valores de Ψ_s para o mesmo conteúdo de água no solo. Esta diferença entre do Ψ_s também foram observados por Monteiro (2015).

No entanto, são necessários mais estudos para avaliar a sustentabilidade de estratégias de manejo de irrigação utilizando Ψ_s . Este indicador fornece informações importantes sobre a variabilidade espacial dentro do pomar e elas devem ser obtidas com frequência para marcar precisamente a irrigação (Mirás-Avalos et al. 2016).

Na figura 21 é apresentada a correlação entre o conteúdo de água no solo e o potencial de água no ramo. Essas correlações corroboram com os autores Abrisqueta et al. (2012), que avaliaram o conteúdo crítico de água no solo para a cultura de pessegueiro e detectaram estresse hídrico no período pós-colheita. O potencial hídrico das plantas teve relação com o conteúdo de água no solo: quanto menor o conteúdo de água no solo, menor foi o potencial medido nas plantas. Foram ajustadas duas curvas logarítmicas [$f(y)=b+a \cdot \ln(\text{abs}(x_0))$], que apresentam valores diferentes dos coeficientes a e b, em classe textural e coeficiente de correção $R^2= 0,43$ e $0,46$, respectivamente para o solo franco arenoso e franco argilo arenoso.

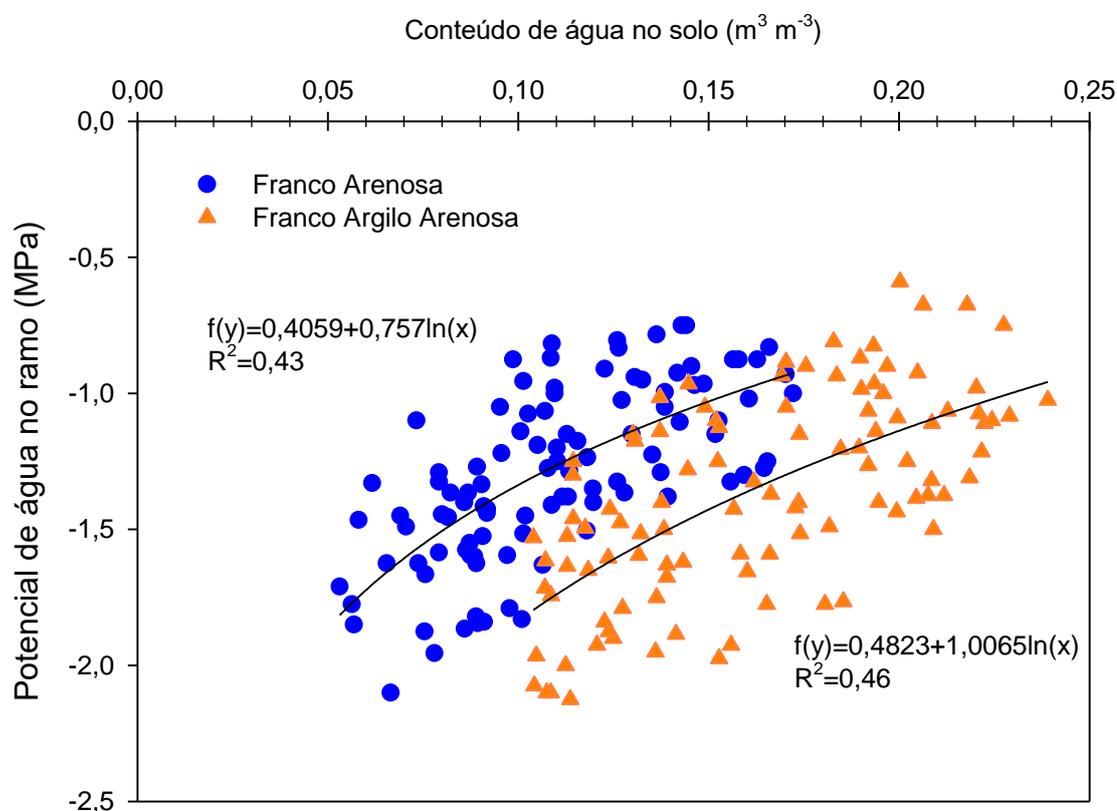


Figura 20 - Correlação do potencial de água no ramo com o conteúdo de água no solo na camada de 0,0-0,40 m de profundidade em pomar de pessegueiro

Estudos comparativos de Ψ_s realizados ao meio-dia apresentam uma correlação direta e proporcional ao conteúdo de água no solo. Autores como Abrisqueta et al. (2012), avaliando o conteúdo crítico de água no solo para a cultura do pessegueiro e detectando estresse hídrico no período pós colheita, mostraram que o potencial hídrico das plantas teve relação com o conteúdo de água no solo: quanto menor o θ , menor foi o potencial medido nas plantas para um mesmo tipo de solo. Simões (2007) também verificou que o potencial de água na planta de pessegueiro medido ao meio-dia apresenta alta relação com o potencial mátrico do substrato, porém para um solo de mesma granulometria. O conteúdo de água no solo não é o único determinante do potencial de água na planta, mas também a granulometria do solo, que determina a que condição a água está retida.

4.2.10 Comparação entre os manejos de irrigação

Com base nos dados de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016, foram realizadas simulações do manejo com base na reposição na água através das medidas do Ψ_s . Os valores do θ foram obtidos através das equações de cada classe textural, $f(\Psi_s) = 0,4059 + 0,757 \ln(\theta)$ na Franco Arenosa e $f(\Psi_s) = 0,4823 + 0,10065 \ln(\theta)$ na Franco Argilo Arenosa. Foi considerado repor o θ à capacidade de campo.

Tabela 21 - Simulação para cálculo da lâmina de irrigação (mm) usando as equações ajustadas no período de 15 de janeiro a 26 de fevereiro de 2016

Data	Franco Arenosa			Franco Argilo Arenosa		
	IPR	ISOL	ICL	IPR	ISOL	ICL
15/1/16	0,0	18,9	25,0	0,0	21,7	25,0
18/1/16	21,7	15,2	18,8	28,1	23,0	18,8
20/1/16	0,0	0,0	0,0	18,0	0,0	0,0
21/1/16	0,0	18,8	16,3	16,8	24,8	16,3
25/1/16	26,8	29,0	17,9	41,5	26,2	17,9
27/1/16	2,7	13,4	6,9	0,0	16,9	6,9
29/1/16	34,4	13,2	5,8	42,0	13,9	5,8
1/2/16	30,0	6,9	0,0	0,0	8,6	0,0
3/2/16	33,5	8,6	10,7	4,3	11,0	10,7
5/2/16	24,5	4,6	0,0	8,4	0,0	0,0
8/2/16	33,8	20,3	14,7	35,3	17,4	14,7
11/2/16	28,4	8,1	0,0	0,0	12,7	0,0
15/2/16	31,5	9,1	0,0	15,6	10,1	0,0
17/2/16	15,6	10,2	10,8	30,4	11,7	10,8
19/2/16	13,9	7,9	1,7	14,8	8,9	1,7
22/2/16	8,8	22,9	14,1	14,0	19,2	14,1
Total	305,6	206,9	142,6	269,2	225,6	142,6

IPR = Manejo irrigado via potencial de água no ramo (modelagem); ICL = Manejo irrigado clima; ISOL = Manejo irrigado solo

Conforme apresentado na tabela 21, quando utilizados os dados do Ψ_s para ambas as texturas, o cálculo da lâmina de água utilizada foi maior na simulação usando o Ψ_s . A baixa capacidade de armazenamento de água desse solo em função de ser rasos, sendo a média do topo do horizonte "B" de 0,40 m, com a utilização de apenas uma linha de gotejadores não foi suficiente para formação do bulbo úmido uniforme, sendo assim necessário fazer a reposição do conteúdo de água no solo com de intervalos menores de tempo.

Na comparação entre os manejos executados durante esse período no campo experimental, observa-se na Tabela 21 que os maiores resultados são apresentados

no manejo via solo. A tabela 8 apresenta a comparação de média do conteúdo de água no solo através do teste de Tukey, o qual demonstra, nas duas texturas, que o manejo via solo resulta em valores de Θ maiores que os demais tratamentos, que permaneceram próximos à capacidade de campo. Para confirmar esta maior disponibilidade de água no solo, pode se observar na tabela 17, que em ambas as texturas a média do manejo irrigado via solo apresentou os maiores Ψ_s . Pode se inferir que as plantas nestes manejos estavam sob melhores condições de hidratação.

Quando a irrigação foi manejada via clima, pode se observar através da Tabela 8, que as mesmas se diferenciaram significativamente do manejo não irrigado, quanto à variável conteúdo de água, mas quanto à comparação das médias da variável Ψ_s no efeito principal manejo da irrigação não se diferenciaram estatisticamente. Conforme demonstrado, a reposição da E_t0 , ou seja, o manejo via clima não foi suficiente para manter o conteúdo de água no solo nem o estado hídrico das plantas de pessegueiros.

4.3 Componentes de produção

Na tabela 22 é apresentada a análise da estatística descritiva dos atributos da produção. A produção por planta (PP) foi similar em todos os manejos e classes texturais. No manejo não irrigado na classe textural Franco Arenosa foi verificado o maior CV dentre todos os manejos, classificado como de alta variação, demonstrando a heterogeneidade desta parcela.

Tabela 22 - Resultados da estatística descritiva aplicada aos componentes de produção no período de dezembro 2016

Variável	Manejo	Média	D. P	Mín.	Máx.	Cs	Ck	CV (%)
Produção por Planta (Kg)	Classe textural Franco Arenosa							
	NI	32,3	13,7	14,0	52,2	0,266	1,443	42,6
	ICL	30,0	3,8	25,7	34,9	0,118	-1,736	12,8
	ISOL	27,4	7,5	19,9	38,7	0,791	-0,026	27,5
	Classe textural Franco Argilo Arenosa							
	NI	30,6	2,9	25,5	32,6	-1,919	3,888	9,6
ICL	24,3	5,6	16,2	31,4	-0,404	1,010	22,9	
ISOL	29,0	8,3	17,4	36,9	-0,762	-1,743	28,7	
Número de frutos por árvore	Classe textural Franco Arenosa							
	NI	377	111	252	543	0,693	0,477	29,5
	ICL	320	68	255	428	1,187	1,194	21,2
	ISOL	305	83	196	415	-0,042	-0,318	27,3
	Classe textural Franco Argilo Arenosa							
	NI	412	30	374	442	-0,536	-2,681	7,4
ICL	334	68	233	408	-0,670	0,326	20,2	
ISOL	354	86	266	456	0,124	-2,652	24,3	
Massa média dos Frutos (g)	Classe textural Franco Arenosa							
	NI	83,0	16,2	55,4	96,1	-1,729	3,241	19,6
	ICL	95,5	15,4	78,2	115,3	0,035	-1,721	16,1
	ISOL	90,5	7,8	82,0	101,6	0,479	-0,482	8,6
	Classe textural Franco Argilo Arenosa							
	NI	74,2	4,7	68,2	80,8	0,283	0,128	6,4
ICL	72,5	3,2	69,4	77,0	0,625	-1,818	4,5	
ISOL	81,9	15,5	63,6	105,0	0,664	0,763	18,9	

DP = desvio padrão; Min. = valor mínimo; Max. = valor máximo; Cs = coeficiente de assimetria; Ck = coeficiente de curtose; CV = coeficiente de variação; NI = Manejo não irrigado; ICL = Manejo irrigado clima; ISOL = Manejo irrigado solo

Na Tabela 23 é apresentada a análise da variância para as variáveis: produção por planta (PP), número de frutos por planta (NF) e massa média dos frutos (MMF) em cada fator analisado e suas combinações. Conforme esta Tabela, pode-se verificar que para as variáveis PP e NF não houve diferenças significativas nos fatores manejo da irrigação, classe textural e suas interações. Autores como Mirás-Avalos et al. (2016) e Qassim et al. (2013), utilizando a técnica de déficit reduzido em região árida, não constataram diferenças significativas na produção por planta; esses avaliaram níveis de reposição da evapotranspiração de referência e o estresse hídrico

no período de pós-colheita e não foi constatado impacto sobre a produção da safra seguinte. Mirás-Avalos et al. (2016) registraram nos tratamentos com déficit controlado maior número de frutos por planta do que quando comparados com o tratamento controle, ou seja, totalmente irrigado. A produtividade do pessegueiro é mais influenciada pelas características do solo como o teor de argila e a microporosidade, sendo estas relacionadas ao armazenamento e retenção de água no solo (TERRA, 2012).

Conforme apresentado na Tabela 23, foi constatada diferença significativa na variável MMF, para o fator classe textural. A comparação de médias é apresentada na Tabela 24. Na área com textura Franco Arenosa, a MMF foi 89,7 g enquanto na área com textura Franco Argilo Arenosa foi 76,2 g. Essa maior MMF na classe textural Franco Arenosa está correlacionada com o melhor estado hídrico das plantas de pessegueiro nesta área, como foi mostrado na Tabela 20, na qual o Ψ_s médio das plantas na classe textural Franco Arenosa foi de -1,34 MPa e na classe Franco Argilo Arenosa foi -1,53 MPa. Segundo classificação proposta Fulton et al. (2007) estes valores estão abaixo do proposto para evitar um estresse leve, sem haver redução do diâmetro do fruto.

Mesmo não tendo apresentado diferença significativa, a variável MMF apresentou as maiores médias, nos manejos irrigados, na textura Franco Arenosa e na textura Franco Argilo Arenosa no manejo via solo. Em ambas as texturas, o manejo da irrigação via solo proporcionou maior média de MMF.

Tabela 23 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral para as variáveis: produção por planta (PP), número de frutos por planta (NF) e massa média dos frutos (MMF) das plantas de pessegueiro avaliadas em dezembro de 2016

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F Calculado
Variável - PP				
Fator Manejo da Irrigação	2	99,52	49,76	0,80 ^{ns}
Fator Textura	1	27,97	27,97	0,45 ^{ns}
Interação	2	66,14	33,07	0,53 ^{ns}
Resíduo	24	1477,83	61,5	
Total	29	1671,47		
Coeficiente de Variação	27,1 (%)	Média geral = 28,93 Kg planta ⁻¹		
Variável - NF				
Fator Manejo da Irrigação	2	29208,60	14604,30	2,38 ^{ns}
Fator Textura	1	7938,13	7938,13	1,29 ^{ns}
Interação	2	1660,87	830,43	0,13 ^{ns}
Resíduo	24	146973,60	6123,90	
Total	29	185781,20		
Coeficiente de Variação	22,3 (%)	Média geral = 350 frutos planta ⁻¹		
Variável - MMF				
Fator Manejo da Irrigação	2	306,00	153,01	1,10 ^{ns}
Fator Textura	1	1356,60	1356,63	9,77*
Interação	2	341,25	170,62	1,23 ^{ns}
Resíduo	24	3330,38	138,7	
Total	29	5334,29		
Coeficiente de Variação	14,2 (%)	Média geral = 82,9 g fruto ⁻¹		

**Efeito altamente significativo pelo teste F a 1% de probabilidade; *Efeito significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ns não significativo

Tabela 24 - Comparação entre médias da variável massa média dos frutos (g fruto⁻¹), avaliadas em dezembro de 2016 pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Manejo/Textura	Franco Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Efeito Principal Manejo
Sem Irrigação	83,0	74,2	78,6
Irrigado Clima	95,5	72,5	84,0
Irrigado Solo	90,5	81,9	86,2
Efeito Principal Textura	89,7 A	76,2 B	

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

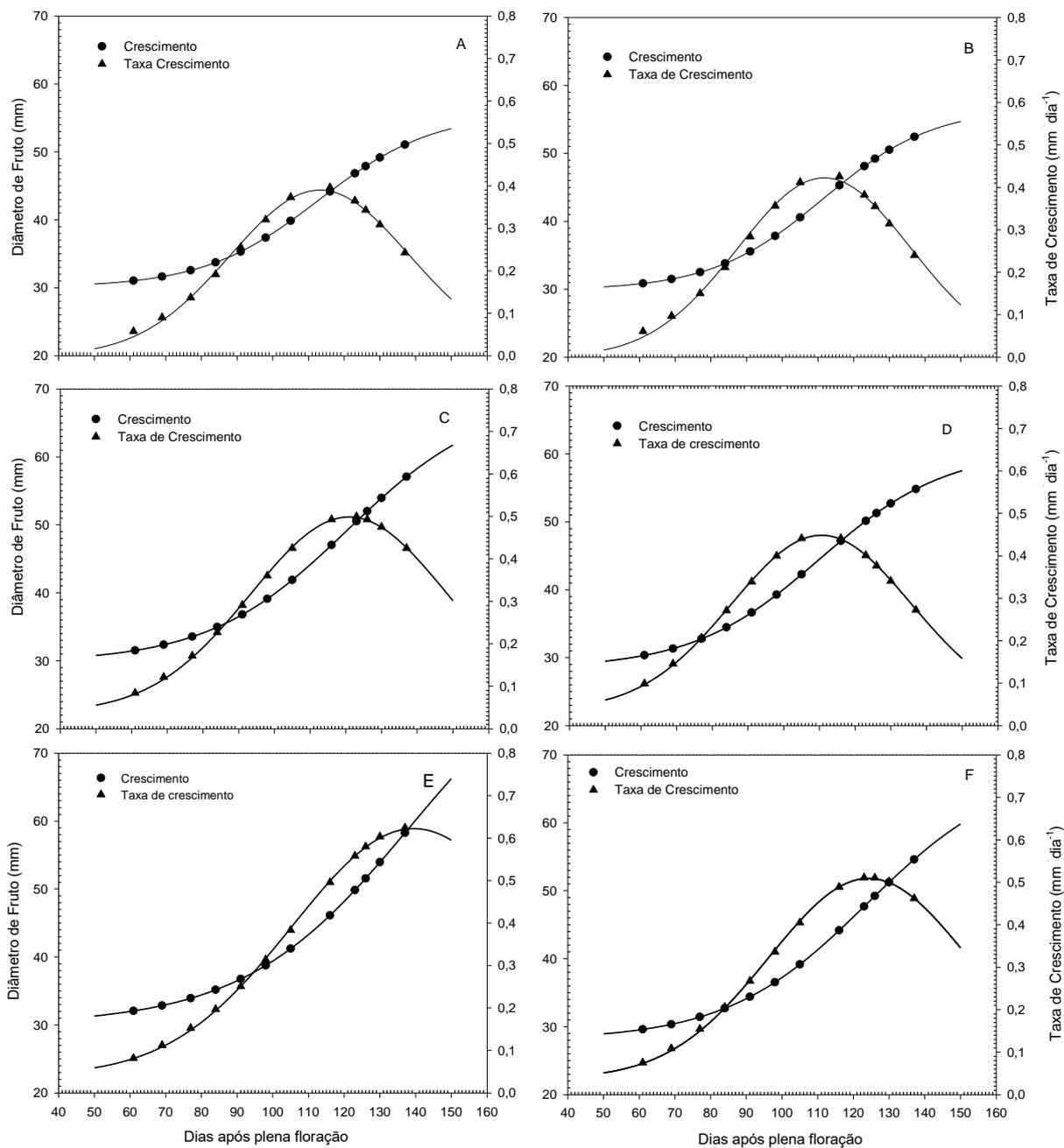
Na Figura 22 são apresentados os diâmetros suturais e as Taxas de Crescimento dos frutos de pêssegos. As avaliações tiveram início em 27/9, ou seja, 61

dias após a plena floração. No início das avaliações, os frutos apresentavam em todos os tratamentos aproximadamente 30 mm de diâmetro sutural. O crescimento do diâmetro sutural das frutas obedeceu um padrão sigmoide duplo, ou seja, em três estágios (Fases I, II e III). Os maiores diâmetros médios foram registrados nos manejos irrigados. Esses resultados corroboram com os encontrados por Monteiro (2015) e Simões (2007), onde a irrigação proporcionou maior diâmetro sutural aos frutos de pêssego.

As taxas máximas de crescimento de fruto são apresentadas na Figura 22 e ocorreram aos: 113 dias após a plena floração (DAF) no manejo não irrigado em ambas as texturas; 121 DAF no manejo irrigado via clima na textura Franco Arenosa e 111 DAF na textura Franco Argilo Arenosa; 139 DAF no manejo irrigado via solo na textura Franco Arenosa e 124 DAF na textura Franco Argilo Arenosa. A irrigação teve início aos 102 DAF. Pode se observar que a irrigação via solo proporcionou maior período de máximas taxas de crescimento do diâmetro de frutos do que quando comparadas aos demais manejos. Os manejos de água nas texturas Franco Arenosa apresentaram os maiores intervalos em dias, com os maiores valores das taxas de crescimento do diâmetro do fruto.

Na comparação da Tabela 23 com a Figura 22 observa-se que nos manejos irrigados, na classe textural Franco Arenosa, as médias de MMF e os diâmetros suturais foram maiores, sugerindo que quanto maior o diâmetro sutural maior a MMF.

Durante este período os valores Ψ_s no manejo irrigado via solo foram significativamente maiores do que nos outros manejos (Tabela 20) na classe Franco Arenosa, mas esta diferença não resultou em maior produção por planta. Embora quando analisamos a Tabela 20 se observa que houve diferenças significativas entre os valores do Ψ_s para o efeito principal classe textural, as médias dos manejos de irrigação na classe textural Franco Arenosa foram maiores do que a da classe Franco Argilo Arenosa.

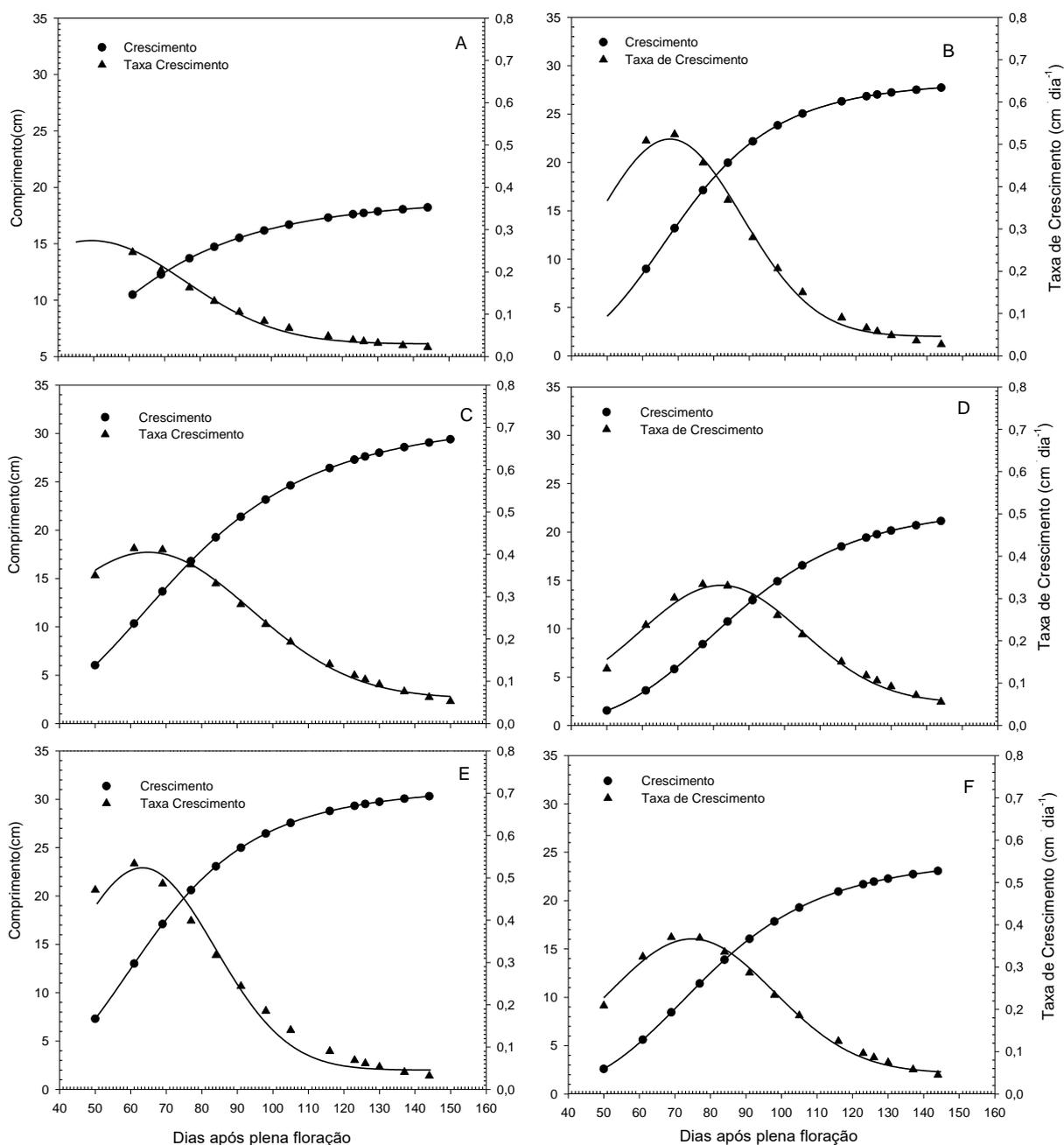


A - Franco Arenosa sem irrigação; B - Franco Argilo Arenosa sem irrigação; C - Franco Arenosa irrigado via clima; D - Franco Argilo Arenosa irrigado via clima; E - Franco Arenosa irrigado via solo; F - Franco Argilo Arenosa irrigado via solo

Figura 21 - Variação do diâmetro sutural e sua taxa de crescimento ao longo do ciclo da cultura em 2016

Na Figura 23 são apresentados a taxa de crescimento e o tamanho de ramo. As avaliações tiveram início dia 27/9, ou seja, 61 dias após a plena floração. O crescimento de ramos ou tamanho de ramos está relacionado com o crescimento vegetativo do pessegueiro. Observa-se que nos manejos irrigados, via clima e via solo, na classe textural Franco Arenosa, constataram-se os maiores tamanhos de ramo, ou seja, maior crescimento vegetativo, do que no manejo não irrigado. Quando se observa a Tabela 11, no manejo não irrigado na classe textural Franco Arenosa, as médias do θ nesse manejo foram estatisticamente menores do que aquelas nos manejos irrigados, indicando que a restrição de água afeta a taxa de crescimento e o tamanho final dos ramos. Resultados semelhantes foram encontrados por Simões (2007).

A irrigação favoreceu o crescimento vegetativo. Resultados similares foram constatados por Mirás-Avalos et al. (2016). Esse aumento do crescimento vegetativo pode ser relacionado com a quantidade de água aplicada, sendo indesejável em função do aumento dos custos operacionais de poda. O manejo irrigado via solo durante o período de pós-colheita no verão de 2016 influenciou na taxa de crescimento e tamanho de ramos do período seguinte, pois a irrigação teve o começo dia 7/11/16 (102 dias após a plena floração). As mensurações de crescimento começaram no dia 27/09/16 (61 dias após a plena floração). Como observa-se nas Figuras 23E e 23F, em ambas as texturas, a irrigação via solo no período de pós colheita resultou nas maiores taxas de crescimento de ramos no período seguinte.



A - Franco Arenosa sem irrigação; B - Franco Argilo Arenosa sem irrigação; C - Franco Arenosa irrigado via clima; D - Franco Argilo Arenosa irrigado via clima; E - Franco Arenosa irrigado via solo; F - Franco Argilo Arenosa irrigado via solo

Figura 22 - Variação do comprimento e sua taxa de crescimento de ramos das plantas de pessegueiro ao longo do ciclo em 2016

Nas Figuras 22E e 23E pode se observar que o maior crescimento de ramos e frutos é apresentado no manejo irrigado via solo na classe textural Franco Arenosa, manejo que apresentou maior conteúdo médio de água no solo (Tabela 11) do que os demais manejos. Esta diferença resultou em maior Ψ_s , significativamente maior do

que nos demais manejos (Tabela 20). Estes resultados demonstram que as plantas estavam em melhor condição hídrica, resultando em maior crescimento. Esses dados de crescimento também foram observados por Monteiro (2015), onde o solo com Textura Franco Arenosa apresentou maior crescimento de frutos e ramos.

Nas Figuras 22A e 23A, no manejo não irrigado e textura Franco Arenosa, pode se observar o reflexo do menor θ médio (Tabela 11) durante este período de avaliação. O diâmetro sutural dos frutos e o comprimento dos ramos foram os menores registrados, o que pode ser explicado pelo fato da planta estar sob estresse hídrico e o fruto ser o principal dreno. Estes dados corroboram com os observados por Simões (2007).

Na Tabela 25 são apresentados os dados do crescimento relativo do diâmetro de tronco durante os três períodos de avaliação. Apenas o efeito textura foi significativo durante o período de janeiro a agosto de 2015.

Tabela 25 - Análise de variância, coeficiente de variação (CV%) e média geral para as variáveis crescimento relativo do tronco durante três períodos

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F Calculado
Crescimento relativo do tronco: janeiro a agosto de 2015				
Fator Manejo da Irrigação	1	0,301	0,301	0,08 ^{ns}
Fator Textura	1	46,09	46,090	12,7*
Interação	1	8,236	8,236	2,3 ^{ns}
Resíduo	36	130,22	3,617	
Total	39	184,84		
Coeficiente de Variação (%)	70,7	Média Geral = 2,69 %		
Crescimento relativo do tronco: agosto de 2015 a agosto 2016				
Fator Manejo da Irrigação	2	2,11	1,0531	0,1 ^{ns}
Fator Textura	1	0,65	0,651	0,1 ^{ns}
Interação	2	22,29	11,144	1,4 ^{ns}
Resíduo	54	417,77	7,736	
Total	59	442,82		
Coeficiente de Variação (%)	35,2	Média Geral = 7,91 %		
Crescimento relativo do tronco: agosto de 2016 a abril de 2017				
Fator Manejo da Irrigação	2	7,36	3,679	0,6 ^{ns}
Fator Textura	1	6,62	6,621	1,0 ^{ns}
Interação	2	0,41	0,204	0,0 ^{ns}
Resíduo	54	359,52	6,657	
Total	59	373,91		
Coeficiente de Variação	119,4	Média Geral = 2,16 %		

*Efeito significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ns não significativo

Na Tabela 26 é apresentado o desdobramento da comparação de médias da variável crescimento relativo do tronco durante o período de janeiro a agosto 2015. As médias para as classes texturais Franco Arenosa e Franco Argilo Arenosa foram 1,61

e 3,76 %, respectivamente. A diferença entre estas médias foi significativa estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 26 - Comparação de médias para a variável crescimento relativo de tronco das plantas de pessegueiro no período janeiro a agosto de 2015, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Manejo/Textura	Franco Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Efeito Principal Manejo
Sem Irrigação	1,98	3,22	2,60
Irigado Clima	1,25	4,30	2,77
Efeito Principal Textura	1,61 B	3,76 B	

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

5 CONCLUSÕES

1. A irrigação suplementar na fase de crescimento de fruto não influenciou a produtividade nem o tamanho dos frutos.
2. A irrigação suplementar na fase de pós-colheita aumentou o crescimento vegetativo na safra seguinte mas não afetou a produção de frutos.
3. Os pessegueiros da área do pomar com solo franco arenoso produziram frutos maiores do que os da área com solo franco argilo arenoso.
4. O manejo da irrigação baseado no potencial de água no ramo gera maior consumo de água, seguido pelo manejo baseado no teor de água no solo e, por último, o manejo baseado em variáveis climáticas.
5. A redução da distância entre os gotejadores proporcionou maior uniformidade no conteúdo de água no solo.
6. A diminuição do intervalo de tempo entre irrigações proporcionou maior uniformidade no conteúdo de água no solo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRISQUETA, I.; CONEJERO, W.; VALDÉS-VELA, M.; VERA, J; ORTUÑO, M. F.; RUIZ-SÁNCHEZ, M. C. Stem water potential estimation of drip-irrigated early-maturing peach trees under Mediterranean conditions. **Computers and Electronics in Agriculture**. v. 114, p. 7-13, 2015.

ABRISQUETA, I.; J. VERA; L.M. TAPIA; J.M; ABRISQUETA, M.C; RUIZ-SÁNCHEZA. Soil water content criteria for peach trees water stress detection during the postharvest period. **Agricultural Water Management**, v. 104, p.62-67, 2012.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, A. C. S. **Desenvolvimento de um controlador de irrigação acionado mecanicamente pela tensão da água no solo**. 2012. 108f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BORGES, A. C. & MENDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 293-300, 2007.

BORQUEZ-LÓPEZ, R.A; et al. Calibración del sensor de matriz granular (SMG) para determinar la retención de agua em el suelo para la programación de riego em tomate em el Valle del Yaqui. **Revista Latinoamericana de Recursos Naturales**, v. 9, n.1, p. 11-16, 2013.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 686 p.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.183-188,1995.

CARVALHO, D. F. & OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. 1. ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2012. v. 1. 240p.

CARVALHO, L. G.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; CASTRO NETO, P. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 456-465, 2011.

COELHO Filho, M. A; ANGELOCCI, L .R.; ROJAS, J. S. D . Indicadores vegetais para monitoramento das condições hídricas de plantas e técnicas de determinação. In: Aguiar Netto, A. O. & Bastos, E. A. (Org.). **Princípios Agronômicos da Irrigação**. 1ed.Brasilia: Embrapa, 2013, p. 101-152.

CUNHA, G. R. Balanço Hídrico Climático. In BERGAMASCHI, H. **Agrometeorologia Aplicada à Irrigação**. 1 ed. Porto Alegre, Ed. UFRGS, 1992, p 63-84.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma :FAO, 1979. 212 p.

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

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. da S; SCHMITZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Volume Especial, p. 109-120, 2011

FERERES, E.; SORIANO, M.A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. **Journal Of Experimental Botany**. V.58, P.147–159, 2007.

FERNÁNDEZ, J. E. & CUEVAS, M.V. Irrigation scheduling from stem diameter variations: A review. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.150, p.135-151, 2010.

FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P., NOGUEIRA, D. A. (2013). ExpDes.pt: Experimental Designs package (Portuguese). R package version 1.1.2.

FERREYRA, R. E. et al. Efecto del estrés hídrico durante la fase II de crecimiento del fruto del duraznero cv. Kakamas en el rendimiento y estado hídrico de las plantas. **Agricultura Técnica**, Santiago, v.62, n.4, p.565-573, 2002.

FINARDI, N.L. **Método de propagação e descrição de porta-enxertos**. In: Medeiros, C.A.B.; Raseira, M.C.B. (Ed). A Cultura do pessegueiro. Brasília: Embrapa-SPI; Pelotas: Embrapa-CPACT, 1998. p. 100-129.

FREIRE, C. J. S; MAGNANI, M. Adubação e correção do solo. In: Raseira, M.C.B. (Org.). **Pessegueiro**. 1ªed. Brasília: Embrapa, 2014, p. 259-281.

FULTON, A.; BUCHNER, R.; GRANT, J.; PRICHARD, T.; LAMPINEN, B.; SCHWANKL, L.; SHACKEL, K. Pressure chamber readings corresponding to symptoms of water stress in walnut, almond and dried plum. Irrigation Scheduling Using Stem Water Potential (SWP) Measurements. UC DAVIS. **Fruit & Nut. Research & Information**. 2007. Disponível em: <http://informatics.plantsciences.ucdavis.edu/BrookeJacobs/datainterpretation.html> Acesso em: 14 de agosto 2017.

GIRONA, J. & FERERES, E. Peach. In: STEDUTO, P.; HSIAO, T. C.; FERERES, E.; RAES, D. Crop yield response to water – **FAO Irrigation and Drainage Paper 66**. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome, 2012, p. 392-407.

GIRONA, J.; MATA, M.; FERERES, E.; GOLDHAMER, D.A.; COHEN, M. Evapotranspiration and soil water dynamics of peach trees under water deficits. **Agricultural Water Management**. n.54, 107-122, 2002.

GOMIDE, R. L.; MAENO, P. Requerimento de Água pelas Culturas. In: DURÃES, F. O. M.; ALBUQUERQUE, P. E. P. (Org.). **Uso e Manejo de Irrigação**. 1ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v. 1, p. 225-253.

HERTER, F. G.; SACHS, S. & FLORES, C.A. Condições edafoclimáticas para instalação do pomar. In: MEDEIROS, C. A. B. & RASEIRA, M. C. B. **A cultura do pessegueiro**. 1ed. Pelotas: Embrapa-CPACT; 1998. p. 20- 28.

KLEIN, V. A. **Física do Solo**. 3ed. Passo fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014. 263p.

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

LARUE, J. H. & JOHNSON, R. S. **Peaches, plums and nectarines: growing and handling for fresh market**. California: Division of Agriculture and Natural Resources, 1989. 185p.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. 3 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. 346 p.

MANTOVANI, E. C; BERNARDO, S; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3ª ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009.

MARENCO, R. A. & LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3 ed. Viçosa: Ed . UFV, 2013. 486 p.

MARSAL, J.; CASADESUS, J.; LOPEZ, G.; MATA, M.; BELLVERT, B.; GIRONA, J. Sustainability of regulated deficit irrigation in a mid-maturing peach cultivar. **Irrigation Science**, v. 34, p. 201-208, 2016.

McTCHAN, H.; SHACKEL, K. A. Stem-water potential as a sensitive indicator of water stress in prune trees (*Prunus domestica* L. cv. French). **Journal American Society of Horticulture Science**, v. 117, n. 4, p. 607-611, 1992.

MIRÁS-AVALOS, J. M; PÉREZ-SARMIENTO, F.; ALCOBENDAS, R.; ALARCÓN, J. J.; MOUNZER, O.; NICOLÁS, N. Using midday stem water potential for scheduling deficit irrigation in mid-late maturing peach trees under Mediterranean conditions. **IrrigSci**. V. 34: P. 161-173, 2016

Monteiro, A. B.; **Variabilidade dos componentes de produtividade em pomar de pessegueiro irrigado em função da granulometria do solo**. 2015, 92f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MOREIRA, N. B.; LIBARDI, P. L.; SALVADOR, M. M, S.; SOUSA, H. H. F. Análise espaço-temporal de componentes do balanço hídrico em um Latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 60-72, 2014.

NAOR, A.; HUPERT, Y. PERES, M.; KAUFMAN, A.; KLEIN, I. The response of nectarine fruit size and midday stem water potential to irrigation level in stage III and crop load. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 126 (1): 140-143. 2001.

OLIVEIRA, L. F. C.; OLIVEIRA, R. Z.; CASTRO, T. A. P. Comportamento fisiológico de cafeeiros submetidos a diferentes disponibilidades de água no solo. **BioscienceJournal**, v. 25, n.3, p. 83-91, 2009.

ORTUÑO, M. F.; CONEJERO, W.; MORENO, F.; MORIANA, A.; INTRIGLIOLO, D. S.; BIEL, C.; MELLISHO, C. D.; PÉREZ-PPASTOR, A.; DOMINGO, R. RUIZ-SÁNCHEZ, M. C.; CASADESUS, J.; BONANY, J.; TORRECILLAS, A. Could trunk diameter sensors be used in woody crops for irrigation scheduling? A review of current knowledge and future perspectives. **Agricultural Water Management**, v.70, n. 1, p. 1–11, 2010.

PALTINEANU, C.; SEPTAR, L.; MOALE, C. Dynamics of soil water content during depletion cycles in peach orchards in a semiarid region. **Chilean J. Agric. Res.**, Chillán , v. 73, n. 4, p. 399-405, 2013.

Pimentel, C. **A relação da planta com a água**. 1 ed. Seropédica: Edur, 2004. 191p.
QASSIM, A.; GOODWINA, I; BRUCEA, R. Postharvest deficit irrigation in 'Tatura 204' peach: Subsequent productivity and water saving. **Agricultural Water Management**. v.117, p. 145-152, 2013.

REICHARDT, K. & TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2ªed. São Paulo: Manole, 2012. 497p.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, n.2, p. 211- 216, 1988.

REISSER JUNIOR, C. Técnicas e manejo de irrigação. "IN": MEDEIROS, C. A. B. & RASEIRA, M. C. B. **A cultura do pessegueiro**. 1ª ed. Pelotas: Embrapa-CPACT; 1998. p. 188- 204.

REMORINI, D. & MASSAI, R. Comparison of water status indicators for young peach trees. **Irrigation Science**, v.22, p. 39–46, 2003.

ROCHA, C. T. D. & CHRISTOFIDIS, D. Ponto de Vista: No Brasil existem dez hectares cultivados de forma tradicional para cada hectare cultivado com irrigação. **Revista de Política Agrícola**, v. 3, p. 112-114, 2014.

SALVADOR, M.M.S.; LIBARDI, P.L.; BRITO, A.S.; MOREIRA, N.B. Estabilidade temporal e variabilidade espacial da distribuição da armazenagem de água no solo numa sucessão feijão/aveia-preta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1434-1447, 2012.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v.148, p.339-46, 1965.

SILVA, A. C.; SILVA, A. M.; COELHO, G.; REZENDE, F. C.; SATO, F. A. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro Catuaí, em função da época de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.1, p. 21-25, 2008.

SILVA, A. L.; FARIA, M. A; REIS, R. P. Viabilidade Técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n.1, p. 37-44, 2003.

SIMÕES, F. **Padrões de resposta do pessegueiro cv. Maciel a diferentes níveis de déficit hídrico**. 2007. 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SOTIROPOULOS, T; KALFOUNTZOS, D; ALEKSIU, I; KOTSOPOULOS, S; KOUTINAS, N. Response of a clingstone peach cultivar to regulated deficit irrigation. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v.67, n.2, p.164-169, 2010.

SQUITTER DO BRASIL. **Manual do Usuário** – Estação Agrometeorológica ISIS Modelo S1220. Agosto, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TAVARES, V.E.Q., et al. **Manejo da Irrigação**. In: TIMM, L.C. et al. Manejo da irrigação na cultura do pessegueiro: manual técnico. Editora da Universidade Federal de Pelotas, 2007. p 63-110.

TERRA, V. S. S. **Variabilidade espacial e temporal de atributos agrônômicos em pomar de pessegueiro**. 2012. 103f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

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, 82f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

TIMM, L. C.; REISSER JÚNIOR, C.; TAVARES, V. E. Q.; MADAIL, J. C. M.; MANKE, G.; LEMOS, F. D.; TAVARES, L. C.; RANDÜNZ, A. L.; LISBOA, H.; PRESTES, R. B.; MORO, M. Caracterização dos persicultores irrigantes e dos métodos de irrigação no polo produtivo de pêssego da região de Pelotas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.3, p. 413-417, 2007.

WILDING, L.P.; DREES, L.R. Spatial variability and pedology. In: WILDING, L.P.; SMECK, N.E.; HALL, G.F. (Eds.) **Pedogenesis and soil taxonomy: concepts and interactions**. New York: Elsevier, 1983. p.83-116.

WILLIAMS, L.E. & ARAUJO, F. Correlations among predawn leaf, midday leaf, and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. **Journal American Society of Horticulture Science**, v.127, p. 448-454, 2002.

APÊNDICE

Tabela 1- Parâmetros de ajuste da curva de retenção de água do solo, modelo de van Genuchten (1980)(equação 12)

Classe textural	Camadas	θ_s	θ_r	α	n	m	r^2
	(cm)	($m^3 m^{-3}$)	($m^3 m^{-3}$)	(kPa)			
Franco Arenosa	0-20	0,48412	0	17,42377	1,18056	0,153	0,99
	20-40	0,50102	0	13,41174	1,19912	0,166	0,99
Franco Argilo Arenosa	0-20	0,48159	0	6,69960	1,17562	0,149	0,98
	20-40	0,40859	0	0,61232	1,22121	0,181	0,98

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha \cdot |\Psi_m|)^n]^m} \quad \text{Eq. (12)}$$

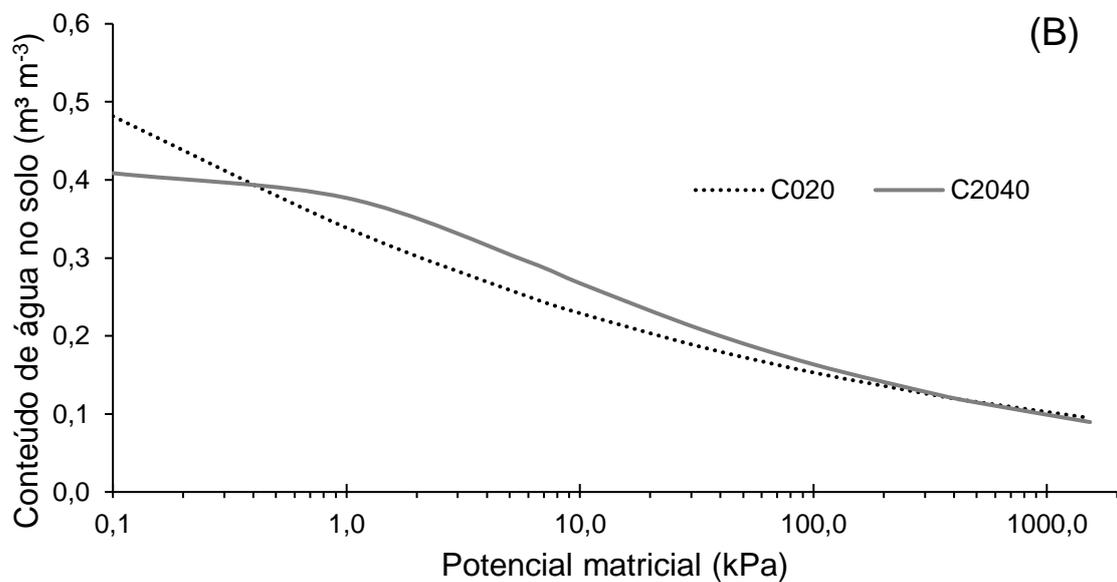
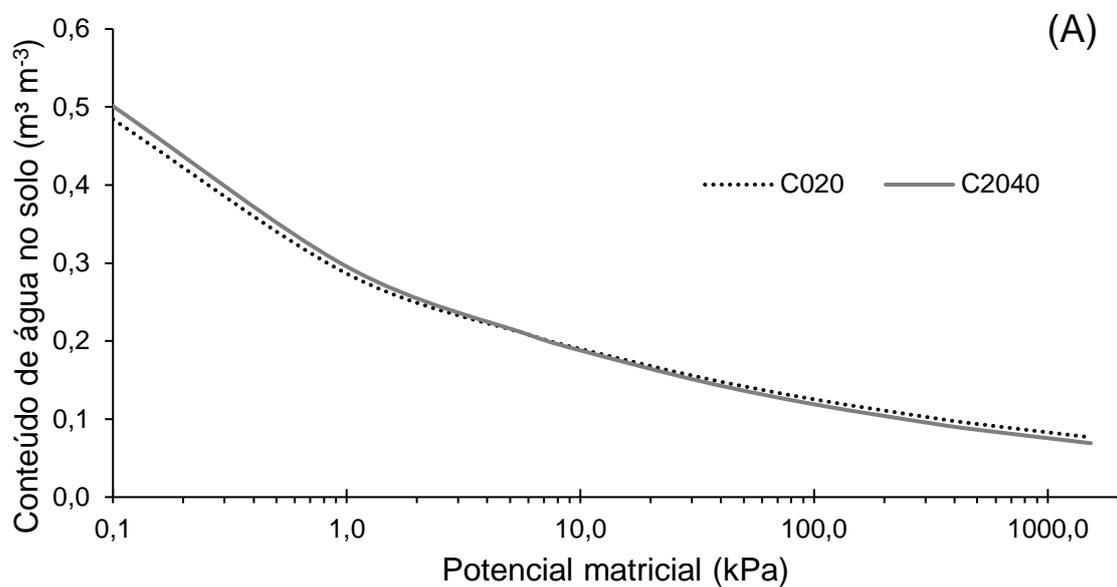
θ = umidade volumétrica, $m^3 \cdot m^{-3}$;

Ψ_m = Potencial mátrico da água no solo (kPa);

θ_s = umidade volumétrica de saturação, $m^3 \cdot m^{-3}$;

θ_r = umidade volumétrica residual, $m^3 \cdot m^{-3}$;

α , n e m = parâmetros de ajustes



C020 = camada de 0,0 a 0,20 m; C2040 = camada de 0,20 a 0,40 m

Figura1 - Curvas de retenção de água no solo: (A) textura Franco Arenosa e (B) textura Franco Argilo Arenosa