Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Influência do gotejamento subterrâneo e do “mulching” plástico na cultura do
melão em ambiente protegido**

Rodrigo Otávio Câmara Monteiro

**Tese apresentada para a obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de concentração:
Irrigação e Drenagem**

Piracicaba

2007

Rodrigo Otávio Câmara Monteiro
Engenheiro Agrônomo

Influência do gotejamento subterrâneo e do “mulching” plástico na cultura do melão em ambiente protegido

Orientador:

Prof. Dr. **RUBENS DUARTE COELHO**

**Tese apresentada para a obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de concentração:
Irrigação e Drenagem**

Piracicaba

2007

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Monteiro, Rodrigo Otávio Câmara

Influência do gotejamento subterrâneo e do "mulching" plástico na cultura do melão em ambiente protegido / Rodrigo Otávio Câmara Monteiro. - - Piracicaba, 2007.

178 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
Bibliografia.

1. Ambiente protegido (Plantas) 2. Irrigação por gotejamento 3. Melão
4. Nitratos 5. Potássio 6. Sistema radicular I. Título

CDD 635.61

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus queridos e honrados pais, Francisco Otávio Monteiro e Gláucia Maria Câmara Monteiro, que, por Deus, foram colocados em meu caminho, nesta vida, para assegurar que eu me tornasse um homem de bem e aprendesse que o mundo está nas mãos daqueles que têm coragem de sonhar e correr o risco de viver seus sonhos;

Aos meus irmãos Marcus, Márcia e Carlos Eugênio, com quem mantenho estreitos laços de fraternidade e de união;

À minha namorada, Priscylla Ferraz, com muito amor e profunda admiração; aos seus pais, Márcio de Silos Ferraz e Yamara Potel de Silos Ferraz, com carinho e gratidão;

Às minhas amadas sobrinhas, Trícia, Larissa, Livia e Lara, que, através da pureza de seus sorrisos e olhares, me fazem sentir que não existe nada mais importante do que a felicidade e o amor;

Aos meus amigos e irmãos da Augusta e Respeitável Loja Simbólica Leandro Guerrini nº 401, da Sereníssima Grande Loja Maçônica do Estado de São Paulo (GLESP), com quem aprendo a investigação da verdade, o exame da moral e a prática das virtudes, respeitando sempre a Deus, amando o próximo e dedicando-se à família.

DEDICO

Os ideais que iluminaram meu caminho e sempre me deram coragem para enfrentar a vida com alegria foram a Verdade, a Bondade e a Beleza.

Procure ser um homem de valor em vez de ser um homem de sucesso.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

A DEUS, o Grande Arquiteto do Universo, pela vida;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), através do Departamento de Engenharia Rural e do Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, pela oportunidade e pelo suporte concedidos na realização desta tese;

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa;

Ao Prof. Rubens Duarte Coelho, pela orientação, pelo apoio, pelo estímulo e pela confiança para a realização desta tese;

Aos Professores Sérgio Nascimento Duarte, Jarbas Honório de Miranda e Ênio Farias de França e Silva, pelas valiosas sugestões;

Aos amigos Eugênio Beltrame Neto, do Grupo de Práticas em Irrigação e Drenagem – GPID/ESALQ, Fernando Hoshino Shirahige, João Alberto Lelis Neto, Priscylla Ferraz e Sérgio Weine Paulino Chaves, pela ajuda indispensável durante os trabalhos experimentais e as análises laboratoriais;

Ao Professor Paulo César Tavares de Melo, do Departamento de Produção Vegetal, pelas orientações na condução da cultura;

À Professora Marta Helena Fillet Spoto, do Setor de Processamento de Alimentos, do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, pela concessão da estrutura laboratorial para as análises qualitativas da cultura;

À Professora Sônia Maria De Stefano Piedade, do Departamento de Ciências Exatas, pelas orientações nas análises estatísticas;

Aos Professores Marcos Vinícius Folegatti, Tarlei Ariel Botrel, Paulo Leonel Libardi, Sérgio Nascimento Duarte, Carlos Tadeu dos Santos Dias, Rubens Duarte Coelho, Iran José Oliveira da Silva, José Antônio Frizzzone e Jarbas Honório de Miranda, pelos conhecimentos e pela dedicação;

Ao Professor Rubens Angulo Filho, pelas palavras, pelos ensinamentos e pela serenidade;

Ao Professor Raimundo Nonato Távora Costa, da Universidade Federal do Ceará (UFC), pelo incentivo, pelo apoio e, sobretudo, pela amizade;

Ao Professor Jan W. Hopmans, do Land, Air and Water Resources Department da University of California, U.S., pela oportunidade, pela colaboração e pelos conhecimentos; aos companheiros de laboratório, Atac Tuli, Fred Kizito e Jim Mac Intyre, pelo apoio; aos colegas de pesquisa Juhwan Lee e Amy King, pelas orientações;

Aos amigos Todd Potochny e Murial Lee, pelo convívio fraternal e pelos momentos de descontração em Davis, Califórnia;

Ao Professor Bernd Lennartz, da Universität Rostock, Alemanha, pela oportunidade, pela colaboração e pelos conhecimentos; à Dra. Sigrid Köhne, John Maximilian Köhne e Andrea Dührkoop, pelas incansáveis tentativas de simulação dos dados através do Programa Hydrus;

Aos amigos Chieng-Tsan, Devang Potel, Krisztina Nali, Savvas Topalidis e Talfik, pelos bons momentos, pelos passeios, pelas experiências e pelos ensinamentos culturais, durante a estada na Alemanha;

Aos meus amigos Edinaldo Mousinho e Franscilene, Edson Cabral e Lázara, Marcos Emanuel Veloso e Madaíla, Valquíria, Jeanedy Pazinato, Mauro Guida dos Santos e Valesca Pandolfi e Alexandre “Chiclete”, pela amizade, pelo apoio e pelas constantes confraternizações, durante a estada em Piracicaba, SP;

Aos meus amigos Rogério Airoidi, Ronaldo Antônio dos Santos, Sérgio Weine Paulino Chaves, Tadeu Queiroz e Tales Miller Soares, pelas freqüentes e produtivas discussões científicas e políticas;

À todos os colegas do Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem - ESALQ/USP, pela convivência e pelo companheirismo no decorrer do curso;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, Davilmar Colevatti, Sandra Thompson, Vanda Zambello, Hélio Lemos, Gilmar Grigolon, Antônio Gozzo e Osvaldo Rettore, pelo apoio e pela colaboração;

Enfim, a todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE TABELAS	21
1 INTRODUÇÃO.....	24
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1 Cultura do melão	27
2.1.1 Importância socioeconômica	28
2.1.2 Necessidade hídrica	29
2.1.3 Exigências nutricionais.....	30
2.2 Irrigação por gotejamento subsuperficial	32
2.2.1 Profundidade de gotejamento	34
2.3 Formação do bulbo molhado na irrigação localizada.....	35
2.4 Cobertura plástica no solo (“mulching”).....	36
2.4.1 Efeitos da cobertura do solo nas culturas	40
2.5 Movimento da água no solo	43
2.5.1 Condutividade hidráulica do solo.....	45
2.6 Movimento de solutos no solo.....	47
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.1 Localização e caracterização experimental	49
3.2 Descrição da estrutura experimental.....	50
3.3 Caracterização dos solos utilizados para o cultivo	51
3.4 Tratamentos e delineamento experimental	53
3.5 Características e instalação do “mulching” plástico.....	55
3.6 Instalação dos tensiômetros e dos extratores de solução do solo	55
3.7 Condução da cultura	57
3.8 Sistema e manejo da irrigação.....	57
3.9 Fertirrigação.....	64
3.10 Características avaliadas.....	65

3.10.1 Rendimento e qualidade dos frutos	65
3.10.2 Aspectos morfológicos	66
3.10.3 Distribuição de água no solo	67
3.10.4 Distribuição de íons nitrato e potássio no solo, CE e pH	69
3.10.5 Produtividade da água (PA).....	73
3.11 Análise estatística dos dados	73
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
4.1 Temperatura e umidade relativa do ar	74
4.2 Evapotranspiração da cultura.....	77
4.3 Distribuição de água no solo	79
4.4 Distribuição de íons no solo	86
4.4.1 Nitrato	86
4.4.2 Potássio	101
4.5 Condutividade elétrica (CE).....	115
4.6 pH do solo.....	125
4.7 Parâmetros de desenvolvimento da cultura	135
4.7.1 Altura da planta	135
4.7.2 Diâmetro de colo da planta.....	138
4.8 Componentes da produção	141
4.8.1 Massa média do fruto	142
4.8.2 Produção por planta e produtividade.....	143
4.8.3 Diâmetro longitudinal e transversal do fruto.....	145
4.8.4 Formato do fruto	145
4.9 Aspectos qualitativos do fruto.....	146
4.9.1 Espessura da casca e da polpa do fruto.....	147
4.9.2 pH do fruto	149
4.9.3 Teor de sólidos solúveis da polpa do fruto	149
4.9.4 Acidez titulável.....	151
4.9.5 Firmeza de polpa	152
4.10 Produtividade da água (PA).....	153
5 CONCLUSÕES.....	155

REFERÊNCIAS	157
APÊNDICES	171

RESUMO

Influência do gotejamento subterrâneo e do “mulching” plástico na cultura do melão em ambiente protegido

Este trabalho teve, como objetivo, quantificar o rendimento, as características quantitativas e qualitativas de interesse econômico do meloeiro, analisando também a distribuição espacial da água e de íons fertilizantes (nitrato e potássio) no sistema radicular da planta, em dois tipos de solo: Latossolo Vermelho Amarelo (franco-arenoso) e Argissolo Vermelho (argiloso), submetidos aos efeitos do “mulching”, em condições de gotejamento superficial e subsuperficial (0,20 e 0,40 m de profundidade). O ensaio foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, em uma área protegida de 330 m² (22,0 m x 15 m), localizada no município de Piracicaba, SP. Os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos casualizados, com 4 blocos cada, com o arranjo dos tratamentos em fatorial 2 x 3 (6 tratamentos), com a combinação das variáveis “mulching” plástico e profundidade de gotejamento, totalizando 24 parcelas experimentais em cada solo. O monitoramento da umidade foi realizado com tensiômetros de punção e a concentração de nitrato, potássio, pH e condutividade elétrica através de extratores de solução do solo, instalados nas profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m da superfície do solo, e nas distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m. Foram coletadas, ainda, amostras de solo nas profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e nas mesmas distâncias do emissor, para o mesmo monitoramento. Foram realizadas análises de pH e de condutividade elétrica do solo nas mesmas posições. O uso do “mulching” incrementou a altura da planta, o diâmetro de colo, a massa média de fruto, a produção por planta, o diâmetro longitudinal e a espessura de polpa, nos solos franco-arenoso e argiloso, além do diâmetro transversal, da relação de formato do fruto, dos sólidos solúveis totais e do pH, no solo argiloso. A profundidade de gotejo a 0,20 m da superfície do solo proporcionou maiores valores médios de massa do fruto e de produção por planta, no solo arenoso, e influenciou o pH do fruto, no solo argiloso. Não foi possível observar efeito dos tratamentos na distribuição de nitrato nos solos franco-arenoso e argiloso, devido a sua complexa dinâmica no solo. A profundidade de gotejo a 0,20 m da superfície do solo e sem “mulching” disponibilizou mais íons potássio à zona de absorção das raízes do meloeiro no solo franco-arenoso, dos 47 DAT aos 63 DAT, período que compreendeu desde o início do florescimento até a fase inicial de frutificação da cultura. Para o solo argiloso, o efeito do “mulching” foi mais evidente na distribuição de íons potássio ao redor da zona radicular do que na profundidade de gotejo. Em ambos os solos, nas caixas sem “mulching”, o tratamento com gotejo à 0,20 m da superfície apresentou maior produtividade da água, quando comparado aos demais tratamentos que utilizaram gotejo à superfície e a 0,40 m.

Palavras-chave: Irrigação por gotejamento; Nitrato; Potássio

ABSTRACT

Effects of subsurface drip irrigation (SDI) and plastic mulching on melon crop under protect environment

This work aims to quantify melon yield, quantitative and qualitative aspects, as well to observe water and ions distribution (nitrate and potassium) in the root zone for two soils: Yellow Red Latossol (Sandy loam soil) and Red Argissol (Clay soil), under plastic mulching and subsurface drip irrigation (0.20 m and 0.40 m from the soil surface). Melon cycle occurred between november, 2005 until january, 2006. The research site was a greenhouse (330 m²) located at the University of São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, Sao Paulo, Brazil. The experimental design was four randomized complete blocks. The treatments were comprised of 24 experimental units for each soil. Soil moisture evaluated by tensiometric batteries, and the nitrate, potassium, pH and EC values by soil solution based on extractors of ceramic capsules disposal at depths of 0.10 m, 0.30 m, and 0.50 m and horizontal distances of 0.10 m, 0.20 m, 0.30 m and 0.40 from the plant, and by soil sampling as shallow depths of 0.04 m, 0.08 m, and 0.12 m at the same horizontal distances from the plant. The plastic mulching increased the height plant, stem diameter, plant production, longitudinal diameter and pulp thickness of the fruit for the sandy loam and clay soil, and transversal diameter, format of the fruit, soluble solids levels and pH of the fruit for the clay soil. The subsurface drip irrigation at 0.20 m from the surface soil provided larger fruit average mass and plant production to sandy loam soil and make influence in pH of the fruit to clay soil. It was not possible to find treatments effects for the nitrate distribution at sandy loam and clay soils due the complex nitrate dynamics in the soil. The subsurface drip irrigation at 0.20 m and without plastic mulching made available more potassium concentration at the melon root absorption zone for the sandy loam soil, from 47 and 63 days after planting, when the blooming started until to frutification period. To clay soil the mulching effect was more evident at the potassium distribution than the subsurface drip irrigation. For both soils, without mulching, subsurface drip irrigation at 0.20 m showed larger water productivity compared to 0.40 m and surface drip irrigation treatments.

Keywords: Drip irrigation system; Nitrate; Potassium

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Croqui da área experimental: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m	54
Figura 2 – Disposição dos tensiômetros ou dos extratores de solução do solo em relação ao gotejador, na caixa de cultivo	56
Figura 3 – Sistema de irrigação da área experimental.....	58
Figura 4 – Gotejador enterrado a 0,20 m de profundidade.....	59
Figura 5 – Gotejador enterrado a 0,40 m de profundidade.....	59
Figura 6 – Curvas de retenção de água no solo, ajustadas pelo modelo de van Genuchten, para as profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m, em solo franco-arenoso (Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”) – Piracicaba, SP, 2005	68
Figura 7 – Curvas de retenção de água no solo, ajustadas pelo modelo de van Genuchten, para as profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m, em solo argiloso (Argissolo Vermelho “Série Luiz e Queiroz”) – Piracicaba, SP, 2005	69
Figura 8 – Equação de regressão entre as concentrações de potássio, obtida pelo método-padrão (FIA), e pelo teste rápido específico para K^+ Cardy-Horiba – Piracicaba, SP, 2005	71
Figura 9 – Equação de regressão entre as concentrações de nitrato obtida pelo método-padrão (FIA), e pelo teste rápido específico para NO_3^- Cardy-Horiba – Piracicaba, SP, 2005	71
Figura 10 – Posições das amostras de solo coletadas para a análise dos íons potássio, nitrato, da CE e do pH do solo	72
Figura 11 – Variação da temperatura (máxima e mínima) no interior da estufa e em ambiente externo, durante o período experimental – Piracicaba, SP, 2005	75
Figura 12 – Variação da temperatura média no interior da estufa e em ambiente externo, durante o período experimental – Piracicaba, SP, 2005	75

- Figura 13 – Variação da umidade relativa do ar diária (máxima e mínima) no interior da estufa e em ambiente externo, durante o período experimental – Piracicaba, SP, 2005 76
- Figura 14 – Evapotranspiração da cultura (ETc) do melão em ambiente protegido, sem “mulching”, durante o período experimental (81 dias) – Piracicaba, SP, 2005 78
- Figura 15 – Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) para o solo franco-arenoso, ao longo do ciclo do melão, às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m, para o solo franco-arenoso - Piracicaba, SP, 2005 81
- Figura 16 – Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) para o solo argiloso, ao longo do ciclo do melão, às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m, para o solo franco-arenoso - Piracicaba, SP, 2005 82
- Figura 17 – Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) ao longo do ciclo do melão, registrado na posição de 0,40 m da planta e nas profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m, para os tratamentos com cobertura plástica (CB) no solo: T4 – CB e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T5 – CB e PG de 0,20 m; T6 – CB e PG de 0,40 m, para os solos franco-arenoso (coluna da esquerda) e argiloso (coluna da direita) - Piracicaba, SP, 2005 85
- Figura 18 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 34 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m – Piracicaba, SP, 2005 88

- Figura 19 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 40 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m – Piracicaba, SP, 2005 89
- Figura 20 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 47 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005 90
- Figura 21 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 55 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005 91
- Figura 22 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 63 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005 92
- Figura 23 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 70 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005 93
- Figura 24 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 41 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m – Piracicaba, SP, 2005 96

- Figura 25 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 46 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005 97
- Figura 26 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 56 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005 98
- Figura 27 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 63 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005 99
- Figura 28 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 71 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005 100
- Figura 29 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 34 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m – Piracicaba, SP, 2005 103
- Figura 30 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 40 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m – Piracicaba, SP, 2005 104

- Figura 31 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 47 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005 105
- Figura 32 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 55 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005 106
- Figura 33 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 63 DAT a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005 107
- Figura 34 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 70 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005 108
- Figura 35 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 41 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m – Piracicaba, SP, 2005 110
- Figura 36 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 46 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005 111

- Figura 37 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 56 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005 112
- Figura 38 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 63 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005 113
- Figura 39 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 71 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005 114
- Figura 40 – Variação da condutividade elétrica ao longo do ciclo do melão (CE), em $dS\ m^{-1}$, da solução extraída da pasta saturada do solo franco-arenoso coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005 116
- Figura 41 – Variação da condutividade elétrica ao longo do ciclo do melão (CE), em $dS\ m^{-1}$, da solução extraída da pasta saturada do solo argiloso coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005 117
- Figura 42 – Variação da condutividade elétrica ao longo do ciclo do melão (CE), em $dS\ m^{-1}$, da solução extraída da pasta saturada dos solos franco-arenoso (coluna da

esquerda) e argiloso (coluna da direita) coletada às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e à distância do gotejador de 0,40 m, nos tratamentos: T4 - com cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T5 - com CB e PG de 0,20 m; T6 - com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005 119

Figura 43 – Variação da condutividade elétrica ao longo do ciclo do melão (CE), em dS m^{-1} , da solução do solo (extratores de solução) franco-arenoso coletado às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 - sem CB e PG de 0,20 m; T3 - sem CB e PG de 0,40 m; T4 - com CB e PG de 0 m; T5 - com CB e PG de 0,20 m; T6 - com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005 121

Figura 44 – Variação da condutividade elétrica ao longo do ciclo do melão (CE), em dS m^{-1} , da solução do solo (extratores de solução) argiloso coletado às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 - sem CB e PG de 0,20 m; T3 - sem CB e PG de 0,40 m; T4 - com CB e PG de 0 m; T5 - com CB e PG de 0,20 m; T6 - com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005 122

Figura 45 – Variação da condutividade elétrica ao longo do ciclo do melão (CE), em dS m^{-1} , da solução do solo (extratores de solução) franco-arenoso (coluna da esquerda) e argiloso (coluna da direita) coletada às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e à distância do gotejador de 0,40 m, nos tratamentos: T4 - com cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T5 - com CB e PG de 0,20 m; T6 - com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005 124

Figura 46 – Variação do pH, ao longo do ciclo do melão, da solução extraída da pasta saturada do solo franco-arenoso coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 - sem CB e PG de 0,20 m; T3 - sem CB e PG de 0,40 m; T4 - com CB e PG de 0 m; T5 - com CB e PG de 0,20 m; T6 - com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005 126

- Figura 47 – Variação do pH, ao longo do ciclo do melão, da solução extraída da pasta saturada do solo argiloso coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005 127
- Figura 48 – Variação do pH, ao longo do ciclo do melão, da solução extraída da pasta saturada dos solos franco-arenoso (coluna da esquerda) e argiloso (coluna da direita) coletada nas profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e à distância do gotejador de 0,40 m, nos tratamentos: T4 - com cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005 129
- Figura 49 – Variação do pH, ao longo do ciclo do melão, da solução do solo (extratores de solução) franco-arenoso coletada na profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005 131
- Figura 50 – Variação do pH, ao longo do ciclo do melão, da solução do solo (extratores de solução) argiloso coletado às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005 132
- Figura 51 – Variação do pH, ao longo do ciclo do melão, da solução do solo (extratores de solução) franco-arenoso (coluna da esquerda) e argiloso (coluna da direita) coletada nas profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e à distância do gotejador de 0,40 m, nos tratamentos: T4 - com cobertura plástica (CB) e profundidade de

- gotejamento (PG) de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005..... 134
- Figura 52 – Variação da altura de plantas (cm) durante a fase de crescimento inicial da cultura no solo franco-arenoso: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005 136
- Figura 53 – Variação da altura de plantas (cm) durante a fase de crescimento inicial da cultura no solo argiloso: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005 137
- Figura 54 – Diâmetro de colo da planta (mm) ao longo da fase de crescimento inicial da cultura no solo franco-arenoso: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005 139
- Figura 55 – Diâmetro de colo da planta (mm) ao longo da fase de crescimento inicial da cultura no solo argiloso: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005 140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios mensais de radiação global (RG), temperatura (T), umidade relativa do ar (UR), número de horas de insolação e velocidade do vento (U_2), e precipitação mensal. Estes dados foram registrados no período do experimento, de setembro de 2005 a janeiro de 2006 – Piracicaba, SP, 2005-2006.....	49
Tabela 2 – Análise química dos solos utilizados no experimento: fósforo (P), enxofre (S), pH, matéria orgânica (M.O.), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez total (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) – Piracicaba, SP, 2005	51
Tabela 3 – Análise química dos solos utilizados no experimento: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) – Piracicaba, SP, 2005.....	52
Tabela 4 – Análise físico-hídrica dos solos utilizados no experimento: umidade na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP), densidade do solo (Ds), areia, silte, argila, floculação e classificação textural – Piracicaba, SP, 2005.....	52
Tabela 5 - Esquema da análise de variância para os experimentos em solo franco-arenoso (1) e em solo argiloso (2)	53
Tabela 6 – Vazões médias dos gotejadores (vazão nominal = 4 L h ⁻¹) selecionados para o teste de uniformidade, antes e depois do experimento – Piracicaba, SP, 2005	61
Tabela 7 – Percentagem dos nutrientes de N, P e K, por intervalo de 7 dias, recomendados para o melão	64
Tabela 8 – Total de fertilizantes aplicados via água de irrigação para 112 plantas da área experimental (112 m ²) – Piracicaba, SP, 2005	65
Tabela 9 – Valores de umidade de saturação (θ_s) e residual (θ_r) e dos parâmetros (α , n e m) do modelo de van Genuchten para os solos utilizados no experimento – Piracicaba, SP, 2005	68
Tabela 10 – Valores médios de umidade do solo (cm ³ cm ⁻³) ao longo do ciclo do melão nas diferentes posições do perfil do solo monitoradas via tensiômetro, para os 6 tratamentos, nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005	83

Tabela 11 – Valores médios do potencial mátrico (kPa) ao longo do ciclo do melão nas diferentes posições do perfil do solo monitoradas via tensiômetro, para os 6 tratamentos, nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005	84
Tabela 12 – Resumo da análise de variância para taxa de crescimento diário de altura de planta (TCDAP) aos 16, 23, 29, 38 e 43 DAT, nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005	137
Tabela 13 – Teste de Tukey para a comparação de médias da taxa de crescimento diário de altura de planta (TCAP), em cm dia^{-1} , entre os tratamentos (mulching e profundidade de gotejo), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005	138
Tabela 14– Resumo da análise de variância (valores do teste F) para taxa de crescimento diário do diâmetro de colo da planta (TCDDC) aos 16, 23, 29, 38 e 43 DAT, nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005	140
Tabela 15 – Teste de Tukey para a comparação de médias da taxa de crescimento diário do diâmetro de colo da planta (TCDDC), em mm dia^{-1} , entre os tratamentos (mulching e profundidade de gotejo), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005	141
Tabela 16 – Valores médios das características de produção: massa média do fruto (MMF), produção por planta (PP), produtividade estimada para as densidades de plantio de 10.000 e 20.000 plantas ha^{-1} (P_{10} e P_{20}), diâmetro longitudinal e transversal (DL e DT) e formato do fruto (FF), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005	141
Tabela 17 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para a massa média do fruto (MMF), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005.....	143
Tabela 18 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para a produção por planta (PP); produtividade estimada para as densidades de plantio de 10.000 e 20.000 plantas ha^{-1} (P_{10} e P_{20}), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005	144
Tabela 19 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para os diâmetros longitudinal e transversal (DL e DT), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005	145

Tabela 20 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para o formato do fruto (FF), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005.....	146
Tabela 21 – Valores médios das características qualitativas: espessura da casca e da polpa do fruto (EC e EP), pH, teor de sólidos solúveis do fruto (TSS), acidez titulável do fruto (AT), firmeza da polpa do fruto (FP), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005	147
Tabela 22 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para as espessuras de casca e de polpa do fruto (EC e EP), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005.....	148
Tabela 23 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para o desdobramento da fonte de variação “mulching” dentro de cada nível de profundidade de gotejamento, para a característica espessura de polpa (EP), no solo argiloso – Piracicaba, SP, 2005	148
Tabela 24 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para o pH do fruto, nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005	149
Tabela 25 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para o teor de sólidos solúveis do fruto (TSS), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005	150
Tabela 26 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para o desdobramento da fonte de variação “mulching” dentro de cada nível de profundidade de gotejamento, para a característica teor de sólidos solúveis da polpa (TSS), no solo argiloso – Piracicaba, SP, 2005	151
Tabela 27 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para a acidez titulável do fruto (AT), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005	152
Tabela 28 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para a firmeza de polpa do fruto (FP), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005.....	153
Tabela 29 – Valores médios de produtividade da água (PA) nos solos franco-arenoso e argiloso, em Kg de massa verde do fruto (MVF) por m ³ de água aplicada (175,2 mm), ou pela estimativa de água evapotranspirada para as caixas sem “mulching” (187,2 mm), ou, ainda, pela quantidade de água transpirada nas caixas com “mulching” (160,2 mm) – Piracicaba, SP, 2005.....	154

1 INTRODUÇÃO

A demanda crescente por recursos hídricos em diversas atividades, principalmente associada à incorporação de novas áreas irrigadas ao processo produtivo, tanto no Brasil como em outras partes do mundo, acentua a necessidade de seu manejo cada vez mais racional, de modo a assegurar a integridade, a produtividade, a diversidade e a vitalidade dos sistemas aquáticos e de suas bacias hidrográficas (BUCKS, 1995).

A “explosão demográfica” acarreta um comprometimento da água disponível no planeta, devido à demanda cada vez maior no atendimento às necessidades básicas e à produção de alimentos. Para o equacionamento, a agricultura utiliza-se de tecnologias sofisticadas, entre elas a irrigação, responsável pelo elevado consumo de 70 % de todo o volume de água captado (CHRISTOFIDIS, 2001). Este volume, no entanto, é responsável por 42 % da produção agrícola mundial (CHRISTOFIDIS, 2002). Isso mostra que, apesar da reconhecida importância da irrigação nesse processo, o enfoque da eficiência produtiva deve ser priorizado, a partir da medição de toneladas de alimentos produzidos por metro cúbico de água consumidos, em vez da produção por unidade de área.

Segundo informações de 2002, da ONU/OMS, apresentadas por Garcia (2004), há países no mundo que já importam água potável, retiram das geleiras ou trocam por petróleo.

Em condições de escassez qualitativa e quantitativa, a água deixou de ser um bem livre e passou a ter valor econômico. Esse fato contribuiu para a adoção de um novo paradigma de gestão desse recurso ambiental, que compreende a utilização de instrumentos regulatórios e econômicos, como a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Tal cobrança, mais do que instrumento para gerar receita, é indutora de mudanças pela economia da água, pela redução de perdas e pela gestão com justiça ambiental, pois se cobra de quem usa ou polui.

Diante desse cenário, a eficiência no uso da água passa a ser, a cada dia, uma exigência para os diversos usuários. O fato torna clara a necessidade de se fazer uso desse recurso com maior racionalidade, dentro das considerações econômicas inerentes a toda atividade produtiva (LOPEZ; ABREU; REGALADO, 1992), mediante técnicas que permitam um aproveitamento eficiente da água nas mais diversas atividades humanas, entre elas a irrigação.

A busca dessa eficiência conduziu ao aperfeiçoamento de técnicas de aplicação, que reduzem, ao máximo, os desperdícios. Dentre os métodos de irrigação, a irrigação por

gotejamento superficial é o método que mais se desenvolveu nas últimas décadas, devido à maneira racional e econômica de usar a água. Uma alternativa interessante, nesse contexto, é o gotejamento subterrâneo que, adicionado às vantagens do gotejamento superficial, evita que a demanda evaporativa da atmosfera interfira na distribuição de íons no bulbo molhado, reduzindo o acúmulo de sais fertilizantes na superfície do solo, em torno do ponto de emissão, e propiciando uma melhor produtividade das culturas, em função da melhor distribuição espacial desses íons no sistema radicular da planta.

Vásquez (2003), estudando o efeito da fertirrigação por gotejamento superficial e subsuperficial no meloeiro rendilhado, híbrido Bônus II, em condições protegidas na cidade de Piracicaba, SP, observou maiores produtividades total e comercial de 45 e 63 %, respectivamente, com os portagotejadores enterrados em relação ao gotejamento superficial, para a mesma dosagem de adubo e o mesmo nível de irrigação.

Ben-Asher e Phene (1993a), trabalhando em um solo de textura franco-argilosa, encontrou volume do bulbo molhado pelo sistema de gotejamento subterrâneo 46 % maior que o bulbo molhado pelo gotejamento superficial.

Outras técnicas contribuem para a melhoria da eficiência no processo produtivo. A utilização de filmes plásticos na cobertura dos solos (“mulching”) tem assumido importância fundamental na redução das perdas de água por evaporação, o que reduz, de 5 a 30 %, o consumo de água pela cultura (ALLEN et al., 1998). No Brasil, poucos trabalhos a respeito da técnica da cobertura plástica no solo foram desenvolvidos. Essa técnica tem assumido importante papel na cobertura dos solos, devido à facilidade de aplicação e às evidentes vantagens que proporciona aos cultivos.

Na cultura do melão, o uso de tais técnicas tem proporcionado a elevação da produtividade e da qualidade dos frutos. Entretanto, é importante entender os processos envolvidos no sistema água-planta-solo-nutriente, como a distribuição da água e dos íons no bulbo molhado, que justifiquem a utilização de tais técnicas. Essas informações são de grande importância tanto para o dimensionar o sistema quanto para manejá-lo, para determinar o espaçamento entre os emissores e definir as diferentes zonas de absorção de água e nutrientes.

Este trabalho, tem por objetivo, quantificar o rendimento e outras características quantitativas do meloeiro, como também observar os aspectos qualitativos dos interesses econômicos implícitos e estudar a distribuição espacial da água e de íons fertilizantes (nitrato e

potássio) no sistema radicular da cultura do melão, em dois tipos de solo: Latossolo Vermelho Amarelo (franco-arenoso) e Argissolo Vermelho (argiloso), submetidos aos efeitos da cobertura plástica no solo (“mulching”), em condições de gotejamento superficial e subsuperficial (0,20 e 0,40 m de profundidade).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do melão

O melão (*Cucumis melo* L.) pertence à família botânica Cucurbitaceae. Em importante trabalho de pesquisa, Mallick e Massui (1986) relacionaram 40 variedades botânicas a essa espécie, admitindo, entretanto, que pode haver duplicação de nomes. Sua origem ainda não está bem definida, pois alguns autores acreditam que seja na África, enquanto outros, no oeste da Ásia (MALLICK; MASSUI, 1986; ZAPATA et al., 1989).

Atualmente, os principais melões produzidos comercialmente pertencem a dois grupos: *Cucumis melo inodorus* Naud. e *Cucumis melo cantalupensis* Naud., que correspondem aos melões inodoros e aos aromáticos, respectivamente. Os melões do primeiro grupo são os denominados melões de inverno, que apresentam frutos com casca lisa ou levemente enrugada, coloração amarela, branca ou verde-escura. Os do segundo grupo incluem os melões com superfície rendilhada, verrugosa ou escamosa, podendo, ou não, apresentar gomos, polpa com aroma característico, podendo ser de coloração alaranjada, salmão ou verde (híbrido Bônus II) (ALVES et al., 2000).

A espécie apresenta plantas anuais, herbáceas, de caule prostrado, com um número de hastes ou ramificações variável, em função da cultivar. As folhas são alternadas, simples, palmadas, pentalobuladas, angulosas, quando jovens, e subcordiformes quando, completamente desenvolvidas. Possui gavinhas, os que são órgãos de sustentação da planta, que nascem nas axilas das folhas (PEDROSA, 1997).

As raízes do meloeiro desenvolvem-se até a extensão das ramas e podem atingir até 1,2 m de profundidade. Contudo, a profundidade efetiva do sistema radicular situa-se nos primeiros 30 - 50 cm da superfície. Para atingir altas produtividades, é importante que fertilizantes e água de irrigação sejam fornecidos nessa profundidade de solo. Entretanto, mesmo em solos rasos, é possível o cultivo do meloeiro, principalmente com irrigação por gotejamento, que limita o desenvolvimento de raízes dentro de um bulbo molhado (SILVA et al., 2000).

A temperatura é o principal fator climático que afeta a cultura do melão, desde a germinação das sementes até a qualidade do fruto. Para haver bom crescimento das plantas e boa produtividade, a cultura necessita de temperaturas elevadas, na faixa de 20 a 32°C (PEDROSA, 1997).

A intensidade luminosa é outro fator climático que exerce influência na cultura do melão. A ação da luminosidade, interagindo com a temperatura, foi discutida por Whitaker e Davis (1962). Eles verificaram que, em temperaturas abaixo do ótimo, a taxa de crescimento foliar era determinada pela intensidade luminosa. A redução da intensidade de luz ou o encurtamento do período de iluminação contribuem para uma área foliar menor.

A umidade relativa do ar ótima para o meloeiro situa-se na faixa de 65 a 75 %, durante a fase de crescimento vegetativo (BRANDÃO FILHO; VASCONCELLOS, 1998). Em contrapartida, regiões com altos índices pluviométricos, elevada umidade relativa do ar, por períodos prolongados, e excesso de umidade no solo dificultam ou até inviabilizam o cultivo do meloeiro, principalmente pela falta de resistência foliar a doenças e pelo efeito deletério de chuvas na qualidade dos frutos (ELMSTROM; MAYNARD, 1992; MARR, 1994).

O meloeiro necessita, para um bom desenvolvimento, de solos leves e soltos, profundos, com boa drenagem, textura franco-arenosa a areno-argilosa e, sobretudo, que permitam o estabelecimento do sistema radicular e a infiltrabilidade da água quando esta, sob a pressão atmosférica, está disponível na superfície do solo (SOUSA et al., 1999; HILLEL, 1982). O melão é a cucurbitácea mais exigente em pH do solo, comportando-se melhor naqueles que estejam na faixa de 6,4 a 7,2, sendo, portanto, uma cultura considerada sensível à acidez (FILGUEIRA, 2000).

2.1.1 Importância socioeconômica

A produção de melão é uma atividade de grande importância social e econômica para o Brasil, através da geração de empregos e de oportunidades de negócios. Com efeito, cada vez mais, são geradas novas atividades rentáveis na prestação de serviços, na assistência técnica e inovação tecnológica, atraindo investimentos na agroindústria.

O melão posiciona-se como a oitava fruta mais produzida no mundo - 21,7 milhões de toneladas em 2002 - e está entre as dez mais exportadas, com mercado internacional estimado em mais de 1,6 milhão de toneladas por ano (FAO, 2003).

No mercado nacional, representa uma das espécies olerícolas de maior expressão econômica, atingindo 15,8 % das exportações brasileiras de frutas frescas em 2002, o que credencia, ao país, o 6º lugar em volume de exportações de melão no mundo, respondendo por 7 % do total das negociações. As exportações de melão tiveram um crescimento de 116 % nos

últimos anos, passando de 45,7 mil toneladas em 1997 para 98,74 mil toneladas em 2002, correspondendo a US\$ 37,8 milhões (FNP, 2003).

A produção brasileira de melão, em 2004, foi de aproximadamente 341 mil toneladas, numa área colhida de 15,5 mil hectares, resultando em uma produtividade média de 22 toneladas por hectare. Rio Grande do Norte e Ceará são os dois principais estados produtores, com 167 mil toneladas e 110 mil toneladas, respectivamente. A Chapada do Apodi, localizada entre os rios Açu (RN) e Jaguaribe (CE), é responsável por mais de 80% da safra brasileira (IBGE, 2007). O restante da produção concentra-se no estado de São Paulo e no Rio Grande do Sul, cultivados, normalmente, em ambiente protegido.

Atualmente, a lucratividade do mercado interno é baixa. Nos últimos três anos, o mercado doméstico brasileiro não apresentou crescimento significativo para o melão. As exportações, no entanto, aumentaram em 26 %, de 2004 para 2005, o que representa um ganho de US\$ 28 milhões (FNP, 2007). De 2005 a 2006, as exportações estagnaram devido, aparentemente, à concorrência de outros países, pois o mercado mundial está em crescimento. A comercialização do melão para o mercado externo é feita somente por grandes empresas, que têm estruturas adequadas à exportação. A Europa é o destino das exportações brasileiras, quase em sua totalidade. O calendário de exportação concentra-se nos meses de agosto a março, pois, nos demais meses, existem países com preços mais favoráveis no mercado europeu, como a Espanha.

2.1.2 Necessidade hídrica

A quantidade de água que se perde, em uma área cultivada, por evaporação da superfície do solo e por transpiração da planta, denomina-se necessidade hídrica (DOORENBOS; KASSAN, 1998; ALLEN et al., 1998). As necessidades hídricas das culturas são bastante variáveis e dependem, principalmente, das condições climáticas. Doorembos e Kassan (1998) afirmam que a necessidade de água das culturas se expressa, normalmente, pela taxa de evapotranspiração e que depende das condições meteorológicas, da disponibilidade hídrica do solo e da cobertura do solo.

A água é fator limitante para o desenvolvimento agrícola: tanto a falta como o excesso afetam o crescimento, a sanidade e a produção das plantas. A irrigação é uma prática agrícola cujo propósito é manter adequado o estado hídrico das plantas, para assegurar desenvolvimento, produtividade e rentabilidade econômica. Conforme Reichardt (1978), a água é indispensável

para a produção e, por isso, a sua falta ou o seu excesso afetam, significativamente, o rendimento de uma cultura, tornando evidente a necessidade do manejo racional, para se maximizar a produção.

O melão é uma cultura que responde bem à irrigação, cuja eficiência tem proporcionado significativos aumentos na produtividade. Muitos estudos têm mostrado que a irrigação por gotejamento é um eficiente método de aplicação de água e de fertilizantes, especialmente para a cultura do melão, que não tolera umidade na parte aérea (SOUSA et al., 1999; PINTO et al., 1999).

O sistema de gotejamento foi desenvolvido para a alta frequência de irrigação e dos níveis de água no bulbo úmido, estáveis e próximos do limite superior de água disponível (RAWLINS, 1973; BRESLER, 1978). No meloeiro, com intervalos de irrigação acima de três dias, a produtividade de frutos reduz-se e os efeitos da irrigação por gotejamento tendem a igualar-se aos dos outros métodos de irrigação (WILLARDSON; BOHN; HOBER, 1974; COELHO; OLITA; ARAÚJO, 1978).

Schmueli e Golberg (1978) registraram redução de 30 % na produtividade de melão, quando a frequência de irrigação passou de um para cinco dias. Aragão Júnior; Magalhães e Santos (1991) relacionaram a frequência de irrigação, o teor de água no solo e a produtividade do meloeiro. O maior rendimento foi obtido com teor de água no solo próximo à capacidade de campo, o qual foi mantido, com aplicações diárias de água.

Mancina (1977), analisando diferentes frequências e diferentes lâminas de água no cultivo de melão irrigado por gotejamento, verificou que a maior produção foi obtida com aplicações diárias e lâminas correspondentes a 80 % da evaporação do tanque classe A.

Medeiros et al. (2000), estudando a produção do melão sob diferentes lâminas de água, observaram que a lâmina de irrigação afetou o rendimento do melão, sendo crescente com o aumento da lâmina. Observa-se, para a faixa de lâmina estudada (153 a 316 mm), um incremento de $78,4 \text{ kg mm}^{-1}$ de água aplicada. Segundo Hernandez (1995), lâminas acima da ET_m da cultura reduzem o rendimento, como ocorre com lâminas inferiores.

2.1.3 Exigências nutricionais

Conforme Silva et al. (2000), o nitrogênio e o potássio são os elementos extraídos em maiores quantidades pelo meloeiro, participando com mais de 80 % do total de nutrientes

extraídos, 38 e 45 %, respectivamente. A taxa de absorção de nutrientes pelo meloeiro é mais rápida após o início do florescimento, estendendo-se até a fase inicial de frutificação do meloeiro. Em São Paulo, Belfort et al. (1988) verificaram que o acúmulo de macronutrientes no melão se intensifica a partir de 30 dias.

A cultura do melão é exigente em nutrientes, particularmente, em potássio que, segundo Prabhakar; Srinivas e Shukla (1985), é o principal responsável pela translocação de carboidratos para os frutos, com importante participação na produção e na qualidade dos frutos. Absorvido pelas raízes na forma de K^+ , o potássio desempenha várias funções na planta, tais como controle da turgidez do tecido, ativação de muitas enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese, abertura e fechamento de estômatos, transporte de carboidratos, transpiração, resistência à geadas, à seca, à salinidade e à doença, resistência ao acamamento e manutenção da qualidade dos produtos (MALAVOLTA, 1980; MENGEL; KIRKBY, 1987).

Do ponto de vista biológico, o potássio é o elemento mais abundante nas células vegetal e animal, sendo essencial na constituição do organismo; sem ele, a vida não seria possível. Sua deficiência produz melões ocos, com baixo conteúdo de açúcares. Prabhakar; Srinivas e Shukla (1985) verificaram que o aumento na produtividade do melão, causado pela adição de potássio, decorreu do aumento no peso dos frutos, em virtude do papel importante do potássio na translocação de carboidratos. A sacarose, embora ausente em frutos imaturos, tornou-se o maior constituinte dos carboidratos no fruto maduro. As mudanças no teor de sólidos solúveis totais, durante o amadurecimento do fruto, correlacionaram-se positivamente com o pH, certos aminoácidos, o sódio e o potássio.

Quanto ao nitrogênio, Lopes (1989) afirma que ele é um nutriente essencial para a vida vegetal, pois constitui a estrutura do protoplasma da célula, da molécula da clorofila, dos aminoácidos, das proteínas e de várias vitaminas, além de influenciar as reações metabólicas da planta. O nitrogênio é absorvido nas formas de NO_3^- e NH_4^+ , sendo essencial para a síntese de aminoácidos, que compõem as proteínas, a clorofila, os alcalóides, os ácidos nucleicos, os hormônios, as enzimas e as vitaminas. Além disso, tem influência sobre o desenvolvimento do sistema radicular e sobre a absorção do potássio.

A importância que o nitrogênio exerce sobre a qualidade dos frutos é devida, provavelmente, ao seu controle na fisiologia (enzimas) do fruto. Bhelle e Wilcox (1986) verificaram que os frutos de melão das plantas que não receberam nitrogênio tinham a polpa

mole, eram deformados, de cor amarelo-clara, fracamente reticulados, ao passo que os frutos das plantas que receberam nitrogênio tinham a polpa consistente, o formato arredondado, ou ligeiramente oval, a cor verde-mosqueada com amarelo-claro e eram bastante reticulados.

Prabhakar; Srinivas e Shukla (1985) observaram que o aumento na produtividade do melão, provocado pela adição de nitrogênio, foi devido ao aumento no número e no peso dos frutos. No submédio do Vale do São Francisco, Faria; Ferreira e Possídio (1994) constataram a influência positiva do nitrogênio no teor de sólidos solúveis, no peso e no número de frutos do melão. Posteriormente, Faria et al. (2000) observaram os mesmos resultados.

2.2 Irrigação por gotejamento subsuperficial

O desenvolvimento do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial (SDI – subsurface drip irrigation), também denominado irrigação por gotejamento enterrado ou subterrâneo, teve início com a irrigação por gotejamento nos Estados Unidos, aproximadamente em 1959, especialmente na Califórnia (DAVIS; N. JÚNIOR; DAVIS, 1967) e Havaí (VAZIRI; GIBSON, 1972). Em 1970, em Israel, estavam sendo desenvolvidos sistemas de SDI, juntamente com sistemas de injeção de fertilizantes (GOLDBERG; SHMUELI, 1970).

Essa técnica pode ser definida como a aplicação de água com emissores abaixo da superfície do solo, com vazões próximas às utilizadas na irrigação por gotejamento superficial. O sistema de gotejamento subterrâneo, em comparação ao superficial, tem uma série de vantagens adicionais, como aplicar água e nutrientes diretamente na zona radicular, reduzir as perdas por evaporação, evitar danos mecânicos durante as operações de cultivo e danos às tubulações devido à ação dos roedores, proporcionar maior crescimento do sistema radicular, reduzir a umidade na superfície do solo, minimizar a incidência de doenças nas culturas (CAMP, 1998; SILVA et al., 1999) e reduzir o risco de transmissão de doenças, o que favorece o uso de águas residuais no fornecimento às culturas (SUAREZ-REY; CHOI; WALLER, 1999).

O fornecimento de água pontual proporciona concentração de umidade na região próxima ao emissor, denominada bulbo úmido, onde a disponibilidade de água para a planta é mantida em condições ideais. Segundo Phene e Ruskin (1995), a irrigação por gotejamento subsuperficial melhora a eficiência de aplicação, pois o volume armazenado no solo pode ser maior do que nos outros sistemas de irrigação. Sánchez (1996) cita também, como vantagem do

gotejamento subsuperficial, a aplicação de fertilizantes de baixa mobilidade no solo, via água de irrigação, próxima às raízes, resultando em maior aproveitamento destes.

Segundo Zoldoske et al. (1998), os sistemas de gotejamento enterrado, tanto para as culturas de ciclo curto quanto para as perenes, poderão ter vida útil igual ou superior a 20 anos. Eles afirmam também que esses sistemas permitem significativa redução na aplicação de herbicidas, para controlar as ervas nas entrelinhas, em lavouras com culturas perenes, bem como a redução do tráfego de máquinas, poupando combustível e provocando menor compactação do solo, devido à não ocorrência de umedecimento da superfície do solo, o que resulta em entrelinhas livres de plantas daninhas.

Em algumas regiões do mundo o gotejamento enterrado tem sido empregado na irrigação de gramados, jardins, cana-de-açúcar, citrus, uvas, café e hortaliças. Ayars et al. (1999) informam que a área irrigada por microirrigação na Califórnia, EUA, em 1995, era de 626 mil hectares, sendo 99 mil por gotejamento subsuperficial.

Vários autores constataram vantagens do SDI sobre outros sistemas de irrigação e em várias condições de manejo. Comparando SDI aos sistemas de irrigação por sulcos, pesquisas em várias partes do mundo observaram aumento na produtividade das culturas cultivadas sob SDI, como encontrado por Phene et al. (1992) e Henggeler (1995) no algodão, Phene e Sanders (1976) na cultura do milho doce, Bogle; Hartz e Nunes (1989) e Rose et al. (1982) na cultura do tomate, entre outros. Quando comparado à irrigação por aspersão, esse sistema também apresentou vantagens produtivas, menores custos de manutenção e de uso da água, constatados na Califórnia por Detar et al. (1996), na batata, utilizando de 50 a 70 % da máxima necessidade de água da cultura.

O gotejamento subsuperficial, entretanto, está sujeito à maioria dos problemas que ocorrem no gotejamento superficial, somando-se, ainda, a obstrução dos emissores por sucção de partículas sólidas e à possibilidade de penetração do sistema radicular das culturas e plantas daninhas nos emissores, causando danos à vazão, acréscimo de perda de carga localizada nas linhas laterais, prejudicando a vazão dos emissores a jusante do ponto de intrusão, bem como desequilíbrio hidráulico ao sistema. Estabelecer maior controle no sistema, como filtragem eficiente, níveis de umidade no solo que não causem déficit hídrico nas plantas, aplicação de agentes contra a intrusão radicular, sistema de limpeza das linhas laterais e monitoramento da leitura dos hidrômetros, faz-se imprescindível, pois trata-se de um sistema de difícil identificação

de problemas (FARIA, 2002). Casão (1998) considera que este problema possa ser prevenido pelo uso de ventosas, gotejadores especiais e/ou injeção de Trifluralina em pequenas concentrações.

A principal limitação do gotejamento subterrâneo está geralmente relacionada ao estabelecimento inicial da cultura. Por não umedecer a superfície do solo, ou não permitir as condições satisfatórias de umidade para a germinação de sementes ou para o pegamento de mudas, faz-se necessário um segundo sistema de irrigação, freqüentemente por aspersão, aumentando os custos e reduzindo o retorno econômico (MAY, 1997; CAMP, 1998).

2.2.1 Profundidade de gotejamento

Vários estudos vêm sendo realizados, principalmente na Califórnia, com gotejamento subterrâneo em tomateiro industrial. May (1997) obteve produtividade de até 139 Mg ha⁻¹, enquanto Phene et al. (1992) demonstraram que valores acima de 200 Mg ha⁻¹ podem ser alcançados, desde que a irrigação e a fertirrigação sejam realizadas de forma precisa e sob o regime de alta freqüência. Nas condições de cerrados do Brasil Central, Silva et al. (1999) obtiveram produtividade em torno de 100 Mg ha⁻¹. As profundidades de instalação de gotejadores por May (1997), Phene et al. (1992) e Silva et al. (1999) foram de 0,25, 0,45 e 0,15 m, respectivamente.

A profundidade ideal para a instalação, entretanto, depende de vários fatores, especialmente das características físicas, hídricas e químicas do solo. Assim, solos profundos, férteis e com altos valores de condutividade hidráulica não saturada permitem maiores profundidades de instalação dos gotejadores. Como regra geral, Camp (1998) sugere que a profundidade deve ser suficiente para que não haja afloramento de umidade na superfície do solo e para que as operações de preparo possam ser realizadas sem causar danos às linhas laterais.

Segundo Phene e Sanders (1976), a profundidade de gotejo varia de 0,02 a 0,70 m, dependendo do solo e da cultura. Em casos em que a cultura não é considerada, por exemplo a grama e a alfafa, profundidades adequadas variam de 0,10 a 0,40 m. A germinação das sementes, o estabelecimento, o crescimento de mudas e a existência de camadas de solo que interferem no movimento ascendente da água, também são outros fatores que afetam a profundidade de gotejo.

Vásquez (2003) observou produtividades total e comercial do melão de 45 e 63 % maiores, respectivamente, com os tubogotejadores enterrados a uma profundidade de 0,20 m em relação ao gotejamento superficial, na cidade de Piracicaba, SP.

2.3 Formação do bulbo molhado na irrigação localizada

A estimativa adequada da forma e da dimensão do bulbo molhado é de fundamental importância para a determinar o número de emissores por planta e a sua localização em relação à planta ou à fileira de plantas, principalmente para fins de dimensionamento dos sistemas e do próprio manejo da irrigação, posto que o volume de água aplicado está diretamente relacionado à área molhada.

O aumento na porcentagem de área molhada pelos emissores é desejável para o bom desenvolvimento das plantas, bem como para a redução da necessidade do número de gotejadores por planta. Em alguns cultivos, o aumento na dimensão do bulbo molhado pode proporcionar condições para que se reduza o número de linhas de tubogotejadores na área de cultivo, corroborando para minimizar os custos de implantação do sistema de irrigação, em culturas perenes, principalmente.

Devido às suas características específicas, Howell; Stevesnson e Aljibury (1983) mencionam que os sistemas de irrigação localizada devem ser avaliados, não apenas no que diz respeito à uniformidade da aplicação, mas também ao aspecto da distribuição de água no solo, a fim de verificar seus efeitos, em termos de perda por percolação profunda, e do volume de solo a ser explorado pelas raízes.

A irrigação por gotejamento compreende basicamente os processos de infiltração e redistribuição de água no bulbo molhado, dependendo a predominância de um processo ou de outro da frequência da irrigação. A intensidade desses processos, associados à atividade do sistema radicular das plantas, determina a dinâmica da água no bulbo molhado.

A distribuição de água no bulbo molhado é dependente do volume total de água aplicado, da vazão, da disposição dos gotejadores (fonte pontual ou fonte em linha), das condições iniciais e de contorno, das propriedades físicas do solo e de sua distribuição espacial, da atividade do sistema radicular das plantas, do manejo da irrigação, da demanda evaporativa da atmosfera e da posição do gotejador (na superfície do solo ou enterrado) (BRANDT et al., 1971;

LEVIN; van ROYNER, 1979; TAGHAVI; MARIÑO; ROLSTON, 1984; DASBERG; BRESLER, 1985; GOLDBERG; GORNAT; RIMOM, 1986; COELHO; OR, 1996).

Segundo estudos desenvolvidos por Ben-Asher e Phene (1993a), num solo de textura franco-argilosa, o volume do bulbo molhado do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial (SDI) foi 46 % maior que o do bulbo molhado do sistema de irrigação por gotejamento superficial. Da mesma forma, a superfície molhada para o uso das raízes, que corresponde ao bulbo do sistema de SDI, foi 62 % maior que no sistema de irrigação por gotejamento superficial.

Nogueira; Coelho e Leão (2000) fizeram comparações entre os bulbos molhados originados da ação de gotejadores localizados na superfície do solo e de gotejadores enterrados, num solo Argissolo Vermelho Amarelo, sob uma vazão de $2,6 \text{ L h}^{-1}$. Observaram que a disponibilidade de água (entre 29 e 44 %) foi maior no caso do emissor enterrado. A esse respeito, Assouline (2002) indica que, sob a irrigação por gotejamento, a zona de encharcamento que se desenvolve em torno do emissor é fortemente afetada pela taxa de aplicação e pelas propriedades do solo. O padrão de molhamento durante a aplicação de água, geralmente, consiste de duas regiões: (i) região saturada perto do emissor e (ii) região onde o conteúdo de água diminui em direção à frente de molhamento.

O volume de água de um emissor é diretamente proporcional à dispersão horizontal do fluxo e inversamente proporcional à profundidade alcançada (FLOCH; FÁBREGA, 1994). Os fatores que geralmente influenciam o regime de água no solo em gotejamento são: o regime de fluxo (que ocorre em duas ou três dimensões, e não simplesmente unidimensional, na vertical), a alta frequência de aplicação, que garante ao solo uma pequena variação na faixa de umidade, e o pequeno volume de solo molhado (WARRICK, 1986).

2.4 Cobertura plástica no solo (“mulching”)

A cobertura do solo é uma prática utilizada há muitos anos pelos agricultores e consiste na deposição, sobre a superfície do solo, de uma camada protetora, formada por areia ou material de origem vegetal como, palha, folhas secas e serragens. Com o advento do plástico na horticultura houve a redução das perdas por podridões, causadas pela degradação desses restos culturais (ARMENGOL; BADIOLA, 1997), além do aumento substancial no rendimento das culturas, devido à maior conservação de água e de nutrientes no solo, à proteção contra a erosão,

à menor amplitude térmica, ao aumento da atividade microbiana, ao aumento da fotossíntese, ao efeito repelente sobre os insetos, ao maior controle sobre plantas invasoras e à proteção do fruto do contato direto com o solo (SAMPAIO; ARAÚJO, 2001).

Em 1951, o Japão começou a utilizar o filme de PVC para o emprego agrícola e hoje é o principal país que utiliza a técnica da plasticultura, para manter uma oferta constante de produtos agrícolas, apesar de suas limitações de áreas agricultáveis. A cobertura de polietileno é, atualmente, uma prática cultural comum no México (IBARRA; FLORES; DÍAZ-PÉREZ, 2001), no Japão, na Espanha (MARTINS et al., 1998), nos Estados Unidos (PEDROSA, 1997), em Israel e na África do Sul. Os primeiros registros da utilização de filmes de polietileno no Brasil datam de 1967 no cultivo de morango em São Paulo (GOTO, 1997). É uma prática simples de ser aplicada e traz excelentes resultados na maior parte das culturas.

O uso de cobertura plástica evita que os frutos tenham contato direto com o solo, influenciando nas suas qualidade e apresentação, permitindo maior aproveitamento dos frutos e maior lucratividade. Além disso, diminui a evaporação da superfície do solo, contribuindo, significativamente, para a redução da evapotranspiração das culturas (SILVA, M. C. C., 2002), sobretudo nas fases iniciais da mesma, consistindo numa importante alternativa para economizar água na agricultura.

Vários trabalhos descrevem as inúmeras vantagens do uso de plástico como cobertura do solo, tais como aumento da umidade do solo; manutenção da temperatura do solo mais constante; conservação da estrutura do solo, evitando a compactação e a erosão; redução da perda por lixiviação de adubos e corretivos, permitindo um melhor aproveitamento deles pelo sistema radicular; proteção do sistema radicular contra danos de equipamentos; dispensa nas capinas ou redução na aplicação de herbicidas; influência direta sobre as pragas e as doenças; proteção dos frutos do contato direto com o solo e aumento da precocidade das colheitas (SPICE, 1959; GARNAUD, 1974; ARAÚJO; SOUZA; SILVA, 1993; WELBAUM; WOOG, 1994; CASTELLANE; ARAÚJO, 1995; SALVETTI, 1995; POFFLEY, 1997; BECK; PARSONS; ROBERTS, 1998; McCRAW, 1998; HOCHMUTH; HOCHMUTH; OLSON, 2001; SANDERS, 2001).

A conservação da umidade do solo é uma das principais características atribuídas à cobertura do solo (MOURA NETO, 1993), pois esta forma uma camada protetora rente ao solo, fazendo com que a água se condense, evitando que esta se perca por evaporação (McCRAW,

1998). A cobertura plástica, assim, conserva a camada superficial do solo úmida por mais tempo, fazendo que as raízes das plantas não necessitem se aprofundar em busca da água, desenvolvendo-se mais no sentido horizontal, aproveitando a camada mais rica em nutrientes (KNAVEL; MOHR, 1967; SGANZERLA, 1997).

Os filmes plásticos apresentam, em geral, a mesma capacidade de conservação da água no solo. Entretanto, o movimento da água no solo pode ser modificado pela temperatura, que, por sua vez, é influenciada pela cor da cobertura. O filme transparente provoca um maior aquecimento do solo e uma menor evaporação da água que se condensa na parte inferior do filme. Nestas condições, a camada superior do solo torna-se mais seca e a planta pode sofrer estresse hídrico. No filme preto, o aquecimento do solo é menor, gerando um menor gradiente de temperatura e, conseqüentemente, menor movimento de água no solo (GARNAUD, 1974).

A temperatura do ar, especialmente na parte inferior da planta, também varia de acordo com a coloração do plástico. Em geral, a temperatura média diária, medida a 5 cm da superfície da cobertura plástica preta, é mais alta do que em solos sem cobertura. O aumento é mais evidente para os filmes transparente, os quais facilitam as trocas convectivas com o solo. Já o filme branco-opaco, em razão das suas propriedades refletivas e da menor temperatura do solo, apresenta a temperatura do ar, acima da cobertura, maior do que o solo sem cobertura. (TSEKLEEV et al., 1993).

A fertilidade dos solos também é influenciada pelo uso de filmes plásticos, uma vez que estes impedem que a água da chuva provoque lixiviação dos elementos fertilizantes (SGANZERLA, 1997; MCGRAW, 1998; HOCHMUTH; HOCHMUTH; OLSON, 2001; SANDERS, 2001). O aumento da temperatura e da umidade dos solos favorece a atividade microbiana e a maior mineralização do nitrogênio orgânico do solo e a nitrificação dos adubos, aumentando a disponibilidade desse nutriente nas camadas mais superficiais do solo (ZAPATA et al., 1989; SAMPAIO; FONTES; SEDIYAMA, 1999). Além disso, reduz as perdas por lixiviação e a volatilização de nutrientes essenciais para as plantas, especialmente nos períodos de elevada precipitação pluviométrica (FISCHER, 1992).

As mudanças favoráveis no microclima da planta (temperatura e umidade), além da fertilidade, promovidas pelo uso de filmes plásticos, intensificam o crescimento e o desenvolvimento das plantas e aceleram a maturação dos frutos, possibilitando, aos agricultores,

chegar antes ao mercado e conseguir melhores preços pelos seus produtos, além de liberar mais cedo a terra para o cultivo seguinte (SGANZERLA, 1997; TSEKLEEV et al., 1993).

O aumento da produção nos cultivos vai depender do tipo de cobertura e do manejo utilizado. Os filmes plásticos com maior capacidade de refletir o espectro solar permitem às folhas da parte inferior e do interior da planta serem beneficiadas com essa radiação refletida, aumentando, conseqüentemente, a área fotossintetizante da planta, garantindo mais fotossintatos para essa planta desenvolver-se (TSEKLEEV et al., 1993). O aumento da concentração de CO₂, canalizado pela abertura onde se encontra a planta e liberado pelas raízes das plantas e pelos microorganismos que se acumulam sob o filme, é importante para o aumento da fotossíntese que, por sua vez, ativa o crescimento (KANAVEL; MOHR, 1967; GARNAUD, 1974; SANDERS, 2001).

Diversos filmes plásticos podem ser utilizados para cobrir os solos: opaco, preto, transparente, cinza, verde, azul, violeta, laranja, marrom, amarelo e prateado/preto (dupla-face). Dependendo da coloração, da opacidade ou da transparência, esses filmes apresentam maior ou menor capacidade de transmitir radiações caloríficas e visíveis (SGANZERLA, 1991).

Conforme Ham; Kluitenberg e Lamont (2000), os filmes brancos e aluminizados, apresentam maior capacidade de reflexão da luz solar e os pretos, maior capacidade de transmissão que o filme aluminizado. O filme transparente favorece um incremento da temperatura do solo superior a qualquer outro tipo de cobertura (ARMENGOL; BADIOLA, 1997). A temperatura do solo, pela manhã, ao meio-dia e durante a noite, aumentou significativamente com o uso deste material (OROZCO-SANTOS; PREZE-ZAMORA; LOPEZ-ARRIAGA, 1995). Os filmes transparentes têm capacidade de transmitir aos solos elevado percentual de radiações solares, ocasionando um aumento da temperatura do solo e o conseqüente incremento da evaporação, formando um filme d'água no plástico, que dificulta a perda de calor durante a noite.

Streck et al. (1996) observaram que os filmes branco, amarelo e verde apresentaram maior refletividade à luz solar e que, no período diurno, a temperatura do solo foi maior nos filmes preto, azul e vermelho. Decoteau; Kasperbauer e Hunt (1990), utilizando filmes branco, vermelho, e prateado, verificaram refletividade de 35, 12 e 3 % dos raios solares incididos sobre esses filmes, respectivamente. Trabalhando com diferentes filmes plásticos, Reis (1985) constatou que os filmes azul, escuro e claro, e o vermelho proporcionaram maior aquecimento do

solo comparado ao solo descoberto. Já os plásticos branco e refletivo apresentaram temperaturas inferiores à do solo descoberto.

O filme preto impede o crescimento de ervas daninhas sob a cobertura, porém consegue um menor aumento na temperatura do solo. Apesar da grande quantidade de calor recebida, proporciona aquecimento apenas na superfície do solo. No entanto, em regiões de radiação extrema, chega a causar queimaduras em folhas e frutos (ARMENGOL; BADIOLA, 1997). Streck; Schneider e Buriol (1993) observaram que os valores estimados do fluxo de calor foram maiores no solo coberto com polietileno preto que no solo desnudo.

Os filmes prateados refletem a maior parte dos raios solares, transmitindo pouca energia aos solos, evitando o aquecimento e constituindo-se num dos materiais sintéticos mais adequados para regiões quentes (SGANZERLA, 1991; ARMENGOL; BADIOLA, 1997). Araújo et al. (1993) verificaram que o filme de polietileno prateado promoveu menor aquecimento do solo a 5 cm de profundidade do que o filme de polietileno preto e o solo descoberto.

2.4.1 Efeitos da cobertura do solo nas culturas

Ham; Kluitenberg e Lamont (2000) afirmam que o filme plástico de polietileno é determinante no comportamento energético-radiante e influencia no microclima formado para a planta, interferindo na fotobiologia da cultura e na temperatura do solo, com efeito direto na fenologia, na qualidade e na produção.

Alves et al. (2000) consideram que a proteção do filme plástico é importante para a cultura do melão, principalmente do Cantaloupe, que tende a perder a coloração ou a não formar a reticulação desejada na área em contato com o solo.

Alho, agrião, alface, abóboras, abobrinha, berinjela, beterraba, cebola, cenoura, morango, melão, melancia, pepino, pimentão, pimenta, quiabo e tomate são algumas de muitas hortaliças que se beneficiam com o uso de filmes plásticos como cobertura do solo (SGANZERLA, 1997; HOCHMUTH; HOCHMUTH; OLSON, 2001; SANDERS, 2001). Dependendo da cultura, o aumento de produção, com o uso da cobertura plástica do solo, pode atingir até 100 %, como é o caso do melão e do pepino, cuja estimativa pode atingir de 70 a 100 % (SAMPAIO; ARAÚJO, 2001).

O uso do “mulching” pode proporcionar aumentos no rendimento de 3 a 5 vezes maior que a média do estado da Carolina do Norte (EUA), em melão Cantaloupe, pepino, pimenta, abóbora, tomate e melancia (SANDERS, 2001).

Botrel e Siqueira (1990), nas condições climáticas de Minas Gerais, trabalhando a cultura do abacaxizeiro, com película de polietileno, verificaram que se tratava de uma prática eficiente na economia de fertilizantes e no aumento da produtividade.

Decoteau; Kasperbauer e Hunt (1990) afirmam que as diferentes cores dos filmes plásticos afetam o desenvolvimento do pimentão, devido à quantidade e à qualidade da luz refletida e à temperatura do solo. Ao testarem os plásticos preto, vermelho, amarelo e branco, puderam observar que as plantas cultivadas sob o filme plástico vermelho ficaram mais altas. Os plásticos mais escuros, preto e vermelho, refletiram uma menor quantidade de luz, e os mais claros, amarelo e branco, registraram menores temperaturas do solo durante a noite.

Resultados de pesquisas realizadas na Flórida (EUA), com filme plástico preto na cultura da melancia, indicam que o seu uso produz rendimentos maiores e mais precoces do que com solo descoberto (HOCHMUTH; HOCHMUTH; OLSON, 2001).

Silva, M.C.C. (2002), avaliando a produtividade do melão Cantaloupe ‘Trusty’, cultivado sob plástico preto e solo descoberto, observou aumento de 34 % no número de frutos comerciáveis. Entretanto, não verificou diferença significativa entre as coberturas, quando trabalhou com o melão amarelo ‘Gold Mine’.

Um aumento expressivo na produção total de melão Cantaloupe ‘Durando’, cultivado sob plástico transparente ($31,2 \text{ Mg ha}^{-1}$), foi observado por Orozco-Santos; Preze-Zamora e Lopez-Arriaga (1995), quando comparada à do solo descoberto ($6,9 \text{ Mg ha}^{-1}$). O rendimento dos frutos tipo exportação e mercado interno foram, respectivamente, 11 e 2 vezes maiores sob o plástico transparente do que em solo descoberto. Ibarra; Flores e Díaz-Pérez (2001) observaram que a cobertura do solo, com filme de polietileno preto, propiciou uma colheita mais precoce e um aumento na produção de melão, em relação ao solo descoberto.

Cultivando melão com plástico preto, transparente e em solo descoberto, Battikhi e Ghawi (1987) observaram efeitos significativos para os tratamentos, que apresentaram rendimentos médios de 28,7, 14,2 e 6 Mg ha^{-1} , respectivamente.

Brandenberg e Wiedenfeld (1997) verificaram aumento na produção de melão, em média de 42 %, em 1994, e de 27 % para o ano de 1995, com a utilização da cobertura do solo em

relação ao solo descoberto. Além do aumento da produção, observaram, também, aumento no peso médio do fruto e nos teores de sólidos solúveis de 0,6 %, para os tratamentos com filmes em relação ao solo descoberto.

Estudando vários genótipos de melão Cantaloupe, cultivados sob cobertura do solo em Maryland (EUA), Maiero; Schales e Ng (1987) verificaram que, com relação aos sólidos solúveis totais, os filmes plásticos transparentes e pretos não obtiveram diferença significativa entre si, com médias de 9,2 °Brix e 9 °Brix, respectivamente, embora diferissem do solo descoberto com o acréscimo de 10 %. Para o peso médio dos frutos, o filme preto não diferiu do solo descoberto, com 1,63 e 1,45 kg, respectivamente. Quanto ao número de frutos totais por hectare, o solo descoberto resultou na obtenção de menor quantidade (20.000 frutos ha⁻¹), quando comparado com a cobertura com filme preto (22.100 frutos ha⁻¹).

Martins et al. (1998) também não observaram efeito da cobertura do solo com plástico preto sobre o peso médio para o melão Amarelo, tipo Espanhol, e o Melina, tipo Gália. Mas, com relação ao teor de sólidos solúveis (TSS), verificaram que, no melão Amarelo, a cobertura do solo proporcionou valores de 13,0°Brix, superiores aos obtidos no solo descoberto (11,9°Brix). Para a cultivar Melina, o TSS foi ligeiramente superior para o solo descoberto (9,3°Brix) em relação ao solo com cobertura (8,9°Brix).

Não se constatarem diferenças significativas entre as coberturas do solo com filme de polietileno preto e prateado, palha de carnaúba triturada e solo descoberto, para as características de qualidade (sólidos solúveis totais e firmeza de polpa) e de produção (número de peso de frutos comerciáveis, refugos e totais) de melão amarelo ‘Gold Mine’, produzido em Mossoró, RN (ARAÚJO et al., 2000; FERREIRA et al., 2001a; FERREIRA et al., 2001b).

Costa (2002), em Mossoró-RN, trabalhando com melão ‘Gold Mine’ no período chuvoso, observou que os maiores rendimentos de frutos comercializáveis e totais, além de frutos tipo exportação, foram obtidos nas coberturas com filmes de polietileno. Os teores de sólidos solúveis e a espessura da polpa foram maiores nas coberturas com filmes plásticos.

Comparando o solo sem cobertura com os plásticos pretos, prateado, amarelo e marrom, no melão Cantaloupe em solo de textura média, Gondim et al. (2003) verificaram que a espessura de polpa e o teor de sólidos solúveis totais foram maiores nos filmes plásticos, quando comparados com o solo sem cobertura. Negreiros et al. (2003), com o mesmo estudo, observaram que os maiores rendimentos de frutos comercializáveis e totais foram obtidos nas coberturas com

filmes de polietileno. Em solo de textura argilosa, Porto et al. (2003) verificaram que os plásticos amarelo, prateado e marrom intensificaram o florescimento e a frutificação do meloeiro, destacando-se dos demais.

Costa (2003), testando cinco tipos de cobertura do solo (plástico amarelo, marrom, preto, prateado e solo descoberto), observou que a cobertura com plástico proporcionou maiores rendimentos de frutos comerciais e totais, maiores percentagens de frutos tipo exportação, maiores teores de sólidos solúveis e menores tensões de umidade do solo. O plástico prateado proporcionou maior taxa de retorno.

2.5 Movimento da água no solo

A água do solo, da planta, da atmosfera, assim como qualquer corpo da natureza, pode ser caracterizada por um estado de energia. As principais formas de energia são a cinética e a potencial. A energia cinética da água no solo é desprezível, pois seu movimento é muito lento. A água no estado líquido move-se quando ocorrem diferenças de potencial entre os pontos de um sistema, sendo o movimento no sentido do decréscimo do potencial. Esse movimento no solo pode ocorrer por influência de diferentes forças. Em solos muito saturados e com presença de pequenos canais, a água pode escoar com certa facilidade, movimentada basicamente pelas forças gravitacionais (percolação). Para solos apenas saturados, a tensão superficial da água contida nesses pequenos canais poderá exceder a força gravitacional e provocar movimentos ascendentes (capilaridade). O potencial total (ϕ_t), portanto, é determinado pelas componentes gravitacional (ϕ_g) e de pressão (ϕ_p).

Entretanto a condição de saturação no solo não é comum na aplicação dos conceitos de movimento de água e de solutos no solo. De acordo com Libardi (2000), o primeiro trabalho que apresenta uma equação de fluxo da água no solo (eq. 1) sob as condições de não-saturação no solo é o de Buckingham, em 1907, sendo a equação chamada de Darcy-Buckingham.

$$q = -K(\theta) \frac{\partial \phi_t}{\partial z} \quad (1)$$

em que:

q - densidade de fluxo, $L^3 L^{-2} T^{-1}$;

$K(\theta)$ - condutividade hidráulica do solo não-saturado, $L T^{-1}$;

θ - umidade volumétrica do solo, $L^3 L^{-3}$ e;

$\frac{\partial \phi}{\partial z}$ - gradiente de potencial total da solução na direção vertical, adimensional.

Em solos não saturados, a força gravitacional e a tensão superficial não são significativas para o movimento da água, porque não há massa suficiente para preencher os canais. A água acaba sendo, então, adsorvida pelas partículas de solo e também passando de partícula para partícula, devido à diferença de umidade entre elas. Esse processo é chamado de difusão. O potencial matricial é o resultado da ação das forças capilares e de adsorção, devido à interação entre a água e as partículas sólidas, que é função da matriz do solo. Tais forças atraem e "fixam" a água no solo, diminuindo sua energia potencial com relação à água livre. São fenômenos capilares que resultam da tensão superficial da água e de seu ângulo de contato com as partículas sólidas. Cada solo apresenta uma relação entre a umidade volumétrica e o potencial matricial, característica determinada pela textura e pela estrutura do solo (REICHARDT, 1978).

Nessa condição, portanto, surge o potencial mátrico (ϕ_m) (capilaridade e adsorção) na energia potencial total em substituição ao potencial de pressão, inexistente na condição de não-saturação. A equação de Richards, eq. (2), com base na Lei de Darcy e no princípio de conservação de massa, relaciona as variações da umidade com as variações do potencial total em um solo isotrópico e homogêneo.

$$\frac{\partial \theta}{\partial T} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\theta) \frac{\partial \phi}{\partial z} \right] \quad (2)$$

em que:

T - tempo, T.

Considerando que, na irrigação por gotejamento, interessa determinarmos a taxa de acumulação por unidade de tempo t no elemento de volume ΔV , ou nas coordenadas x , y e z (fluxo tridimensional), a equação de Richards, que é a equação diferencial que governa o movimento da água em solos não saturados, em regime transiente, também pode ser expressa como mostra a eq. (3).

$$\frac{\partial \theta}{\partial T} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K_x(\theta) \frac{\partial \phi_t}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K_y(\theta) \frac{\partial \phi_t}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K_z(\theta) \frac{\partial \phi_t}{\partial z} \right] \quad (3)$$

2.5.1 Condutividade hidráulica do solo

Este conceito considera, implicitamente, como meio poroso, uma amostra de solo e, como fluido que nela se move, uma solução aquosa. Conforme Libardi (2000), a condutividade é um coeficiente que expressa a facilidade com que um fluido é transportado através de um meio poroso e que depende, portanto, tanto das propriedades do meio como das propriedades do fluido. O autor afirma, ainda, que as principais características da matriz do solo que interferem na condutividade hidráulica são a distribuição dos diâmetros dos poros, a tortuosidade, a superfície específica e a porosidade. Já no fluido, as principais características são a massa específica, a viscosidade dinâmica e o ângulo de contato com as partículas de solo.

A mensuração direta da condutividade hidráulica é teoricamente simples, mas experimentalmente difícil, pela sua alta variabilidade no solo (van GENUCHTEN, 1980). Vários modelos têm sido propostos para estimar-se a condutividade hidráulica em meio não saturado, a partir da relação entre a umidade e o potencial mátrico descrito pela curva de retenção de umidade. Van Genuchten (1980) desenvolveu um modelo, utilizando equações derivadas de Mualem (1976) para estimar a condutividade hidráulica relativa (K_r), por meio de parâmetros da curva de retenção de água no solo. A saturação efetiva (ω) reflete, de forma adimensional, o conteúdo de água no solo, eq. (4).

$$\omega = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (4)$$

em que:

θ_r - umidade volumétrica residual do solo, $L^3 L^{-3}$;

θ_s - umidade volumétrica do solo no ponto de saturação, $L^3 L^{-3}$.

Para a determinação da condutividade hidráulica relativa (K_r), há necessidade de se determinar o potencial de retenção de água pelo solo, de acordo com os parâmetros da curva de retenção, eq. (5).

$$\omega = \left[\frac{1}{1 + (\alpha |\phi_m|)^n} \right]^m \quad (5)$$

em que:

m, n - parâmetros de regressão da equação, adimensional;

α - parâmetro com dimensão igual ao inverso da tensão, L^{-1} .

A partir do valor da condutividade hidráulica relativa do solo, obtido pela eq. (6), pode-se, então, estimar o valor da condutividade hidráulica do solo não saturado, $K(\theta)$, pela eq. (7).

$$Kr = \omega^{\frac{1}{2}} \left[\frac{\int_0^\omega \frac{1}{\phi_m(x)} dx}{\int_0^1 \frac{1}{\phi_m(x)} dx} \right] \quad (6)$$

$$Kr = \frac{K(\theta)}{K_0} \quad (7)$$

em que:

K_r - condutividade hidráulica relativa, $L \ T^{-1}$.

2.6 Movimento de solutos no solo

Os estudos relacionados ao monitoramento dos solutos no solo são importantes no manejo da fertirrigação, permitindo correções no processo de adubação via água de irrigação, como também na agricultura e na hidrologia, contribuindo para a avaliação de impactos ambientais decorrentes do uso indiscriminado de produtos químicos.

Além de se movimentarem no solo juntamente com o movimento da água, os solutos reagem entre si e interagem com a matriz do solo numa sucessão cíclica e contínua de processos físicos e químicos inter-relacionados (adsorção, dessorção, mobilização, imobilização, precipitação e dissolução). Essas interações envolvem e são geralmente influenciadas por uma série de fatores como acidez, temperatura, potencial de óxido-redução, composição e concentração da solução do solo. Além disso, há que se levar em conta que determinados solutos podem sofrer transformações biológicas pela fauna e pela flora do solo. Portanto os solutos no solo podem movimentar-se convectivamente (fluxo de massa) e por dispersão, além de estarem sujeitos a outros processos de perdas e ganhos, como o de sorção e o de transformações químicas e/ou biológicas. Os processos de transformações a que os solutos estão sujeitos no solo são extremamente complexos e dependentes da natureza e da propriedade de cada meio e soluto envolvidos (PREVEDELLO, 1996).

Vários modelos teóricos têm sido desenvolvidos, ao longo dos anos, para descrever o transporte de solutos no solo. O sucesso desses modelos, porém, depende em grande parte, da capacidade de se quantificarem os parâmetros de transporte, que são variáveis de entrada, para esses modelos. Os parâmetros mais importantes são o fluxo do fluido, o coeficiente de dispersão e o de adsorção ou de troca, no caso de interações entre o soluto e o solo. Existem vários modelos para determinar os coeficientes de dispersão e o fator de retardamento, pela distribuição da concentração de solutos observada (van GENUCHTEN; WIERENGA, 1986).

O fluxo de íons no solo é devido, sobretudo, a dois processos: transporte convectivo, ou transferência de massa, ou, ainda, fluxo de massa e difusão. A transferência de massa é o movimento de íons arrastados pelo fluxo de água, em que o transporte de solutos ocorre de forma proporcional à sua concentração e segundo a densidade do fluxo da água. Na ausência de difusão, água e íon dissolvido movem-se na mesma taxa.

Quando a concentração de solutos, numa zona, é maior que na adjacente, pode ocorrer um fluxo líquido ou a difusão no sentido de decréscimo da concentração. A difusão é um

processo espontâneo, resultante do movimento térmico natural de moléculas e de íons em solução, proporcionado por gradientes de concentração, isto é, no sentido do decréscimo dos valores de concentração do soluto no solo, de pontos de maior concentração para os de menor concentração.

O transporte dispersivo resulta do fato de que as velocidades locais do fluido variam, dentro dos poros individuais e entre os poros, de diferentes formas e tamanhos; portanto as variações de velocidade causam o transporte de soluto no sentido do decréscimo do gradiente a diferentes taxas. A dispersão, portanto, caracteriza-se por um processo passivo e, diferentemente da difusão, ocorre somente durante o movimento da água.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização experimental

Esta pesquisa foi conduzida na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, Universidade de São Paulo – USP, em uma área protegida de 330 m² (22,0 m x 15 m), localizada no município de Piracicaba, São Paulo à latitude de 22° 42' 30" S, à longitude de 47° 30' 00" e à altitude de 546 m.

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, ou seja, clima subtropical úmido com estiagem no inverno, com precipitação pluviométrica média de 1280 mm, temperatura média de 21,6 °C, umidade relativa do ar média de 73 % e velocidade do vento média de 2,2 m s⁻¹.

Os dados climáticos referentes ao período do experimento, de setembro de 2005 a janeiro de 2006 (Tabela 1), foram obtidos na estação meteorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP, localizada a cerca de 500 m de distância da área experimental.

Tabela 1 – Valores médios mensais de radiação global (RG), temperatura (T), umidade relativa do ar (UR), número de horas de insolação e velocidade do vento (U₂), e precipitação mensal. Estes dados foram registrados no período do experimento, de setembro de 2005 a janeiro de 2006 – Piracicaba, SP, 2005-2006

Meses	RG (cal cm ⁻² d ⁻¹)	T (°C)	UR (%)	Insolação (h dia ⁻¹)	U ₂ (m s ⁻¹)	P (mm)
Setembro	365,0	20,1	83,6	5,4	1,7	35,2
Outubro	397,9	23,2	84,5	4,5	1,4	118,9
Novembro	503,1	22,4	82,5	5,8	1,6	116,8
Dezembro	509,0	22,8	84,9	5,3	1,7	122,4
Janeiro	523,8	24,4	84,0	6,2	1,0	225,2

Este trabalho constituiu-se de quatro etapas. Na primeira, de agosto a outubro de 2005, testes preliminares de laboratório foram realizados, como a análise química para identificar a concentração dos elementos contidos nos dois tipos de solo utilizados no experimento, além de outras características de interesse, como pH, acidez total, soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases. A análise físico-hídrica também foi realizada, com o objetivo de se determinar a composição granulométrica, a densidade do solo, a curva de retenção de água no

solo, a umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente e a condutividade hidráulica saturada.

Na segunda etapa, de setembro de 2005 a janeiro de 2006, foram executados os trabalhos de levantamento de material, de montagem de equipamentos, de preparo do solo e das mudas, de transplântio, de acompanhamento e de coleta de dados durante o ciclo do melão. O ciclo compreendeu 105 dias desde a semeadura e 84 dias após o transplântio, precisamente de 13 de outubro de 2005 a 23 de janeiro de 2006, data da primeira colheita, e 26 de janeiro de 2006, correspondente à segunda colheita. Logo em seguida às colheitas, procedeu-se às medições dos parâmetros quantitativos e qualitativos da cultura, descritos no item 3.10.1.

Na terceira etapa, de janeiro a março de 2006, foram realizadas as análises laboratoriais (nitrato, potássio, pH e condutividade elétrica) provenientes das soluções de solo extraídas pelos extratores de solo, durante o ciclo da cultura (descrição no item 3.10.4). Na última etapa, de setembro a novembro de 2006, foram feitas as mesmas análises laboratoriais, no entanto, das amostras de solo extraídas durante o ciclo da cultura (descrição no item 3.10.4).

3.2 Descrição da estrutura experimental

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido composto por dois vãos com cobertura em arco e geminados, que totalizavam 22 m de comprimento e 15 m de largura, com estrutura metálica galvanizada, altura na parte central de 4,5 m e pé direito de 3,0 m, constituído de 4 janelas frontais, nas extremidades, para ventilação. As estufas eram cobertas com um filme de polietileno transparente de alta densidade, com 0,10 mm de espessura, e tratadas contra a ação de raios ultravioletas. As laterais continham um rodapé de 0,20 m de concreto armado e eram fechadas com tela plástica de proteção, tipo clarite 50 %, com aditivo ultravioleta e transparente.

A estrutura era provida de energia elétrica e de água potável, oriunda do sistema próprio de abastecimento de água do campus da ESALQ.

A estufa continha 112 caixas de 500 L, distribuídas em 8 fileiras, sendo 4 fileiras preenchidas com solo franco-arenoso e 4 preenchidas com solo argiloso. As caixas de fibrocimento tinham 0,92 m de largura e 1,08 m de comprimento, totalizando aproximadamente 1,00 m² de área, e altura de 0,65 m. No fundo da caixa, foi posta uma camada de brita com 5 cm de espessura, revestida por uma manta geotêxtil “Bidim”. Foi instalado um tubo de PVC, de 25

mm de diâmetro, perfurado e revestido na parte inferior pela mesma manta e enterrado verticalmente no solo, servindo como dreno.

Fora da estufa, encontrava-se o tanque de solução para irrigação e fertirrigação. O tanque de fibrocimento tinha 0,92 m de largura, 1,08 m de comprimento e 0,65 m de profundidade, com capacidade para 500 L. Acoplado ao tanque de solução havia um reservatório de fibrocimento, com capacidade para 1000 L, para armazenar a água.

Os detalhes da estrutura experimental, da instalação de equipamentos, da condução e da coleta de dados durante o ciclo da cultura, do sistema de irrigação e do procedimento das análises dos parâmetros avaliados, podem ser visualizados e mais bem interpretados nas ilustrações apresentadas nos apêndices A, B, C e D.

3.3 Caracterização dos solos utilizados para o cultivo

Os solos utilizados neste trabalho foram: Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa, denominado “Série Sertãozinho” e Argissolo Vermelho, fase argilosa, denominado “Série Luiz de Queiroz”. Foram coletadas amostras desses solos nas camadas de 0 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m para a análise química (Tabelas 2 e 3). Com base nos resultados, procedeu-se à interpretação da análise química do solo, conforme Raij et al. (1997) e Ribeiro; Guimarães e Alvarez (1999), visando à calagem e à adubação em ambiente protegido.

Tabela 2 – Análise química dos solos utilizados no experimento: fósforo (P), enxofre (S), pH, matéria orgânica (M.O.), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez total (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) – Piracicaba, SP, 2005

Camada (m)	P (mg dm ⁻³)	S (mg dm ⁻³)	pH CaCl ₂	M.O. (g dm ⁻³)	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V (%)
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”											
0 – 0,20	7 ^{mb}	57 ^{ma}	5,4 ^m	14	1 ^b	21 ^a	10 ^m	13	32	45,0	71 ^a
0,20 – 0,40	5 ^{mb}	44 ^{ma}	5,0 ^a	13	0,9 ^b	19 ^m	9 ^m	18	28,9	46,9	62 ^m
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”											
0 – 0,20	14 ^b	129 ^{ma}	5,8 ^b	13	2,8 ^m	37 ^a	18 ^{ma}	16	57,8	73,8	78 ^a
0,20 – 0,40	5 ^{mb}	138 ^{ma}	5,3 ^m	14	2,8 ^m	36 ^a	16 ^a	20	54,8	74,8	73 ^a

Legenda: Interpretação para solos: mb – muito baixo; b – baixo; m – médio; a – alto; ma – muito alto

Tabela 3 – Análise química dos solos utilizados no experimento: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) – Piracicaba, SP, 2005

Camada (m)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg dm ⁻³					
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”					
0 – 0,20	0,54 ^m	0,6 ^m	21 ^a	8,1 ^a	1,2 ^a
0,20 – 0,40	0,61 ^a	0,7 ^m	18 ^a	11 ^a	1,3 ^a
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”					
0 – 0,20	0,80 ^a	1,3 ^a	10 ^m	8,9 ^a	1,4 ^a
0,20 – 0,40	0,61 ^a	1,0 ^a	8 ^m	7,2 ^a	0,9 ^m

Legenda: Interpretação para solos: b – baixo; m – médio; a – alto

Para a análise físico-hídrica (Tabela 4) foram coletadas amostras dos dois solos nas camadas de 0 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m. A fim de determinar a condutividade hidráulica saturada, para cada tipo de solo, foram retiradas amostras dos solos nas profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m. A condutividade hidráulica saturada nas profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m, para os solos franco-arenoso e argiloso, foram de, respectivamente, 184,3, 88,9 e 74,1 mm h⁻¹ e 26,7, 136,8 e 29,4 mm h⁻¹. Esses valores são referentes às condições em que os solos se encontravam nas caixas.

Tabela 4 – Análise físico-hídrica dos solos utilizados no experimento: umidade na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP), densidade do solo (Ds), areia, silte, argila, floculação e classificação textural – Piracicaba, SP, 2005

Camada	CC	PMP	Ds	Frações granulométricas			Textura
				Areia	Silte	Argila	
				(%)			
(m)	(cm³ cm⁻³)	(g cm⁻³)					
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”							
0 – 0,20	0,216	0,121	1,58	76	4	20	franco-arenoso
0,20 – 0,40	0,277	0,188	1,43	74	4	22	franco-arenoso
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”							
0 – 0,20	0,352	0,281	1,20	30	14	56	argiloso
0,20 – 0,40	0,353	0,273	1,11	28	16	56	argiloso

CC- umidade correspondente ao potencial mátrico (Φ_m) de 10 kPa; PMP – umidade correspondente ao Φ_m de 1500 kPa

3.4 Tratamentos e delineamento experimental

Foram duas as variáveis de estudo desta pesquisa: profundidade de gotejo (3 níveis) e cobertura do solo (2 níveis). As profundidades dos tubogotejadores utilizadas foram, na superfície do solo, 0,20 e 0,40 m. Quanto à cobertura do solo, um dos níveis utilizados foi a aplicação de “mulching” plástico dupla face (prata na face superior e preto na face inferior) e o outro nível, solo descoberto. Esses fatores foram observados num solo franco-arenoso (experimento 1) e num solo argiloso (experimento 2), previamente classificados no item 3.3.

Os experimentos 1 e 2 foram conduzidos no delineamento em blocos casualizados, com 4 blocos cada, com o arranjo dos tratamentos em fatorial 2 x 3 (6 tratamentos), com a combinação das variáveis “mulching” plástico e profundidade de gotejamento, totalizando 24 parcelas experimentais em cada experimento. Cada parcela experimental era composta por duas plantas, sendo cada planta colocada em uma caixa de fibrocimento, totalizando, portanto, 96 plantas (caixas) nos dois experimentos. As caixas remanescentes, num total de 16, foram utilizadas com plantas para efeito “bordadura”.

O esquema da análise de variância associado ao delineamento experimental empregado nos dois experimentos, pode ser visualizado na Tabela 5. A Figura 1 mostra o croqui do experimento com a disposição dos tratamentos.

Tabela 5 - Esquema da análise de variância para os experimentos em solo franco-arenoso (1) e em solo argiloso (2)

Causa da Variação (CV)	Grau de Liberdade (GL)	Valores do Grau de Liberdade (GL)
Cobertura plástica (C)	$C - 1$	1
Profundidade de gotejo (P)	$P - 1$	2
C x P	$(C - 1)(P - 1)$	2
Blocos	$J - 1$	3
Resíduo A	$(CP - 1)(J - 1)$	15
Total	CPJ-1	23

Figura 1 – Croqui da área experimental: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m

O tamanho de cada parcela experimental foi de 2,0 m², pois era composta por duas plantas (duas caixas de fibrocimento) de 1,0 m² de área cada. Os tratamentos eram isolados por serem realizados em caixas individuais, de maneira que não se permitiram contaminações entre os tratamentos.

3.5 Características e instalação do “mulching” plástico

O filme plástico utilizado no experimento, de fabricação israelense, é bastante utilizado nos cultivos daquela região, por apresentar diversas vantagens no sistema produtivo. Foi adquirida, através da distribuidora Polysack, uma bobina de 1,55 m de largura com 1.000 m de comprimento, com as seguintes especificações do produto: “mulching” plástico dupla face (prata na face superior e preto na face inferior), 25 micron de espessura (1 micron equivale à milésima parte do milímetro), tensão de resistência à fratura de 28 MPa, alongamento de 400 % até a fratura, transmissão de radiação fotossinteticamente ativa < 1 % e reflexão da radiação fotossinteticamente ativa > 25 %.

A instalação do filme plástico nas caixas seguiu a orientação dos tratamentos e foi realizada colocando-o sobre o solo, de maneira que permitisse um bom contato entre os materiais. Preliminarmente à colocação do plástico, foram retiradas pequenas porções de solo da lateral das caixas para as posteriores adição e fixação do plástico. Em seguida, procedeu-se à perfuração de uma pequena área circular no centro do plástico, para a instalação do tubogotejador e da planta, durante o transplante. Esse procedimento pode ser visualizado através das ilustrações dos apêndices A e B.

3.6 Instalação dos tensiômetros e dos extratores de solução do solo

Foi selecionado um bloco de cada experimento para monitorar-se a umidade do solo, via tensiômetro digital de punção, e os íons da solução do solo, via extratores de solução do solo de cápsula porosa, que são equipamentos que retiram parte da solução do solo necessária para determinar o nível de salinidade ou de nutrientes, nas condições de umidade do solo em que as plantas se desenvolvem. Consiste de uma cápsula de cerâmica porosa inserida na base de um tubo de PVC rígido opaco de ½” e outro transparente de 12 mm, com sua extremidade superior hermeticamente fechada por uma borracha de vedação de silicone. Os tensiômetros e os extratores foram posicionados no solo, com o uso de trados, nas profundidades desejadas. O

extrator de solução do solo foi optado devido à relação favorável entre o custo e a precisão do método (SILVA, E.F.F. 2002).

No experimento com solo franco-arenoso (1), foi selecionado o bloco II para o monitoramento, enquanto, no experimento com solo argiloso (2), foi optado o bloco III. No croqui, apresentado na Figura 1, pode ser identificado o posicionamento desses blocos.

Como, em cada um dos 6 tratamentos, havia duas plantas (2 caixas), uma foi selecionada para a instalação dos tensiômetros e a outra, para a instalação dos extratores de solução do solo. Os equipamentos foram dispostos da mesma maneira nas caixas de cultivo, com distância radial do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m nas caixas sem “mulching” plástico. Nas caixas com “mulching” plástico, além das distâncias mencionadas, foi adicionado outro equipamento (tensiômetro/extrator) na distância radial de 0,40 m, aos 40 DAT. Em cada uma dessas distâncias horizontais, foram instalados equipamentos nas profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m (Figura 2). Dessa maneira foram colocados 9 equipamentos nas caixas sem “mulching” e 12 nas caixas com “mulching”, sendo, portanto, instalados 63 tensiômetros e 63 extratores de solução do solo para cada bloco (experimento) monitorado, totalizando a instalação de 252 equipamentos nos dois experimentos.

Figura 2 – Disposição dos tensiômetros ou dos extratores de solução do solo em relação ao gotejador, na caixa de cultivo

3.7 Condução da cultura

A cultura utilizada nesta pesquisa foi o melão (*Cucumis melo*, L.) rendilhado, híbrido, Bônus II. A semeadura foi realizada em bandejas de isopor de 128 células e, aos 21 dias após a semeadura (DAS), quando as plantas apresentavam duas folhas definitivas, foram transplantadas para as caixas da estufa, exatamente no dia 4 de novembro de 2005.

Foram enterradas estacas de madeira nas extremidades das fileiras de plantas e no centro e, a partir delas, esticados três fios de arame (o primeiro a 0,30 m em relação ao solo, o segundo a 0,80 m e o terceiro a 1,50 m) sobre as plantas, de modo a conduzir a cultura tutorada, eliminando-se os excessos de brotações laterais até o 9º ramo por meio de podas, deixando os demais brotos com cinco folhas. Quando a haste principal atingiu cerca de 2,10 m de altura, procedeu-se à poda apical, para estimular maior vigor dos ramos laterais. Foi utilizada tesoura apropriada para a poda das hastes tenras, com posterior tratamento fitossanitário, evitando a entrada de patógenos pelos ferimentos. Os frutos foram presos às linhas de arame com fio de material apropriado, ajudando na sustentação da planta e conferindo melhor qualidade à casca do fruto, por não encostá-lo ao solo. Foram selecionados 2 frutos por planta, quando do “raleio”, de modo que apresentaram bom desenvolvimento durante o ciclo da cultura.

Foram realizadas constantes remoções manuais de ervas daninhas, de maneira que as plantas estiveram sempre isentas de competidoras. O controle de pragas e de doenças ocorreu por tratamento preventivo, com a aplicação de defensivos agrícolas, conforme recomendação técnica para doses e produtos adequados ao melão, contra a mosca branca, mosca minadora, míldio e broca das cucurbitáceas.

Para realizar-se a polinização, no início da floração, foi colocada, no centro da estufa, uma colméia de abelhas, mantida por um período de duas semanas.

3.8 Sistema e manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi o localizado, via gotejamento, composto de 4 linhas de derivação de polietileno de 16 mm de diâmetro nominal, com registros no início de cada linha e linhas laterais do mesmo material e diâmetro. Os gotejadores foram autocompensantes com vazão de 4 L h⁻¹, operados à pressão de serviço de 150 kPa. A sucção e a distribuição de água às plantas foram feitas por uma bomba hidráulica centrífuga, de 0,5 cv de potência, instalada no interior da estufa. Após a bomba, foi instalado um filtro de disco para

conter as substâncias indesejáveis ao sistema, além de um manômetro de Bourdon, para monitorar a pressão de operação do sistema. A Figura 3 mostra a disposição do sistema de irrigação do experimento. Anexas à estufa, havia duas caixas de fibrocimento (como descrito no item 3.2), que alimentavam o sistema de irrigação e de fertirrigação.

Cada caixa continha um gotejador e, conforme o tratamento, poderia estar posicionado superficialmente ou enterrado através de um “espaguete”, colocado num tubo de PVC, de 1” de diâmetro, enterrado no solo nas profundidades de 0,20 e 0,40 m (Figuras 4 e 5). As caixas que receberam os tratamentos relacionados às profundidades de gotejamento de 0,20 e 0,40 m tiveram seus gotejadores enterrados a partir do 27º DAT.

Figura 3 – Sistema de irrigação da área experimental

Figura 4 – Gotejador enterrado a 0,20 m de profundidade

Figura 5 – Gotejador enterrado a 0,40 m de profundidade

Para a análise do desempenho do sistema de irrigação, foram coletados dados por meio de testes de uniformidade de vazão dos gotejadores, no início e na fase final do ciclo da cultura, de acordo com a metodologia proposta por Karmeli e Keller (1974). O coeficiente de uniformidade foi determinado pela equação de Christiansen (1942), apresentada a seguir:

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n \cdot \bar{q}} \right) 100 \quad (8)$$

em que:

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

q_i - vazão do i-ésimo gotejador, em L h⁻¹;

$\bar{q}$ - vazão média dos gotejadores, em L h⁻¹;

n - número de gotejadores.

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), também bastante utilizado na avaliação de sistemas de irrigação, foi determinado pela eq. (9).

$$CUD = \frac{q_{25}}{\bar{q}} 100 \quad (9)$$

em que:

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição, em %;

q_{25} - média aritmética do menor quartil das vazões dos gotejadores, em L h⁻¹ e;

$\bar{q}$ - vazão média dos gotejadores, em L h⁻¹.

Os valores médios das vazões dos gotejadores selecionados para determinar o CUC e do CUD são apresentados na Tabela 6. Foram escolhidos 8 gotejadores em cada fileira de planta, totalizando 64 gotejadores do experimento. Como cada fileira tinha 14 gotejadores (caixas de cultivo) e o experimento era composto de 8 fileiras de plantas, foram avaliados 57 % dos gotejadores da área experimental.

Tabela 6 – Vazões médias dos gotejadores (vazão nominal = 4 L h⁻¹) selecionados para o teste de uniformidade, antes e depois do experimento – Piracicaba, SP, 2005

S / B / T*	Vazão média (L h ⁻¹)	S / B / T	Vazão média (L h ⁻¹)	S / B / T	Vazão média (L h ⁻¹)	S / B / T	Vazão média (L h ⁻¹)
Antes do Experimento							
1ª Fileira		3ª Fileira		5ª Fileira		7ª Fileira	
Ag/I/B**	3,99	Ar/III/B	3,90	Ar/IV/B	4,05	Ag/II/B	3,87
Ag/I/T3	3,99	Ar/III/T3	3,96	Ar/IV/T4	3,90	Ag/II/T5	3,90
Ag/I/T5	3,75	Ar/III/T2	3,81	Ar/IV/T6	3,90	Ag/II/T2	3,99
Ag/I/T6	3,69	Ar/III/T5	3,69	Ar/IV/T5	4,02	Ag/II/T1	3,90
Ag/III/T3	3,81	Ar/II/T6	3,87	Ar/I/T2	3,93	Ag/IV/T5	4,02
Ag/III/T6	3,84	Ar/II/T4	3,87	Ar/I/T3	3,87	Ag/IV/T6	3,81
Ag/III/T4	3,60	Ar/II/T3	3,90	Ar/I/T4	4,11	Ag/IV/T1	3,99
Ag/III/B	3,93	Ar/II/B	3,99	Ar/I/B	3,99	Ag/IV/T2	3,90
2ª Fileira		4ª Fileira		6ª Fileira		8ª Fileira	
Ag/I/B	3,90	Ar/III/B	3,96	Ar/IV/B	3,93	Ag/II/B	3,81
Ag/I/T3	3,99	Ar/III/T3	3,96	Ar/IV/T4	3,96	Ag/II/T5	4,05
Ag/I/T5	3,93	Ar/III/T2	3,21	Ar/IV/T6	3,96	Ag/II/T2	3,87
Ag/I/T6	3,96	Ar/III/T5	3,84	Ar/IV/T5	3,90	Ag/II/T1	3,93
Ag/III/T3	3,87	Ar/II/T6	3,78	Ar/I/T2	4,05	Ag/IV/T5	4,08
Ag/III/T6	3,93	Ar/II/T4	3,96	Ar/I/T3	3,93	Ag/IV/T6	4,05
Ag/III/T4	3,99	Ar/II/T3	3,81	Ar/I/T4	3,93	Ag/IV/T1	3,90
Ag/III/B	3,87	Ar/II/B	3,87	Ar/I/B	4,02	Ag/IV/T2	4,08
Depois do Experimento							
1ª Fileira		3ª Fileira		5ª Fileira		7ª Fileira	
Ag/I/B	4,02	Ar/III/B	3,86	Ar/IV/B	4,00	Ag/II/B	3,82
Ag/I/T3	3,86	Ar/III/T3	3,96	Ar/IV/T4	3,82	Ag/II/T5	3,68
Ag/I/T5	3,60	Ar/III/T2	3,76	Ar/IV/T6	3,94	Ag/II/T2	3,68
Ag/I/T6	3,72	Ar/III/T5	3,54	Ar/IV/T5	3,94	Ag/II/T1	3,82
Ag/III/T3	3,80	Ar/II/T6	4,02	Ar/I/T2	3,70	Ag/IV/T5	4,02
Ag/III/T6	3,96	Ar/II/T4	3,30	Ar/I/T3	3,74	Ag/IV/T6	3,74
Ag/III/T4	3,46	Ar/II/T3	3,42	Ar/I/T4	4,00	Ag/IV/T1	4,00
Ag/III/B	3,82	Ar/II/B	3,84	Ar/I/B	3,90	Ag/IV/T2	3,84
2ª Fileira		4ª Fileira		6ª Fileira		8ª Fileira	
Ag/I/B	3,94	Ar/III/B	3,94	Ar/IV/B	3,74	Ag/II/B	3,66
Ag/I/T3	3,76	Ar/III/T3	4,40	Ar/IV/T4	3,96	Ag/II/T5	4,08
Ag/I/T5	3,92	Ar/III/T2	3,08	Ar/IV/T6	3,84	Ag/II/T2	3,88
Ag/I/T6	4,06	Ar/III/T5	3,74	Ar/IV/T5	3,90	Ag/II/T1	3,78
Ag/III/T3	3,84	Ar/II/T6	3,58	Ar/I/T2	3,48	Ag/IV/T5	4,34
Ag/III/T6	3,90	Ar/II/T4	4,02	Ar/I/T3	3,94	Ag/IV/T6	3,92
Ag/III/T4	3,84	Ar/II/T3	3,74	Ar/I/T4	3,92	Ag/IV/T1	3,80
Ag/III/B	3,44	Ar/II/B	3,84	Ar/I/B	3,88	Ag/IV/T2	3,86

* S / B / T – Solo / Bloco / Tratamento

** Ag – Solo argiloso; Ar – Solo franco-arenoso; B - Bordadura

Os testes de uniformidade de vazão dos gotejadores da área experimental apontaram, tanto no início como na fase final do experimento, que o sistema operava com bom desempenho, permitindo, portanto, uma boa uniformidade de distribuição de água às plantas. Os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen e de distribuição no início do ciclo foram de 99,5 e

96,5 %, respectivamente, e na fase final do ciclo, de 99,1 e 95,2 %. Com esses valores elevados de uniformidade, observou-se que todas as parcelas do experimento receberam a mesma quantidade de água e, supostamente, de fertilizantes, não sofrendo, portanto, variação indesejável à investigação proposta nesta pesquisa. Sammis e Wu (1985) citam que a uniformidade de distribuição depende da uniformidade de fabricação do emissor, do projeto hidráulico e da manutenção do sistema de irrigação.

O manejo da irrigação foi feito com base em dados de umidade do solo, obtidos pela utilização dos tensiômetros e de curvas de retenção de água no solo, confeccionadas em laboratório, antes do início do ciclo da cultura. Foi estabelecido um turno de rega fixo de 1 dia e, a partir da média das leituras tensiométricas a 0,15 m de profundidade, observadas nos tratamentos com “mulching” plástico, pôde-se definir a quantidade de água a ser aplicada em todos os tratamentos, suficiente para elevar a umidade à capacidade de campo. Este manejo foi adotado devido à limitação do sistema de irrigação, que, por questões de custo, não possibilitou um controle da água aplicada em cada tratamento, isoladamente.

Para a posterior análise do efeito do manejo adotado sobre as caixas sem “mulching”, fez-se a estimativa da evapotranspiração da cultura nessas caixas (ET_c), confrontando-as com a lâmina total aplicada durante o período experimental. Para a estimativa, foram realizados os seguintes procedimentos: 1) coleta dos dados de temperatura média, máxima e mínima, de umidade relativa do ar média, máxima e mínima, de velocidade do vento a 2 m de altura e de radiação líquida e global, da base de dados meteorológicos da estação automática do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP; 2) estimativa do fluxo de calor no solo, da pressão de saturação de vapor, da pressão parcial de vapor e da declividade da curva de pressão de vapor na temperatura do ar, a partir dos dados coletados na estação meteorológica; 3) estimativa da ET_o pelo método de Penman-Monteith - Padrão FAO (ALLEN et al., 1998), eq. (10), utilizando-se o valor de $0,063 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ para a constante psicrométrica; 4) estimativa da ET_o na estufa, a partir da ET_o no ambiente externo, de acordo com a eq. (11), proposta por Blanco e Folegatti (1998); 5) estimativa da ET_c do melão (eq. 12), adotando valores de coeficiente da cultura (K_c) sugeridos na eq. (13), proposta por Silva et al. (2004).

$$ET_o = \frac{0,408 s (R_n - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 273}}{s + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (10)$$

em que :

R_n – radiação líquida total diária, em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$;

G – fluxo de calor no solo, em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$;

γ – constante psicrométrica, em $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$;

T – temperatura média do ar, em $^\circ\text{C}$;

U_2 – é a velocidade do vento a 2 m de altura, em m s^{-1} ;

e_s – pressão de saturação de vapor, em kPa ;

e_a – pressão parcial de vapor, em kPa ;

s – declividade da curva de pressão de vapor na temperatura do ar, em $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$.

$$y = (0,6797 x) + 0,4727 \quad r^2 = 0,91 \quad (11)$$

em que:

y – evapotranspiração de referência (ET_o) estimada para estufa, em mm dia^{-1} ;

x – ET_o em ambiente externo à estufa, em mm dia^{-1} .

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (12)$$

em que:

ET_c – evapotranspiração da cultura, em mm dia^{-1} ;

K_c – coeficiente da cultura, adimensional.

$$K_c = -0,0003 DAT^2 + 0,0431 DAT - 0,4184 \quad r^2 = 0,76 \quad (13)$$

em que:

DAT – dias após transplântio.

3.9 Fertirrigação

A fertirrigação foi realizada semanalmente, conforme sugerido por Medeiros e Maia (2001), respeitando-se a marcha de absorção da cultura (Tabela 7) e a análise química dos solos. O total de fertilizantes aplicados (Tabela 8) foi estimado para a obtenção de uma produtividade de 30 a 40 Mg ha⁻¹, num ciclo de cultivo de 88 dias.

Utilizaram-se, como fonte de N, os fertilizantes sulfato de amônio (20 % de N) e uréia (45 % de N). Como fonte de P e K, foram aplicados ácido fosfórico (55 % de P₂O₅) e cloreto de potássio (60 % de K), respectivamente. As aplicações de ácido fosfórico ocorreram de forma isolada dos demais fertilizantes, por questões de incompatibilidade, evitando problemas de precipitação e, posteriormente, de entupimentos. A aplicação dos fertilizantes foi realizada mediante sucção direta de um tanque de 500 L de capacidade, com mecanismo de agitação permanente, onde se preparava a calda.

Tabela 7 – Percentagem dos nutrientes de N, P e K, por intervalo de 7 dias, recomendados para o melão

Dias após transplantio (DAT)	% do nutriente		
	N	P	K
1 – 8	1,0	1,2	0,3
9 – 16	1,3	1,2	0,6
17 – 24	2,3	2,8	1,6
25 – 32	6,0	7,2	3,8
33 – 40	10,6	10,0	7,8
41 – 48	16,6	14,0	15,6
49 – 56	28,5	18,0	18,2
57 – 64	15,9	17,2	20,8
65 – 72	7,9	10,8	19,5
73 – 80	6,6	5,0	9,1
81 – 88	3,3	2,8	2,6

Tabela 8 – Total de fertilizantes aplicados via água de irrigação para 112 plantas da área experimental (112 m²) – Piracicaba, SP, 2005

Dias após transplantio (DAT)	g 112 m ⁻²			
	Sulfato de amônio (NH ₄) ₂ SO ₄	Uréia (NH ₂) ₂ CO	Ácido fosfórico H ₃ PO ₄	Cloreto de potássio KCl
1 – 8	77,28	-	79,88	17,55
9 – 16	100,24	-	79,88	34,91
17 – 24	177,52	-	186,38	93,15
25 – 32	154,56	137,39	479,28	221,39
33 – 40	-	364,12	665,66	454,35
41 – 48	-	570,20	931,92	908,51
49 – 56	-	978,88	1198,19	1059,89
57 – 64	-	546,06	1144,94	1211,47
65 – 72	-	271,29	718,91	1135,68
73 – 80	-	226,74	332,83	529,95
1 – 88	-	113,24	186,38	151,39
Massa total elemento (g) planta ⁻¹	13,79 g N planta ⁻¹		29,48 g P ₂ O ₅ planta ⁻¹	31,14 g K planta ⁻¹

3.10 Características avaliadas

Durante o período experimental, foram avaliadas as características citadas a seguir, de acordo com as respectivas metodologias de determinação.

3.10.1 Rendimento e qualidade dos frutos

A avaliação de rendimento foi realizada em todos os frutos colhidos, enquanto os aspectos qualitativos dos frutos foram avaliados em amostras selecionadas de todos os tratamentos. Estas últimas foram realizadas, utilizando-se a estrutura laboratorial do Setor de Processamento de Alimentos do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP. As características avaliadas foram:

- Massa média de frutos (g fruto⁻¹): obtida pelo somatório da massa total de frutos da parcela dividido pelo número de frutos da mesma;
- Produtividade de frutos por planta (g planta⁻¹): obtida dividindo a massa total de frutos da área útil da parcela pelo número de plantas úteis (2 plantas);
- Produção por hectare (Mg ha⁻¹): obtida multiplicando a produtividade de frutos por planta (g planta⁻¹) pelo número total de plantas em 1 hectare. Como a área útil de cada planta era de 1,0 m², existiam, portanto, 10.000 plantas em 1 hectare;

- Diâmetro longitudinal e transversal do fruto (cm): obtido a partir da medição do diâmetro do fruto no sentido longitudinal e transversal, respectivamente, com uma trena flexível convencional;

- Formato do fruto (adimensional): relação entre o diâmetro longitudinal e o transversal;

- Espessura da casca e da polpa do fruto (mm): obtida através de um paquímetro digital;

- Teor de sólidos solúveis do fruto (°Brix): determinado em gotas extraídas da polpa homogeneizada em triturador doméstico tipo “mixer” e quantificado em refratômetro Auto Abbe, modelo 10500/10501 Leica, o qual expressa os resultados em °Brix (A.O.A.C., 1992);

- pH do fruto: determinado por um potenciômetro da marca Tecnal, a partir de amostras liquefeitas, segundo metodologia indicada pela A.O.A.C. (1992);

- Acidez titulável do fruto: tomando-se 10 g de material triturado, acrescido de 50 mL de água destilada e homogeneizado, titulando com NaOH a 0,01 M padronizado, tendo como indicador fenolftaleína a 1 %, sendo este teor expresso em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1986) e

- Textura da polpa do fruto: determinada com o auxílio de texturômetro “Texture Test System”, modelo TP-1, acoplado a um registrador automático de variação de força, operado em célula padrão de compressão de cisalhamento CS-1, com 10 lâminas de 1/8” de espessura e ângulo de 90°. As amostras foram previamente pesadas e colocadas na célula teste de cisalhamento e compressão, de tal forma que as lâminas das células tivessem ação paralela às amostras. Os resultados da leitura em libras (lb) no aparelho foram convertidos em Newton (N), sendo 1 N = 4,45 lb.

3.10.2 Aspectos morfológicos

A avaliação morfológica foi realizada em todas as plantas do experimento, avaliando-se os seguintes aspectos:

- Taxa de crescimento da altura da planta (cm dia⁻¹): obtida dividindo a altura da planta pelo número de dias de crescimento. A altura foi obtida com uma trena, medida do colo da planta até o ápice do ramo principal. Foram realizadas cinco leituras durante a primeira metade do ciclo da cultura;

- Taxa de crescimento do diâmetro de colo da planta (mm dia⁻¹): obtida dividindo o diâmetro de colo da planta pelo número de dias de crescimento. O diâmetro de colo foi obtido

com um paquímetro digital, medido a 1 cm em relação à superfície do solo. Foram realizadas cinco leituras durante a primeira metade do ciclo da cultura.

3.10.3 Distribuição de água no solo

O monitoramento do armazenamento, da umidade e do movimento da água no solo foram feitos a partir dos tensiômetros instalados (conforme item 3.6) em torno da planta. As leituras dos tensiômetros foram realizadas diariamente, pela manhã, entre 8 e 9 horas, utilizando tensímetro de punção. Os valores das leituras foram convertidos em potencial mátrico (ϕ_m), utilizando a eq. (14), e posteriormente, com os parâmetros do modelo descrito por van Genuchten (1980) eq. (15), obtidos por meio das curvas de retenção de água no solo (Figuras 6 e 7), determinaram-se os respectivos teores de umidade nas camadas.

Em laboratório, para obter-se a curva de retenção da água no solo, foram utilizadas as mesas de tensão de 10, 20, 40 e 100 cm, e a panela e membrana de pressão para as tensões de 100, 300, 500, 1.000, 5.000, 10.000 e 15.000 cm. Os parâmetros da equação de van Genuchten (1980) (Tabela 9), que descrevem as curvas de retenção de água no solo, foram obtidos a partir do programa RETC, desenvolvido pelo US Salinity Laboratory – USDA (van GENUCHTEN; LEIJ; YATES, 1991).

$$\phi_m = L_t + h_c \quad (14)$$

em que:

ϕ_m – potencial matricial de água no solo, cm.c.a.;

L_t – leitura no tensiômetro, cm.c.a.;

h_c – pressão equivalente à altura da coluna de água no tensiômetro, cm.c.a..

$$\theta[\phi_m] = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left[1 + (\alpha |\phi_m|)^n\right]^m} \quad (15)$$

em que:

$\theta(\phi_m)$ - umidade volumétrica em função do potencial mátrico, em $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$;

θ_r - umidade volumétrica residual do solo, em $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$;

θ_s - umidade volumétrica do solo saturado, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

m e n - parâmetros de regressão da equação, adimensional;

α - parâmetro com dimensão igual ao inverso da tensão, em cm^{-1} ;

ϕ_m - potencial mátrico, em cm.

Tabela 9 – Valores de umidade de saturação (θ_s) e residual (θ_r) e dos parâmetros (α , n e m) do modelo de van Genuchten para os solos utilizados no experimento – Piracicaba, SP, 2005

Camada (m)	θ_s ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	θ_r ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	α	m	n
Latosolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”					
0 – 0,20	0,461	0,117	0,0697	0,3886	1,6357
0,20 – 0,40	0,471	0,164	0,2484	0,2370	1,3105
0,40 – 0,60	0,385	0,151	0,101	0,2661	1,3626
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”					
0 – 0,20	0,547	0,256	0,6299	0,2111	1,2677
0,20 – 0,40	0,605	0,246	0,8932	0,2130	1,2707
0,40 – 0,60	0,513	0,208	0,4863	0,0839	1,0916

Figura 6 – Curvas de retenção de água no solo, ajustadas pelo modelo de van Genuchten, para as profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m, em solo franco-arenoso (Latosolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”) – Piracicaba, SP, 2005

Figura 7 – Curvas de retenção de água no solo, ajustadas pelo modelo de van Genuchten, para as profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m, em solo argiloso (Argissolo Vermelho “Série Luiz e Queiroz”) – Piracicaba, SP, 2005

3.10.4 Distribuição de íons nitrato e potássio no solo, CE e pH

O monitoramento da concentração iônica, da condutividade elétrica (CE) e do pH foi possível a partir da análise de amostras de solução, coletadas por extratores de solução de cápsula porosa (disposição descrita no item 3.6). Foram realizadas 6 campanhas de coletas, precisamente aos 34, 40, 47, 55, 63 e 70 DAT.

Para a extrair a solução do solo, criou-se um vácuo na câmara interna do extrator, de aproximadamente 80 kPa, cerca de 12 horas após a irrigação, com o uso de uma pequena bomba de vácuo. Cerca de 24 horas após a aplicação do vácuo, tempo necessário para que se atingisse um equilíbrio entre o meio de origem da solução (solo) e o destino (interior do extrator de solução), a solução do solo foi removida através de uma seringa e depositada em recipiente plástico, sendo devidamente identificada. A coleta das amostras de solução foi realizada quando o solo estava com a umidade próxima à capacidade de campo. A umidade foi determinada na profundidade da cápsula porosa, com a finalidade de se corrigir o efeito da umidade do solo sobre a condutividade elétrica da solução (eq. 16), enquanto as medidas de condutividade elétrica foram corrigidas em função da temperatura e expressas em valores a 25 °C. Em seguida, os valores foram calibrados com os valores de CE medidos no extrato de saturação (RICHARDS, 1954), conforme eq. (17) proposta por Dias (2004).

$$CE_{\text{corrigida}} = \frac{CE_{\text{extrator}} U_{\text{extrator}}}{U_{\text{saturação}}} \quad (16)$$

em que:

$CE_{\text{corrigida}}$ – condutividade elétrica (CE) do extrato de saturação estimada a partir da CE da solução do solo obtida com extrator de cápsula, sendo corrigida para a umidade da pasta saturada, em dS m^{-1} ;

CE_{extrator} – CE da solução do solo obtida com extrator de cápsula porosa, em dS m^{-1} ;

U_{extrator} – umidade do solo estimada com base no potencial mátrico (curva de retenção do solo), no momento da retirada da solução com o extrator de cápsula porosa, em g g^{-1} ;

$U_{\text{saturação}}$ – umidade do solo na pasta saturada, estimada com base na curva de retenção do solo, para o potencial mátrico nulo, g g^{-1} .

$$CE_{s \text{ estimada}} = 1,0555.CE_{ss \text{ medida}} \quad (17)$$

em que:

CE_{estimada} – condutividade elétrica (CE) do extrato de saturação, estimada a partir da CE da solução do solo extraída com extratores de solução do solo, corrigida em função da umidade, em dS m^{-1} ;

$CE_{ss \text{ medida}}$ – condutividade elétrica (CE) obtida na solução do solo, coletada via extrator de solução e corrigida em função da umidade no momento da extração, em dS m^{-1} .

O pH e a CE das amostras de solução do solo foram determinados, em laboratório, por um peagâmetro e um condutivímetro de mesa, respectivamente. Para a determinação da concentração de nitrato e potássio, foram utilizados medidores de íons específicos (MIE), que são pequenas cartelas eletrônicas digitais de medição de íon específico (Cardy-Horiba). Esta leitura foi corrigida pela calibração do aparelho com o método padrão de laboratório (Figuras 8 e 9), em que as medidas são determinadas usando-se um sistema automático de injeção de fluxo contínuo

- FIA (RUZICKA; HANSEN, 1981). Para a realização dessas análises, foi utilizada a estrutura do Laboratório de Ecologia Aplicada do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. Folegatti et al. (2005) também encontraram boa correlação entre o método dos MIE e o método padrão de laboratório.

Figura 8 – Equação de regressão entre as concentrações de potássio, obtida pelo método-padrão (FIA), e pelo teste rápido específico para K^+ Cardy-Horiba – Piracicaba, SP, 2005

Figura 9 – Equação de regressão entre as concentrações de nitrato obtida pelo método-padrão (FIA), e pelo teste rápido específico para NO_3^- Cardy-Horiba – Piracicaba, SP, 2005

Foram coletadas, também, amostras de solo nas camadas de 0 a 0,04 m, de 0,04 a 0,08 m e de 0,08 a 0,12 m da superfície do solo, nas distâncias horizontais do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m e, também 0,40 m somente nas caixas com “mulching” (Figura 10), para a determinar o pH, a CE e a concentração de nitrato e potássio no solo. Foram realizadas 5 campanhas de coletas, precisamente aos 41, 46, 56, 63 e 71 DAT. As coletas das amostras de solo foram realizadas por meio de cilindros de amostragem e colocadas em saco plástico apropriado, sendo devidamente identificadas (EMBRAPA, 1997).

Para a determinar o pH, a CE e a concentração de nitrato e potássio das amostras de solo, foi necessário o preparo da pasta de saturação, que consistiu na agitação de cerca de 250 g da amostra de solo com espátula, em recipiente plástico de 600 mL, com a adição gradual de água destilada, até que a amostra apresentasse as características desejadas, como superfície brilhosa, movimento lento em posição inclinada e fácil deslizamento sobre a espátula. Após repousarem por uma noite, as amostras foram filtradas em papel de filtro Whatman N° 2, com o auxílio de uma bomba de vácuo, sendo extraídas e depositadas em Kitassato, conforme metodologia proposta por Richards (1954). A partir daí, efetuaram-se as determinações de pH, de CE, de nitrato e de potássio, com o mesmo procedimento adotado para as amostras de solução de solo.

Figura 10 – Posições das amostras de solo coletadas para a análise dos íons potássio, nitrato, da CE e do pH do solo

3.10.5 Produtividade da água (PA)

Os valores de PA, em kg m^{-3} , nos solos franco-arenoso e argiloso foram determinados pela relação entre o rendimento da cultura (RC), em kg ha^{-1} , a quantidade de água aplicada (L) nos tratamentos, ou a estimativa (conforme item 3.8) de água evapotranspirada para as caixas sem “mulching”, ou ainda a quantidade de água transpirada nas caixas com “mulching”, de acordo com as equações:

$$PA = \frac{RC}{L} \quad \text{ou} \quad PA_{\text{sem mulching}} = \frac{RC}{ET_c} \quad \text{ou} \quad PA_{\text{com mulching}} = \frac{RC}{T} \quad (18)$$

em que:

PA – eficiência do uso da água, em kg m^{-3} ;

RC – produtividade da cultura, em kg ha^{-1} ;

L – quantidade de água aplicada na irrigação durante o ciclo da cultura, em m^3 ;

ETc – evapotranspiração da cultura estimada para o ciclo total, expressa em m^3 ;

T – transpiração da cultura estimada pra o ciclo total, em m^3 .

3.11 Análise estatística dos dados

Foram interpretados os dados de cada experimento (tipo de solo), individualmente, a partir das análises de variância, utilizando-se o teste F e respeitando-se o delineamento experimental adotado. Por tratar-se, neste experimento, da investigação de variáveis qualitativas (profundidade de gotejamento e “mulching” plástico no solo), foi utilizado, para a comparação entre as médias, o teste de Tukey, no nível de 5 % de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura e umidade relativa do ar

A Figura 11 mostra a variação da temperatura (máxima e mínima) no interior da estufa e no ambiente externo, durante o ciclo do melão, que compreendeu entre o início do transplântio e a última colheita, um intervalo de 84 dias. Os valores médios da temperatura máxima no interior da estufa e no ambiente externo foram de 36,7 e 29,9 °C, respectivamente, representando uma expressiva diferença de aproximadamente 7 °C. Os valores médios da temperatura mínima, determinadas para o interior e o exterior da estufa, foram de 19,5 e 18,2 °C para o período experimental, diferença de, aproximadamente, 1 °C. A faixa ótima de temperatura para o melhor crescimento da produção, durante todo o ciclo de desenvolvimento do meloeiro, situa-se entre 25 e 35 °C. Sob baixas temperaturas, de 15 a 20 °C, a ramificação do meloeiro é afetada, resultando em plantas pouco desenvolvidas, enquanto temperaturas muito elevadas, acima de 35 °C, provocam a queda de flores e de frutos novos; quando acompanhadas de ventos quentes, causam rachaduras nos frutos (OHARA et al., 2000). Em apenas 7,1 % dos dias, a temperatura média do experimento (estufa) esteve inferior a 25 °C e, em nenhum dia, atingiu valores médios acima de 35 °C (Figura 12), apesar de, em 75 % dos dias, a temperatura máxima ter ultrapassado o valor de 35 °C e a temperatura mínima ter sido menor que 20 °C em 39,3 % dos dias.

Os valores médios de temperatura, medidos no interior e no ambiente externo à estufa para o intervalo de 84 dias foram de 28,1 e 23,4 °C. Portanto, diante desses valores, observa-se que a faixa de temperatura, durante a fase experimental, permitiu bom desenvolvimento da cultura do melão em ambiente protegido. Vásquez (2003), trabalhando com o mesmo híbrido de melão em ambiente protegido, no mesmo período do ano e local, de setembro de 2001 a janeiro de 2002, encontrou valores de temperatura média, mínima e máxima de 24,9, 18,1 e 33,5 °C, respectivamente. Cardoso (2002), também no mesmo período e local, em 2001, encontrou valores de 23,8, 12,9 e 35,4 °C, respectivamente, para as temperaturas média, mínima e máxima.

Figura 11 – Variação da temperatura (máxima e mínima) no interior da estufa e em ambiente externo, durante o período experimental – Piracicaba, SP, 2005

Figura 12 – Variação da temperatura média no interior da estufa e em ambiente externo, durante o período experimental – Piracicaba, SP, 2005

A Figura 13 ilustra a variação da umidade relativa (UR) do ar (máxima e mínima), registradas no ambiente interno e externo à casa de vegetação. Observa-se que a UR máxima, medida no ambiente externo à estufa, em média 99,4 % e freqüentemente igual a 100 %, foi sempre superior àquela medida em seu interior, de média 83,8 %. Vásquez (2003) encontrou valores de 72,6, 49,8 e 89,8 % para as UR do ar média, mínima e máxima, respectivamente, no mesmo período do ano. Cardoso (2002) encontrou UR média de 75,5 %. Com relação aos valores mínimos, observou-se a mesma tendência, ou seja, o valor da umidade relativa do ar no ambiente externo, em média 55 %, foi sempre superior àquela medido dentro da estufa, que apresentou valor médio de 30,4 %. Tais resultados eram esperados, uma vez que as temperaturas no interior da estufa foram sempre superiores aos valores obtidos para o ambiente externo e é de se esperar que a umidade absoluta do ar seja próxima para os dois ambientes.

Figura 13 – Variação da umidade relativa do ar diária (máxima e mínima) no interior da estufa e em ambiente externo, durante o período experimental – Piracicaba, SP, 2005

4.2 Evapotranspiração da cultura

Conforme descrito no item 3.8, a evapotranspiração da cultura (ETc) nas caixas sem o “mulching” foi estimada e está apresentada na Figura 14. Observa-se que, em praticamente todo o ciclo da cultura, as plantas sem o “mulching” estariam sob déficit hídrico moderado pelo balanço hídrico climatológico, contrariando os potenciais medidos no solo (Tabela 11, reportada no item 4.3). Isso ocorreu em virtude de o manejo da irrigação ter tomado, como referência, as caixas com “mulching” (descrito no item 3.8). Devido a um problema no painel controlador da irrigação, aos 54 DAT, o sistema de irrigação operou por 13 horas, o que acabou contribuindo para minimizar o déficit hídrico climatológico da cultura nas caixas sem “mulching”. Apesar do déficit total climatológico da cultura, já esperado devido à opção de manejo adotada, não houve efeito negativo sobre o desenvolvimento, a produção e a qualidade da cultura, evidenciando a coerência com os potenciais medidos no solo.

A ETc total, durante o ciclo, foi de 187,2 mm e a lâmina total de água aplicada, de 175,2 mm, suspendendo-se a irrigação aos 81 DAT. Tal diferença de 12 mm, acrescida da lâmina de 15 mm aplicada aos 54 DAT (em excesso para as caixas com “mulching”), devido ao problema do sistema de irrigação, expressa, portanto, a economia de 27 mm (14,5 %) de água que o “mulching” proporcionou, devido à eliminação da evaporação de água do solo. Medeiros et al. (2005) encontraram redução de 18 % na necessidade hídrica do meloeiro sob cobertura com filme de polietileno.

A menor e a maior ETc diárias da cultura sem “mulching” foram registradas aos 22 e 75 DAT, respectivamente, e foram de 0,4 e 4,9 mm. A ETc média diária foi de 2,3 mm. Vásquez (2003), no mesmo local e no mesmo período do ano, encontrou lâmina total aplicada de 417,32 mm, equivalente à evaporação do tanque Classe A modificado, em 94 dias de ciclo, correspondendo a uma ETc média diária de 4,4 mm dia⁻¹.

Em termos de volume, cada planta recebeu, em média, a quantia de 175,2 L de água nos 81 dias de cultivo. No entanto, o consumo hídrico delas, eliminando o erro da irrigação aos 54 DAT, seria de 160,2 L, para as caixas com “mulching”. Nas caixas sem “mulching”, a necessidade hídrica estimada foi de 187,2 L de água por planta. Silva et al. (2004), trabalhando com o mesmo híbrido de melão, no mesmo local e período do ano, encontraram um consumo de 101 L de água por planta, num ciclo de 80 dias.

Durante o período experimental, foi estimada uma necessidade hídrica da cultura de 231,4 mm em ambiente externo à estufa. Vásquez (2003) encontrou requerimento hídrico de 655,5 mm no exterior da estufa. O baixo valor encontrado neste trabalho foi devido, provavelmente, às condições climáticas inerentes à época do experimento (Tabela 1), que comparado ao período de Vásquez (2003), apresentou menores médias de radiação global, insolação diária, além de maior umidade relativa do ar. Peñalber (1997) reporta que as necessidades totais de água para a cultura do melão, produzido ao ar livre, estão entre 300 e 400 mm. Monteiro (2004), trabalhando na região de Pentecoste, CE, encontrou consumo hídrico do melão de 422,1 mm, em 60 dias de ciclo. Pesquisas desenvolvidas por Dorenbos e Pruitt (1976) mostram que o requerimento total de água para o cultivo de melão, produzido ao ar livre, está na faixa de 400 a 600 mm.

Figura 14 – Evapotranspiração da cultura (ETc) do melão em ambiente protegido, sem “mulching”, durante o período experimental (81 dias) – Piracicaba, SP, 2005

4.3 Distribuição de água no solo

De maneira geral, nas profundidades de gotejo e na cobertura de solo estudadas, no solo franco-arenoso (FAR), a umidade monitorada na profundidade de 0,50 m encontrou-se maior em todo o ciclo (Figura 15e, f, i), permanecendo menos úmida a profundidade mais superficial, de 0,15 m (Figura 15a, d, g). Isso ocorreu também no solo argiloso (ARG), no entanto, com menor evidência (Figura 16). Nos tratamentos com “mulching” (T4, T5 e T6), em ambos os solos, observou-se que a umidade do solo, na profundidade de 0,50 m, atingiu valores próximos à saturação, durante alguns momentos do ciclo. Aos 54 DAT, pôde ser observado um pico de aumento da umidade do solo para todos os tratamentos, em ambos os solos e nas profundidades monitoradas, devido à aplicação excessiva de água por problemas no sistema de irrigação, mencionados no item 4.2.

A umidade, em todos os tratamentos, foi reduzida, em ambos os solos, consideravelmente, com o aumento da distância radial do gotejador, para as três profundidades (0,15, 0,30 e 0,50 m) monitoradas, apresentando reduções mais significantes nos tratamentos sem “mulching” (T1, T2 e T3), na profundidade de 0,15 m e no solo FAR (Figuras 15a, d, g). Dentre os tratamentos, o com “mulching” associado com a profundidade de gotejo de 0,20 m (T5) apresentou menor redução na umidade com o aumento da distância do gotejador (Figura 15g), além de apresentar valores que flutuaram sempre próximos à capacidade de campo, demonstrando a melhor distribuição de água no solo.

No solo FAR, ocorreu alta variação de umidade ao longo do ciclo, principalmente após os 27 DAT, momento em que a planta intensifica o consumo de água. Essa variação também foi observada no solo ARG, porém com menor intensidade, permanecendo a umidade do solo em torno da capacidade de campo. Percebe-se que tais flutuações se intensificam com o aumento da distância horizontal do gotejador, facilmente perceptível no solo FAR e levemente no solo ARG, devido à aproximação da extremidade do bulbo molhado (Figuras 15, 16 e 17).

Dentre os tratamentos sem “mulching” (T1, T2 e T3), a posição do gotejo a 0,20 m de profundidade (T2) apresentou melhor desempenho na manutenção da umidade do solo em taxas ótimas para a extração de água pelas raízes da planta, em ambos os solos (Figuras 15b, e, h) (Figuras 16b, e, h), observado na profundidade de maior concentração das raízes do meloeiro (0,30 m). Para atingir altas produtividades, é importante que os fertilizantes e a água de irrigação sejam fornecidos nessa profundidade de solo (SILVA e al, 2000). Outro aspecto a considerar é que

a umidade do solo tem efeito direto na disponibilidade de potássio e de nitrato no solo. Além disso, a falta de água no solo também reduz a atividade das raízes, prejudicando, dessa forma, a absorção de todos os elementos (RAIJ, 1991). A Tabela 10 mostra que os valores médios de umidade do solo, encontrados para a irrigação a 0,20 m, sem “mulching” (T2), foram superiores em quase todas as posições monitoradas em relação às demais profundidades de gotejamento (0 e 0,40 m), sem “mulching” (T1 e T3). A Tabela 11 ratifica essa tendência, mostrando que os valores de potencial mátrico, para o tratamento T2, foram sempre inferiores aos encontrados nos tratamentos T1 e T3, para todas as posições monitoradas no solo. O valor máximo de potencial mátrico, encontrado para o tratamento T2, foi de 11,8 kPa na posição monitorada mais distante do gotejador (0,30 m) e mais próximo a superfície do solo (0,15 m). A variação do potencial mátrico (kPa), ao longo do ciclo da cultura, para ambos os solos e tratamentos, pode ser visualizado nos apêndices E, F e G

Rodríguez; Ochoa e Valenzuela (1999), medindo o potencial mátrico a 0,3 m de profundidade, mostraram que o rendimento comercial do melão foi afetado significativamente pela irrigação. O tratamento com melhor rendimento comercial, de 24 Mg ha⁻¹, correspondeu ao mais úmido, com 14 kPa, seguido pelo rendimento médio de 17 Mg ha⁻¹, com 28 kPa, e com rendimento mais baixo de 14 Mg ha⁻¹ com o mais seco, ou melhor, com o potencial de 33 kPa. De igual forma, Pérez & Rivero (2001), estudando lâminas totais de irrigação para as tensões registradas a 0,3 m de profundidade do solo, de 10, 25 e 45 kPa com o melão Cantaloupe, obtiveram rendimentos de fruta de 50 Mg ha⁻¹ para o tratamento de 10 kPa. Os níveis de umidade de 25 e 45 kPa afetaram negativamente a produção total de frutas em 26 e 30 %, respectivamente.

Dentre os tratamentos com “mulching” (T4, T5 e T6), o tratamento com gotejamento a 0,40 m de profundidade (T6) apresentou maiores valores de umidade (Tabela 10) e menores potenciais mátricos (Tabela 11) em quase todas as posições monitoradas, em ambos os solos. No entanto, o tratamento com gotejamento a 0,20 m (T5) apresentou faixa de valores de umidade mais adequadas e com variação mais próxima à capacidade de campo, em ambos os solos, conforme pode ser visualizado também nas Figuras 15, 16 e 17, enquanto o tratamento T6 apresenta umidades próximas à saturação. Os valores de potenciais mátricos, encontrados para o tratamento T5, estão de acordo com o manifestado por Gurovich (1979), o qual afirma que o melão pode ser manejado até um nível de 4 a 6 kPa de potencial mátrico, sem que a produção sofra perdas consideráveis.

Figura 15 – Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) para o solo franco-arenoso, ao longo do ciclo do melão, às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 - sem CB e PG de 0,20 m; T3 - sem CB e PG de 0,40 m; T4 - com CB e PG de 0 m; T5 - com CB e PG de 0,20 m; T6 - com CB e PG de 0,40 m, para o solo franco-arenoso - Piracicaba, SP, 2005

Figura 16 – Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) para o solo argiloso, ao longo do ciclo do melão, às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m, para o solo franco-arenoso - Piracicaba, SP, 2005

Tabela 10 – Valores médios de umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) ao longo do ciclo do melão nas diferentes posições do perfil do solo monitoradas via tensiômetro, para os 6 tratamentos, nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Distância horizontal do gotejador (m)	Profundidade (m)	Umidade volumétrica (cm³ cm⁻³)					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”							
0,10	0,15	0,258	0,273	0,258	0,270	0,283	0,281
0,10	0,30	0,312	0,320	0,307	0,303	0,316	0,326
0,10	0,50	0,315	0,321	0,298	0,294	0,307	0,339
0,20	0,15	0,252	0,250	0,242	0,252	0,262	0,291
0,20	0,30	0,316	0,333	0,308	0,304	0,319	0,330
0,20	0,50	0,319	0,328	0,309	0,298	0,310	0,339
0,30	0,15	0,242	0,230	0,208	0,219	0,253	0,254
0,30	0,30	0,310	0,315	0,299	0,296	0,315	0,333
0,30	0,50	0,309	0,310	0,294	0,281	0,305	0,333
0,40	0,15	-	-	-	0,183	0,237	0,318
0,40	0,30	-	-	-	0,276	0,312	0,402
0,40	0,50	-	-	-	0,265	0,320	0,379
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”							
0,10	0,15	0,355	0,358	0,346	0,370	0,371	0,379
0,10	0,30	0,365	0,375	0,361	0,386	0,380	0,399
0,10	0,50	0,436	0,443	0,432	0,456	0,452	0,467
0,20	0,15	0,354	0,358	0,345	0,373	0,366	0,373
0,20	0,30	0,368	0,378	0,359	0,388	0,387	0,402
0,20	0,50	0,433	0,437	0,431	0,458	0,456	0,478
0,30	0,15	0,342	0,343	0,336	0,360	0,355	0,365
0,30	0,30	0,359	0,364	0,352	0,383	0,381	0,394
0,30	0,50	0,428	0,437	0,425	0,453	0,451	0,462
0,40	0,15	-	-	-	0,340	0,348	0,371
0,40	0,30	-	-	-	0,379	0,377	0,422
0,40	0,50	-	-	-	0,461	0,460	0,500

T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m

Tabela 11 – Valores médios do potencial mátrico (kPa) ao longo do ciclo do melão nas diferentes posições do perfil do solo monitoradas via tensiômetro, para os 6 tratamentos, nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Distância horizontal do gotejador (m)	Profundidade (m)	Umidade volumétrica (cm ³ cm ⁻³)					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”							
0,10	0,15	6,9	5,4	6,7	4,9	4,2	4,7
0,10	0,30	5,8	3,9	4,9	7,4	4,2	3,3
0,10	0,50	2,9	2,3	3,7	6,2	4,5	1,7
0,20	0,15	9,9	8,8	9,5	8,2	7,2	4,1
0,20	0,30	5,4	3,1	4,9	7,9	5,9	3,2
0,20	0,50	2,8	2,0	2,9	5,8	4,9	1,7
0,30	0,15	15,4	11,8	30,4	21,4	6,4	12,1
0,30	0,30	6,4	4,1	7,0	9,6	4,7	3,1
0,30	0,50	3,6	2,9	4,0	7,2	4,6	2,1
0,40	0,15	-	-	-	35,4	18,1	3,0
0,40	0,30	-	-	-	22,7	6,9	0,9
0,40	0,50	-	-	-	21,2	11,8	0,2
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”							
0,10	0,15	16,9	10,2	24,3	6,5	5,9	4,7
0,10	0,30	12,5	6,8	13,6	4,7	4,7	2,9
0,10	0,50	12,6	7,0	14,2	3,1	2,8	1,6
0,20	0,15	16,8	10,4	28,5	5,7	7,0	5,4
0,20	0,30	12,7	7,7	17,0	4,5	3,9	2,7
0,20	0,50	15,7	11,6	15,5	2,7	2,5	1,0
0,30	0,15	29,9	25,6	6,0	8,7	14,8	10,3
0,30	0,30	19,7	13,2	20,7	4,3	5,1	3,3
0,30	0,50	21,8	11,4	22,4	2,5	2,8	2,1
0,40	0,15	-	-	-	22,8	18,6	8,4
0,40	0,30	-	-	-	5,2	7,4	1,9
0,40	0,50	-	-	-	1,9	2,6	0,5

T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m

Em maior distância horizontal do gotejador (0,40 m), os tratamentos T4, T5 e T6 (com “mulching” e profundidades de gotejo de 0, 0,20 e 0,40 m, respectivamente) apresentaram bons valores de umidade do solo, o que demonstrou a importante contribuição do “mulching” para a redistribuição horizontal de água no solo (Figura 17). No solo FAR, a partir dos 43 DAT (início do monitoramento a 0,40 m do gotejador), houve maior oscilação na umidade até o final do ciclo (81 DAT), quando comparado ao solo ARG. A umidade no solo ARG esteve sempre acima da capacidade de campo. Na profundidade de 0,50 m, a umidade do T6 permaneceu na saturação em praticamente todos os dias monitorados.

Figura 17 – Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) ao longo do ciclo do melão, registrado na posição de 0,40 m da planta e nas profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m, para os tratamentos com cobertura plástica (CB) no solo: T4 – CB e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T5 – CB e PG de 0,20 m; T6 – CB e PG de 0,40 m, para os solos franco-arenoso (coluna da esquerda) e argiloso (coluna da direita) - Piracicaba, SP, 2005

4.4 Distribuição de íons no solo

4.4.1 Nitrato

As concentrações (mg L^{-1}) de nitrato (NO_3^-), observadas nas soluções extraídas pelos extratores de solução do solo, instalados em diferentes posições em relação ao ponto de emissão (descritos no item 3.6), para cada profundidade de gotejo, cada condição de cobertura do solo e cada tipo de solo, em cada período de observação (34, 40, 47, 55, 63 e 70 DAT) foram plotadas em perfis transversais, de maneira a se observar a distribuição destes no solo, conforme mostram as Figuras 18, 19, 20, 21, 22 e 23.

A concentração de nitrato apresentou alta variação no solo, sendo encontrados valores pontuais entre 16 e 171 mg L^{-1} , no solo franco-arenoso (FAR), e entre 16 e 208 mg L^{-1} , no solo argiloso (ARG). As três maiores concentrações de nitrato encontradas no solo FAR foram: no tratamento T5, aos 70 DAT, de 153 mg L^{-1} , na profundidade de 0,15 m e na distância horizontal de 0,30 m do emissor (Figura 23); no tratamento T5, aos 55 DAT, de 162 mg L^{-1} , na profundidade de 0,50 m e na distância horizontal de 0,40 m do emissor (Figura 21) e no tratamento T5, também aos 55 DAT, de 171 mg L^{-1} , na mesma profundidade de 0,50 m, porém à distância de 0,30 m do emissor (Figura 21).

Para o solo ARG, as três maiores concentrações também foram encontradas aos 55 DAT e no tratamento T5 (com “mulching” e profundidade de gotejo a 0,20 m) (Figura 21). O aumento da temperatura e da umidade dos solos, proporcionado pelo “mulching”, pode ter favorecido a atividade microbiana, a mineralização do nitrogênio orgânico do solo e a nitrificação dos adubos, aumentando a disponibilidade desse nutriente no solo (ZAPATA et al., 1989; SAMPAIO; FONTES; SEDIYAMA, 1999). Os maiores valores de concentração foram de 208, 199 e 162 mg L^{-1} , encontrados na profundidade de 0,50 m, nas distâncias de 0,10, 0,20 e 0,30 m do emissor, respectivamente. Esses maiores valores foram encontrados aos 55 DAT, em ambos os solos, provavelmente por coincidir com o período de maior aplicação de fertilizante nitrogenado (Tabela 8), conforme o calendário de fertirrigação que considerou a marcha de absorção de N pela cultura. Outro aspecto a ser considerado é a alta mobilidade deste íon no solo, ocorrida principalmente no solo ARG, por este apresentar valores maiores de capacidade de troca de cátions (CTC) (Tabela 2) que o solo FAR e, como o nitrato constitui um ânion, foi repelido pela superfície das partículas do solo e lixiviado para as camadas mais profundas. Isso ocorreu 1 dia

após uma excessiva aplicação de água nas caixas, devido a um problema no sistema de irrigação, o que influenciou no processo de lixiviação, principalmente no solo ARG (Figura 21). Segundo Edwards et al. (1972), alguns íons, quando disponibilizados na solução do solo, são rapidamente deslocados no perfil, como é o caso do nitrogênio que, na forma de íon nitrato, é altamente solúvel em água e apresenta grande mobilidade no solo. É interessante observar que o nitrato foi menos lixiviado quando a profundidade de gotejo estava posicionada na superfície (T1) ou a 0,20 m (T2) de profundidade, no solo sem “mulching” e ARG (Figura 21). Muchovej e Rechcigl (1994) comentam que as formas nítricas, quando aplicadas diretamente na formulação de fertilizantes ou quando produzidas por nitrificação do amônio, são rapidamente solúveis na solução do solo. Essa alta solubilidade e a fraca interação com a matriz do solo possibilitam que o ânion acompanhe a frente de umedecimento da água no solo; assim, o nitrato tanto pode movimentar-se para baixo, sob condições de excessiva precipitação ou irrigação, quanto para cima, por capilaridade, durante estações extremamente secas. Exner et al. (1991) verificaram movimento profundo de nitrato em diferentes taxas de aplicação, sob condição de irrigação, cujos resultados indicaram que 95% do nitrato aplicado foram lixiviados para baixo da zona radicular da cultura.

A menor concentração de nitrato, de 16 mg L^{-1} , para o solo FAR foi obtida no tratamento T6 (com “mulching” e profundidade de gotejo a 0,40 m), aos 47 DAT (Figura 20), a 0,15 m de profundidade e nas distâncias de 0,30 e 0,40 m do emissor. Para o solo ARG, a menor concentração, de 16 mg L^{-1} , foi encontrada no tratamento T3, aos 70 DAT.

Mediante os resultados obtidos da distribuição de nitrato no solo, ilustrados nas Figuras 18 a 23, torna-se difícil qualquer comentário quanto ao melhor desempenho entre os tratamentos ou entre os tipos de solo. Isso aconteceu, provavelmente, devido à grande dificuldade na avaliação da disponibilidade desse elemento por sua dinâmica no solo e, conforme Raij (1991), às rápidas mudanças que este íon está sujeito no solo. Segundo este autor, as formas minerais de N no solo são muito instáveis, podendo haver tanto a mineralização da matéria orgânica, durante o ciclo da cultura, alterando as quantidades de N-mineral existentes no início, ou mesmo a redução de N-mineral, por desnitrificação ou por imobilização causadas pela microflora. Outro aspecto que não se pode desconsiderar, devido à dinâmica deste íon, é a grande dificuldade no processamento das amostras, que necessitam ser secas imediatamente ou congeladas, para evitar as rápidas transformações durante o percurso até o laboratório.

Figura 18 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 34 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 19 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 40 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 20 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 47 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 21 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 55 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 22 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 63 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 23 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 70 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005

Pode-se observar, no entanto, a partir das análises das amostras de solo, realizadas em camadas mais superficiais, entre 0 e 0,04 m; 0,04 e 0,08 m e entre 0,08 e 0,12 m, que foram encontradas maiores concentrações de nitrato (Figuras 24 a 28) em relação às camadas mais profundas do solo (Figuras 18 a 23). Suhet et al. (1985), trabalhando em um latossolo vermelho escuro virgem de cerrado, em duas épocas de amostragem, observaram que, na época mais úmida, foi possível encontrar considerável ocorrência de nitrato próximo à superfície do solo. Segundo os autores, existe uma tendência para o acúmulo de nitrato em períodos úmidos e para sua redução em períodos secos.

As concentrações de nitrato, encontradas nas camadas mais superficiais do solo, variaram entre 16 e 6858 mg L⁻¹, no solo FAR, e entre 18 e 6949 mg L⁻¹, no solo ARG. Tais valores podem ter ocorrido, possivelmente, pela ascensão do nitrato à superfície do solo e pelo aumento da concentração, devido à evaporação da água do solo para a atmosfera. Outra razão poderia ser o fornecimento de quantidades consideráveis de nitrato pela matéria orgânica do solo ou provenientes de restos culturais incorporados anteriormente ao experimento. Silva (2005), estudando o fornecimento de nitrogênio para a cultura do milho sob plantio direto, observou que o solo forneceu maior quantidade de N para o milho, comparado ao fertilizante inorgânico e aos adubos verdes conjuntamente. No entanto, conforme Raij (1991), é difícil prever o grau de mineralização da matéria orgânica que irá ocorrer em determinados períodos em que as plantas são cultivadas.

A maior concentração de nitrato, de 6858 mg L⁻¹, no solo FAR, foi encontrada no tratamento T3, aos 41 DAT (Figura 24), na profundidade de 0,08 m e à distância de 0,30 m do emissor. O menor valor de, 16 mg L⁻¹, foi observado no tratamento T2, também aos 41 DAT (Figura 24), mostrando a alta variabilidade da concentração de nitrato neste estudo, o que dificulta uma análise mais detalhada entre os tratamentos. No solo ARG, as maiores concentrações, de 6949, 4851 e 4395 mg L⁻¹, foram encontradas no tratamento T5, a maior aos 46 DAT (Figura 25) e as demais aos 41 DAT (Figura 24). Aos 56 DAT, após o excesso de água aplicada aos 54 DAT, a concentração de nitrato do T5 na mesma posição do solo (0,04 m de profundidade e 0,40 m do emissor) reduziu-se, para 560 mg L⁻¹ (Figura 26).

A menor concentração de nitrato de 16 mg L⁻¹, para o solo FAR, foi obtida no tratamento T6 (com “mulching” e profundidade de gotejo a 0,40 m), aos 47 DAT (Figura 20), a 0,15 m de profundidade e nas distâncias de 0,30 e 0,40 m do emissor. Para o solo ARG, a menor

concentração, de 16 mg L^{-1} , foi encontrada no tratamento T3 (sem “mulching” e profundidade de gotejo a 0,40 m), aos 70 DAT (Figura 23).

Figura 24 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 41 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 25 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 46 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 26 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 56 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 27 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 63 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 28 – Distribuição espacial do íon nitrato (NO_3^-) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 71 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005

4.4.2 Potássio

As concentrações (mg L^{-1}) de potássio (K^+), observadas nas soluções extraídas pelos extratores de solução do solo, instalados em diferentes posições em relação ao ponto de emissão (descritos no item 3.6), para cada profundidade de gotejo, cada condição de cobertura do solo e cada tipo de solo, em cada período de observação (41, 46, 56, 63 e 71 DAT) foram plotadas em perfis transversais, de maneira a se observar a distribuição destes no solo, conforme mostram as Figuras 29, 30, 31, 32, 33 e 34.

A concentração de potássio, no solo franco-arenoso (FAR), variou entre 4 e 276 mg L^{-1} e, no solo argiloso (ARG), entre 4 e 342 mg L^{-1} . A maior concentração de potássio no solo FAR foi encontrada no tratamento T3, aos 70 DAT (Figura 34), a 0,30 m de profundidade. Altas concentrações também foram encontradas no solo FAR, de 221, 232 e 243 mg L^{-1} aos 70 DAT (Figura 34), no tratamento T6, próximas ao emissor (0,10 m), posicionando-se o gotejador, para este tratamento, da mesma maneira que o T3, a 0,40 m de profundidade, com a diferença de o T6 conter o “mulching”. Raij (1991), afirma que os sais de potássio apresentam, em geral, alta solubilidade e, assim, os teores de K^+ na solução do solo podem atingir concentrações bastante elevadas, dependendo da concentração de ânions presentes. Isso confere, ao potássio, uma mobilidade bem maior, permitindo também um esgotamento mais fácil pelas plantas. As menores concentrações foram de 4 mg L^{-1} , observadas nos tratamentos T1 e T3, aos 55 DAT (Figura 32), na profundidade de 0,15 m.

Para o solo ARG, as menores concentrações de 4 mg L^{-1} , também foram encontradas nos tratamentos T1 e T3, porém aos 63 DAT (Figura 33). Já a maior foi observada no tratamento T2, também aos 63 DAT (Figura 33), próxima ao emissor (0,10 m) e na profundidade de 0,30 m, demonstrando que a irrigação subterrânea a 0,20 m e sem “mulching” disponibilizou mais nutrientes à zona de absorção das raízes do meloeiro, desde os 47 DAT até os 63 DAT, ou seja, desde o início do florescimento até a fase inicial de frutificação da cultura, conforme pode ser observado nas Figuras 31, 32 e 33. Conforme Silva et al. (2000), a taxa de absorção de nutrientes pelo meloeiro é mais rápida após o início do florescimento, estendendo-se até a fase inicial de frutificação do meloeiro. Em São Paulo, Belfort et al. (1988) verificaram que o acúmulo de macronutrientes no melão se intensifica a partir de 30 dias. Prabhakar; Srinivas e Shukla (1985) observaram que a cultura do melão é exigente em nutrientes, particularmente em potássio, que, segundo estes autores, é o principal responsável pela translocação de carboidratos para os frutos,

com importante participação na produção e na qualidade dos frutos. Verificaram, ainda, que o aumento na produtividade do melão, causada pela adição de potássio, decorreu do aumento no peso dos frutos, em virtude do papel importante do potássio na translocação de carboidratos. A sacarose, embora ausente em frutos imaturos, tornou-se o maior constituinte dos carboidratos no fruto maduro.

Mediante os resultados obtidos da distribuição de potássio no solo, ilustrados nas Figuras 29 a 34, podemos observar que, para o solo FAR, o tratamento com irrigação por gotejamento a 0,20 m da superfície e sem “mulching” (T2) apresentou-se, dos 43 DAT até os 70 DAT (período monitorado), com melhor distribuição de íons potássio em torno da zona de absorção de raízes. Segundo Silva et al. (2000), para que o meloeiro obtenha altas produtividade e qualidade, é necessário que a água e os fertilizantes estejam disponíveis ao redor de 0,30 m de profundidade. Tais resultados indicam, provavelmente, a obtenção de melhor rendimento da cultura em solo FAR. Conforme Malavolta (1997), o potássio é absorvido pelas raízes na forma de K^+ e desempenha várias funções na planta; dentre elas, podem-se citar a melhor eficiência no uso da água, em consequência do controle da abertura e do fechamento dos estômatos, maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para outros órgãos da planta, maior eficiência enzimática e melhoria na qualidade comercial da planta.

Para o solo ARG, os resultados parecem indicar que o efeito do “mulching” foi mais evidente na distribuição de íons potássio ao redor da zona radicular do que a profundidade de gotejo, sendo encontradas melhores distribuições de potássio no solo, principalmente nos tratamentos T5 e T6, dos 43 DAT aos 70 DAT (Figuras 29 a 34).

Figura 29 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 34 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 30 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 40 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 31 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 47 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 32 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 55 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 33 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 63 DAT a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 34 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 70 DAT, a partir da coleta de amostras de solução do solo (extratores) às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m – Piracicaba, SP, 2005

A análise das amostras de solo coletadas em camadas mais superficiais, entre 0 e 0,04 m, 0,04 e 0,08 m e 0,08 e 0,12 m, demonstraram, de uma maneira geral, maiores concentrações de potássio nessas camadas (Figuras 35, 36, 37, 38 e 39), em relação às camadas mais profundas do solo. As concentrações de potássio encontradas nas camadas mais superficiais do solo variaram entre 7 e 1042 mg L⁻¹, no solo FAR, e entre 7 e 123 mg L⁻¹, no solo ARG. Os valores mais altos encontrados no solo FAR são justificados, possivelmente, pela baixa CTC deste solo, que disponibilizou, em maior quantidade, o íon K⁺ na solução do solo, em relação ao solo ARG. Sparks e Huang (1985) indicam que o potássio do solo pode ser lixiviado, adsorvido pelo solo ou absorvido pela planta. Os fatores que influenciam no movimento do potássio no solo são a condutividade hidráulica, o pH do solo, o método e a taxa de aplicação deste elemento, a umidade do solo e a absorção pela planta. A habilidade do solo em reter o potássio aplicado é muito dependente da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo; assim, as quantidades de argila e de matéria orgânica no solo influenciam, fortemente, o grau de lixiviação. Os solos com alta CTC têm grande habilidade em reter o potássio aplicado; entretanto a lavagem deste elemento é, freqüentemente, um problema em solos arenosos.

A maior concentração de potássio, de 1042 mg L⁻¹, no solo FAR, foi encontrada no tratamento T1, aos 41 DAT (Figura 35), na profundidade de 0,04 m e à distância de 0,10 m do emissor. Possivelmente, essa alta concentração de potássio deve ter ocorrido devido ao emissor estar posicionado na superfície e, portanto, aplicando água e fertilizante na região mais susceptível aos efeitos da demanda atmosférica, o que ocasionou o processo de evaporação da água e o conseqüente aumento da concentração do potássio na camada superficial do solo. O menor valor, de 7 mg L⁻¹, foi observado no tratamento T4, aos 71 DAT (Figura 34).

No solo ARG, a maior concentração de 123 mg L⁻¹, foi encontrada no tratamento T4, aos 56 DAT (Figura 31). A menor concentração de potássio, de 7 mg L⁻¹, para o solo ARG, foi obtida nos tratamentos T1, T4 e T5, aos 41 DAT (Figura 29).

Figura 35 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 41 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 36 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 46 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 37 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 56 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 38 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 63 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 39 – Distribuição espacial do íon potássio (K^+) nos solos franco-arenoso e argiloso, cultivado com melão fertirrigado, nos 6 tratamentos, observada aos 71 DAT, a partir da solução extraída da pasta saturada do solo coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005

4.5 Condutividade elétrica (CE)

Os resultados mostraram, de uma maneira geral, que para os solos franco-arenoso (FAR) e argiloso (ARG), os valores de CE na camada mais superficial do solo (0 – 0,04 m) foram superiores aos das camadas ligeiramente inferiores (entre 0,04 – 0,08 m e 0,08 – 0,12 m) (Figura 40 e 41). Esses valores aumentaram com a aproximação do emissor, sendo observado, principalmente, nos tratamentos sem “mulching” (Figuras 40a e 41a): a média da CE observada nos tratamentos T1, T2 e T3 (sem “mulching”) foi de 5,4 dS m⁻¹, enquanto, nos tratamentos T4, T5 e T6 (com “mulching”), foi de 2,6 dS m⁻¹, no solo FAR. Para o solo ARG, esses valores foram de 3,5 e 2,1 dS m⁻¹, respectivamente. Pôde-se observar, nesses tratamentos (T1, T2 e T3), durante o experimento, o depósito de sais na camada superior do solo, com a formação de pequenos aglomerados brancos ao redor das plantas. Provavelmente isso aconteceu nos tratamentos sem “mulching”, devido ao efeito da demanda atmosférica sobre a evaporação da água do solo, com o conseqüente aumento da concentração de sais na superfície. De acordo com Richards (1954), a alteração da CE é um reflexo da mudança no teor de água e/ou diluição da solução. Dias (2004) verificou que as maiores concentrações de sais ocorreram na região próxima à superfície do solo e sob o gotejador, diminuindo com a profundidade, havendo formação de isolinhas salinas bem definidas. De acordo com Khan et al. (1996), a distribuição de solutos no solo, aplicados via fertirrigação por gotejamento, não acompanha exatamente a frente de avanço vertical da água, movimentando-se um pouco à frente dos solutos, o que pode resultar no acúmulo de sais na zona superficial do solo.

Os valores obtidos na camada de 0,08 a 0,12 m aproximaram-se da faixa de tolerância para a cultura, já que, segundo Ayers e Westcot (1985), a salinidade limiar para o meloeiro é de 2,2 dS m⁻¹ sem que este sofra perdas de produção potencial. Para níveis de condutividade elétrica do extrato saturado (CE_s) ao redor de 5,7 dS m⁻¹, a cultura do melão produz 75 % de seu potencial produtivo, enquanto, em níveis em torno de 9,1 dS m⁻¹, produz apenas metade de seu potencial.

Figura 40 – Variação da condutividade elétrica ao longo do ciclo do melão (CE), em dS m^{-1} , da solução extraída da pasta saturada do solo franco-arenoso coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005

Figura 41 – Variação da condutividade elétrica ao longo do ciclo do melão (CE), em dS m^{-1} , da solução extraída da pasta saturada do solo argiloso coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005

Na distância de 0,40 m da planta, os valores obtidos no solo franco-arenoso (FAR) foram, em média, maiores que no solo argiloso (ARG) e a CE decresceu com a profundidade (Figura 42). Os tratamentos, no solo FAR, apresentaram a mesma tendência de variação da CE ao longo do ciclo. O tratamento T5, no solo FAR, apresentou valores sempre acima do limite de tolerância para a cultura, no entanto, por se tratar de uma camada de solo muito superficial, provavelmente, não se reverteu em efeitos negativos à produção. Os valores foram, em média, de 4,2, 3,4 e 3,2 dS m⁻¹, para os tratamentos T5, T6 e T4, respectivamente.

No solo ARG, os valores de CE foram observados, em quase sua totalidade, dentro da faixa de tolerância da cultura à salinidade, no entanto, com a presença de alguns picos de elevação da CE, por razões desconhecidas, durante o ciclo.

Figura 42 – Variação da condutividade elétrica ao longo do ciclo do melão (CE), em dS m^{-1} , da solução extraída da pasta saturada dos solos franco-arenoso (coluna da esquerda) e argiloso (coluna da direita) coletada às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e à distância do gotejador de 0,40 m, nos tratamentos: T4 - com cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005

Os valores da CE, nas profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m, foram medidos no extrato de saturação (CE_s) e estimados a partir da condutividade da solução do solo, obtida com extratores de cápsula porosa, com correção em função da umidade no momento da extração. Segundo Dias (2004), a utilização do método de medição da condutividade elétrica da solução obtida com extrator de cápsula porosa é eficiente, devido a suas facilidade, versatilidade e praticidade, desde que sejam conhecidas a umidade da pasta saturada e a umidade no momento da extração. Silva et al. (1999) verificaram que a CE, obtida por extratores e corrigida para a umidade de saturação, equivale relativamente bem à CE do extrato de saturação, medida pelo método-padrão (RICHARDS, 1954).

Os valores de CE da solução do solo, após as devidas correções, foram menores, em ambos os solos (Figuras 43 e 44), quando comparados aos obtidos nas camadas mais superficiais (0 – 0,04 m; 0,04 – 0,08 m e 0,08 – 0,12 m), apresentando-se dentro da faixa de tolerância do meloeiro à salinidade, que é abaixo de $2,2 \text{ dS m}^{-1}$, conforme Ayers e Westcot (1985). Segundo estes autores, após atingir o equilíbrio, a concentração de sais aumenta nas camadas mais profundas, devido ao fato de que a água de irrigação evapotranspirada pela cultura deixa os sais na zona radicular, para serem deslocados, por irrigações subseqüentes, para sua parte inferior, onde se acumulam até serem lixiviados a maiores profundidades.

Os valores de CE no solo argiloso (ARG) foram, em média, ligeiramente menores que no solo franco-arenoso (FAR). Os tratamentos no solo ARG apresentaram, de maneira geral, semelhantes variações ao longo do ciclo.

Figura 43 – Variação da condutividade elétrica ao longo do ciclo do melão (CE), em dS m^{-1} , da solução do solo (extratores de solução) franco-arenoso coletado às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005

Figura 44 – Variação da condutividade elétrica ao longo do ciclo do melão (CE), em dS m^{-1} , da solução do solo (extratores de solução) argiloso coletado às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005

Os valores de CE da solução do solo, para os tratamentos T4, T5 e T6, na distância de 0,40 m da planta, em ambos os solos (Figura 45), encontravam-se, quase na totalidade, abaixo da salinidade limiar de $2,2 \text{ dS m}^{-1}$, demonstrando que a CE da solução do solo não comprometeu o potencial produtivo da cultura, nesses tratamentos e nessas posições no perfil do solo. Nos demais tratamentos, também não foram encontrados valores de CE que prejudicassem o desenvolvimento e a produção da cultura (Figuras 43 e 44), segundo a orientação de Ayers e Westcot (1985).

O meloeiro apresenta uma grande variação no nível de tolerância à salinidade entre os cultivares. Em Israel, Nerson e Paris (1984), verificaram que os cultivares Honey Dew e Rocket foram mais tolerantes do que Eshkolit Ha'Amaqim e Noy Amid. Para as cultivares americanas PMR 45, Hale's Best e Top Mark, Shannon (1979) encontrou salinidade limiar (SL) de $2,3 \text{ dS m}^{-1}$ e perda de rendimento relativo por aumento unitário de CE_s (a) de 5,9 % para cada dS m^{-1} incrementado. Meiri et al. (1981), para o híbrido Israelí da cultivar tipo Gália, em Israel, encontraram SL de $6,8 \text{ dS m}^{-1}$ e $a = 10 \%$ por dS m^{-1} . Para as cultivares Gália e Top Mark, nos Estados Unidos, foram obtidos $\text{SL} = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$ e $a = 14,3 \%$ por dS m^{-1} (MEIRI et al., 1982).

Figura 45 – Variação da condutividade elétrica ao longo do ciclo do melão (CE), em dS m⁻¹, da solução do solo (extratores de solução) franco-arenoso (coluna da esquerda) e argiloso (coluna da direita) coletada às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e à distância do gotejador de 0,40 m, nos tratamentos: T4 - com cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T5 - com CB e PG de 0,20 m; T6 - com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005

4.6 pH do solo

Os valores de pH, para as camadas mais superficiais (Figura 46) no solo franco-arenoso (FAR), apresentaram-se, em média, abaixo da faixa de pH desejável para a cultura do melão, conforme Filgueira (2000). Segundo este autor, o melão é a cucurbitácea mais exigente em pH do solo, comportando-se melhor naqueles que estejam na faixa de 6,4 a 7,2, sendo, portanto, uma cultura considerada como sensível à acidez. Apesar dos valores encontrados no solo FAR, Malavolta (1980) afirma que a maioria das espécies cultivadas produzem mais quando o solo apresenta um pH na faixa de 6,0 – 6,5. Afirma, ainda, que, em pH muito baixo (3,0) ou muito alto (9,0), as plantas morrem, observando que existe relação entre o pH e a disponibilidade de nutrientes para as plantas, especialmente o nitrogênio e o potássio.

No solo argiloso (ARG), os valores de pH apresentaram-se mais próximos da zona de pH adequada (Figura 47), conforme Filgueira (2000).

Figura 46 – Variação do pH, ao longo do ciclo do melão, da solução extraída da pasta saturada do solo franco-arenoso coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005

Figura 47 – Variação do pH, ao longo do ciclo do melão, da solução extraída da pasta saturada do solo argiloso coletado às profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005

Na distância de 0,40 m do emissor, o pH apresentou-se, em ambos os solos e nas profundidades monitoradas (Figura 48), na zona desejável à cultura, em praticamente todo o ciclo da cultura.

Figura 48 – Variação do pH, ao longo do ciclo do melão, da solução extraída da pasta saturada dos solos franco-arenoso (coluna da esquerda) e argiloso (coluna da direita) coletada nas profundidades de 0,04, 0,08 e 0,12 m e à distância do gotejador de 0,40 m, nos tratamentos: T4 - com cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005

Os valores de pH, obtidos na solução do solo às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m da superfície, nos solos FAR e ARG (Figuras 49 e 50), mostraram-se, em média, dentro da faixa de pH adequado à cultura, sendo mais evidente no solo ARG (Figura 50).

Observa-se que, no tratamento T2, em dado momento do ciclo, o pH alcançou valores extremos de 4,6 e 4,4 nos solos FAR e ARG (Figuras 49c e 50c) , respectivamente. No entanto, após alguns dias de cultivo, o pH retomou valores aceitáveis.

Figura 49 – Variação do pH, ao longo do ciclo do melão, da solução do solo (extratores de solução) franco-arenoso coletada na profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005

Figura 50 – Variação do pH, ao longo do ciclo do melão, da solução do solo (extratores de solução) argiloso coletado às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005

Observa-se que, nos tratamentos T4, T5 e T6, em ambos os solos (Figura 51), na distância de 0,40 m do emissor e nas profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m da superfície, os valores de pH, durante o ciclo variaram dentro da faixa ideal para a cultura, não comprometendo a disponibilidade, no solo, de nutrientes às plantas.

Figura 51 – Variação do pH, ao longo do ciclo do melão, da solução do solo (extratores de solução) franco-arenoso (coluna da esquerda) e argiloso (coluna da direita) coletada nas profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e à distância do gotejador de 0,40 m, nos tratamentos: T4 - com cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m - Piracicaba, SP, 2005

4.7 Parâmetros de desenvolvimento da cultura

4.7.1 Altura da planta

As variações temporais dos valores médios de altura da planta, durante a primeira metade do ciclo da cultura (fase de crescimento), estão apresentadas nas Figuras 52 e 53. A partir desses valores, determinou-se a taxa de crescimento diário da altura de planta (TCDAP), para cada tratamento e cada tipo de solo. Conforme a análise de variância (Tabela 12), em 5 % de significância, não houve efeito da interação entre a cobertura plástica no solo (“mulching”) e a profundidade de gotejo sobre a TCDAP. Pode-se observar que o “mulching” influenciou, em 1 % de significância, a TCDAP em 3 dias de leitura (23, 29 e 38 DAT), no solo franco-arenoso e, no argiloso, influenciou em praticamente todos os dias observados. Para a leitura aos 16 DAT, não se observou influência do “mulching” na TCDAP, para os dois tipos de solo, provavelmente por causa de a planta ainda apresentar-se muito pequena e o tempo de leitura (16 DAT) não ter sido suficiente para a percepção do efeito dos tratamentos.

Os valores médios da TCDAP (Tabela 13) mostram que o sistema de cultivo com o “mulching” elevou em, no mínimo, 42 % a TCDAP, quando comparado ao cultivo em solo descoberto. Isso aconteceu, provavelmente, pela maior temperatura do solo e pela capacidade de reflexão do espectro solar pelo plástico prateado, permitindo, às folhas da parte inferior e do interior da planta, beneficiarem-se com essa radiação refletida, aumentando, conseqüentemente, a área fotossintetizante da planta e garantindo mais fotossintatos para o seu desenvolvimento, como descrevem TSEKLEEV et al. (1993). Andrade (2001) também encontrou TCDAPs significativamente superiores com o emprego do “mulching” em relação ao solo nu.

Observou-se, também, que os maiores aumentos na TCDAP foram observados no solo franco-arenoso, mostrando que o efeito do “mulching” neste tipo de solo foi, consideravelmente, mais pronunciado do que no solo argiloso. O fato pode estar associado à condutividade hidráulica saturada desse solo na camada mais superficial. A condutividade hidráulica saturada a 0,15 m de profundidade para os solos franco-arenoso e argiloso, nas condições em que estão acondicionados, é de 184,3 e 26,7 mm h⁻¹, respectivamente, apontando que o solo franco-arenoso, nessas condições, está mais susceptível aos efeitos da demanda atmosférica do que o solo argiloso. Outro aspecto observado é que o efeito benéfico do “mulching” plástico é mais evidente

até os 38 DAT, reduzindo, a partir daí, a diferença da TCDAP entre solo descoberto e solo coberto.

A TCDAP não foi influenciada pela profundidade de gotejamento, haja vista que os efeitos dos tratamentos com as profundidades de gotejo de 0,20 e 0,40 m começaram, efetivamente, a partir do 27º DAT. No entanto, através da Figura 15, foi possível perceber que, no tratamento T2, no solo franco-arenoso, a planta apresentou bom crescimento a partir da 5ª semana (38 DAT) após o transplântio, devido ao fornecimento pontual de água às raízes da planta, demonstrando, dessa forma, que a profundidade de gotejo a 0,20 m, para o meloeiro, é satisfatória, pelo aumento da precocidade da cultura, confirmada por Vásquez (2003), quando trabalhou com melão fertirrigado com portagotejadores enterrados a uma profundidade de 0,20 m. Isso mostra que, quando foi enterrado o gotejador à profundidade de 0,20 m, eliminou-se o acentuado efeito da demanda atmosférica sobre o perfil de umidade do solo, fato que não aconteceu no solo argiloso, devido a este, nas condições deste estudo, estar menos sensível à evaporação.

Figura 52 – Variação da altura de plantas (cm) durante a fase de crescimento inicial da cultura no solo franco-arenoso: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 53 – Variação da altura de plantas (cm) durante a fase de crescimento inicial da cultura no solo argiloso: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005

Tabela 12 – Resumo da análise de variância para taxa de crescimento diário de altura de planta (TCDAP) aos 16, 23, 29, 38 e 43 DAT, nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Fonte de variação	Grau de liberdade	TCDAP (16 DAT)	TCDAP (23 DAT)	TCDAP (29 DAT)	TCDAP (38 DAT)	TCDAP (43 DAT)
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”						
Mulching (M)	1	2,82 ^{ns}	36,97 ^{**}	185,0 ^{**}	28,02 ^{**}	1,26 ^{ns}
Prof. de gotejo (P)	2	0,24 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,73 ^{ns}	2,97 ^{ns}
M x P	2	0,21 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Bloco	3	3,02 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,43 ^{ns}	2,65 ^{ns}	1,22 ^{ns}
CV (%)	-	23,06	22,24	14,03	27,49	10,47
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”						
Mulching (M)	1	2,82 ^{ns}	18,78 ^{**}	102,3 ^{**}	316,9 ^{**}	38,91 ^{**}
Prof. de gotejo (P)	2	0,24 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,97 ^{ns}
M x P	2	0,21 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,58 ^{ns}	3,50 ^{ns}
Bloco	3	3,02 ^{ns}	3,08 ^{ns}	1,13 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,65 ^{ns}
CV (%)	-	23,06	19,39	12,80	7,47	14,51

^{ns} Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

** Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

Tabela 13 – Teste de Tukey para a comparação de médias da taxa de crescimento diário de altura de planta (TCAP), em cm dia⁻¹, entre os tratamentos (mulching e profundidade de gotejo), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Tratamento	TCDAP (16 DAT)	TCDAP (23 DAT)	TCDAP (29 DAT)	TCDAP (38 DAT)	TCDAP (43 DAT)
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”					
Solo descoberto	1,00	1,38 ^{a*}	1,80 ^a	2,35 ^a	4,20
Com Mulching	1,17	2,44 ^b	4,09 ^b	4,46 ^b	4,40
Gotejo a 0 m	1,13	1,98	3,00	3,64	3,99
Gotejo a 0,20 m	1,05	1,79	2,78	3,50	4,52
Gotejo a 0,40 m	1,07	1,95	3,04	3,07	4,40
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”					
Solo descoberto	1,00	1,72 ^a	2,38 ^a	2,85 ^a	3,17 ^a
Com Mulching	1,17	2,44 ^b	4,08 ^b	4,98 ^b	4,61 ^b
Gotejo a 0 m	1,13	2,20	3,39	3,90	3,77
Gotejo a 0,20 m	1,05	1,99	3,10	3,86	3,79
Gotejo a 0,40 m	1,07	2,04	3,21	3,99	4,12

* Valores entre linhas, seguidos com letras, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey em 0,05 de probabilidade

4.7.2 Diâmetro de colo da planta

As variações temporais dos valores médios de diâmetro de colo da planta, durante a primeira metade do ciclo da cultura (fase de crescimento), estão apresentadas nas Figuras 54 e 55. A partir desses valores, determinou-se a taxa de crescimento diário do diâmetro de colo da planta (TCDDC), para cada tratamento e cada tipo de solo. Conforme a análise de variância (Tabela 14), não houve efeito, em 5 % de significância, da interação entre o “mulching” e a profundidade de gotejo sobre a TCDDC. Pode-se observar que a cobertura plástica no solo (“mulching”) influenciou, em 1 % de significância, a TCDDC em todos os dias observados nos solos franco-arenoso e argiloso, com exceção da leitura aos 16 DAT no solo franco-arenoso, quando a influência do “mulching” sobre a TCDDC ocorreu em 5 % de significância.

Os valores médios da TCDDC (Tabela 15) mostram que a menor diferença encontrada, de 9,4 % em média, entre o “mulching” e o solo descoberto, para os dois tipos de solo, foi encontrada aos 16 DAT. Isso ocorreu, provavelmente, por tratar-se de um período relativamente precoce para se observar qualquer efeito do “mulching” em comparação ao solo nu. Para o solo franco-arenoso, nos demais dias de leitura (23, 29, 38 e 43 DAT), observou-se uma diferença média de 17,6% entre o “mulching” e o solo descoberto. Para o solo argiloso, essa diferença foi de 37,7 %, evidenciando que, para este tipo de solo, o uso do “mulching” plástico favoreceu, mais pronunciadamente, a TCDDC. Em solo de textura argilosa, em Mossoró-RN, Porto et al. (2003) verificaram que os plásticos amarelos, prateado e marrom aumentaram a precocidade, o

florescimento e a frutificação do meloeiro, destacando-se dos demais (vermelho, transparente) e do solo descoberto.

A TCDDC não foi influenciada pela profundidade do gotejamento, haja vista que os efeitos dos tratamentos com as profundidades de gotejo de 0,20 e 0,40 m começaram, efetivamente, a partir do 27º DAT.

Figura 54 – Diâmetro de colo da planta (mm) ao longo da fase de crescimento inicial da cultura no solo franco-arenoso: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005

Figura 55 – Diâmetro de colo da planta (mm) ao longo da fase de crescimento inicial da cultura no solo argiloso: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m – Piracicaba, SP, 2005

Tabela 14– Resumo da análise de variância (valores do teste F) para taxa de crescimento diário do diâmetro de colo da planta (TCDDC) aos 16, 23, 29, 38 e 43 DAT, nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Fonte de variação	Grau de liberdade	TCDDC (16 DAT)	TCDDC (23 DAT)	TCDDC (29 DAT)	TCDDC (38 DAT)	TCDDC (43 DAT)
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”						
Mulching (M)	1	4,99*	12,25**	13,22**	14,50**	13,60**
Prof. de gotejo (P)	2	1,77 ^{ns}	2,10 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,51 ^{ns}
M x P	2	0,66 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,39 ^{ns}
Bloco	3	1,51 ^{ns}	2,20 ^{ns}	1,22 ^{ns}	3,12 ^{ns}	0,42 ^{ns}
CV (%)	-	8,34	10,02	10,77	10,36	11,20
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”						
Mulching (M)	1	11,20**	47,32**	98,79**	86,79**	88,27**
Prof. de gotejo (P)	2	1,52 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,73 ^{ns}	2,74 ^{ns}	0,37 ^{ns}
M x P	2	3,95 ^{ns}	1,97 ^{ns}	2,24 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,77 ^{ns}
Bloco	3	2,33 ^{ns}	2,21 ^{ns}	1,43 ^{ns}	2,96 ^{ns}	2,66 ^{ns}
CV (%)	-	23,06	19,39	12,80	7,47	14,51

^{ns} Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

** Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

Tabela 15 – Teste de Tukey para a comparação de médias da taxa de crescimento diário do diâmetro de colo da planta (TCDDC), em mm dia⁻¹, entre os tratamentos (mulching e profundidade de gotejo), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Tratamento	TCDDC (16 DAT)	TCDDC (23 DAT)	TCDDC (29 DAT)	TCDDC (38 DAT)	TCDDC (43 DAT)
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”					
Solo descoberto	0,276 ^{a*}	0,226 ^a	0,216 ^a	0,204 ^a	0,219 ^a
Com Mulching	0,298 ^b	0,261 ^b	0,257 ^b	0,240 ^b	0,259 ^b
Gotejo a 0 m	0,298	0,257	0,247	0,231	0,242
Gotejo a 0,20 m	0,287	0,243	0,240	0,220	0,243
Gotejo a 0,40 m	0,275	0,232	0,228	0,215	0,231
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”					
Solo descoberto	0,295 ^a	0,225 ^a	0,198 ^a	0,178 ^a	0,179 ^a
Com Mulching	0,327 ^b	0,289 ^b	0,275 ^b	0,253 ^b	0,253 ^b
Gotejo a 0 m	0,319	0,263	0,233	0,209	0,214
Gotejo a 0,20 m	0,299	0,249	0,233	0,209	0,213
Gotejo a 0,40 m	0,315	0,259	0,243	0,229	0,220

* Valores entre linhas, seguidos com letras, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey em 0,05 de probabilidade

4.8 Componentes da produção

As características de produção analisadas, para observar o efeito dos tratamentos, nos dois tipos de solo, foram: massa média de fruto, produção por planta e produtividade, diâmetro longitudinal e transversal do fruto e formato do fruto (Tabela 16).

Tabela 16 – Valores médios das características de produção: massa média do fruto (MMF), produção por planta (PP), produtividade estimada para as densidades de plantio de 10.000 e 20.000 plantas ha⁻¹ (P₁₀ e P₂₀), diâmetro longitudinal e transversal (DL e DT) e formato do fruto (FF), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Trat	MMF (g)	PP (g planta ⁻¹)	P ₁₀ – P ₂₀ (Mg ha ⁻¹)	DL (cm)	DT (cm)	FF
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”						
T1	1443	2886	28,9 – 57,8	45,69	44,19	1,04
T2	1674	3348	33,5 – 67,0	47,06	44,80	1,05
T3	1477	2954	29,5 – 59,0	46,59	44,73	1,04
T4	1609	3218	32,2 – 64,4	48,54	45,44	1,07
T5	1751	3524	35,2 – 70,4	48,51	45,39	1,07
T6	1684	3309	33,1 – 66,2	47,87	46,08	1,04
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”						
T1	1094	2187	21,9 – 43,8	41,25	40,56	1,02
T2	1230	2459	24,6 – 49,2	41,94	41,17	1,02
T3	1187	2350	23,5 – 47,0	41,31	40,69	1,01
T4	1641	3283	32,8 – 65,6	47,40	44,09	1,08
T5	1862	3669	36,7 – 73,4	49,81	46,69	1,07
T6	1696	3345	33,5 – 67,0	49,09	46,35	1,06

Tratamento (Trat) T1 – sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m

4.8.1 Massa média do fruto

Conforme a análise de variância (Tabela 17), não houve efeito da interação entre o “mulching” e a profundidade do gotejo sobre a massa média do fruto (MMF), em 5 % de significância. Pode-se observar que o “mulching” influenciou, em 5 % de significância, a MMF no solo franco-arenoso, e em 1 %, no solo argiloso. Os valores médios da MMF (Tabela 16) mostram que o “mulching” incrementou 150 g, em média, a MMF, quando comparado ao solo nu, para o solo franco-arenoso. No solo argiloso, esse incremento foi de, aproximadamente, 560 g. Tais valores são bastante expressivos, haja vista que, em termos de ganho de produtividade da cultura, corresponde a um acréscimo de 3 Mg ha⁻¹ e 11,2 Mg ha⁻¹ nos solos franco-arenoso e argiloso, respectivamente, considerando o espaçamento e o sistema de cultivo adotado neste experimento. Valores semelhantes foram encontrados por Costa (2003), quando aplicada a cobertura plástica de polietileno prateada num solo de textura franco-argilosa. Andrade (2001), Miranda et al. (2003), Araújo (2000) e Ferreira (2001a), trabalhando com o plástico de polietileno preto, não verificaram diferença na MMF entre o “mulching” e o solo descoberto.

Interessante ressaltar que, conforme visto nos itens 4.2.1 e 4.2.2, a cultura apresentou, no solo franco-arenoso, maior sensibilidade ao efeito do “mulching” para o seu crescimento inicial; no entanto esse benefício não se converteu, necessariamente, em ganhos de MMF maiores que os apresentados no solo argiloso, conforme visto neste item: o uso do “mulching”, em sistema de plantio em solo argiloso, proporcionou ganhos de 48 % na MMF, em comparação ao solo nu. Já no solo franco-arenoso, tal ganho foi de apenas 9,8 %.

A MMF foi influenciada, em 5 % de significância, pela profundidade do gotejamento somente no solo franco-arenoso (Tabela 17), sendo observada melhor MMF na profundidade de gotejamento de 0,20 m. Vásquez (2003) encontrou resultados semelhantes com tubogotejadores na subsuperfície (0,20 m), obtendo maiores valores de MMF, quando comparado ao gotejamento na superfície.

Observou-se, a partir dos dados, que o aumento da MMF do melão, cultivado em solo franco-arenoso, foi mais sensível à profundidade do gotejo, enquanto, no solo argiloso, à adoção da cobertura plástica no solo.

Tabela 17 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para a massa média do fruto (MMF), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Análise de Variância			Teste de Tukey ¹	
Fonte de variação	Grau de liberdade	Valor de F (MMF)	Tratamento	MMF (g)
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”				
Mulching (M)	1	6,63*	Solo descoberto	1531 ^a
Prof. de gotejo (P)	2	3,61*	Com Mulching	1681 ^b
M x P	2	0,43 ^{ns}	Gotejo a 0 m	1526 ^a
Bloco	3	0,35 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	1712 ^b
CV (%)	-	8,89	Gotejo a 0,40 m	1581 ^{ab}
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”				
Mulching (M)	1	52,18**	Solo descoberto	1170 ^a
Prof. de gotejo (P)	2	1,76 ^{ns}	Com Mulching	1733 ^b
M x P	2	0,22 ^{ns}	Gotejo a 0 m	1367
Bloco	3	0,93 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	1545
CV (%)	-	13,15	Gotejo a 0,40 m	1441

^{ns} Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

** Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

¹ Valores na coluna, seguidos com letras distintas, diferem estatisticamente em 0,05 de probabilidade

4.8.2 Produção por planta e produtividade

A interação entre o “mulching” e a profundidade do gotejo não influenciou, estatisticamente em 5 % de significância, a produção por planta (PP) e a produtividade (P). O “mulching” influenciou, em 5 % de significância, a PP e a P no solo franco-arenoso, e em 1 %, no solo argiloso. Os valores médios de PP e P (Tabela 18) mostram que o “mulching” proporcionou aumento de, aproximadamente, 10 e 47 % em relação ao solo nu, para os solos franco-arenoso e argiloso, respectivamente. Brandenburg e Wiedenfeld (1997) verificaram aumento na produção de melão, em média de 42 %, em 1994, e de 27 %, no ano de 1995, com a utilização da cobertura do solo, em relação ao solo descoberto. Negreiros et al. (2003), comparando o solo sem cobertura com os cobertos por plásticos pretos, prateado, amarelo e marrom, no melão Cantaloupe cultivado na região de Mossoró-RN, observaram que os maiores rendimentos de frutos comercializáveis e totais foram obtidos nas coberturas com filmes de polietileno.

Provavelmente o efeito do aumento da temperatura, associado à manutenção de umidade do solo, possibilitou melhores valores para os tratamentos submetidos ao filme plástico. Segundo Zapata et al. (1989); Sampaio; Fontes e Sedyama (1999), o aumento da temperatura e da umidade do solo proporcionado pela cobertura plástica favorece a atividade microbiana, a maior mineralização do nitrogênio orgânico do solo e a nitrificação dos adubos, aumentando a

disponibilidade desse nutriente nas camadas mais superficiais do solo, além de reduzir as perdas por lixiviação e a volatilização de nutrientes essenciais para as plantas.

Tabela 18 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para a produção por planta (PP); produtividade estimada para as densidades de plantio de 10.000 e 20.000 plantas ha⁻¹ (P₁₀ e P₂₀), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Análise de Variância							Teste de Tukey ¹	
Fonte de variação	Grau de liberdade	Valor de F (PP)	Valor de F (P)	Tratamento	PP (g planta ⁻¹)	P ₁₀ – P ₂₀ (Mg ha ⁻¹)		
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”								
Mulching (M)	1	5,69*	5,69*	Solo descoberto	3060 ^a	30,6 – 61,2		
Prof. de gotejo (P)	2	3,77*	3,77*	Com Mulching	3350 ^b	33,5 – 67,0		
M x P	2	0,22 ^{ns}	0,22 ^{ns}	Gotejo a 0 m	3050 ^a	30,5 – 61,0		
Bloco	3	0,37 ^{ns}	0,37 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	3440 ^b	34,4 – 68,8		
CV (%)	-	9,21	9,21	Gotejo a 0,40 m	3130 ^{ab}	31,3 – 62,6		
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”								
Mulching (M)	1	56,80**	56,80**	Solo descoberto	2330 ^a	23,3 – 46,6		
Prof. de gotejo (P)	2	1,76 ^{ns}	1,76 ^{ns}	Com Mulching	3430 ^b	34,3 – 68,6		
M x P	2	0,18 ^{ns}	0,18 ^{ns}	Gotejo a 0 m	2730	27,3 – 54,6		
Bloco	3	1,26 ^{ns}	1,26 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	3060	30,6 – 61,2		
CV (%)	-	12,40	12,40	Gotejo a 0,40 m	2850	28,5 – 57,0		

^{ns} Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

** Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

¹ Valores na coluna, seguidos com letras distintas, diferem estatisticamente em 0,05 de probabilidade

A PP e a P foram influenciadas, em 5 % de significância, pela profundidade do gotejamento somente no solo franco-arenoso (Tabela 18), sendo observada maior PP e P de 13 %, aproximadamente, na profundidade de gotejamento de 0,20 m, em relação ao gotejo de superfície. Trabalhando com tubogotejadores na subsuperfície (0,20 m), Vásquez (2003) obteve maiores valores de P e PP (45 %), quando comparado ao gotejamento na superfície.

As produtividades estimadas para as densidades de plantio de 10.000 e 20.000 plantas por hectare (Tabela 18) foram, em média, de 30,4 e 60,9 Mg ha⁻¹, demonstrando o alto padrão de rendimento obtido neste experimento. Dias (2004), trabalhando com o mesmo híbrido no mesmo local, em dois ciclos de cultivo, obteve produtividade média de 14,2 e 31,2 Mg ha⁻¹, para o 1º e o 2º ciclos, respectivamente, com densidade de plantio de 30.303 plantas por hectare. Vásquez (2003), estudando profundidade de gotejamento, níveis de potássio e lâminas de irrigação com o mesmo híbrido e no mesmo local, encontrou produtividade média de 69,4 Mg ha⁻¹ para o melhor tratamento com profundidade de gotejo a 0,20 m, dose de K₂O de 9 g planta⁻¹ e lâmina de irrigação de 279,6 mm, numa densidade de plantio de 60.000 plantas por hectare.

4.8.3 Diâmetro longitudinal e transversal do fruto

A interação entre o “mulching” e a profundidade de gotejamento não influenciou, estatisticamente em 5 % de significância, o diâmetro longitudinal e o transversal do fruto (DL e DT) (Tabela 19). O “mulching” influenciou, em 1 % de significância, o DL nos solos franco-arenoso e argiloso, e o DT no solo argiloso. Conforme a Tabela 19, o “mulching” proporcionou aumento de 17,5 e 12 % no DL e DT, respectivamente, no solo argiloso. No solo franco-arenoso, o aumento no DL foi de apenas 4 %. Isso explicou o acréscimo na massa média do fruto (MMF) cultivado com cobertura plástica no solo, em relação ao solo nu, como também os maiores ganhos de MMF para o solo argiloso. Andrade (2001) não verificou efeito significativo da cobertura do solo sobre o DL e DT do fruto.

A profundidade do gotejamento não influenciou o DL e o DT, estatisticamente em 5 % de significância. Vásquez (2003) observou aumento do DL e DT, quando os tubogotejadores se encontravam-se na superfície.

Tabela 19 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para os diâmetros longitudinal e transversal (DL e DT), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Análise de Variância				Teste de Tukey ¹		
Fonte de variação	Grau de liberdade	Valor de F (DL)	Valor de F (DT)	Tratamento	DL (cm)	DT (cm)
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”						
Mulching (M)	1	13,61**	4,52 ^{ns}	Solo descoberto	46,45 ^a	44,58
Prof. de gotejo (P)	2	0,68 ^{ns}	0,47 ^{ns}	Com Mulching	48,31 ^b	45,64
M x P	2	0,98 ^{ns}	0,23 ^{ns}	Gotejo a 0 m	47,12	44,82
Bloco	3	2,24 ^{ns}	1,27 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	47,79	45,10
CV (%)	-	2,61	2,70	Gotejo a 0,40 m	47,23	45,41
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”						
Mulching (M)	1	46,46**	21,66**	Solo descoberto	41,50 ^a	40,81 ^a
Prof. de gotejo (P)	2	0,71 ^{ns}	0,83 ^{ns}	Com Mulching	48,77 ^b	45,71 ^b
M x P	2	0,28 ^{ns}	0,43 ^{ns}	Gotejo a 0 m	44,33	42,33
Bloco	3	1,81 ^{ns}	1,46 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	45,88	43,93
CV (%)	-	5,79	5,97	Gotejo a 0,40 m	45,20	43,52

^{ns} Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

** Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

¹ Valores na coluna, seguidos com letras distintas, diferem estatisticamente em 0,05 de probabilidade

4.8.4 Formato do fruto

O formato do fruto (FF) expressa a relação entre o diâmetro longitudinal e o transversal do fruto. Neste trabalho, foram encontrados valores que variaram, em média, de 1,02 a 1,07, o que atribui, aos frutos, o formato esférico.

A interação entre o “mulching” e a profundidade do gotejamento não influenciou, estatisticamente em 5 % de significância, o formato do fruto (FF) (Tabela 20). O “mulching” influenciou, em 1 % de significância, o FF no solo argiloso. Miranda et al. (2003) e Almeida Neto (2004) não observaram efeito significativo do “mulching” sobre o formato do fruto.

A profundidade do gotejamento não influenciou o FF, estatisticamente em 5 % de significância, em ambos os solos. Araújo (2000) e Ferreira (2001) afirmam que a característica relação de formato é um fator inerente à genética, sendo os fatores ambientais menos marcantes. Pelos valores médios do FF (Tabela 20), observaram-se frutos de forma arredondada para todos os tratamentos, característica inerente ao híbrido utilizado neste experimento.

Tabela 20 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para o formato do fruto (FF), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Fonte de variação	Análise de Variância		Teste de Tukey ¹	
	Grau de liberdade	Valor de F (RF)	Tratamento	FF
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”				
Mulching (M)	1	2,86 ^{ns}	Solo descoberto	1,04
Prof. de gotejo (P)	2	1,31 ^{ns}	Com Mulching	1,06
M x P	2	0,95 ^{ns}	Gotejo a 0 m	1,05
Bloco	3	0,40 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	1,06
CV (%)	-	2,07	Gotejo a 0,40 m	1,04
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”				
Mulching (M)	1	47,80 ^{**}	Solo descoberto	1,02 ^a
Prof. de gotejo (P)	2	0,55 ^{ns}	Com Mulching	1,07 ^b
M x P	2	0,24 ^{ns}	Gotejo a 0 m	1,05
Bloco	3	0,42 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	1,05
CV (%)	-	1,73	Gotejo a 0,40 m	1,04

^{ns} Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

** Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

¹ Valores na coluna, seguidos com letras distintas, diferem estatisticamente em 0,05 de probabilidade

4.9 Aspectos qualitativos do fruto

As características qualitativas do fruto analisadas foram: espessura da casca e da polpa, pH, teor de sólidos solúveis da polpa, acidez titulável e firmeza da polpa (Tabela 21).

Tabela 21 – Valores médios das características qualitativas: espessura da casca e da polpa do fruto (EC e EP), pH, teor de sólidos solúveis do fruto (TSS), acidez titulável do fruto (AT), firmeza da polpa do fruto (FP), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Trat	EC (mm)	EP (mm)	pH	TSS (° Brix)	AT (g ácido cítrico 100 g polpa ⁻¹)	FP (N)
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”						
T1	1,59	36,75	6,13	11,40	0,10	3,04
T2	1,13	39,11	6,03	11,25	0,11	3,10
T3	1,24	38,45	6,03	10,85	0,10	3,54
T4	1,30	41,76	6,10	11,13	0,10	2,80
T5	1,32	39,05	6,08	11,00	0,11	3,17
T6	1,33	40,87	6,10	11,90	0,10	3,04
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”						
T1	1,18	36,90	5,90	11,60	0,11	2,98
T2	1,10	34,52	6,00	12,10	0,11	2,72
T3	1,23	38,83	6,13	12,83	0,10	3,15
T4	1,15	36,15	5,88	11,28	0,11	3,05
T5	1,33	40,38	6,08	11,65	0,10	3,20
T6	1,20	38,96	6,10	11,25	0,11	3,12

Tratamento (Trat) T1 – sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m

4.9.1 Espessura da casca e da polpa do fruto

Para a espessura da casca (EC), não foi observado efeito significativo, em 5 % de significância, do “mulching”, da profundidade de gotejamento e da interação entre esses fatores (Tabela 22). Vásquez (2003) observou que a profundidade de gotejamento também não influenciou, estatisticamente em 5% de significância, a EC.

A interação entre a cobertura plástica e a profundidade do gotejamento influenciou, significativamente em nível de 1 % de probabilidade, a espessura de polpa, no solo argiloso. O uso da cobertura plástica, no sistema de gotejamento enterrado a 0,20 m, conduziu a um aumento de 16,6 % na espessura da polpa, quando comparado ao solo descoberto (Tabela 23). Para o fator “mulching”, isoladamente, foi observada influência, em ambos os solos, sobre a EP, propiciando aumentos de 2,43 e 1,67 mm, no solo franco-arenoso e argiloso, respectivamente. Andrade (2001) não observou efeito significativo da cobertura do solo sobre a EP. Costa (2003) observou que as coberturas do solo com polietileno preto, prateado e marrom, apresentaram EP semelhantes estatisticamente, no entanto, superiores ao solo descoberto. Gondim et al. (2003) verificaram que a EP foi maior nos filmes plásticos, quando comparado ao solo sem cobertura.

Tabela 22 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para as espessuras de casca e de polpa do fruto (EC e EP), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Análise de Variância				Teste de Tukey ¹		
Fonte de variação	Grau de liberdade	Valor de F (EC)	Valor de F (EP)	Tratamento	EC (mm)	EP (mm)
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”						
Mulching (M)	1	0,00 ^{ns}	5,96*	Solo descoberto	1,32	38,13 ^a
Prof. de gotejo (P)	2	2,51 ^{ns}	0,12 ^{ns}	Com Mulching	1,32	40,56 ^b
M x P	2	3,06 ^{ns}	2,08 ^{ns}	Gotejo a 0 m	1,45	39,30
Bloco	3	0,27 ^{ns}	0,14 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	1,23	39,08
CV (%)	-	15,67	6,20	Gotejo a 0,40 m	1,28	39,66
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”						
Mulching (M)	1	0,74 ^{ns}	5,02*	Solo descoberto	1,17	36,83 ^a
Prof. de gotejo (P)	2	0,19 ^{ns}	3,41 ^{ns}	Com Mulching	1,23	38,50 ^b
M x P	2	1,59 ^{ns}	7,67**	Gotejo a 0 m	1,17	36,56
Bloco	3	1,16 ^{ns}	2,20 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	1,21	37,51
CV (%)	-	13,93	4,83	Gotejo a 0,40 m	1,21	38,92

^{ns} Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

** Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

¹ Valores na coluna, seguidos com letras distintas, diferem estatisticamente em 0,05 de probabilidade

Tabela 23 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para o desdobramento da fonte de variação “mulching” dentro de cada nível de profundidade de gotejamento, para a característica espessura de polpa (EP), no solo argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	F
Análise de Variância		
“Mulching” / Gotejo a 0 m	1	0,42 ^{ns}
“Mulching” / Gotejo a 0,20 m	1	19,93**
“Mulching” / Gotejo a 0,40 m	1	0,01 ^{ns}
Teste de Tukey ¹		
Tratamentos	EP (mm)	
Sem “Mulching”	Gotejo a 0 m	36,98
Com “Mulching”		36,15
Sem “Mulching”	Gotejo a 0,20 m	34,64 b
Com “Mulching”		40,38 a
Sem “Mulching”	Gotejo a 0,40 m	38,89
Com “Mulching”		38,96

^{ns} Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

** Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

¹ Valores na coluna, seguidos com letras distintas, diferem estatisticamente em 0,05 de probabilidade

4.9.2 pH do fruto

Conforme a Tabela 24, não houve efeito significativo do “mulching” e nem da interação entre o “mulching” e a profundidade do gotejamento sobre o pH do fruto, em ambos os solos. No entanto, observou-se influência da profundidade do gotejamento sobre o pH, no solo argiloso, no nível de 1 % de significância, mostrando que o pH aumenta à medida que aumenta a profundidade do gotejamento. Vásquez (2003) também observou influência da profundidade do gotejamento sobre o pH, obtendo maiores valores de pH nos tratamentos com linhas enterradas.

Observou-se uma variação do pH dos frutos entre 5,88 e 6,13 (Tabela 16), resultando em ligeiro aumento, quando da adoção do “mulching”.

Tabela 24 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para o pH do fruto, nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Fonte de variação	Análise de Variância		Teste de Tukey ¹	
	Grau de liberdade	Valor de F (pH)	Tratamento	pH
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”				
Mulching (M)	1	0,65 ^{ns}	Solo descoberto	6,06
Prof. de gotejo (P)	2	0,85 ^{ns}	Com Mulching	6,09
M x P	2	0,52 ^{ns}	Gotejo a 0 m	6,11
Bloco	3	0,48 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	6,05
CV (%)	-	1,67	Gotejo a 0,40 m	6,06
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”				
Mulching (M)	1	0,00 ^{ns}	Solo descoberto	6,02
Prof. de gotejo (P)	2	9,73 ^{**}	Com Mulching	6,02
M x P	2	1,44 ^{ns}	Gotejo a 0 m	5,90 ^a
Bloco	3	2,02 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	6,03 ^{ab}
CV (%)	-	1,70	Gotejo a 0,40 m	6,13 ^b

^{ns} Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

** Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

¹ Valores na coluna, seguidos com letras distintas, diferem estatisticamente em 0,05 de probabilidade

4.9.3 Teor de sólidos solúveis da polpa do fruto

Para este parâmetro, foi observado efeito significativo, em 5 % de significância, do “mulching” e da interação entre o “mulching” e a profundidade de gotejamento, apenas no solo argiloso (Tabela 25). Observou-se incremento de 0,6 °Brix (5,3 %), quando utilizada a cobertura plástica no solo.

Tabela 25 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para o teor de sólidos solúveis do fruto (TSS), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Análise de Variância			Teste de Tukey ¹	
Fonte de variação	Grau de liberdade	Valor de F (TSS)	Tratamento	TSS (° Brix)
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”				
Mulching (M)	1	0,19 ^{ns}	Solo descoberto	11,20
Prof. de gotejo (P)	2	0,21 ^{ns}	Com Mulching	11,34
M x P	2	1,92 ^{ns}	Gotejo a 0 m	11,31
Bloco	3	1,01 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	11,13
CV (%)	-	7,14	Gotejo a 0,40 m	11,38
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”				
Mulching (M)	1	8,42*	Solo descoberto	11,40 ^a
Prof. de gotejo (P)	2	3,10 ^{ns}	Com Mulching	12,00 ^b
M x P	2	4,45*	Gotejo a 0 m	11,36
Bloco	3	1,30 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	11,74
CV (%)	-	4,55	Gotejo a 0,40 m	12,03

^{ns} Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F;

* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

** Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

¹ Valores na coluna, seguidos com letras distintas, diferem estatisticamente a 0,05 em probabilidade

Conforme a Tabela 16, observou-se que os valores de TSS dos frutos variaram entre 10,85 e 12,83 °Brix, o que os torna altos e que permite boa aceitação por países importadores. Vásquez (2003), trabalhando com o mesmo híbrido, encontrou valores entre 6,99 e 13,25 °Brix. Muitos países adotam os valores do TSS da polpa como um guia de mercado para a aceitabilidade, com um mínimo exigido em torno de 9 a 10 °Brix, dependendo da metodologia empregada e do país ou do mercado comprador (FILGUEIRAS et al., 2000). Almeida Neto (2004) encontrou incremento de 16,5 %, quando utilizado plástico marrom em relação ao solo descoberto. Silva (2002b) obteve média de 10,4 °Brix de TSS, utilizando plástico de polietileno prateado e 9,43 °Brix, para solo descoberto.

Na profundidade de gotejo a 0,40 m, observou-se redução do TSS de 1,55 °Brix, quando utilizada cobertura plástica no solo (Tabela 26). Araújo et al., 2000; Araújo et al., 2000; Ferreira et al., 2001b; Ferreira et al., 2001c, não constataram diferenças significativas entre as coberturas do solo com filme de polietileno preto e prateado, palha de carnaúba triturada e solo descoberto, para as características de qualidade (sólidos solúveis totais e firmeza de polpa). Brandenburg e Wiedenfeld (1997) observaram aumento nos teores de sólidos solúveis, de 0,6 %, para os tratamentos com filmes, em relação ao solo descoberto. Martins et al. (1998) verificaram que a cobertura do solo, no melão Amarelo, proporcionou valores de 13,0 °Brix, superiores aos obtidos no solo descoberto (11,9 °Brix). Para a cultivar Melina, o TSS foi ligeiramente superior para o solo descoberto (9,3 °Brix), em relação ao solo com cobertura (8,9 °Brix).

Tabela 26 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para o desdobramento da fonte de variação “mulching” dentro de cada nível de profundidade de gotejamento, para a característica teor de sólidos solúveis da polpa (TSS), no solo argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	F
Análise de Variância		
“Mulching” / Gotejo a 0 m	1	0,22 ^{ns}
“Mulching” / Gotejo a 0,20 m	1	0,20 ^{ns}
“Mulching” / Gotejo a 0,40 m	1	16,90 ^{**}
Teste de Tukey ¹		
Tratamentos		TSS (° Brix)
Sem “Mulching”	Gotejo a 0 m	11,45
Com “Mulching”		11,28
Sem “Mulching”	Gotejo a 0,20 m	11,82
Com “Mulching”		11,65
Sem “Mulching”	Gotejo a 0,40 m	12,80 ^a
Com “Mulching”		11,25 ^b

^{ns} Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

** Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

¹ Valores na coluna, seguidos com letras distintas, diferem estatisticamente em 0,05 de probabilidade

4.9.4 Acidez titulável

O “mulching”, a profundidade do gotejamento e a interação entre esses fatores não influenciaram, estatisticamente em 5 % de significância, a acidez titulável do fruto (AT), em ambos os solos (Tabela 27). Conforme a Tabela 16, observou-se que os valores variaram entre 0,100 e 0,110 g de ácido cítrico por 100 g de polpa. Vásquez (2003) encontrou valores de AT que variaram de 0,080 a 0,156 g de ácido cítrico por 100 g de polpa. Andrade (2001) observou que a AT se reduziu com a adoção da cobertura plástica no solo.

Tabela 27 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para a acidez titulável do fruto (AT), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Análise de Variância			Teste de Tukey ¹	
Fonte de variação	Grau de liberdade	Valor de F (AT)	Tratamento	AT (g ác cítrico 100g polpa ⁻¹)
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”				
Mulching (M)	1	0,28 ^{ns}	Solo descoberto	0,101
Prof. de gotejo (P)	2	1,87 ^{ns}	Com Mulching	0,104
M x P	2	0,20 ^{ns}	Gotejo a 0 m	0,097
Bloco	3	2,04 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	0,110
CV (%)	-	13,49	Gotejo a 0,40 m	0,101
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”				
Mulching (M)	1	0,04 ^{ns}	Solo descoberto	0,106
Prof. de gotejo (P)	2	0,56 ^{ns}	Com Mulching	0,105
M x P	2	0,63 ^{ns}	Gotejo a 0 m	0,109
Bloco	3	0,82 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	0,104
CV (%)	-	10,20	Gotejo a 0,40 m	0,105

^{ns} Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

** Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

¹ Valores na coluna, seguidos com letras distintas, diferem estatisticamente em 0,05 de probabilidade

4.9.5 Firmeza de polpa

O “mulching”, a profundidade do gotejamento e a interação entre esses fatores não influenciaram, estatisticamente em 5 % de significância, a firmeza da polpa do fruto (FP), em ambos os solos (Tabela 28). Araújo et al. (2000) não obtiveram diferença significativa para FP entre o filme de polietileno preto e o prateado, e o solo descoberto. Ferreira et al. (2001) não observaram diferença entre as coberturas de solo com filme de polietileno preto, prateado e o solo descoberto.

Conforme a Tabela 16, observou-se que os valores variaram entre 2,72 e 3,54 N. Vásquez (2003) encontrou valores de FP que variaram de 4,45 a 17,51 N. Saldanha (2004) observou que a cobertura de solo não influenciou, estatisticamente, a FP.

Tabela 28 – Resumo da análise de variância e do teste de Tukey para a firmeza de polpa do fruto (FP), nos solos franco-arenoso e argiloso – Piracicaba, SP, 2005

Análise de Variância			Teste de Tukey ¹	
Fonte de variação	Grau de liberdade	Valor de F (FP)	Tratamento	FP (N)
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”				
Mulching (M)	1	1,52 ^{ns}	Solo descoberto	3,24
Prof. de gotejo (P)	2	1,17 ^{ns}	Com Mulching	3,00
M x P	2	0,78 ^{ns}	Gotejo a 0 m	2,94
Bloco	3	1,77 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	3,13
CV (%)	-	14,91	Gotejo a 0,40 m	3,29
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”				
Mulching (M)	1	0,64 ^{ns}	Solo descoberto	2,97
Prof. de gotejo (P)	2	0,17 ^{ns}	Com Mulching	3,12
M x P	2	0,51 ^{ns}	Gotejo a 0 m	3,03
Bloco	3	0,16 ^{ns}	Gotejo a 0,20 m	2,99
CV (%)	-	15,53	Gotejo a 0,40 m	3,12

^{ns} Não significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

* Significativo no nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

** Significativo no nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F

¹ Valores na coluna, seguidos com letras distintas, diferem estatisticamente em 0,05 de probabilidade

4.10 Produtividade da água (PA)

A quantidade de melão (massa verde do fruto) produzida por unidade de água gasta (PA) variou de 15,4 a 22,0 Kg m⁻³ no solo franco-arenoso (FAR) e de 11,7 a 22,9 Kg m⁻³ no solo argiloso (ARG) (Tabela 29). Os valores de PA estão expressos na Tabela 29, em termos da quantidade produzida por unidade de água aplicada (175,2 mm em todos os tratamentos) ou da quantidade de água evapotranspirada (caixas sem “mulching”), ou ainda da transpiração ocorrida nas caixas com “mulching”, conforme as estimativas feitas no item 4.2. Rockström e Barron (2007) consideraram importante o uso do conceito de produtividade da água e alertam que devido a atual política de desenvolvimento adotada no mundo, a pressão sobre os recursos hídricos para a produção de alimentos aumentará, e o consumo de água em 2050 chegará a 5.600 km³ ano⁻¹, três vezes mais a quantidade de água utilizada na irrigação mundial.

Em ambos os solos, nas caixas sem “mulching”, o tratamento com gotejo a 0,20 m da superfície (T2) apresentou maior PA, quando comparado aos demais tratamentos que utilizaram gotejo na superfície (T1) e a 0,40 m (T3). O mesmo aconteceu nas caixas com “mulching”, entre as quais o tratamento T5 (gotejo a 0,20 m) apresentou maior PA do que os demais (T4 e T6). Isso se deve, provavelmente, à aplicação de água próxima às raízes e, portanto, à redução de perdas por evaporação (gotejo na superfície) ou por percolação profunda (gotejo a 0,40 m). Phene et al. (1992) listaram várias características de sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial

(SDI) que podem contribuir para maximizar o uso eficiente de água, inclusive desprezando a evaporação do solo, a percolação e o escoamento superficial. Hanson et al. (1994) ressaltam a adicional economia de água que os sistemas SDI podem proporcionar. Vásquez (2003), utilizando o mesmo híbrido, encontrou valores médios de PA que variaram entre 1,98 e 15,87 Kg m⁻³. Observou, ainda, que o uso de tubogotejadores enterrados a 0,20 m proporcionou aumento da PA. No presente trabalho, o maior valor de PA, de 22,9 Kg m⁻³, foi encontrado no tratamento T5 que corresponde à irrigação por gotejo subterrâneo a 0,20 m, com o uso do “mulching”. A cobertura plástica no solo, provavelmente, evitou que a demanda evaporativa da atmosfera interferisse na distribuição de água e de íons no bulbo molhado, enquanto a profundidade de gotejo a 0,20 m permitiu a aplicação de água e de nutrientes próxima à zona de absorção pelas raízes, propiciando, dessa forma, uma melhor produtividade do meloeiro, em função da melhor distribuição espacial de água e de nutrientes no sistema radicular da planta.

Interessante observar que o ganho de EUA no solo ARG, com a adoção do “mulching”, foi bem superior (72 %) ao obtido pelo solo FAR (27,5 %).

Tabela 29 – Valores médios de produtividade da água (PA) nos solos franco-arenoso e argiloso, em Kg de massa verde do fruto (MVF) por m³ de água aplicada (175,2 mm), ou pela estimativa de água evapotranspirada para as caixas sem “mulching” (187,2 mm), ou, ainda, pela quantidade de água transpirada nas caixas com “mulching” (160,2 mm) – Piracicaba, SP, 2005

Tratamento	Mulching ¹	Profundidade (m)	PP (g planta ⁻¹)	Consumo por planta (L planta ⁻¹)	PA (Kg MVF m ⁻³)
Latossolo Vermelho Amarelo “Série Sertãozinho”					
T1	-	0	2886	175,2 - 187,2	16,5 - 15,4
T2	-	0,20	3348	175,2 - 187,2	19,1 - 17,9
T3	-	0,40	2954	175,2 - 187,2	16,9 - 15,8
T4	+	0	3218	160,2 - 175,2	20,1 - 18,4
T5	+	0,20	3524	160,2 - 175,2	20,1 - 22,0
T6	+	0,40	3309	160,2 - 175,2	18,9 - 20,7
Argissolo Vermelho “Série Luiz de Queiroz”					
T1	-	0	2187	175,2 - 187,2	12,5 - 11,7
T2	-	0,20	2459	175,2 - 187,2	14,0 - 13,1
T3	-	0,40	2350	175,2 - 187,2	13,4 - 12,6
T4	+	0	3283	160,2 - 175,2	20,5 - 18,7
T5	+	0,20	3669	160,2 - 175,2	22,9 - 20,9
T6	+	0,40	3345	160,2 - 175,2	20,9 - 19,1

¹ O sinal “-” significa ausência, o sinal “+” presença

5 CONCLUSÕES

O uso do “mulching” incrementou a altura da planta, o diâmetro de colo, a massa média de fruto, a produção por planta e a produtividade, o diâmetro longitudinal e a espessura de polpa, nos solos franco-arenoso e argiloso, além do diâmetro transversal, do formato do fruto, dos sólidos solúveis totais e do pH, no solo argiloso.

A profundidade de gotejo a 0,20 m da superfície do solo proporcionou maiores valores médios de massa médio do fruto, de produção por planta e de produtividade, no solo arenoso, e influenciou o pH do fruto, no solo argiloso.

A interação entre o “mulching” e a profundidade do gotejo influenciou a espessura de polpa (EP) e o teor de sólidos solúveis totais (TSS) do fruto, de maneira que, na profundidade de gotejo a 0,20 m, quando utilizado “mulching”, a EP se incrementou ao redor de 6 mm, enquanto na profundidade de gotejo a 0,40 m, quando se adicionou o “mulching”, ocorreu a redução do TSS em 1,6 °Brix, aproximadamente.

Não foi possível observar efeito dos tratamentos na distribuição de nitrato nos solos franco-arenoso e argiloso, ressaltando a grande dificuldade na avaliação da disponibilidade desse elemento por sua dinâmica no meio poroso. Puderam-se observar, no entanto, maiores concentrações desse íon nas camadas mais superficiais do solo, entre 0 e 0,04 m, 0,04 e 0,08 m e 0,08 e 0,12 m, em relação às camadas mais profundas do solo.

A profundidade do gotejo a 0,20 m da superfície do solo e sem “mulching” disponibilizou mais íons potássio à zona de absorção das raízes do meloeiro no solo franco-arenoso, desde os 47 DAT até os 63 DAT, período que compreendeu desde o início do florescimento até a fase inicial de frutificação da cultura. Para o solo ARG, o efeito do “mulching” foi mais evidente na distribuição de íon potássio ao redor da zona radicular do que o da profundidade de gotejo, encontrando-se melhores distribuições de potássio no solo, principalmente, nos tratamentos com “mulching”.

A ETc estimada para o ciclo da cultura, nos tratamentos com “mulching”, foi de 187,2 mm e a lâmina total de água aplicada, com base no monitoramento via tensiômetro, foi de 175,2 mm, o que não proporcionou restrições de água para a cultura ao longo do ciclo de desenvolvimento.

O “mulching” permitiu a economia de 27 mm de água, conforme as estimativas climatológicas, reduzindo a evaporação de água no solo.

Em termos de volume, cada planta recebeu, em média, a quantia de 187,2 L de água nos 81 dias de cultivo, enquanto, nos tratamentos com “mulching”, a necessidade hídrica foi de 160,2 L de água por planta.

A produtividade da água, em Kg de massa verde do fruto (MVF) por m³ de água aplicada (175,2 mm), ou pela estimativa de água evapotranspirada para as caixas sem “mulching” (187,2 mm), ou ainda pela quantidade de água transpirada nas caixas com “mulching” (160,2 mm) variou de 15,4 a 22,0 Kg m⁻³ no solo franco-arenoso e de 11,7 a 22,9 Kg m⁻³ no solo argiloso. Em ambos os solos, nos tratamentos sem “mulching”, a profundidade de gotejo a 0,20 m da superfície apresentou maior PA, quando comparados aos demais tratamentos que utilizaram gotejo na superfície e a 0,40 m.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 328 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALMEIDA NETO, A.J. de. **Produção e qualidade de melão cantaloupe influenciadas por coberturas do solo e lâminas de irrigação em solo argiloso**. 2004. 74 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2004.
- ALVES, R.E.; PIMENTEL, C.R.; MAIA, C.E.; CASTRO, E.B. de; VIANA, F.M.; COSTA, F.V. da; ANDRADE, G.G. de; FILGUEIRAS, H.A.C.; ALMEIDA, J.H.S. de; MENEZES, J.B.; COSTA, J.G.; PEREIRA, L.S.E. **Manual de melão para exportação**. Brasília: Embrapa, 2000. 51 p.
- ANDRADE, J.W.S. **Cultivo de híbridos de melão, com e sem cobertura do solo, em estufas cobertas com filmes de polietileno com diferentes características ópticas**. 2001. 75 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita”, Ilha Solteira, 2001.
- ARAGÃO JÚNIOR, T.C.; MAGALHÃES, C.A.; SANTOS, C.S.V. **Efeitos de níveis de umidade no solo em cultivares de melão (*Cucumis melo* L.)**. Fortaleza: EPACE, 1991. 16 p. (EPACE. Boletim de Pesquisa, 16).
- ARAÚJO, A.P. **Cobertura do solo e métodos de plantio no cultivo de melão amarelo**. 2000. 49 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2000.
- ARAÚJO, A.P.; NEGREIROS, M.Z. de; BARBOSA NETO, F.; PEDROSA, J.F.; FERREIRA, R.L.F. Cobertura do solo e métodos de plantio na produção de melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 517-518, 2000. Suplemento.
- ARAÚJO, R.C.; SOUZA, R.J. de; SILVA, A.M. Efeitos da cobertura morta sobre a cultura do alho (*Allium sativum* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 17, p. 228-233, 1993.
- ARMENGOL, E.; BADIOLA, J. Empleo de los plásticos en el cultivo de melón. In: VALLESPÍR, A. N. (Coord.). **Melones: compendios de horticultura**. Madri: Ediciones de Horticultura, 1997. cap. 9. p. 79-84.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 14th ed. Washington, 1992. 1141 p.
- ASSOULINE, S. The effects of microdrip and conventional drip irrigation on water distribution and uptake. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 4, p. 1630-1636, 2002.

- AYARS, J.E.; PHENE, C.J.; HUTMACHER, R.B.; DAVIS, K.R.; SCHONEMAN, R.A.; VAIL, S.S.; MEAD, R.M. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 42, p. 1-27, 1999.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture** (revised). Rome: FAO. 1985. 174 p.
- BATTIKHI, A.M.; GHAWI, I. Muskmelon production under mulch and trickle irrigation in the Jordan Valley. **HortScience**, Alexandria, v. 22, p. 578-581, 1987.
- BECK, M.; PARSONS, J.M.; ROBERTS, R.E. **Mulches for enhanced, low-cost, low-maintenance landscapes**. Aggie Horticulture, Texas A&M University, 1998. Disponível em: <<http://aggie-horticulture.tamu.edu/plantanswers/drought/mulches.html>>. Acesso em: 18 fev. 2006.
- BELFORT, C.C.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C.; SANTOS, J.W.C. Acumulação de matéria seca e recrutamento de macronutrientes pelo melão (*Cucumis melo* L. cv. Valenciano Amarelo CAC) cultivado em Latossolo Vermelho Amarelo em Presidente Venceslau, SP. In: HAAG, H.P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral em hortaliças**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. p. 293-349.
- BEN-ASHER, J.; PHENE, C. J. Analysis of surface and subsurface drip irrigation using a numerical model. In: _____. **Subsurface drip-theory, practices and application**. Fresno: CATI, 1993. p. 185-202. (CATI Pub, 92).
- BEN-ASHER, J.; PHENE, C.J. The effect of surface drip irrigation on soil water regime evaporation and transpiration. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON IRRIGATION, 6., 1993, Tel-Aviv. **Proceedings ...** Tel-Aviv, 1993b. p. 35-42.
- BHELLE, H.S.; WILCOX, G.E. Yield and comparison of muskmelon as influenced by preplant and trickle applied nitrogen. **HortScience**, Alexandria, v. 21, p. 86, 1986.
- BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Estimativa da evapotranspiração em estufa plástica utilizando dados meteorológicos externos. In: BALBUENA, R.H.; BENEZ, S.H.; JORAJURÍA, D. (Ed.). **Avances em el manejo del suelo y agua em la ingeniería rural latinoamericana**. La Plata: UNLP, 1998. p. 361-366.
- BOGLE, C.R.; HARTZ, T.K.; NUNEZ, C. Comparison of subsurface trickle and furrow irrigation on plastic-mulched and bare soil for tomato production. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Leuven, v. 114, p. 40-43. 1989.
- BOTREL, N.; SIQUEIRA, D.L. de. Plantio de abacaxizeiro com cobertura de polietileno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 1483-1488, 1990.

BRANDÃO FILHO, J.U.T.; VASCONCELLOS, M. A. S. A cultura do meloeiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Ed.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido**: condições subtropicais. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. p. 161-193.

BRANDENBERGER, L.; WIENDENFELD, B. Physical characteristics of mulches and their impact on crop response and profitability in muskmelon production. **HortTechnology**, Alexandria, v. 7, p. 165-169, 1997.

BRANDT, A.; BRESLER, E.; DINER, N.; BEN-ASHER, J.; HELLER, J.; GOLDBERGM, D. Infiltration from a trickle source: I. Mathematical models. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 35, p. 683-689, 1971.

BRESLER, E. Analysis of trickle irrigation with application to design problems. **Irrigation Science**, Berlin, v. 1, p. 3-17, 1978.

BUCKS, D.A. Historical development in microirrigation. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5., 1995, Orlando. **Proceedings ...** St. Joseph: ASAE, 1995. p. 1-5.

CAMP, C.R. Subsurface drip irrigation: a review. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 41, p. 1353-1367, 1998.

CASAÑO, C. **Informacion geral**: riego por goteo subterraneo em olivar. Valencia: Mondragon, 1998. 7 p.

CARDOSO, S.S. **Dose de CO₂ e de potássio aplicados através de irrigação no meloeiro rendilhado (*Cucumis melo* L.) cultivado em ambiente protegido**. 2002. 101 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. Coberturado solo com filme de polietileno: vantagens e desvantagens. **Sob Informa**, Botucatu, v. 3, p. 24-27, 1995.

CHRISTANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 124 p. (Bulletin, 670).

CHRISTOFIDIS, D. Os recursos hídricos e a prática da irrigação no Brasil e no mundo. **Item**, Brasília, v. 49, p. 8 – 13, 2001.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. **Item**, Brasília, v. 54, p. 46–55, 2002

COELHO, E.F.; OR, D. Applicability of analytical solutions for flow from point sources to drip irrigation management. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 1331-1341, 1996.

COELHO, M.B.; OLITTA, A.F.L.; ARAÚJO, J. P. Influência dos métodos de irrigação por sulco e gotejo na cultura do melão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 4., 1978. Salvador. **Anais ...** Salvador: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1978. p. 48.

COSTA, N.D. Melão no São Francisco. **Cultivar Hortalças e Frutas**, Pelotas, n. 8, p. 15, dez. 2001/jan. 2002

COSTA, F.A. **Coberturas do solo e lâminas de irrigação no rendimento e qualidade do melão ‘Gold Mine’ cultivado no período chuvoso**. 2003. 63 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2003.

DASBERG, S.; BRESLER. **Drip irrigation manual**. Tel Aviv: International Irrigation Information Center, 1985. 95 p.

DAVIS, S.; JUNIOR, G.N.; DAVIS, H. Development aspects of field-to-field variations in selected cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud.). **Hilgardia**, Berkeley, v. 38, p. 165-180, 1967.

DECOTEAU, D.R.; KASPERBAUER, M.J.; HUNT, P.G. Bell pepper plant development over mulches of diverse colors. **HortScience**, Alexandria, v. 25, p. 460-462, 1990.

DETAR, W.R.; BROWNE, G.T.; PHENE, C.J.; SANDEN, B.L. Real-time irrigation scheduling of potatoes with sprinkler and subsurface drip systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EVAPOTRANSPIRATION AND IRRIGATION SCHEDULING. **Proceedings ...** St. Joseph: ASAE, 1996. p. 812-824.

DIAS, N.S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido**. 2004. 131 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1998. 212 p. (FAO Boletín, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1976. 194 p. (FAO Boletín, 24).

EDWARDS, D.M.; FISCHBACH, P.E.; YOUNG, L.L. Movement of nitrate under irrigated agriculture. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 15, n. 1, p. 73-75, 1972.

ELMSTROM, G.W.; MAYNARD, D.N. Exotic melons for commercial production in humid regions. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.318, p.117-123, 1992.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EXNER, M.E.; BURBACH, M.E.; WATTS, D.G.; SHEARMAN, R.C.; SPALDING, R.F. Deep nitrate movement in the unsaturated zone of simulated urban lawn. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 20, p. 658-662, 1991.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 01 nov. 2003.

FARIA, C.M.B. de; FERREIRA, J.R.; POSSÍDIO, E.L. de. Adubação orgânica e mineral na cultura do melão num Vertissolo do Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 1191-197, 1994.

FARIA, C.M.B. de; COSTA, N.D.; PINTO, J.M.; BRITO, L.T.L.; SOARES, J.M. Níveis de nitrogênio por fertirrigação e densidade de plantio na cultura do melão em um Vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 491-495, 2000.

FARIA, L.F. **Variação de vazão de gotejadores enterrados na irrigação de citrus e café**. 2002. 87 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FERREIRA, R.L.F. **Produção e qualidade de melão cultivado sob condições climáticas resultantes de diferentes coberturas de solo e métodos de plantio**. 2001. 63 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2001.

FERREIRA, R.L.F.; NEGREIROS, M.Z. de; LEITÃO, M.M.V.B.R.; PEDROSA, J.F.; BEZERRA NETO, F.; ESPÍNDOLA SOBRINHO, J.; COELHO, J.K.S.; LIRA, G.S. de. Qualidade do melão ‘Gold Mine’ em diferentes coberturas de solo e métodos de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 283-284, jul. 2001a. Suplemento.

FERREIRA, R.L.F.; NEGREIROS, M.Z. de; LEITÃO, M.M.V.B.R.; PEDROSA, J.F.; BEZERRA NETO, F.; ESPÍNDOLA SOBRINHO, J.; COELHO, J.K.S.; LIRA, G.S. de. Rendimento do melão ‘Gold Mine’ em diferentes coberturas de solo e métodos de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 285-286, jul. 2001b. Suplemento.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FILGUEIRAS, H.A.C.; MENEZES, J.B.; ALVES, R.E.; COSTA, F.V.; PEREIRA, L.S.E.; GOMES JÚNIOR, J. Colheita e manuseio pós-colheita. In: _____. **Melão pós-colheita**. Brasília, EMBRAPA, 2000. p. 23-41. (Frutas do Brasil, 10).

FISCHER, J.R. (Coord.). **Water and nutrient requirement for drip-irrigated vegetables in humid regions**. Gainesville: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Science, 1992. 17 p. (Bulletin, 363).

FLOCH, J.R.G.; FÁBREGA, J.A. El volumen húmedo del suelo aspectos agronómicos relacionados con la microirrigación (I). **Riegos y Drenajes**, Oriente, v. 21, n. 76, p. 26-33, 1994.

FNP, CONSULTORIA & COMÉRCIO. Melão. In: _____. **Agrianual**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2003. p. 409-412.

FNP, CONSULTORIA & COMÉRCIO. Melão. In: _____. **Agrianual**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2007. p. 400-404.

FOLEGATTI, M.V.; BLANCO, F.F.; BOARETTO, R.M.; BOARETTO, A.E. Calibration of cardy-ion meters to measure nutrient concentration in soil solution and in plant sap. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 8-11, 2005.

GARCIA, A.R. Amazônia: planeta água. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO AMAZÔNICO, 1., 2004, Boa Vista. **Anais ...** Boa Vista: ABDA, 2004. p. 20-36.

GARNAUD, J.C. **The intensification of horticultural crop production in the mediterranean basin by protected cultivation**. Rome: FAO, 1974. 148 p.

GOLDBERG, D.; SHMUELI, M. Drip irrigation: a method used under arid desert conditions of high and soil salinity. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 13, p. 38-41, 1970.

GOLDBERG, D.; GORNAT, B.; RIMOM, D. **Drip irrigation** : principles, design and agricultural practices. Tel Aviv: D. I. S. Publications, 1986.

GONDIM, A.R.O.; PORTO, D.R.Q.; NEGREIROS, M.Z.N.; MENEZES, J.B. de; MEDEIROS, J.F. de; COSTA, F.B. da.; SENHOR, R.F.; BEZERRA NETO, F. Armazenamento sob atmosfera modificada de melão Cantaloupe ‘Torreón’ cultivados em diferentes tipos de cobertura de solo e lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1 p. 123-126. 2003.

GOTO, R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, p. 163-65, jul. 1997. Suplemento.

GUROCICH, L.A. **Relatorio final de consultoría en manejo de suelos y agua**. Petrolina: EMBRAPA, CPATSA, 1979. 10 p.

HANSON, B.; SCHWANKL, L.; GRATTAN, S. **Drip irrigation for row crops**. Davis: University of California, 1994. 159 p. (Water Management Series Publication, 93-105).

HAM, J. M.; KLUITENBERG, G. J.; LAMONT, W. J. Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 118, p. 190-191, 2000.

HENGGELE, J.C. A history of drip-irrigated cotton in Texas. In: MICROIRRIGATION CONGRESS, 3., 1995. St. Joseph. **Proceedings ...** St. Joseph: ASAE, 1995. p. 669-674.

HERNANDEZ, F.B.T. **Efeitos da suspensão hídrica nos aspectos produtivos e quantitativos da cultura do melão**. 1995. 75 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

HILLEL, D. **Introduction to soil physics**. San Diego: Academic Press, 1982. 212 p.

HOCHMUTH, G.J.; HOCHMUTH, R.C.; OLSON, S.M. **Polyethylene mulching for early vegetable production in north Florida**. Florida: HSD, 2001. Disponível em: http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_CV213 > Acesso em: 22 fev. 2006

HOWELL, T.A., STEVENSON, D.S.; ALJIBURY, F.K. Design and operation of trickle (drip) systems. In: JENSEN, M.E. **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1983. p. 663-720.

IBARRA, L.; FLORES, J.; DÍAZ-PÉREZ, J.C. Growth and yield of muskmelon in response to plastic mulch and row covers. **Scientia Horticulture**, Alexandria, v. 87, p. 139-145, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores conjunturais: produção agrícola/agricultura**. 2007. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 jun. 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3 ed. São Paulo, 1986. v. 1, 533 p.

KARMELI, D.; KELLER, J. Evaluation of a trickle irrigation system. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2., 1974, Riverside. **Proceedings ...** Riverside, 1974. p. 287-292.

KHAN, A.A.; YITAYEW, M.; WARRICK, A.W. Field evaluation of water and solute distribution from a point source. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 122, n. 4, p. 221-227, 1996.

KNAVEL, D.E.; MOHR, H.C. Distribution of roots of four different vegetables under paper and polyethylene mulches. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, St. Joseph, v. 91, p. 589-597, 1967.

LEVIN, I.; ROOYEN, F.C. Van. The effect of discharge rate and intermittent water application by point-source irrigation on the soil moisture distribution pattern. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 43, p. 8-16, 1979.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2.ed. Piracicaba: O autor, 2000. 509 p.

LOPES, A. S. Manual de fertilidade do solo. Traduzido e adaptado do original: Soil fertility manual. Potash Phosphate Institute, 1978. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.

LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P. **Riego localizado**. Madrid: Centro Nacional de Tecnología de Regadíos, 1992. 405 p.

McGRAW, B.D. **Easy gardening... mulching**. Aggie Horticulture Texas: TAMU, 1998. Disponível em: <<http://aggiehorticulture.tamu.edu/extension/easygardening/mulching/mulching1.html>>. Acesso em: 22 fev. 2006

MAIERO, M.; SCHALES, F.D.; NG, J.T. Genotype and plast mulch effects on earliness, fruit characteristics, and yield in muskmelon. **HortScience**, Alexandria, v. 22, p. 945-946, 1987.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MALLICK, M.F.R.; MASSUI, M. Origin, distribution and taxonomy of melons. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 28, p. 251-261, 1986.

MANCINA, F.V. Rendimiento Del cultivo de melón, bajo condiciones de riego por goteo en la region Laguneira. In: SEMINARIO LATINO-AMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEIO, 2., 1977, México. **Anais**México: Torreon, 1977. p. 455.

MARR, C. **Cucumbers & melons**. Kansas: Kansas State University-Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 1994. 2 p.

MARTINS, S.R.; PEIL, R.M.; SCHWENGBER, J.E.; ASSIS, F.N.; MENDES, M.E.G. Produção de melão em função de diferentes sistemas de condução de plantas em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, p. 24-30, 1998.

MAY, D.M. Water management differences between drip – and furrow-irrigated processing tomatoes to maximize yield and fruit quality in California. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE PROCESSING TOMATO. 1., 1996, Recife. **Proceedings...**Alexandria: ASHS/IPA, 1997. p. 54-58.

MEDEIROS, F.A.M.; MEDEIROS, J.F. de; SILVA, M.C.C.; ALVES, L.P.; SOUZA, T.H. de; LEVIEN, S.L.A. Necessidade hídrica do meloeiro irrigado com água de diferentes salinidades e cultivado com ou sem cobertura do solo. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 234-238, 2005.

MEDEIROS, J.F. de; MAIA, C.E. **Manejo da fertirrigação**. Mossoró: ESAM, 2001. 16 p. (Notas de aula).

MEDEIROS, J.F. de; NASCIMENTO, I.B. do; COSTA, M.C.; SCALOPPI, E.J. Produção de melão sob diferentes lâminas de água com dois níveis de salinidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40., 2000, Brasília. **Anais ...** Brasília: SOB, 2000. p. 612.

MEIRI, A.; PLAUT, Z.; PINKAS, L. Salt tolerance of glasshouse-grown muskmelon (cv. Galia). **Soil Science**, Madison, v. 131, p. 189-193, 1981.

MEIRI, A.; HOFFMAN, G.J.; SHANNON, M.C.; POSS, J.A. Salt tolerance of two muskmelon cultivars under two radiation levels. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Leuven, v. 107, p. 1168-1172, 1982.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 4th ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MIRANDA, N.O.; MEDEIROS, J.F.; NASCIMENTO, I.B.; ALVES, L.P. Produtividade e qualidade de frutos de melão em resposta à cobertura do solo com plástico preto e ao preparo do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n.3, p. 490-493, 2003.

MONTEIRO, R.O.C. **Função de resposta da cultura do meloeiro aos níveis de água e adubação nitrogenada no vale do Curu, Ceará**. 2004. 87 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

MOURA NETO, E.L. **Efeito da cobertura morta sobre a produção de quatro cultivares de coentro no município de Mossoró-RN**. 1993. 29 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 1993.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research**, Wageningen, v. 12, p. 513-522, 1976.

MUCHOVEJ, R. M. C.; RECHCIGL, J. E. Impacts of nitrogen fertilization of pastures and turfgrasses on water quality. In: LAL, R.; STEWART, B.A. (Ed.). **Soil processes and water quality**. Boca Raton. Lewis Publication, 1994. p. 91-135.

NEGREIROS, M.Z.N.; COSTA, F.B da; MENEZES, J.B. de; MEDEIROS, J.F. de; BEZERRA NETO, F.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; PORTO, D.R.Q.; GONDIM, A.R.O.; SALDANHA, T.R.F.C. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 308, 2003. Suplemento.

NERSON, H.; PARIS, H.S. Effects of salinity on germination, seedling growth, and yield of melons. **Irrigation Science**, Berlin, v. 5, p. 265-273, 1984.

NOGUEIRA, C.C.P.; COELHO, E.F.; LEÃO, M.C.S. Características e dimensões do volume de um solo molhado sob gotejamento superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, p. 315-320, 2000.

OHARA, T.; KJIMA, A; WACO, T.; ISHIUCHI, D. Vegetables, ornamental and tea. **Bulletin of the National Research Institute of Tokyo**, Tokyo, n. 15, p. 63-69, 2000.

OROZCO-SANTOS, M.; PREZE-ZAMORA, O.; LOPEZ-ARRIAGA, O. Effect of transparent mulch on insect populations, virus diseases, soil temperature, and yield of cantaloupe in the tropical region. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 23, p. 199-204, 1995.

PEDROSA, J.F. **Cultura do melão**. Mossoró: ESAM, 1997. 51 p. (Apostila).

PÉREZ, Z.O.; RIVERO, M.C. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en melón Cantaloupe, híbrido Ovation. Tepames, Colima, México. **Agrociencia**, Texcoco, v. 35, p. 479-488, 2001.

PHENE, C.J.; BEALE, O.W. High frequency irrigation for water and nutrient management in the humid regions. **Soil Science**, Madison, v. 40, p. 430-436, 1976.

PHENE, C.J.; RUSKIN, R. Potential of subsurface drip irrigation for management of nitrate in wastewater. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5, 1995, Orlando. **Proceedings ...** St. Joseph: ASAE, 1995. p. 155-167.

PHENE, C.J.; SANDERS, D.C. High-frequency trickle irrigation and row spacing effects on yield and quality of potatoes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, p. 773-776, 1976.

PHENE, C.J.; HUTMACHER, R.B.; AYARS, J.E.; DAVIS, K.R.; MEAD, R.M.; SCHONEMAN, R.A. **Maximizing water use efficiency with subsurface drip irrigation**. St. Joseph: ASAE, 1992. p. 92-209.

PEÑALBER, P.J. Cultivo del melón al aire libre. In: NAMESNY, A. **Melones**. Madrid: Ediciones de Horticultura, 1997. cap. 7, p. 58-65. (Compendios de Horticultura, 10).

PINTO, J.M.; BOTREL, T.A.; MACHADO, E.C.; FEITOSA FILHO, J.C.; MEDINA, C.L. Aplicação de CO₂ via água de irrigação na cultura do melão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, p. 1-10, 1999.

POFFLEY, M. **Growing vegetables using black plastic mulch na trickle irrigation**. Agnote, Austrália, 367, May 1997, n. B17. Disponível em: <<http://www.nt.gov.au/dbird/dpif/pubcat>>. Acesso em: 20 nov. 2003.

PORTO, D.R.Q.; GONDIM, A.R.O.; MEDEIROS, J.F. de; NEGREIROS, M.Z. de; BEZERRA NETO, F.; LEITÃO, M.M.V.B.R. ANDRADE, P.C.S.G.; ALMEIDA NETO, A.J. de. Crescimento do melão Cantaloupe ‘Torreon’ em diferentes coberturas de solo e lâminas de irrigação nas condições de Mossoró-RN. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 329, 2003. Suplemento.

PRABHAKAR, B.S.; SRINIVAS, K.; SHUKLA, V. Yield and quality of muskmelon (cv. Hara Madhu) in relation to spacing and fertilization. **Progressive Horticulture**, Chaubattia, v. 17, p. 51-55, 1985.

PREVEDELLO, C.L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: Salesward-Discovery, 1996. 446 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAWLINS, S.L. Principles of managing high-frequency irrigation. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 37, p. 626-662, 1973.

REICHARDT, K. **A água na produção agrícola**. São Paulo: McGraw-hill do Brasil, 1978. 119 p.

REIS, N.V.B. dos. Uso do plástico no controle da temperatura do solo em cenoura 'cultivar Brasília' In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 4., 1985. Londrina. **Resumos ...** Londrina: Fundação Cargil, 1985. p. 63.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V. H.(Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5a aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RICHARDS, L.A. (Ed.) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160 p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

ROCKSTRÖM, J.; BARRON, J. Water productivity in rainfed systems: overview of challenges and analysis of opportunities in water scarcity prone savannahs. **Irrigation Science**, Berlin, v. 25, n. 3, p. 299-311, 2007.

RODRÍGUES, C.J.; OCHOA, M.A.; VALENZUELA, I.M. Eficiencia en el uso de agua y nitrógeno por el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) bajo riego por goteo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGACIÓN, 1999, Culiacán. **Proceedings ...** Culiacán: s ed. 1999. p. 27-29.

ROSE, J.L.; CHAVES, R.L.; PHENE, C.J.; HILE, M.M.S. Subsurface drip irrigation of processing tomatoes. In: SPECIALLY CONFERENCE ON ENVIRONMENTALLY SOUND WATER AND SOIL MANAGEMENT, 1982, New York. **Proceedings ...** New York: ASCE, 1982. p. 369-376.

RUZICKA, J.; HANSEN, E.H. **Flow injection analysis**. New York: Wiley Interscience, 1981. 395 p.

SALDANHA, T.R.F.C. **Produção e qualidade de melão cantaloupe cultivado sob condições de diferentes tipos de cobertura e lâminas de irrigação**. 2004. 105 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2004.

SALVETTI, M.G. **O polietileno na agricultura brasileira**. São Paulo: Poliolefinas, 1995. 154 p.

SAMMIS, T.W.; WU, I.P. Effect of drip irrigation design and management on crop yield. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 3, p. 832-838, 1985.

SAMPAIO, R.A.; ARAÚJO, W.F. Importância da cobertura plástica do solo sobre o cultivo de hortaliças. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 22, p. 1-12, 2001.

SAMPAIO, R.A.; FONTES, P.C.R.; SEDIYAMA, C.S. Resposta do tomateiro à fertirrigação potássica e cobertura plástica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 21-30, 1999.

SÁNCHEZ, C. C. Riego por goteo subterráneo en olivar, vip underground. **Fruticultura Profesional**, Barcelona, v. 77, p. 18-32, 1996.

SANDERS, D.C. **Using plastic mulches and drip irrigation for vegetable production**. North Carolina, NCSU, 2001. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil-33.html>>. Acesso em: 22 fev. 2006.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 4.ed. Porto Alegre: Plasticultura Gaúcha, 1991. 303 p.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 6.ed. Guaíba: Agropecuária, 1997. 342 p.

SHANNON, M.C. In quest of rapid screening techniques for plant salt tolerance. **Scientia Horticulturae**, Wageningen, v. 14, n. 5, p. 587-589, 1979.

SHMUELI, M.; GOLBERG, D. Sprinkler, furrow, and trickle irrigation of muskmelon cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Madison, v. 103, p. 127-130, 1978.

SILVA, E.C. da. **Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (^{15}N) da uréia, do milho e da crotalária pelo milho sob semeadura direta em solo de cerrado**. 2005. 130 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVA, E.F.F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. 2002. 136 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, H.R.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, R.A.; OLIVEIRA, L.A.; RODRIGUES, A.G.; SOUZ, A.F.; MAENO, P. **Cultivo do meloeiro para o Norte de Minas Gerais**. Brasília: Embrapa SPI, Embrapa Hortaliças, 2000. 20 p. (Circular Técnica, 20).

SILVA, M.C.C. **Crescimento, produtividade e qualidade de frutos do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e cobertura do solo**. 2002. 65 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2002.

SILVA, T.J.A. da; MACHADO, C.C.; SILVA, E.M.B.; COELHO, R.D. Coeficiente de cultivo (Kc) do meloeiro tipo rendilhado cultivado em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 72-81, 2004.

SILVA, W.L.C.; GIORDANO, L.B.; MAROUELLI, W.A.; FONTES, R.R.; GORNAT, B. Response of six processing tomatoes cultivars to subsurface drip fertigation. **Acta Horticulture**, Davis, n. 487, p. 569-573, 1999.

SOUSA, V.F. de; RODRIGUES, B.H.N.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; COELHO, E.F.; VIANA, F.M.P.; SILVA, P.H.S. **Cultivo do meloeiro sob fertirrigação por gotejamento no meio-norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1999. 68 p. (Circular Técnica, 21).

SPARKS, D.L.; HUANG, P.M. Physical chemistry of soil potassium. In: MUNSON, R. **Potassium in agriculture**: phosphate potash; phosphate institute. Atlanta: American Society of Agronomy, 1985. p. 201-276.

SPICE, H.R. **Polythene film in horticulture**. London: Faber and Faber, 1959. 176 p.

STRECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B. Effect of blackpolyethylene mulch on the thermal regime of a soil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, p. 15-20, 1996.

STRECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A. Modificação na temperatura do solo causada por diferentes coberturas plásticas. In: JORNADA DE PESQUISA DA UFSM, 3., 1993, Santa Maria. **Anais ...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1993. p. 360.

SUAREZ-REY, E.; CHOI, C.Y.; WALLER, P.M. Feasibility of subsurface drip irrigation on turf in Arizona. In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1999, Toronto. Toronto: ASAE; CSAE-SCGR, 1999.

SUHET, A.R.; PERES, J.R.R.; VARGAS, M.A.T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W.J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1985. p. 167-202.

TAGHAVI, S.A.; MARIÑO, M.A.; ROLSTON, D.E. Infiltration from trickle irrigation source. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 110, p. 331-341, 1984.

TILLMAN, R.W.; SCOTTER, D.R.; CLOTHIER, B.E.; WHITE, R.E. Solute movement during intermittent water flow in a field soil an some implications for irrigation and fertilizer application. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 20, p. 119-133, 1991.

TSEKLEEV, G.; BOYADJIEVA, N.; SOLAKOV, Y.; TABAKOVA, M. Influence of photo-selective mulch films on tomates in greenhouses. **Plasticulture**, Santa Cruz de la Sierra, v. 95, p. 45-49, 1993.

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

VAN GENUCHTEN, M.T.; LEIJ, F.J.; YATES, S.R. **The RETC Code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils**: version 1.0. Riverside: USDA-ARS, U.S. Salinity Laboratory, 1991. (EPA Report 600/2-91/065).

VAN GENUCHTEN, M.T.; WIERENGA, P.J. Solute dispersion coefficients and retardation factors. In: BLACK, C.A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America. Journal, 1986. pt. 1: Physical and mineralogical methods: p. 1025-1054. (American Society of Agronomy, 9).

VÁSQUEZ, M.A.N. **Fertirrigação por gotejamento superficial e subsuperficial no meloeiro (*Cucumis melo* L.) sob condições protegidas**. 2003. 145 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

VAZIRI, C.M.; GIBSON, W. Subsurface and drip irrigation for Hawaiian sugarcane. In: REPORT HAWAIIAN SUGAR TECHNOLOGY ANNUAL CONFERENCE, 1972, Honolulu. **Proceedings ...** Honolulu: Hawaiian Sugar Planters, 1972. p. 18-22.

WARRICK, A.W. Design principles soil water distribution. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCK, D.A. **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: John Wiley, 1986. p. 93-116.

WELBAUM, G.E.; WOOG, J.D. **Drip irrigation but not plastic mulch increase yields of pumpkins**. Virginia Vegetables, Small Fruit and Specialty Crops Newsletter, December, 1994. Department of Horticulture. Disponível em : <http://www.ext.vt.edu/news/periodicals/commhort/1994-12/comhort-7.html> Acesso em: 21 fev. 2006.

WHITAKER, T.W.; DAVIS, G.N. **Cucurbits**: botany, cultivation, and utilization. London: [s.n.], 1962. 249 p.

WILLARDSON, L.S.; BOHN, G.W.; HOBBS, M.J. Catalupe response to drip irrigation. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2., 1974. San Diego. **Proceedings ...** San Diego: ASAE, 1974. p. 474-477.

ZAPATA, M.; CABRERA, P.; BAÑÓN, S.; ROTH, P. **El melon**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989. 174 p.

ZOLDOSKE, D.; STRIEGLER, R.K.; BERG, G.T.; JORGENSEN, G.; LAKE, C.B.; GRAVES, S.G.; BURNETT, D.M. **Evaluation of trellis a system and subsurface drip irrigation for wine grape production**: a progress report. 1998: Center of Irrigation Technology. <<http://www.cati.csufreno.edu/cit>>. Acesso em: 21 fev. 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Estrutura, instalação e parte das análises preliminares

01) Estufas DER/ESALQ/USP; 02) Estufa do experimento; 03) Teste de condutividade hidráulica saturada; 04) Saturação das amostras de solo; 05 e 06) Limpeza e revolvimento dos solos para transplantio; 07) Mourões, esticadores e arames para tutoramento; 08) Detalhe do gotejador; 09) Estufa em 2 arcos; 10) Vista geral das caixas com plástico e sistema de irrigação montados; 11) Corte do plástico; 12) Retirada de solo das laterais da caixa para posicionamento do plástico; 13) Disposição do plástico; 14) Aplicação de porções de solo para fixação do plástico nas laterais da caixa; 15) Perfuração do plástico para transplantio das mudas.

APÊNDICE B - Instalação, condução da cultura e coleta de dados

16) Posicionamento da muda mediante abertura no plástico; 17) Plantio da muda; 18) Caixas com mudas; 19) Caixa com bomba centrífuga e filtro de disco; 20) Caixas de 500 L e 1000 L utilizadas na fertirrigação e irrigação, respectivamente; 21) Detalhe do gotejador posicionado próximo à planta; 22) Detalhe do gotejador em caixa com plástico; 23) Instalação de tensiômetros e extratores de solução do solo; 24) Tensiômetros a 0,10 m de distância radial do gotejador instalados; 25) Planta tutorada com barbante; 26) Aplicação de defensivos; 27 e 28) Instalação de tensiômetros e extratores a 0,20 m de distância radial do gotejador; 29) Medição da altura da planta; 30) Medição do diâmetro de colo da planta.

APÊNDICE C – Condução da cultura e coleta de dados

31) Identificação dos tratamentos nas caixas; 32) Bloco monitorado no experimento com solo argiloso; 33) Tanque com solução para fertirrigação; 34 e 41) Desbrota; 35) Tutoramento; 36) Detalhe gotejador enterrado a 0,20 m ou 0,40 m; 37) Vista superior da disposição dos tensiômetros ou extratores nas caixas; 38) Aplicação do vácuo nos extratores; 39) Certificação da tensão após aplicação do vácuo; 40) Coleta das soluções de solo; 42) Colméia de abelhas no centro da estufa; 43) Polinização; 44 e 45) Coleta de solo nas camadas de 0 a 0,04 m, 0,04 a 0,08 m e de 0,08 a 0,12 m.

APÊNDICE D – Condução, coleta e análises experimentais

46) Armazenamento das amostras de solo em saco plástico; 47) Início da frutificação; 48) 2 frutos por planta; 49 e 50) Disposição dos tensiômetros ou extratores nas caixas com plástico e sem plástico, respectivamente; 51) Teste de uniformidade de vazão dos gotejadores; 52) Pesagem dos frutos; 53) Determinação do diâmetro transversal e longitudinal dos frutos; 54 e 55) Espessura de casca e polpa, respectivamente; 56, 57 e 58) Análise do pH, °Brix e textura dos frutos; 59 e 60) Análise da condutividade elétrica, pH e concentração de nitrato e potássio das soluções de solo.

APÊNDICE E – Variação do potencial mátrico (T , em kPa) e lâminas de irrigação (I , em mm) para o solo franco-arenoso, ao longo do ciclo do melão, às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m, para o solo franco-arenoso - Piracicaba, SP, 2005

APÊNDICE F – Variação do potencial mátrico (T, em kPa) e lâminas de irrigação (I, em mm) para o solo argiloso, ao longo do ciclo do melão, às profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m e às distâncias do gotejador de 0,10, 0,20 e 0,30 m, nos 6 tratamentos: T1 - tratamento sem cobertura plástica (CB) e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T2 – sem CB e PG de 0,20 m; T3 – sem CB e PG de 0,40 m; T4 – com CB e PG de 0 m; T5 – com CB e PG de 0,20 m; T6 – com CB e PG de 0,40 m, para o solo franco-arenoso - Piracicaba, SP, 2005

APÊNDICE G – Variação do potencial mátrico (T , em kPa) e lâminas de irrigação (I , em mm), ao longo do ciclo do melão, registrado na posição de 0,40 m da planta e nas profundidades de 0,15, 0,30 e 0,50 m, para os tratamentos com cobertura plástica (CB) no solo: T4 – CB e profundidade de gotejamento (PG) de 0 m; T5 – CB e PG de 0,20 m; T6 – CB e PG de 0,40 m, para os solos franco-arenoso (coluna da esquerda) e argiloso (coluna da direita) - Piracicaba, SP, 2005

SOLO FRANCO – ARENOSO

0,40 m da planta, 0,15 m de profundidade

SOLO ARGILOSO

0,40 m da planta, 0,15 m de profundidade

0,40 m da planta, 0,30 m de profundidade

0,40 m da planta, 0,30 m de profundidade

0,40 m da planta, 0,50 m de profundidade

0,40 m da planta, 0,50 m de profundidade