

UFRRJ

INSTITUTO DE AGRONOMIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**Desempenho do consórcio de alface e cenoura, sob manejo
orgânico com irrigação automatizada**

Daniela Pinto Gomes

2012



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**DESEMPENHO DO CONSÓRCIO DE ALFACE E CENOURA, SOB
MANEJO ORGÂNICO COM IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA.**

DANIELA PINTO GOMES

Sob a orientação do professor
Daniel Fonseca de Carvalho

e co-orientação do professor
Leonardo Oliveira Medici

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de **Mestre em Ciências**, no
Curso de Pós-Graduação em
Fitotecnia.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2012

631.584

G633d

T

Gomes, Daniela Pinto, 1984-

Desempenho do consórcio de alface e cenoura, sob manejo orgânico com irrigação automatizada / Daniela Pinto Gomes - 2012.
64 f. : il.

Orientador: Daniel Fonseca de Carvalho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.
Bibliografia: f. 41-49.

1. Agricultura orgânica - Teses. 2. Cultivos agrícolas - Rendimento - Teses. 3. Alface - Cultivo - Teses. 4. Cenoura - Cultivo - Teses. 5. Solos - Manejo - Teses. 6. Irrigação agrícola - Teses. I. Carvalho, Daniel Fonseca de, 1968-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

DANIELA PINTO GOMES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 27/02/2012.

Dr. Daniel Fonseca de Carvalho - UFRRJ
(Orientador)

Dr. José Guilherme Marinho Guerra - Embrapa Agrobiologia

Dr. Robson Bonomo - UFES

DEDICATÓRIA

A minha alma chorou tanto,
Que de pranto está vazia
Desde que aqui fiquei,
Sem a sua companhia

Não há pranto sem saudade
Nem amor sem alegria
É por isso que eu reclamo
Essa tua companhia

Como pode um peixe vivo
Viver fora da água fria?
Como poderei viver
Como poderei viver
Sem a tua, sem a tua
Sem a tua companhia?
Sem a tua, sem a tua
Sem a tua companhia?

Milton Nascimento.

Aos meus amados pais Maria Helena Pinto Gomes e Apparicio Gomes (in memoriam).

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Apparicio Gomes e Maria Helena Pinto Gomes, pelo amor a mim dedicado e pelo exemplo de família.

Ao Diogo pela amizade, pelo amor e atenção e ajuda na minha carreira profissional durante esses oito anos de convivência, Te Amo.

A toda família do Diogo: Isael, Neusa e Camila por me receberem tão bem em sua família.

Ao meu orientador, Professor Daniel Fonseca de Carvalho pela amizade, carinho, exemplo de família e ensinamentos, mas principalmente por acreditar muito, mas muito mesmo, em mim.

Ao meu co-orientador, Professor Leonardo de Oliveira Medici pela amizade, entusiasmo e dedicação na realização deste trabalho.

Ao Pesquisador José Guilherme Marinho Guerra e ao Professor Raul de Lucena pelas sugestões e ensinamentos durante a condução deste trabalho.

Aos Professores Margarida Gorete Ferreira do Carmo e Leonardo Batista Duarte da Silva pela primeira oportunidade de estágio e iniciação científica.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade de acesso a educação de nível superior, dada não somente a mim, mas para muitos brasileiros.

Ao Curso de Pós- Graduação em Fitotecnia pela oportunidade, em especial a Professora Regina Celi C. Coneglian, e as secretárias Tatiane e Eliane.

À CAPES e FAPERJ pela concessão da bolsa de estudos e financiamento do projeto, respectivamente.

Ao Sistema Integrado de Produção em Agroecologia - SIPA - Fazendinha Agroecológica do km 47, onde foi realizado este trabalho, em especial aos funcionários Edmar, Helinho, Elias, Juarez, Estevão, Pedro, João, Ivana, Handara.

Ao Grupo de Pesquisa Água e Solo em Sistemas Agrícolas (GPASSA), aos colegas de trabalho e amigos para vida toda: Irineu, Wilk, Hermes, Selma, Fabíola, Débora, Guilherme, Thatiana, Wagner, Hugo, Luiz, Adilson, Márcio, Dionizio, Dione, Valdemir, Carlos Felipe, Marinaldo, Eliete, Lucas, Giuliano, Alexssandra, Ernane e Roriz, Eraldo, Bruno, Jonas e Jander.

Aos vizinhos do bairro Boa Esperança: Nilton Cezar, José Alcebíades, Vera, Sebastião, Regina, Marileide, Edvaldo, Ana, Francisca e Cristiano, pelo carinho e amor que dedicaram a mim e a minha mãe quando chegamos nesta cidade.

A todos que de alguma forma me ajudaram chegar até aqui.

RESUMO

GOMES, Daniela Pinto. **Desempenho do consórcio de alface e cenoura, sob manejo orgânico com irrigação automatizada.** 2012. 64p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

Dois ensaios de campo foram conduzidos em Seropédica, RJ, Brasil, para avaliar o rendimento das culturas da alface e cenoura cultivada: 1) como monocultura ou em consórcio, com ou sem cobertura morta (em 2010), e 2) em consórcio, com cobertura morta e sob diferentes lâminas de irrigação (em 2011). Ambos os ensaios foram realizados em um delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Em 2010, um esquema fatorial 3x2 foi aplicado, combinando tipo de cultivo (monocultura de cenoura, monocultura de alface, consórcio alface e cenoura) e o uso (ou não) de cobertura morta de gliricídia (*Gliricidia sepium*). A irrigação foi realizada utilizando um acionador automático, operando em resposta ao potencial matricial do solo. Em 2011, as lâminas de irrigação foram obtidas com uma combinação de gotejadores de diferentes vazões, resultando em: controle (328,8 milímetros), 125% (412 mm), 185% (602,9 milímetros) e 215% (711,2 milímetros) da lâmina controle. Para a cultura da cenoura foram avaliados o rendimento, a matéria fresca, o comprimento e o diâmetro, e para cultura da alface, foram avaliados a massa fresca e diâmetro. O Índice de Equivalência de Área (IEA) foi avaliado em 2010 e a Eficiência do Uso da Água (EUA) em ambos os anos. Independentemente da cobertura morta, o desempenho agrônômico do consórcio alface e cenoura foi maior em 2011 do que em 2010, provavelmente devido a diferentes condições climáticas de cada ano. Em 2010, a cultura da alface comprometeu o rendimento da cenoura quando cultivadas no sistema de consórcio, mas esta associação apresentou IAE acima de 1,0. O uso de cobertura morta não resultou em aumento na produtividade de alface e cenoura, mas aumentou significativamente o diâmetro das raízes de cenoura, em 2010 e 2011 e das cabeças de alface em 2011. A podridão das raízes de cenoura aumentou proporcionalmente as lâminas de irrigação em 2011. No sistema de consórcio com cobertura morta, a lâmina de irrigação controle proporcionou maior produtividade de alface (26,07 t ha⁻¹) e de raízes de cenoura (62,60 t ha⁻¹) e a máxima EUA (26,97 kg m⁻³).

Palavras chaves: consórcio, cobertura morta, lâminas de irrigação.

ABSTRACT

GOMES, Daniela Pinto. **Performance intercropped of lettuce and carrots under organic management with automated irrigation.** 2012. 64p. Dissertation (Master of Science). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

Two field assays were conducted in Seropédica, RJ, Brazil, to evaluate the yield of carrot and lettuce grown: 1) as monoculture or intercropped, with or without mulch (in 2010); and 2) intercropped, with mulch and under different irrigation levels (in 2011). Both assays were carried out in a randomized block design with 4 repetitions. In 2010, a 3x2 factorial arrangement was applied, combining crop type (carrot monoculture, lettuce monoculture, carrot/lettuce intercrop) and the use (or not) of gliricidia (*Gliricidia sepium*) mulch. Watering was performed using an automatic controller, operating in response to soil matric potential. In 2011, the irrigation levels were obtained with a combination of drippers of different discharge, resulting in: control (328.8 mm), 125% (412 mm), 185% (602.9 mm) and 215% (711.2 mm) of control levels. Carrots were evaluated for crop yield, fresh matter, length and diameter; and lettuce for yield, fresh matter and diameter. Land equivalent ratio (LER) was evaluated in 2010 and water use efficiency (WUE) in both years. Irrespective of mulching, the agronomical performance of lettuce-carrot intercropping was higher in 2011 than in 2010, likely because of different climatic conditions each year. In 2010, Lettuce crop compromised carrot yield when grown in the intercropping system, but this association increased LER to above 1.0. The use of mulch did not increase carrot and lettuce yield, but increased significantly the diameters of carrot root in 2010 and 2011 and lettuce head in 2011. The carrot root rottenness increased proportionally to the irrigation levels in 2011. In the mulched intercrop system, irrigation depth control produced the highest lettuce (26.07 t ha^{-1}) and carrot root (62.60 t ha^{-1}) yields and the highest water use efficiency (26.97 kg m^{-3}).

Keys works: intercropped, mulch, irrigation levels.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista da cobertura morta.....	13
Figura 2. Croqui da área experimental para o cultivo em 2010.....	14
Figura 3. Croqui da área experimental para o plantio de 2011.....	15
Figura 4. Esquema do acionador automático para irrigação.....	16
Figura 5. Estrutura montada para fornecimento de água para os plantios de 2010 e 2011.....	16
Figura 6. Acionador automático simplificado para irrigação: composição do acionador (a), instalação do acionador (b), acionador instalado (c) e conjunto de duas válvulas solenóides interligadas ao hidrômetro (d).....	17
Figura 7. Disposição do sistema de automação na área experimental para os anos de 2010 e 2011.....	18
Figura 8. Evapotranspiração de referência (ET _o) quinzenal para os períodos de cultivo nos anos de 2010 e 2011 na região de Seropédica – RJ.....	23
Figura 9. Lâmina precipitada durante o experimento de 2010 na região de Seropédica – RJ medidas pela estação automática do SIPA.....	23
Figura 10. Lâmina precipitada durante o experimento de 2011 na região de Seropédica – RJ medidas pela estação automática do SIPA.....	24
Figura 11. Lâminas aplicadas pela irrigação e umidade de solo na profundidade de 0,15 m nos consórcios em 2010 (a) e 2011 (b), sob manejo orgânico.....	26
Figura 12. Lâminas aplicadas pela irrigação e umidade de solo na profundidade de 0,15 m para os cultivos de cenoura (a) e alface (b) durante o período de cultivo em 2010, sob manejo orgânico.....	28
Figura 13. Lâmina aplicada pela irrigação e umidade de solo na profundidade de 0,15 m para os tratamentos 100% (a), 125% (b), 185% (c) e 215% (d) da lâmina controle, em cultivo consorciado com cobertura, no ano de 2011.....	30
Figura 14. Produção comercial de cenoura sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo consorciado com cobertura, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2011.....	36
Figura 15. Massa não comercial de raízes de cenoura sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo consorciado com cobertura, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2011.....	36

Figura 16. Eficiência do uso da água de irrigação (a) e total (b) sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo consorciado com cobertura, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2011.....39

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental nos cultivos em 2010 e 2011.....	10
Tabela 2. Análise química do esterco bovino utilizado na adubação dos cultivos em 2010 e 2011.....	11
Tabela 3. Análise química do resíduo vegetal utilizado como cobertura morta em 2010 e 2011.....	13
Tabela 4. Porcentagem de área sombreada (PAS) para os monocultivos de cenoura e alface e para os cultivos consorciados em 2010 e 2011.....	18
Tabela 5. Dados médios quinzenais de temperatura máxima, mínima e média e de umidade relativa para os períodos de cultivo em 2010 e 2011, na região de Seropédica – RJ medidas pela estação automática do SIPA.....	22
Tabela 6. Lâmina de irrigação total aplicada nos consórcios, com (CC) e sem (SC) cobertura vegetal morta, sob manejo orgânico, durante os períodos de cultivo em 2010 e 2011.....	25
Tabela 7. Lâmina total aplicada nos monocultivos de cenoura e alface, com (CC) e sem (SC) cobertura vegetal morta, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2010.....	27
Tabela 8. Lâmina total aplicada nos cultivos consorciados com cobertura morta, sob diferentes lâminas de irrigação, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2011.....	29
Tabela 9. Produtividades da cultura da cenoura e da alface e índice de equivalência de área nos monocultivos e nos cultivos consorciados, com e sem cobertura, sob manejo orgânico, durante os períodos de cultivo em 2010 e 2011.....	31
Tabela 10. Variáveis de produção para a cultura da cenoura em monocultivo e cultivo consorciado, com e sem cobertura morta, sob manejo orgânico, durante os períodos de cultivo em 2010 e 2011.....	32
Tabela 11. Variáveis de produção para a cultura da alface em monocultivo e em cultivo consorciado, com e sem cobertura morta, sob manejo orgânico, durante os períodos de cultivo em 2010 e 2011.....	33
Tabela 12. Produtividade da cenoura e da alface sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo consorciado com cobertura morta, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2011.....	35
Tabela 13. Variáveis de produção para a cultura da cenoura sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo consorciado com cobertura morta, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2011.....	35

Tabela 14. Variáveis de produção para a cultura da alface, sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo consorciado com cobertura, durante o período de cultivo em 2011.....37

Tabela 15. Lâminas e produtividades do consórcio nas parcelas com e sem irrigação, durante o período de cultivo em 2011.....37

Tabela 16. Eficiência no uso da água para os monocultivos solteiro de cenoura e alface, com e sem cobertura, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2010.....38

Tabela 17. Uso eficiente da água para os cultivos consorciados, com e sem cobertura, sob manejo orgânico, durante os períodos de cultivo em 2010 e 2011.....38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Agricultura orgânica e conservação ambiental.....	3
2.2. Cultivo consorciado.....	3
2.2.1. A cultura da cenoura.....	4
2.2.2. A cultura da alface.....	5
2.3. Cobertura morta.....	6
2.4. Irrigação em hortaliças	6
2.4.1. Técnicas de manejo	7
2.4.2. Eficiência no uso da água (EUA)	7
2.4.3. Automação da irrigação.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1. Caracterização da área.....	10
3.2. Preparo do solo	11
3.3. Caracterização dos experimentos	11
3.3.1. Cultivo da cenoura.....	12
3.3.2. Cultivo da alface.....	12
3.3.3. Caracterização da cobertura vegetal morta.....	12
3.3.4. Delineamento experimental.....	13
a) Ano de 2010	13
b) Ano de 2011	14
3.4. Sistema de irrigação.....	15
3.5. Sistema de automação e manejo da irrigação.....	15
3.5.1. Cálculo da lâmina de irrigação aplicada pelo acionador	18
3.6. Coleta de dados climáticos	19
3.7. Umidade do solo.....	19
3.8. Variáveis de produção avaliadas	19
3.9. Índice de Equivalência de Área (IEA).....	20
3.10. Eficiência no uso da água (EUA)	20
3.11. Análises estatísticas	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22

4.1. Dados climáticos	22
4.2. Avaliação do funcionamento do acionador automático	24
4.2.1. Lâminas de irrigação aplicadas nos consórcios de cenoura e alface em 2010 e 2011	24
4.2.2. Lâminas de irrigação aplicadas nos monocultivos de cenoura e alface em 2010. 27	
4.2.3. Lâminas de irrigação aplicadas nos consórcios com cobertura vegetal morta, sob diferentes lâminas de irrigação, em 2011	29
4.3. Avaliação do desempenho produtivo das culturas	30
4.3.1. Monocultivos (2010) e consórcios (2010 e 2011).....	30
4.3.2. Cultivos consorciados com cobertura morta, sob diferentes lâminas de irrigação (2011)	34
4.3.3. Cultivos consorciados sem cobertura e sem irrigação (2011).....	37
4.4. Eficiência no uso da água (EUA)	38
4.4.1. Monocultivos (2010) e consórcios (2010 e 2011).....	38
4.4.2. Cultivos consorciados com cobertura vegetal morta sob diferentes lâminas de irrigação (2011)	39
5. CONCLUSÕES	40
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
7. ANEXO 1	50

1. INTRODUÇÃO

A fim de atender o aumento constante da demanda por alimentos, o setor agrícola enfrenta um grande desafio que é aumentar a produção, utilizando de forma eficiente os recursos naturais (Hobbs et al., 2008). Os sistemas de produção que utilizam cobertura do solo, rotação de culturas, fertilizantes orgânicos e um manejo adequado da irrigação (Zhang et al., 2007), dentre outras técnicas, se tornam importantes alternativas para o aumento da produção sustentável de alimentos, da rentabilidade do agricultor e da qualidade ambiental.

No Brasil, muitas áreas periféricas contribuem para o abastecimento de hortaliças nos grandes centros, mas devido à grande expansão imobiliária e o uso cada vez mais competitivo dos recursos hídricos, as áreas de cultivo tem se tornado restritas, exigindo dos agricultores a obtenção de maior produtividade por unidade de área e de água aplicada (Fontes et al., 2005).

O consórcio entre culturas, definido como o cultivo simultâneo de duas ou mais espécies em uma mesma área (Gao et al., 2009), se caracteriza como um sistema intensivo de manejo visando a otimização de tempo e espaço. Inicialmente praticado por pequenos agricultores como uma alternativa para diversificar a produção em países tropicais (Willey, 1990; Tsubo et al., 2005) e por populações indígenas, o cultivo consorciado tem proporcionado, em muitas regiões, maior rendimento econômico devido ao aumento da produtividade por unidade de área (Nelson et al., 1998), permitindo melhor aproveitamento da terra e de outros recursos disponíveis. De acordo com Willey (1990), o princípio fundamental que rege os sistemas consorciados é o fato de que as culturas se diferem na maneira de utilizar os recursos naturais e que ao se desenvolverem juntas há uma complementação e uma melhor utilização combinada dos mesmos, quando comparados com cultivos solteiros.

Muitos resultados de pesquisa sugerem ainda que o consórcio entre plantas, de um modo geral, pode minimizar a incidência de doenças (Ren et al., 2008), favorecer o aumento da diversidade microbiana (Lacombe et al., 2009), da qualidade do produto (Hongjiao et al., 2010), do controle da erosão do solo e a ciclagem de nitrogênio (Nelson et al., 1998), da fertilidade do solo (Ilany et al., 2010), da qualidade de sementes, etc.

Segundo Rezende et al. (2005a), este sistema de cultivo pode contribuir para maior sustentabilidade da produção de olerícolas, por ser uma atividade que explora intensivamente os recursos naturais, podendo acarretar alto impacto ambiental (Filgueira, 2008), além de exigir elevados investimentos por unidade de área. Dentro deste contexto, destaca-se o consórcio cenoura-alface, composto pelas olerícolas de maior expressão econômica no Brasil. Cultivada em uma área superior a 28 mil ha (Silva et al., 2012), a cenoura é considerada uma das melhores fontes de beta caroteno (Oliveira et al., 2004) e apresenta um consumo crescente nas dietas alimentares, sendo uma das hortaliças mais procuradas no mercado de alimentos orgânicos no Rio de Janeiro (Santos et al., 2011). A alface se destaca por ser uma boa fonte de vitaminas e sais minerais (Fernandes et al., 2002).

Independente das espécies utilizadas e das características dos sistemas consorciados, o uso de material vegetal como cobertura do solo é uma prática que tem trazido benefícios para a agricultura, como a manutenção da temperatura e umidade do solo em níveis adequados para o desenvolvimento das culturas (Souza et al., 2010), controle de plantas invasoras (Moura Neto, 1993) e a melhoria das qualidades físicas e químicas do solo (Fialho et al., 1991). A utilização da leguminosa arbórea glicíndia como cobertura do solo tem proporcionado aos cultivos, além das vantagens citadas, aumento no rendimento das culturas pela adição de nutrientes presentes em sua estrutura, liberados na decomposição (Santos et al., 2011).

Visando à sustentabilidade ambiental, a utilização de sistemas automáticos de irrigação que proporcionem níveis adequados de umidade do solo ao desenvolvimento das plantas podem contribuir para o uso eficiente da água (Romero et al., 2012). Assim, a utilização do sistema de cultivo consorciado associado ao uso de cobertura morta e a um manejo adequado da água realizado por um acionador automático para irrigação podem contribuir para um cenário de sustentabilidade social, ambiental e econômica da unidade de produção no tempo e no espaço (Feiden et. al, 2001).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo das culturas da cenoura e alface em sistema de cultivo consorciado e em monocultivo, com e sem cobertura morta e sob diferentes lâminas de água, aplicadas com um acionador automático de irrigação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Agricultura orgânica e conservação ambiental

O grande aumento na produção de alimentos alcançado durante os últimos anos é encarado como um benefício do ponto social e econômico por satisfazer a demanda por alimentos da população mundial. A utilização de tecnologias como o uso de fertilizantes sintéticos de alta solubilidade, de defensivos agrícolas, de mecanização agrícola, de organismos modificados geneticamente e da irrigação foi responsável pelo aumento de produtividade alcançado pela agricultura convencional, porém, na atualidade já se observa que este modo de agricultura não é sustentável uma vez que a natureza não tem capacidade infinita de absorver os impactos resultantes do uso e do modo de uso das tecnologias utilizadas pela agricultura convencional, no ritmo em que estes vêm ocorrendo (Gliessman, 2001).

A agricultura orgânica que segundo Neves et al. (2000), é definida como um sistema de produção de alimentos de origem vegetal e animal que busca a promoção da agrobiodiversidade e dos ciclos biológicos, visando à sustentabilidade social, ambiental e econômica da unidade de produção no tempo e no espaço, é uma alternativa para se produzir alimentos de qualidade e diminuir o impacto que a produção destes acarreta ao meio ambiente. Este sistema de produção de alimentos é baseado na conservação dos recursos naturais e na substituição da utilização de insumos convencionais como fertilizantes sintéticos de alta solubilidade, agrotóxicos, antibióticos e hormônios por insumos orgânicos ou biológicos (Feiden, 2001).

2.2. Cultivo consorciado

O sistema de cultivo consorciado é baseado na implantação de duas ou mais culturas em uma mesma área, as culturas envolvidas não necessitam ser plantadas ao mesmo tempo, mas devem estar presente concomitantemente na área por um significativo período de tempo de desenvolvimento das culturas (Bezerra Neto et al., 2007). Esse tipo de sistema tem sido muito utilizado por pequenos produtores nas regiões tropicais uma vez que estes podem se beneficiar do uso máximo das terras que dispõem, já que nestes ambientes não existe limitação dos fatores climáticos como temperatura e luminosidade (Bezerra Neto et al., 2003).

O maior atrativo desse sistema de cultivo é o aumento do rendimento econômico alcançado pelo aumento da produtividade por unidade de área e permitindo um melhor aproveitamento da terra e de outros recursos disponíveis (Grangeiro et al., 2008).

Para os cultivos consorciados serem eficientes e vantajosos eles dependem da complementaridade entre as culturas que o compõem. Muitos fatores podem afetar o rendimento e taxa de crescimento das culturas componentes do consórcio. Entre eles estão o padrão de cultivo, produção de mudas, arranjo espacial das culturas componentes, densidade de plantio, entre outros (Barros Junior et al., 2005).

As vantagens que esse o sistema de cultivo pode proporcionar em comparação à sistemas monocultores são a maior diversidade biológica (Zhang et al., 2004), maior cobertura do solo, diminuição das plantas daninhas, melhor aproveitamento do recurso

terra, diversificação de produtos colhidos, redução de problemas fitossanitários, melhores rendimentos com baixo custo de produção (Bezerra et al., 2007), melhor uso da água, melhor aproveitamento da luz solar e aumento da diversificação da renda do produtor (Muller et al., 2000). Como desvantagens este sistema de cultivo apresenta aumento da mão de obra e maior competição entre as espécies consorciadas quando mal distribuídas espacialmente (Baumann et al., 2001).

Para avaliação da eficiência dos sistemas consorciados a Índice de Equivalência de Área (IAE) tem sido utilizado, esse índice indica a porcentagem de área a mais que é necessária para que as produções obtidas em monocultivos se igualem às obtidas nos cultivos consorciados (Vandermeer, 1981). Vários são os trabalhos que comprovam o acréscimo nos rendimentos nos sistemas de associação em relação aos seus monocultivos, considerando-se o IAE (Rezende et al., 2005a; Negreiros et al., 2002; Cecilio Filho & May, 2002).

O cultivo consorciado de hortaliças tem sido muito explorado e isso é devido ao fato de apresentar como características a riqueza de suas interações ecológicas, do arranjo e do manejo das culturas no campo, que são diferenciados em relação aos sistemas modernizados, embasados na exploração de monocultura, o uso intensivo de capital e de produtos originários do setor industrial, como fertilizantes sintéticos e o controle químico de pragas e doenças (Oliveira, 2008).

Dentre as hortaliças que são possíveis de consorciamento estão a cenoura e alface hortaliças de grande expressão econômica. Leite et al. (2011) estudando o consórcio entre cenoura e alface observou que este era viável e que apresentava valores superiores a 1,00 para o IEA. Negreiros et al. (2002) avaliando o desempenho de cultivares de cenoura e alface em sistemas de cultivo solteiro e consorciado observaram que as culturas tiveram produções adequadas para a comercialização, nos dois sistemas de cultivos avaliados.

2.2.1. A cultura da cenoura

A cultura da cenoura pertence à família Apiaceae e é originária do Afeganistão, porém a cenoura de coloração alaranjada foi selecionada a partir de material asiático trabalhado na França e na Holanda durante o século XVII (Filgueira, 2003).

No Brasil, a área plantada de cenoura no ano de 2008 foi de 26 mil hectares com a produção de 784 mil toneladas de raízes e produtividade de 29,93 t ha⁻¹ (Embrapa, 2008). Esta hortaliça é cultivada em larga escala nas regiões Nordeste (BA), Sudeste (MG e SP) e Sul (PR) do país. No estado do Rio de Janeiro no ano de 2010 a produtividade foi de 27,72 t ha⁻¹ (Emater- Rio, 2010).

A cenoura apresenta teores interessantes de vitaminas A, B₁ e B₂ e sais minerais como potássio, cálcio e fósforo (Luengo et al., 2000), é também considerada uma das melhores fontes de beta caroteno (Oliveira et al., 2004), tendo por esses motivos um consumo crescente nas dietas alimentares. O consumo desta hortaliça é *in natura*, podendo ser utilizada em indústrias de alimentos.

A planta é herbácea, com caule pouco perceptível, as folhas são formadas por folíolos finamente recortados, com pecíolo longo e afilado. Na etapa vegetativa, a planta apresenta um tufo de folhas em posição vertical, atingindo 50 cm de altura, entretanto, quando entra em floração, o caule pode ultrapassar 1,5 m de altura e, no ápice, desenvolvem-se várias flores esbranquiçadas formando umbelas compostas. Os frutos são secos (diaquênios), sendo a semente a metade de um fruto. A parte comercial é uma raiz pivotante, tuberosa, carnuda, lisa, reta e sem ramificações, de formato cilíndrico ou cônico e de coloração alaranjada (Filgueira, 2003).

O fator climático que tem influência direta na produção de raízes de cenoura é a temperatura. Temperaturas entre 10 e 15 °C favorecem o alongamento e o desenvolvimento da coloração alaranjada, no entanto temperaturas superiores a 21 °C favorecem a formação de raízes curtas e de coloração não característica. Existe cultivares que formam boas raízes sob temperaturas de 18 a 25 °C. Sob temperaturas acima de 30°C, a planta tem o ciclo vegetativo reduzido, o que interfere no desenvolvimento das raízes e na produtividade (Vieira, 1997).

2.2.2. A cultura da alface

A cultura da alface pertence a família Asteraceae e é originária de espécies silvestres, atualmente encontradas em região de clima temperado, no sul da Europa e na Ásia Ocidental (Filgueira, 2003).

A produção de alface no Brasil em 2006 foi maior que 525 mil toneladas (IBGE, 2006) e é cultivada em todas as regiões do Brasil. Os estado de Minas Gerais e São Paulo são os maiores produtores. No estado do Rio de Janeiro no ano de 2010 a produtividade foi de 26,99 t ha⁻¹ e o município de Seropédica alcançou uma produtividade de 30,78 t ha⁻¹(Emater-Rio, 2010).

Esta hortaliça é produzida e consumida no mundo todo, pelo seu valor nutricional pode ser considerada uma boa fonte de vitaminas e sais minerais, destacando-se seu elevado teor de vitamina A, contém também vitaminas B1 e B2, vitaminas C, cálcio e ferro (Fernandes et al., 2002).

A planta é herbácea, delicada, com caule diminuto, ao qual se prendem as folhas. As plantas são amplas e crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma “cabeça”, com coloração em vários tons de verde ou roxa, conforme a cultivar (Filgueira, 2008).

È uma cultura adaptada à clima ameno, porém as maiores produtividades são alcançadas no cultivo no inverno (Fernandes et al., 2002). A temperatura é o fator climático que mais influencia a cultura da alface alterando sua arquitetura, peso, qualidade e produção (Silva et al., 2000). Segundo Yuri (2000) a faixa de rendimento máximo é de 15 °C à 20 °C. A máxima tolerável pela planta fica em torno de 30°C e a mínima situa-se em torno de 6°C, para a maioria das cultivares (Duarte et al., 1992).

Outro fator que influencia a planta é o fotoperíodo, esta cultura exige dias curtos durante a fase vegetativa e dias longos para que ocorra o florescimento (Duarte et al., 1992). Segundo (Filgueira, 2008), dias curtos e temperaturas amenas ou baixas

favorecem a etapa vegetativa, constatando-se que todas as cultivares produzem melhor sob tais condições.

2.3. Cobertura morta

Entre as práticas empregadas na agricultura orgânica, destaca-se o uso de cobertura morta, que segundo Creagur & Katchur (1975), protege o solo das adversidades do clima, sendo as serragens e os materiais sintéticos tais como plásticos, papeis e metais, os materiais mais utilizados. Além disso, esta prática reduz o impacto das gotas de água no solo (Alves et al., 1995), as perdas de água por evaporação e as oscilações de temperatura no solo (Bragagnolo & Mielniczuk et al., 1990). Segundo Carter & Johnson (1990), o emprego da cobertura morta além das vantagens descritas anteriormente, conserva a água no solo e reduz as perdas de nutrientes por lixiviação. Outras vantagens são o controle de plantas invasoras (Moura Neto, 1993) e a melhoria das qualidades físicas e químicas do solo (Fialho et al., 1991).

Almejando-se uma economia de água na agricultura a utilização de cobertura vegetal no canteiro tem sido explorada com os objetivos de reduzir a evaporação da água na superfície do solo (Araújo et al., 1993). Lima et al. (2009), estudando a utilização de cobertura morta em cultivo de alface concluiu que a presença da cobertura morta atrasou a deficiência de água em relação ao cultivo sem utilização de cobertura morta.

A escolha do material a ser utilizado como cobertura morta deve estar condicionado com o clima, solo e planta, não oferecendo quaisquer riscos ao meio ambiente, e principalmente a sua disponibilidade no local de produção, para que seu uso seja viável economicamente. As espécies mais utilizadas como adubo verde e cobertura morta são as leguminosas, pois, além de adicionarem C ao solo, adicionam também o N atmosférico fixado pela através da fixação biológica de nitrogênio (Faria et al., 2004).

2.4. Irrigação em hortaliças

As hortaliças são plantas de consistência herbácea, geralmente de ciclo curto e tratos culturais intensivos, cujas partes comestíveis são diretamente utilizadas na alimentação humana, ou seja, in natura ou com pouco processamento (Amaro et al., 2007). Normalmente, requerem alta disponibilidade de água no solo e durante o período seco, a irrigação torna-se primordial para o seu pleno desenvolvimento.

A irrigação pode ser definida como o fornecimento controlado de água ao solo por meios artificiais, em quantidades e momentos adequados, tendo por finalidade garantir o suprimento das necessidades hídricas das plantas, de forma que as mesmas alcancem um desenvolvimento compatível com os objetivos do seu cultivo. Segundo Carvalho et al. (2011), normalmente a técnica está associada a um aumento de produtividade e qualidade do produto em comparação com cultivos obtidos de áreas não irrigadas.

A lâmina de irrigação a ser aplicada depende da necessidade hídrica da cultura, que é relacionada à quantidade de água necessária para compensar a evapotranspiração de uma cultura (Allen et al., 1998). Para o irrigante, no entanto, o que mais interessa é a

quantidade de água a ser aplicada pelo sistema, ou seja, a necessidade de água de irrigação, que representa a diferença entre a necessidade hídrica da cultura e a precipitação efetiva ocorrida no período (Carvalho & Oliveira, 2012). Além disso, deve ser considerada, no cálculo da irrigação, a eficiência de aplicação do sistema, bem como a lâmina adicional a fim de favorecer a lixiviação de sais, quando esta se fizer necessária.

Existem inúmeros sistemas e métodos de irrigação que podem ser utilizados para o cultivo de hortaliças, mas de acordo com Carvalho et al. (2009), os métodos de irrigação localizada são aqueles que reúnem reconhecidas vantagens com relação à eficiência do uso da água e economia de mão de obra, além de contribuir para a redução da incidência de importantes fitopatógenos.

2.4.1. Técnicas de manejo

De acordo com Marouelli et al. (2008), embora as hortaliças sejam, na sua maioria, susceptíveis à deficiência hídrica, o uso da irrigação não necessariamente garante aumento de produtividade e qualidade do produto. A técnica da irrigação, portanto, não pode ser confundida com molhação ou encharcamento do solo, pois a água deve ser utilizada de maneira racional, na medida correta e no momento adequado. Esse conceito consiste na base do manejo da irrigação.

O manejo otimizado da irrigação requer uma estimativa sistemática do estado energético de água no solo para determinar as quantidades apropriadas e o tempo de irrigação (Vilas Boas et al., 2007). O conteúdo de água do solo deve ser mantido entre certos limites específicos acima e abaixo, onde a água disponível para a planta não é limitada, enquanto a lixiviação é prevenida (Morgan et al., 2001).

Marouelli et al. (2008) sugerem, para um manejo de irrigação com melhor precisão, o uso de métodos de avaliação da água no solo, que permitam leituras em tempo real. De acordo com os autores, medidas da tensão com que a água está retida no solo ou da evapotranspiração das culturas devem ser utilizadas.

2.4.2. Eficiência no uso da água (EUA)

O uso de sistemas de irrigação capazes de aumentar a eficiência no uso da água (EUA) pelas plantas, com base nas reais necessidades hídricas da cultura irrigada, contribui para o uso racional dos escassos recursos hídricos disponíveis no planeta. Associado ao uso de cobertura vegetal do solo com efeitos significativos na redução das perdas de água por evaporação, estima-se um aumento na oferta de alimentos, preservando os recursos naturais. Por isso, para uma adequada condução de uma atividade agrícola que utiliza irrigação é fundamental o conhecimento de aspectos relacionados à retenção e dinâmica da água no solo, agrometeorologia, necessidade hídrica dos cultivos, diferentes técnicas de manejo da água e também o conhecimento das respostas relativas das diferentes culturas ao uso da irrigação.

O conceito de EUA foi apresentado por Viets (1962) e seus indicadores expressam os benefícios derivados do consumo de água pelas culturas, podendo ser usados para avaliar o impacto das estratégias de exploração agrícola sob diferentes

condições de fornecimento de água. De acordo com o autor, a EUA pode ser expressa como:

$$EUA = \frac{\text{Taxa de produção de matéria seca}}{\text{Taxa de transpiração}} \rightarrow \frac{y \text{ (kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}\text{)}}{t \text{ (mm d}^{-1}\text{)}} \quad (1)$$

Considerando as taxas de produção de matéria seca e de transpiração ao longo do ciclo da cultura, e pela dificuldade de distinguir a transpiração das plantas (T) de evaporação das superfícies do solo e das plantas (E), o termo EUA é melhor representado por (Vazifedoust et. al., 2008; Perry et al., 2009):

$$PA_{ET} = \frac{\text{Re ndimento de biomassa}}{\text{ETc acumulada}} \rightarrow \frac{Y \text{ (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{ET (mm)}} \rightarrow \frac{Y \text{ (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{ET (m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{)}} \rightarrow \frac{Y \text{ (kg)}}{\text{ET (m}^3\text{)}} \quad (2)$$

Na prática, se a quantidade total de água aplicada (irrigação + precipitação) é considerada como água consumida pela cultura, então a Eq. (2) pode ser usada para determinar a produtividade da água (PA_{IR+PE}). O denominador da equação (3) é um substituto do uso água para se obter o rendimento comercial correspondente. Sob condições de muito baixa precipitação, como em regiões áridas e semi-áridas, pode-se converter PA_{IR+PE} em PA_{IR} (Eq. 4). Nestes casos negligencia-se a variação de armazenamento de água no solo durante o ciclo da cultura, a percolação, a ascensão capilar e o escoamento superficial. Muitos profissionais usam as Eqs. (3 e 4) para uma determinada região com a finalidade de identificar diferenças entre os métodos de irrigação e/ou manejo de irrigação.

$$PA_{IR+PE} = \frac{\text{Re ndimento comercial da cultura}}{\text{Vololume de Irrigação + Precipitação}} \rightarrow \frac{Y_C \text{ (kg)}}{\text{IR + PE (m}^3\text{)}} \quad (3)$$

$$PA_{IR} = \frac{\text{Re ndimento comercial da cultura}}{\text{Volume de irrigação}} \rightarrow \frac{Y_C \text{ (kg)}}{\text{IR (m}^3\text{)}} \quad (4)$$

2.4.3. Automação da irrigação

A crescente demanda de água para utilização agrícola está se tornando cada vez mais difícil de ser atendida, seja pela redução de sua quantidade devido às condições climáticas desfavoráveis, pela deterioração de suas qualidades, ou pela crescente competição com utilizações alternativas (Albuquerque & Durães, 2008).

A automação dos sistemas de irrigação pode evitar a aplicação excessiva de água, além de minimizar a mão-de-obra que seria empregada no acionamento dos sistemas de bombeamento, bem como na estimativa das lâminas de irrigação a serem aplicadas. Assim, a automação da irrigação representa vantagens, pois maximiza e desonera a produção vegetal (Queiroz, 2007).

Além da estimativa da quantidade de água a ser aplicada pelo sistema de irrigação, que deve ser previamente definido em função da necessidade hídrica da cultura, surge outra questão que diz respeito à época de irrigação e também ao intervalo entre as irrigações, comumente denominado de turno de rega (Carvalho & Oliveira, 2012). O intervalo entre irrigações deve ser definido de tal forma que a relação entre a quantidade de água armazenada no solo e a quantidade de água evapotranspirada no sistema não atinja valores inferiores a determinados níveis, que possam produzir danos à cultura e/ou prejuízos à produção. A definição, portanto, do intervalo entre irrigações não deve ser feita de maneira aleatória ou a gosto do irrigante. Deve-se sim, levar em consideração aspectos relacionados à planta, ao solo, às condições climáticas e ao sistema de manejo agrícola adotado. A definição do turno de rega pode, inclusive, influenciar na escolha do método de irrigação a ser empregado.

O uso do temporizadores (*Timers*) no acionamento pode ser eficaz na automação da irrigação (Alencar et al., 2007), mas depende de algum sistema indireto de estimativa da lâmina que deverá ser aplicada. Por outro lado, existem vários equipamentos que determinam a umidade ou o potencial da água no solo, sendo alguns atualmente utilizados na automação do processo de acionamento de sistemas de irrigação. Contudo, a maioria deles utiliza materiais especificamente desenvolvidos, tornando-os onerosos e pouco disponíveis. Clark et al. (1994) e Muñoz-Carpena et al. (2005) constataram economia de água ao utilizarem tensiômetros para a automação da irrigação visando produção agrícola no Estado da Flórida (EUA). Apesar disso, esses dispositivos necessitam de calibração e manutenção frequentes, fazendo com que o uso da técnica não elimine a interação humana no manejo da irrigação (Cardenas-Lailhacar, 2006).

Outros tipos de sensores tem sido utilizados na automação de sistemas de monitoramento da umidade do solo, como as sondas TDR (Nogueira et al., 2002). Utilizando esse tipo de sonda associado a sensor dielétrico, Duques et al. (2003) e Duques & Scholberg (2005) encontraram economia de água da ordem de 11% e 50%, sem diminuir os rendimentos de milho doce e pimentão verde, respectivamente.

Atualmente vem sendo comercializado o equipamento Irrigas@ que é simples, robusto, de baixo custo e informa ao agricultor o melhor momento de irrigar o solo (Calbo & Silva, 2001). Este aparelho, contudo, apresenta custo elevado na condição que permita o acionamento automático da irrigação. Por outro lado, o protótipo denominado “acionador simplificado para irrigação”, desenvolvido pelo Prof. Dr. Leonardo Oliveira Medici (UFRRJ), possui baixo custo e vem se mostrando eficiente na automação da irrigação, possuindo, desta forma, potencial para uso na agricultura. Outra diferença entre o Irrigas@ e o referido acionador é que este último foi desenvolvido para manter automaticamente a tensão da água no solo, aproximadamente entre 0 e -10 kPa, enquanto que o Irrigas@ vem sendo comercializado em versões que informam ao agricultor quando a tensão torna-se inferior a -10, -25 e -40 kPa. Segundo Marouelli et al. (2003), já foi demonstrado experimentalmente que o Irrigas@ pode ser confeccionado com tensão crítica de -7 kPa.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

Dois experimentos foram conduzidos durante os anos de 2010 e 2011, no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA - “Fazendinha Agroecológica do Km 47”), em Seropédica - RJ (latitude 22°48'00’’S; longitude 43°41'00’’W e altitude de 33m). O SIPA é uma área de ensino, pesquisa e capacitação em agroecologia, fundamentada com base na integração lavoura/pecuária e é resultado da parceria entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro - Pesagro/Rio (Neves et al., 2005).

De acordo com Cruz (2005), o clima da região é classificado como Aw segundo a classificação de Köppen, com chuvas no verão, temperaturas elevadas e um inverno seco com temperaturas amenas. As chuvas se concentram no período de novembro a março, com precipitação anual média de 1213 mm e temperatura média anual de 24,5°C.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), o solo desta área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, textura média/arenosa, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado.

Para conhecimento dos níveis de fertilidade do solo da área em questão realizou-se a análise química, para os dois anos de cultivo, para as profundidades de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m, sendo o resultado apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental nos cultivos em 2010 e 2011

Análise química do solo									
Prof. (m)	pH	Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (cmolc dm ⁻³)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	P disponível (mg dm ⁻³)	K ⁺	C	M.O. (%)
2010									
0,0-0,1	6,2	0,0	4,4	3,3	1,0	116,6	90,0	0,8	1,4
0,1-0,2	6,1	0,0	3,5	2,7	0,8	80,3	70,0	0,7	1,2
2011									
0,0-0,1	7,1	0,0	4,6	3,6	1,0	144,0	117,0	1,2	2,0
0,1-0,2	7,0	0,2	5,0	4,0	1,0	153,0	133,0	1,1	1,9

Amostras indeformadas de solo foram também coletadas nas profundidades de 0,0-0,1 m e 0,1-0,2 m para a determinação da curva de retenção da água no solo. A partir dos valores de umidade volumétrica correspondentes a diferentes valores de potencial matricial, foram ajustados, para cada profundidade, os modelos propostos por Van Genuchten (1980), utilizando-se o software “Soil Water Retention Curve, versão Beta 3.0” SWRC (Dourado Neto et al., 2000). As equações 5 e 6 representam, respectivamente, as curvas de retenção da água no solo referentes às camadas supracitadas.

$$\theta_{0-10} = 0,113 + \frac{0,939}{\left[1 + (1,779 \cdot \psi_m)^{3,2654}\right]^{0,1873}} \quad (r^2 = 0,941) \quad (5)$$

$$\theta_{10-20} = 0,133 + \frac{0,910}{\left[1 + (1,185 \cdot \psi_m)^{3,9664}\right]^{0,1754}} \quad (r^2 = 0,954) \quad (6)$$

em que:

θ = umidade do solo, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; e

ψ_m = potencial matricial, em kPa.

3.2. Preparo do solo

Antes da implantação do experimento, em 2010, a área encontrava-se ocupada com o cultivo de batata doce (*Ipomoea batatas L.*) e, após sua retirada, foi realizado na área o preparo convencional do solo, que consistiu em uma aração e duas gradagens e posterior levantamento dos canteiros com 1,0 m de largura e 0,2 m de altura. No experimento de 2011, o preparo do solo foi semelhante ao do experimento de 2010, porém, a cultura presente na área antes do preparo era o milho (*Zea mays*).

Com as informações obtidas pela análise química e com base no Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro (De-Polli et al., 1988), nos dois anos de cultivo e um dia antes da semeadura da cenoura e transplântio da alface, foi realizada uma adubação orgânica com esterco bovino na dose equivalente a $10,0 \text{ t ha}^{-1}$, cujas características químicas são apresentadas na Tabela 2. O esterco foi distribuído uniformemente nos canteiros com auxílio de um recipiente pré-calibrado e incorporado manualmente com o auxílio de uma enxada.

Tabela 2. Análise química do esterco bovino utilizado na adubação dos cultivos em 2010 e 2011

Ano	Teor de nutrientes				
	N	K	Mg (g kg^{-1})	Ca	P
2010	14,2	12,2	2,7	10,7	2,2
2011	15,1	8,50	6,5	12,9	2,4

3.3. Caracterização dos experimentos

O primeiro experimento teve início em abril de 2010 com o preparo da área, corte e processamento da cobertura vegetal morta, testes do acionador e de uniformidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação. A semeadura da cenoura e o transplântio da alface foram ambos realizados no dia 8 de julho de 2010. As colheitas da alface e da cenoura foram realizadas, respectivamente, em 12 de agosto e 18 de outubro de 2010.

O segundo experimento foi realizado em 2011, da mesma forma que o experimento anterior, o mesmo foi iniciado em abril de 2011 e a semeadura da cenoura e o transplântio da alface foram ambos realizados no dia 10 de julho de 2011. As colheitas da alface e cenoura foram realizadas, respectivamente, em 13 de agosto e 18 de outubro de 2011.

3.3.1. Cultivo da cenoura

Na semeadura da cenoura foram utilizadas sementes da cultivar Brasília, que apresenta plantas de porte médio de 0,25 a 0,35 m, com folhagem vigorosa e coloração verde escura. As raízes são cilíndricas, com coloração alaranjada clara e baixa incidência de ombro verde ou roxo. O comprimento varia de 0,15 a 0,22 m e o diâmetro de 0,03 a 0,04 m. É resistente ao calor, apresentando baixos níveis de florescimento prematuro sob condições de dias longos e tem alta resistência no campo à queima-das-folhas (Embrapa, 2000). O plantio foi realizado por meio de semeadura direta nos canteiros no espaçamento de 0,25 m entre linhas e 0,10 m entre plantas.

Durante os cultivos foram realizadas três capinas manuais na área experimental e aos 30 dias após a semeadura (DAS) da cenoura, foi realizado o raleio para se alcançar um espaçamento entre plantas de 0,10 m.

3.3.2. Cultivo da alface

As mudas de alface foram produzidas com sementes da cultivar Regina, que apresenta plantas pertencentes ao grupo tipo lisa, volumosas de ciclo entre 60 e 65 dias, não formando cabeça, indicadas para plantio durante o ano todo, e apresentando excelente tolerância ao “Tip Burn” (queima dos bordos das folhas) e ao pendoamento precoce. A semeadura foi realizada em bandejas de isopor com 200 células, abastecidas com substrato orgânico constituído por vermicomposto como componente básico (83%), adicionado de 15% de fino de carvão vegetal e enriquecido com 2% de torta de mamona (Oliveira, 2011), mantidas em casa de vegetação e irrigadas diariamente.

Aos 33 e 32 DAS, respectivamente, para os cultivos de 2010 e 2011, as mudas de alface foram transplantadas nos canteiros com um espaçamento de 0,25 m entre linhas e plantas, simultaneamente, à semeadura da cenoura.

Durante os cultivos foi realizada uma capina manual na área experimental. Aos 20 dias após o transplântio (DAT), foi realizada uma adubação de cobertura com torta de mamona na dose equivalente a $1,0 \text{ t ha}^{-1}$, cujas características impressas no rótulo apontavam: 5% de N, CTC $150 \text{ m.mol kg}^{-1}$, e 20 % de umidade máxima.

3.3.3. Caracterização da cobertura vegetal morta

Dois meses antes da implantação dos dois experimentos foi iniciado o preparo da cobertura vegetal morta proveniente de galhos podados da leguminosa arbórea *Gliricídia* (*Gliricidia sepium*). Os galhos foram passados inteiros em picadeira, sendo posteriormente secos à sombra (Figura 1). Após a secagem e aos 20 DAS (cenoura) e DAT (alface), este material foi colocado sob os canteiros, na dosagem de $2,5 \text{ kg m}^{-2}$,

conforme recomendação proposta por Oliveira (2005), equivalendo a uma camada com espessura de 0,05 m.



Figura 1. Vista da cobertura morta.

No momento da disposição do material no canteiro foram retiradas amostras do material picado e seco para estimativas dos teores de macro nutrientes nos tecidos. Essas amostras foram secas em estufa ventilada e regulada a 65 °C até atingir massa constante, sendo posteriormente moídas para serem analisadas. O resultado das análises nos dois anos experimentais encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Análise química do resíduo vegetal utilizado como cobertura morta em 2010 e 2011

Ano	Teor de nutrientes				
	N	K	Mg (g kg ⁻¹)	Ca	P
2010	33,1	13,1	2,5	8,5	1,3
2011	14,3	14,0	2,7	8,8	1,3

3.3.4. Delineamento experimental

a) Ano de 2010

No primeiro experimento o delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com 6 tratamentos e 4 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Os dois fatores avaliados foram o sistema de cultivo (monocultivo de cenoura, monocultivo de alface e o consórcio destas espécies) e duas condições de cobertura do solo (ausência e presença de cobertura vegetal morta). Dessa forma, os tratamentos foram denominados T1 - monocultivo de cenoura e ausência de cobertura morta; T2 - monocultivo de cenoura e presença de cobertura morta; T3 - monocultivo de alface e ausência de cobertura morta; T4 - monocultivo de alface e presença de cobertura morta; T5 - consórcio e ausência de cobertura morta; e T6 - consórcio e presença de cobertura morta (Figura 2). Cada parcela experimental possuía 1,0 m de largura e 3,0 m de comprimento.



Figura 2. Croqui da área experimental para o cultivo em 2010.

Os espaçamentos utilizados nos monocultivos foram de, respectivamente, 0,25 x 0,10 m e 0,25 x 0,25 m, para a cenoura e para a alface. No consórcio, o espaçamento utilizado foi o mesmo do cultivo solteiro de cenoura, com o plantio da alface nas entrelinhas de cenoura, em linhas alternadas, no sentido da largura dos canteiros.

Para os cultivos solteiros de cenoura e alface utilizaram-se 12 linhas de plantio no sentido da largura dos canteiros, totalizando, respectivamente, 120 e 48 plantas. Para o cultivo consorciado foram utilizadas 12 linhas de plantio de cenoura e 6 linhas de plantio para a alface, totalizando 120 plantas de cenoura e 24 plantas de alface. Foram consideradas úteis as plantas da área central das parcelas numa área de 1,0 m², contabilizadas a partir dos primeiros 0,50 m do início e final e 0,25 m das laterais de cada parcela, totalizando 16 e 40 plantas, respectivamente, nos cultivos solteiros, e 40 e 8 plantas, respectivamente, no cultivo consorciado.

b) Ano de 2011

O delineamento experimental adotado no segundo experimento também foi de blocos ao acaso, com o mesmo número e dimensão das parcelas experimentais, os mesmos espaçamentos e, conseqüentemente, o mesmo número de linhas de plantio e plantas úteis do ano de 2010.

As diferentes lâminas de água aplicadas, nos consórcios e na presença de cobertura morta, foram obtidas utilizando-se gotejadores de diferentes vazões nominais (2,8 e 3,75 L h⁻¹) e em diferentes combinações, resultando em quatro lâminas distintas de irrigação. Os tratamentos testados foram: L1 - lâmina controle (vazão de 2,8 L h⁻¹); L2 - 125% da lâmina controle (vazão de 3,75 L h⁻¹); L3 - 185% da lâmina controle (vazão de 5,6 L h⁻¹); e L4 - 215% da lâmina controle (vazão de 6,55 L h⁻¹). Além disso, foram adicionados dois tratamentos, ambos caracterizados por cultivo consorciado e ausência de cobertura morta, diferenciados pelo fato de um ser irrigado denominado L5 - lâmina controle (vazão de 2,8 L h⁻¹) e o outro não ser irrigado denominado L6 (Figura 3).

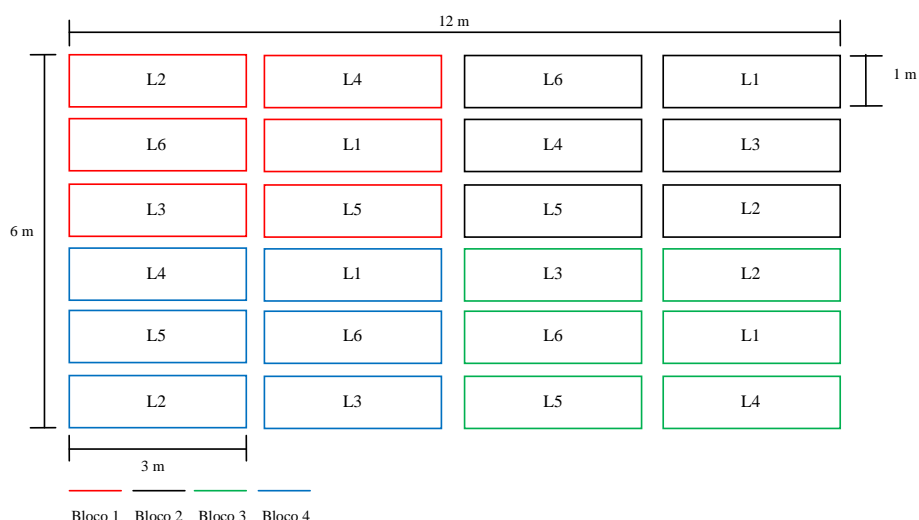


Figura 3. Croqui da área experimental para o plantio de 2011.

3.4. Sistema de irrigação

No primeiro experimento (2010) foram utilizados gotejadores com vazão de $2,8 \text{ L h}^{-1}$, espaçados de 0,25 m, com três linhas de gotejamento para o tratamento caracterizado pelo monocultivo de cenoura e cultivo consorciado, e duas linhas para o tratamento caracterizado por monocultivo de alface. No experimento conduzido em 2011, foram utilizadas três linhas de gotejamento, no mesmo espaçamento.

Antes do transplântio da alface e sementeira direta da cenoura foram realizados ensaios de medição direta da vazão em cada parcela experimental para quantificar a distribuição de água pelos gotejadores e a real intensidade de aplicação dos mesmos. Após o transplântio e sementeira, num período de 14 dias em 2010 e 2011, a área foi irrigada por aspersão, para o adequado estabelecimento das mudas de alface e germinação das sementes de cenoura. O sistema era formado por quatro aspersores setoriais que aplicavam uma lâmina correspondente à evapotranspiração de referência (ET_o), estimada por Penman-Montheit FAO-56 (Allen et al., 1998), a partir de dados meteorológicos coletados em uma estação instalada no SIPA, localizada nas proximidades da área experimental.

3.5. Sistema de automação e manejo da irrigação

Em ambos experimentos, a aplicação de água foi controlada por meio de um acionador automático, formado por uma cápsula cerâmica usada em filtros residenciais de água conectada por um tubo flexível a um pressostato (Medici et al., 2010). O sistema é totalmente preenchido com água e, após a montagem, a cápsula é instalada no solo, na profundidade correspondente à profundidade efetiva de exploração do sistema radicular da cultura. Nestes experimentos, a cápsula foi instalada na posição vertical, a 0,15 m da superfície. Quando há evaporação e transpiração vegetal, o conteúdo de água no perfil torna-se mais baixo, ocorrendo a formação de uma tensão dentro da cápsula que é transmitida pelo tubo flexível até o pressostato. Com esta tensão, o diafragma do pressostato aciona um comutador que estabelece o circuito elétrico entre o sistema de irrigação, como uma válvula solenóide, e a fonte de energia elétrica através dos

condutores (fio de 4 mm). Com a corrente elétrica estabelecida, a válvula solenóide permite a passagem da água para a tubulação do sistema de irrigação (Figura 4).

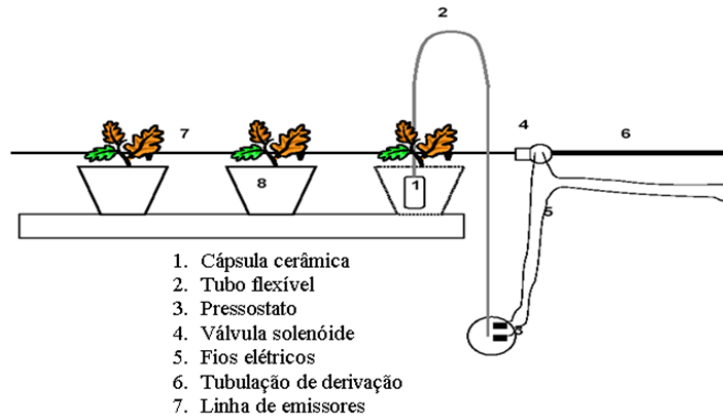


Figura 4. Esquema do acionador automático para irrigação (Medici et al., 2010).

A água fornecida ao solo umedece o sistema radicular da planta e entra em contato com a cápsula, fazendo com que a tensão seja aliviada e se estabeleça uma pressão positiva no pressostato, o qual então irá cortar a corrente elétrica da válvula solenóide, interrompendo a irrigação. Desta forma, o próprio potencial da água no solo irá comandar o processo de fornecimento de água às plantas, evitando estresse hídrico ou aplicação excessiva de água.

Ao lado da área experimental foi construída uma estrutura, com aproximadamente 5,0 m de altura, contendo um reservatório de 1000 L (Figura 5), permitindo, dessa forma, o abastecimento de água ao experimento por gravidade. A água que abastecia o reservatório era proveniente de um açude, cujo bombeamento foi efetuado com uma bomba submersa acionada de forma automática, em função do nível de água no reservatório.



Figura 5. Estrutura montada para fornecimento de água para os plantios de 2010 e 2011.

Em cada bloco da área experimental, no tratamento caracterizado por cultivo consorciado e ausência de cobertura (controle), foi instalado um acionador (Figura 6a, b

e c), com desnível entre a cápsula porosa e o pressostato de 0,50 m. Esse tratamento foi considerado como o de maior demanda por irrigação, satisfazendo, dessa forma, a necessidade hídrica dos demais tratamentos. A lâmina aplicada neste tratamento foi considerada a lâmina controle.

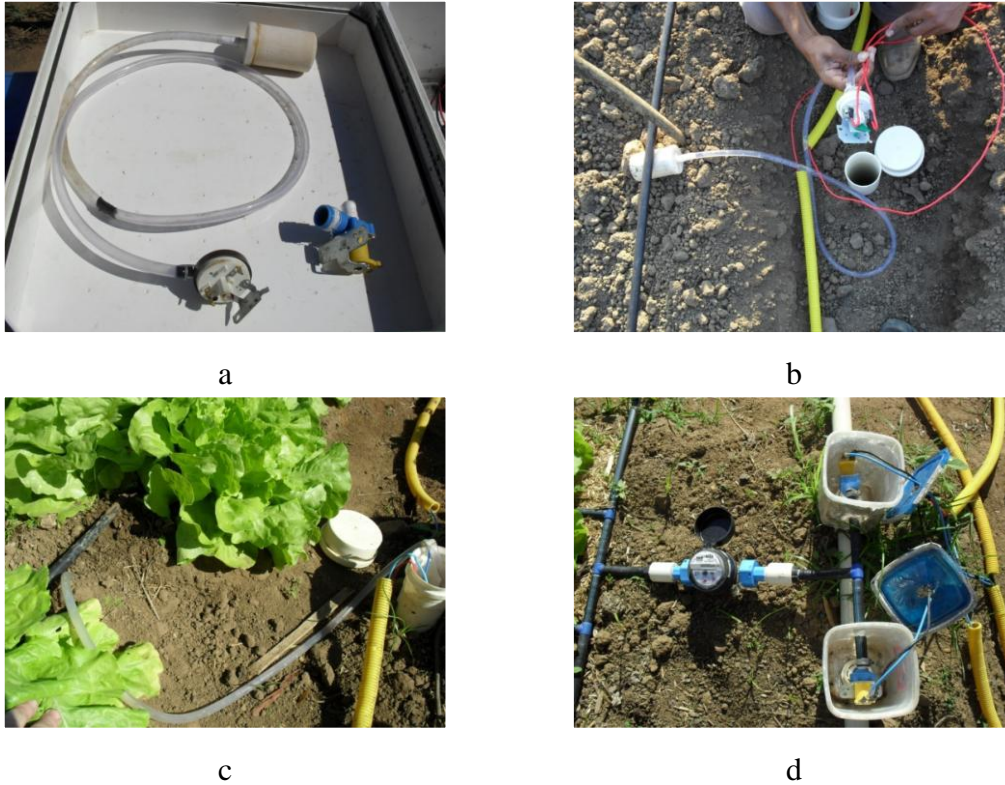


Figura 6. Acionador automático simplificado para irrigação: composição do acionador (a), instalação do acionador (b), acionador instalado (c) e conjunto de duas válvulas solenóides interligadas ao hidrômetro (d).

Na extremidade de cada bloco foi montado um conjunto contendo duas válvulas solenóides (Figura 6d), para que em decorrência de algum defeito ou dano a uma das válvulas, o sistema continuasse funcionando, não interrompendo o fornecimento de água. Foi instalado também um hidrômetro em cada bloco (Figura 6d), a fim de permitir a quantificação de diária do volume de água aplicado na irrigação.

Entre os quatro blocos presentes na área experimental os acionadores se encontravam ligados em série, conforme a Figura 7, permitindo que apenas um sistema fosse acionado de cada vez, garantindo, dessa forma, melhor uniformidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação.

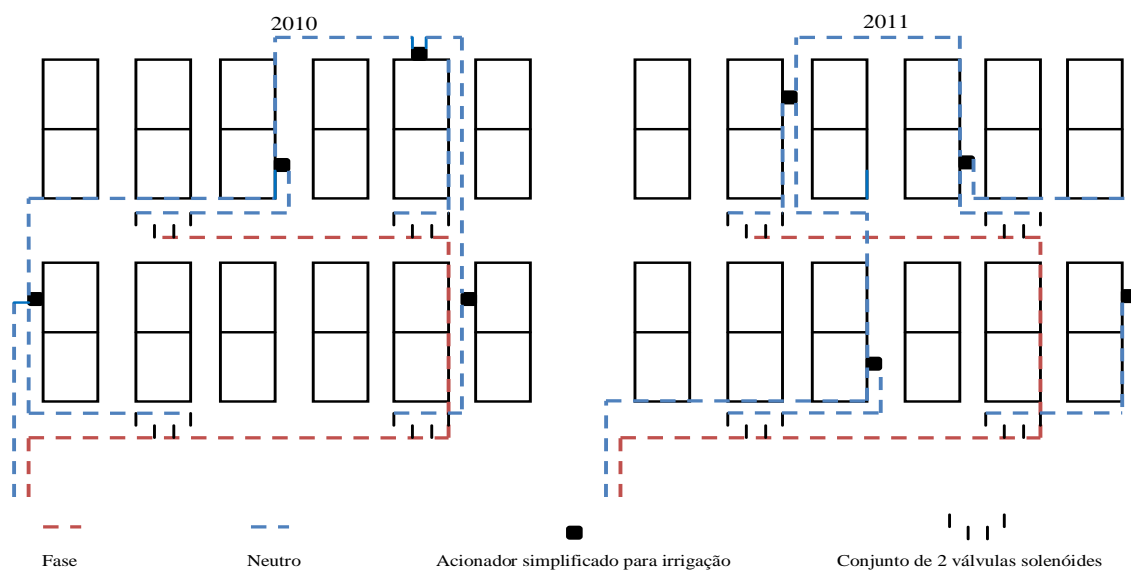


Figura 7. Disposição do sistema de automação na área experimental para os anos de 2010 e 2011.

3.5.1. Cálculo da lâmina de irrigação aplicada pelo acionador

A lâmina de irrigação aplicada em cada tratamento foi calculada partindo-se das leituras, realizadas diariamente e no mesmo horário, dos hidrômetros. A partir das leituras foi possível obter o volume diário aplicado aos tratamentos a partir da diferença entre as leituras do dia posterior e do dia anterior. De posse dos volumes diários aplicados nos tratamentos e levando-se em consideração o número de gotejadores e as suas respectivas vazões calcularam-se as lâminas de irrigação diárias dividindo-se o volume diário pela porcentagem de área sombreada (PAS).

A PAS representa uma relação entre a área sombreada pela cultura e a área total da cultura (Mantovani et al., 2009). A estimativa da PAS foi realizada com base no acompanhamento visual em campo do desenvolvimento das plantas. A Tabela 4 apresenta as PAS consideradas conforme o tipo de cultivo e fase de desenvolvimento da cultura.

Tabela 4. Porcentagem de área sombreada (PAS) para os monocultivos de cenoura e alface e para os cultivos consorciados em 2010 e 2011

PAS	Sistema de cultivo			
	Monocultivo		Consórcio	
	Alface	Cenoura	2010	2011
	DAT/ DAS			
30	15-19	15-36	15-19	15-17
50	20-26	37-51	20-26	18-24
100	27-36	52-103	27-36	25-35
50	-	-	37-51	35-49
100	-	-	52-103	50-101

3.6. Coleta de dados climáticos

Nos dois anos de cultivo o monitoramento agroclimático foi realizado a partir dos dados meteorológicos obtidos de uma estação meteorológica, instalada nas proximidades da área experimental. A estação, contendo sensores de radiação solar global incidente, velocidade e direção do vento, temperatura e umidade relativa do ar, além de um pluviógrafo, estava interligada a um sistema de aquisição e armazenamento de dados (microdatalogger), programado para coletar dados a cada segundo e armazenar as médias e/ou totais a cada 30 min.

3.7. Umidade do solo

Para o monitoramento da umidade no solo ao longo dos experimentos foi utilizada a técnica da TDR (Souza et al., 2006), cujas sondas foram instaladas horizontalmente na profundidade de 0,15 m em todos os tratamentos no experimento de 2010. No experimento de 2011, os tratamentos monitorados foram o L1, L4, L5 e L6. Nos dois anos de estudo, as medidas da constante dielétrica do solo eram realizadas três vezes por semana e sempre na parte da manhã.

O equipamento utilizado neste experimento foi o TDR100 (Campbell Sci.) e a calibração foi realizada em campo, ao lado da área experimental. Esse procedimento consistiu na construção de uma bacia com sondas instaladas na mesma profundidade. Após saturação, foram feitas coletas diárias, nas respectivas profundidades, de amostras de solo para a determinação da umidade pelo método gravimétrico e amostras indeformadas para a determinação da densidade do solo. Simultaneamente eram realizadas leituras da constante dielétrica pelo TDR 100, permitindo, posteriormente, a obtenção de uma curva de calibração entre umidade volumétrica (θ) e constante dielétrica (K_a) (Anexo 1).

Os dados coletados na bacia de calibração da TDR também foram utilizados para a determinação da umidade correspondente à capacidade de campo.

3.8. Variáveis de produção avaliadas

As variáveis de produção avaliadas para a cenoura foram produtividade total e comercial, massa fresca total e comercial, comprimento total e comercial e os diâmetros total e comercial das raízes. As raízes colhidas foram lavadas e classificadas em cinco classes comerciais de comprimento: 10 ($> 10 < 14$ cm); 14 ($= 14 < 18$ cm); 18 ($= 18 < 22$ cm); 22 ($= 22 < 26$ cm) e 26 (> 26 cm), as raízes com menos de 10 cm de comprimento foram classificadas como não-comerciais, conforme proposto por Hotibrasil (2002). Consideraram-se também como raízes não-comerciais, as que apresentaram defeitos como lenhosidade, rachaduras, deformações, manchas, radículas evidentes e podridão mole ou seca.

Para a cultura da alface as variáveis de produção avaliadas foram a produtividade, a massa fresca e o diâmetro da cabeça e a área foliar. As plantas de alface foram lavadas e classificadas (em gramas da planta) em sete classes comerciais: 5 (< 100 g); 10 ($= 100 < 150$ g); 15 ($= 150 < 200$ g); 20 ($= 200 < 250$ g); 25 ($= 250 < 300$ g); 30 ($= 300 < 350$ g); 35 ($= 350 < 400$ g), conforme proposto por Hortibrasil (2002).

Consideraram-se como cabeças não comerciais, as que apresentavam defeitos como podridão, descoloração, queimada, deformação, sem coração, lesões e espigamento.

3.9. Índice de Equivalência de Área (IEA)

Com base nos parâmetros de produtividade das diferentes culturas, foi calculado o índice de equivalência de área (IEA), definido como a relação entre a área cultivada em consórcio e a área cultivada em monocultivo para alcançar a mesma produtividade no mesmo nível de manejo (Fageria, 1989). A equação 7 permite o cálculo do IEA.

$$IEA = \frac{Yc \text{ cultura A}}{Ys \text{ cultura A}} + \frac{Yc \text{ cultura B}}{Ys \text{ cultura B}} \quad (7)$$

em que:

Yc = produtividade da cultura no cultivo consorciado, $kg \text{ ha}^{-1}$; e

Ys = produtividade da cultura no cultivo solteiro, $kg \text{ ha}^{-1}$;

Valor de IEA superior a 1,0 indica que o consórcio é eficiente. Por outro lado, valor inferior a 1,0 representa prejuízo do cultivo consorciado em relação ao monocultivo (Montezano & Peil, 2006).

3.10. Eficiência no uso da água (EUA)

A eficiência no uso da água (EUA) para os monocultivos de cenoura e de alface e para os consórcios foi obtida pelo cálculo da massa fresca comercial produzida por lâmina de água aplicada ($I+Pe$), conforme a equação 8.

$$EUA = \left(\frac{Y}{I + Pe} \right) \cdot 10^{-1} \quad (8)$$

em que:

Y = produtividade da(s) cultura(s), em $kg \text{ ha}^{-1}$;

I = lâmina aplicada pela irrigação, em mm;

Pe = precipitação efetiva, em mm.

Foi considerada como precipitação efetiva (Pe) a fração da lâmina de água precipitada (mm), correspondente à evapotranspiração da cultura, e que ocasionou a paralisação do acionamento do sistema de irrigação.

A eficiência no uso da água de irrigação (EUA I) para os monocultivos de cenoura e de alface e para os consórcios foi obtida utilizando a mesma equação, considerando no denominador apenas a lâmina aplicada pela irrigação (I).

3.11. Análises estatísticas

Os dados das variáveis de produção, do índice de equivalência de área e eficiência no uso da água, provenientes do ano de 2010, foram submetidos à análise de variância (Anova) e quando significativo pelo teste F, foram submetidos ao teste de média Tukey ao nível de significância de 5%.

No experimento realizado em 2011, para os tratamentos lâminas de irrigação, os dados das variáveis de produção e de eficiência no uso da água foram submetidos à análise de variância (Anova) e à análise de regressão, testando-se os modelos: linear e polinomial quadrático. Para os tratamentos L2, L5 e L6 foi realizada a análise de variância (Anova) e, quando significativos pelo teste F, foram submetidos ao teste de média Tukey, ao nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Dados climáticos

Na Tabela 5 estão apresentados os dados médios quinzenais de temperaturas máxima, mínima e média e de umidade relativa para os períodos de cultivo em 2010 e 2011. Observa-se que a maior parte do período de cultivo em 2010 apresenta valores superiores de temperatura média em comparação ao ano de 2011, com exceção para a 1^a quinzena de outubro. Os valores máximos, mínimos e médios diários de temperatura média em 2010 foram, respectivamente, de 27,4°C; 16,2°C e 21,4°C, e em 2011 os valores foram de 28,5°C; 15,4°C e 21,0°C. Verifica-se que os valores médios de temperatura média em 2010 e 2011 se encontram dentro da faixa adequada para a formação de raízes de cenoura (18 a 25 °C) (Embrapa, 2000). Para a cultura da alface, os valores médios de temperatura média se encontram um pouco acima da faixa de temperatura ideal (de 15°C e 20°C) que, segundo Yuri (2000), é a faixa na qual se obtém o rendimento máximo da cultura da alface.

Tabela 5. Dados médios quinzenais de temperatura máxima, mínima e média e de umidade relativa para os períodos de cultivo em 2010 e 2011, na região de Seropédica – RJ medidas pela estação automática do SIPA

Ano	Quinzena	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	T _{med} (°C)	U R (%)
2010	1 ^a Julho	26,1	17,5	21,2	77,3
	2 ^a Julho	27,2	17,3	21,5	75,6
	1 ^a Agosto	24,7	16,4	20,0	76,0
	2 ^a Agosto	27,2	17,3	21,5	75,6
	1 ^a Setembro	29,2	16,9	22,3	66,4
	2 ^a Setembro	26,9	18,5	21,9	79,0
	1 ^a Outubro	26,6	17,6	21,5	77,7
2011	1 ^a Julho	28,4	14,3	20,2	70,0
	2 ^a Julho	27,6	16,3	21,2	71,9
	1 ^a Agosto	25,5	15,5	19,9	74,2
	2 ^a Agosto	27,7	17,2	21,6	72,3
	1 ^a Setembro	25,6	15,8	20,0	73,7
	2 ^a Setembro	27,6	15,7	20,9	71,3
	1 ^a Outubro	28,2	18,8	22,7	77,7

Ainda na Tabela 5, observa-se que, com exceção para a 1^a quinzena de setembro, a umidade relativa do ar no período de cultivo em 2010 se manteve superior ao período de cultivo em 2011. Os valores máximos, mínimos e médios de umidade diários foram de, respectivamente, 93,4%; 43,5% e 75,3%, para 2010, e de 93,0%; 37,09% e 73,4%, em 2011.

As estimativas quinzenais de evapotranspiração de referência (ET_o) para os dois anos de cultivo são apresentadas na Figura 8. Com exceção do mês de julho, a ET_o estimada em 2011 foi maior que a estimada em 2010. Os valores máximos, mínimos e médios de ET_o em 2010 e 2011 foram de, respectivamente, 2,91; 0,78 e 1,98 mm dia⁻¹, e de 4,50; 0,93 e 2,53 mm dia⁻¹. A ET_o acumulada durante os períodos de cultivo foram

de 201,52 mm e 253,36 mm, respectivamente, em 2010 e 2011. Esse resultado é esperado uma vez que a umidade relativa do ar durante o período de cultivo em 2011 apresentou valores menores em relação a 2010.

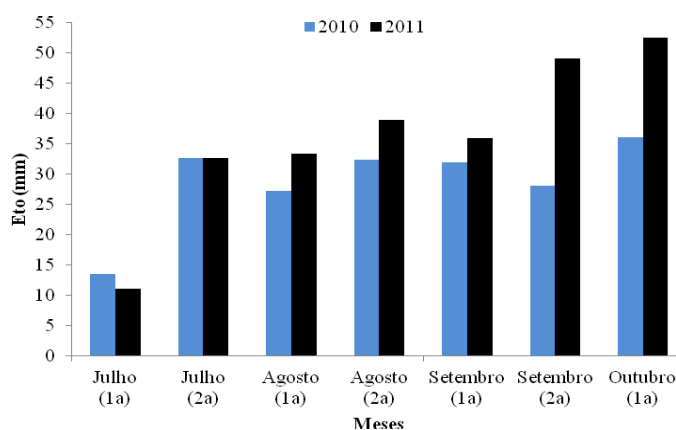


Figura 8. Evapotranspiração de referência (ETo) quinzenal para os períodos de cultivo nos anos de 2010 e 2011 na região de Seropédica – RJ.

Na Figura 9 são apresentados os valores diários de precipitação e da precipitação acumulada para o período de cultivo e para o período no qual o acionador estava em funcionamento em 2010. Nota-se que o período de experimentação se divide em três partes, ocorrendo no período inicial (8 de julho a 16 de julho) 36,1 % da precipitação total. Neste período destacam-se dois eventos de precipitação: um de 33,5 mm (13 de julho) e outro de 20,0 mm (16 de julho). O período de 17 de julho a 25 de setembro (intermediário) foi caracterizado por precipitações menores que 10,0 mm, correspondendo a 20,6 % da precipitação total. O último período (26 de setembro a 17 de outubro) foi caracterizado por precipitação correspondente a 43,3% do total, com destaque para um evento de precipitação de 22,2 mm, ocorrido em 26 de setembro. Portanto, as precipitações se apresentaram de forma irregular, com destaque para o mês de agosto, que foi o mês mais seco do período de experimentação, com apenas 8,2 mm.

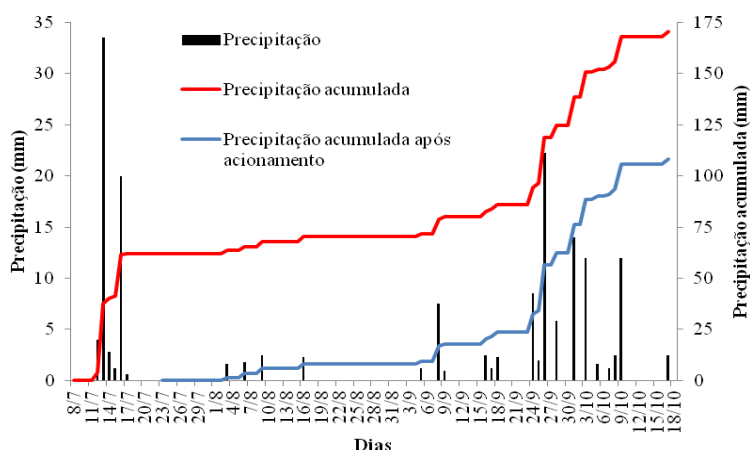


Figura 9. Lâmina precipitada durante o experimento de 2010 na região de Seropédica – RJ medidas pela estação automática do SIPA.

A precipitação acumulada para o período de experimentação foi de 170,3 mm e a precipitação acumulada para o período no qual o acionador estava em funcionamento foi de 108,2 mm.

O comportamento da precipitação e da precipitação acumulada para todo período de cultivo e para o período no qual o acionador estava em funcionamento em 2011 estão apresentados na Figura 10.

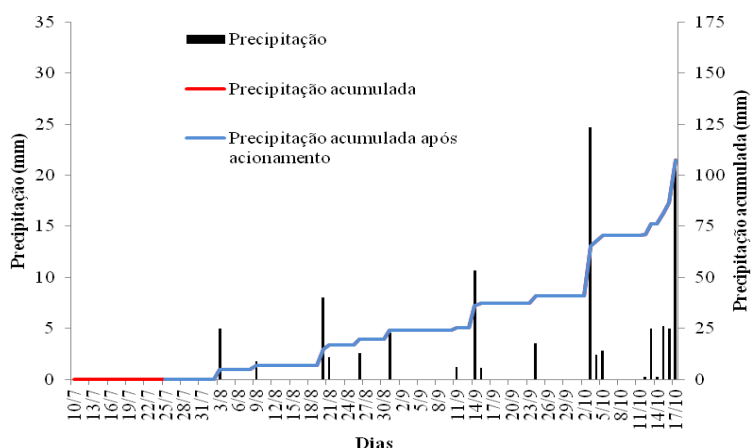


Figura 10. Lâmina precipitada durante o experimento de 2011 na região de Seropédica – RJ medidas pela estação automática do SIPA.

Observa-se que o período de experimentação pode ser dividido em duas partes: a maior parte do período de experimentação (10 de julho a 13 de setembro), que corresponde a 22,5 % da precipitação total, foi caracterizado por precipitações inferiores a 10 mm; e a menor parte do período de experimentação (14 de setembro a 17 de outubro) que corresponde a 77,5 % da precipitação total com destaque para dois eventos de precipitação de 24,7 mm (3 de outubro) e de 21,0 mm (17 de outubro). De forma semelhante ao observado em 2010, o regime de precipitação se apresentou mal distribuído com destaque para o mês de julho, no qual não foi observado evento de precipitação. A precipitação acumulada para o período de experimentação e para o período no qual o acionador estava em funcionamento foi de 107,5 mm. Comparando-se os períodos de cultivo em 2010 e 2011 a precipitação acumulada foi superior no ano de 2010. Quanto ao período no qual o acionador estava em funcionamento, os dois anos tiveram praticamente a mesma precipitação acumulada.

4.2. Avaliação do funcionamento do acionador automático

4.2.1. Lâminas de irrigação aplicadas nos consórcios de cenoura e alface em 2010 e 2011

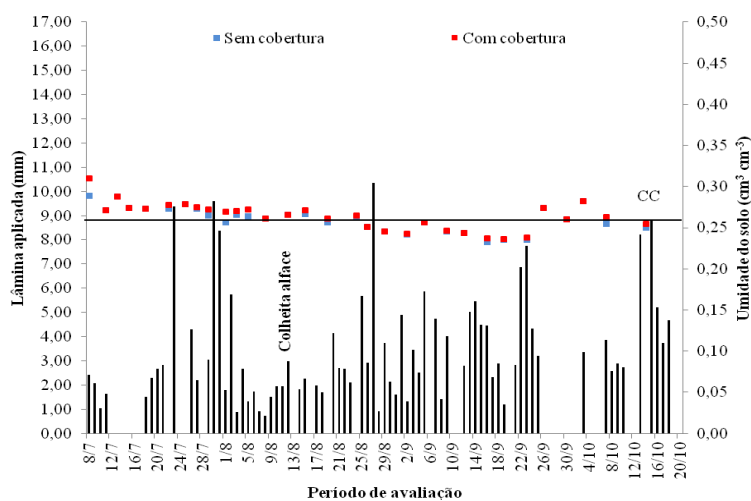
Na Tabela 6 são apresentados os valores relacionados às lâminas de irrigação aplicadas e a lâmina correspondente à precipitação efetiva (P_e), nos consórcios em 2010 e 2011. Pelo fato de ter ocorrido menor precipitação em 2011 (107,5 mm) em relação ao ano de 2010 (170,3 mm), a precipitação efetiva foi, aproximadamente, 50% menor no segundo ano experimental.

Tabela 6. Lâmina de irrigação total aplicada nos consórcios, com (CC) e sem (SC) cobertura vegetal morta, sob manejo orgânico, durante os períodos de cultivo em 2010 e 2011

Lâminas (mm)	Tratamentos			
	2010		2011	
	CC	SC	CC	SC
Período de estabelecimento	16,5		27,8	
Aplicada pelo acionador	235,6		288,1	
Precipitação efetiva (Pe)	26,8	27,4	12,9	13,9
Total	278,9	279,5	328,8	329,8

Por outro lado, a lâmina total de água aplicada nos consórcios em 2011 foi cerca de 25,3 % superior àquela aplicada em 2010. Conforme a Figura 6, a ETo ao longo do período de cultivo no ano de 2011 foi superior, além do fato de não ter ocorrido precipitação durante a fase de estabelecimento das culturas (Figura 10).

Na Figura 11 encontram-se os valores de lâminas aplicadas pela irrigação e o comportamento da umidade do solo a 0,15 m da superfície, ao longo dos períodos de cultivo de 2010 (Figura 10a) e 2011 (Figura 10b). Esses dados dizem respeito às parcelas com consórcio e irrigadas com gotejador de 2,8 L h⁻¹.



a

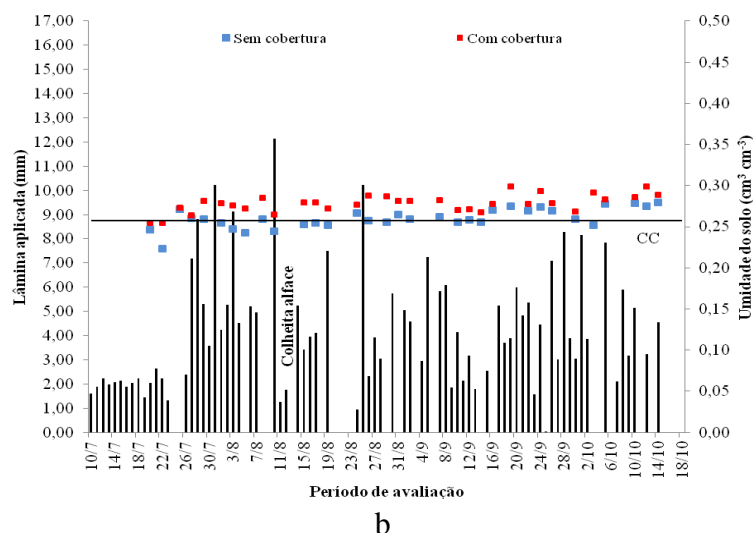


Figura 11. Lâminas aplicadas pela irrigação e umidade de solo na profundidade de 0,15 m nos consórcios em 2010 (a) e 2011 (b), sob manejo orgânico.

Nos dois anos de estudo, o cultivo consorciado e sem cobertura foi o responsável pelo acionamento do sistema de irrigação e a lâmina aplicada foi suficiente para manter a umidade do solo a níveis próximos à umidade correspondente à capacidade de campo, que foi de $0,26 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Isso demonstra a capacidade do acionador automático de cumprir o papel do manejo da irrigação, mantendo os níveis de umidade do solo próximos à capacidade de campo (Marouelli et al., 1996). Medici et al. (2010), trabalhando com o mesmo acionador automático simplificado para irrigação em um Argissolo Vermelho, observaram que o nível de tensão máxima de água mantidos com este sistema automático é muito pequeno (4 a 13 kPa) e poderia ser útil para alcançar o máximo rendimento para muitas espécies vegetais. Presentemente, os valores de potencial matricial correspondente à umidade média do solo no experimento de 2010 foram de -5,82 e -5,72 kPa, respectivamente, para os tratamentos sem e com cobertura vegetal morta. Nas mesmas condições, os valores de potencial matricial para 2011 foram de, respectivamente, -5,85 e -5,31 kPa.

Na Figura 11 pode-se observar que nos consórcios com cobertura morta, a umidade do solo determinada pela TDR se manteve igual ou acima daquela medida nos cultivos sem cobertura. Em 2010 (Figura 11a), os valores de umidade para o consórcio sem cobertura morta variaram de $0,233$ a $0,289 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, enquanto que no cultivo com cobertura morta esses valores variaram de $0,236$ a $0,310 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. No ano de 2011 (Figura 11b), os valores de umidade variaram de $0,224$ a $0,280 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, e de $0,254$ a $0,299 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, respectivamente, para os cultivos sem e com cobertura morta. Resende et al. (2005b) avaliando o efeito de diferentes tipos de cobertura do solo na umidade do solo na cultura da cenoura observaram que o uso de cobertura do solo manteve os níveis de umidade do solo 2% superiores ao cultivo sem cobertura do solo.

Analisando a Figura 11a é possível observar que em 2010 ocorreram duas paralisações no funcionamento do acionador: a primeira no período de 26 de setembro a 2 de outubro, devido a dois eventos de precipitação: 22,2 mm (25 de setembro) e 14,00 mm (1 de outubro); a segunda paralisação ocorreu no período de 4 a 6 de outubro após

um evento de 12,00 mm (3 de outubro) (Figura 9). O ano de 2011 também apresentou duas paralisações no funcionamento do acionador: a primeira no período de 21 a 24 de agosto, devido à ocorrência de duas precipitações (8,0 e 2,0 mm) e outra durante os dias 4 e 5 de outubro devido a um evento de precipitação de 24,7 mm (3 de outubro) (Figura 10). Esse comportamento demonstra a sensibilidade do acionador automático simplificado para irrigação em resposta à ocorrência de precipitação.

Foram aplicadas, pelo acionador, lâminas média e máxima de 2,4 mm dia⁻¹ e 10,3 mm, e de 3,1 mm dia⁻¹ e 12,1 mm, respectivamente, em 2010 e 2011.

4.2.2. Lâminas de irrigação aplicadas nos monocultivos de cenoura e alface em 2010

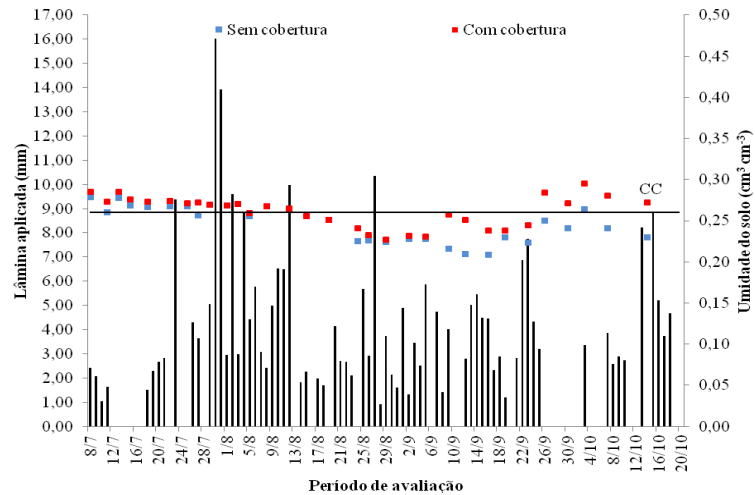
Na Tabela 7 são apresentadas as lâminas de irrigação aplicadas e a lâmina correspondente à precipitação efetiva (Pe), nos monocultivos em 2010. Vale ressaltar que o acionador estava instalado na parcela com cultivo consorciado e sem cobertura. Os períodos de cultivo foram de 103 e 36 dias, respectivamente, para cenoura e alface. Dos 170,3 mm precipitados (Figura 9), 15,7 e 17,0% foram considerados efetivos para a cultura da cenoura, respectivamente, no cultivo com e sem cobertura morta. Durante o cultivo da alface, o total precipitado foi de 68,0 mm (Figura 9), sendo efetivos 11,9 e 13,4%, respectivamente, no cultivo com e sem cobertura morta.

Tabela 7. Lâmina total aplicada nos monocultivos de cenoura e alface, com (CC) e sem (SC) cobertura vegetal morta, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2010

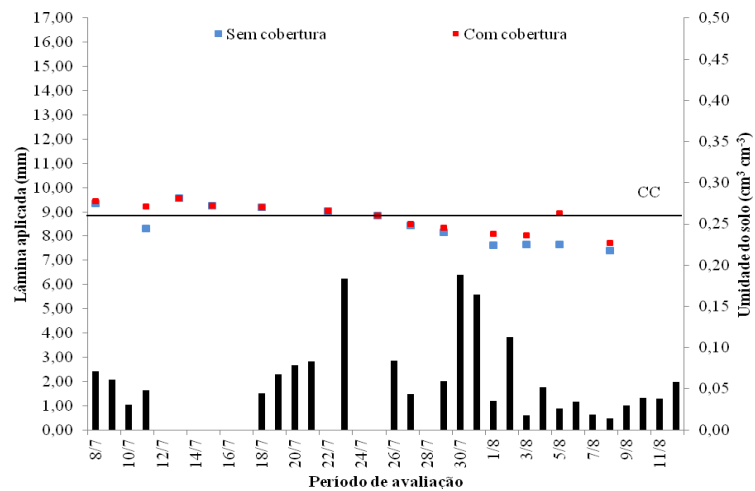
Lâminas (mm)	Tratamentos			
	Cenoura		Alface	
	CC	SC	CC	SC
Período de estabelecimento	16,5			
Aplicada pelo acionador	295,0		40,7	
Precipitação efetiva (Pe)	26,8	29,0	8,5	9,1
Total	338,3	340,5	65,7	66,3

A Figura 12 apresenta a lâmina aplicada pela irrigação e o comportamento da umidade do solo durante o período de avaliação para o ano de 2010, nos monocultivos de cenoura e alface, com e sem cobertura morta.

Para o cultivo de cenoura, a lâmina média e máxima aplicadas foi de, respectivamente, 3,02 mm dia⁻¹ e 16,02 mm. Para alface, essas mesmas lâminas foram de, respectivamente, 1,59 mm dia⁻¹ e 6,41 mm. Observa-se que nos cultivos com cobertura morta, os conteúdos de umidade do solo foram semelhantes ou superiores aos conteúdos sem cobertura morta. Os valores de umidade para o cultivo de cenoura sem cobertura variaram de 0,208 a 0,278 cm³ cm⁻³, enquanto que no cultivo com cobertura, variaram de 0,227 a 0,295 cm³ cm⁻³. Para o monocultivo de alface sem cobertura morta, a umidade variou de 0,217 a 0,281 cm³ cm⁻³, enquanto que para o tratamento com cobertura os valores foram de 0,227 a 0,278 cm³ cm⁻³.



a



b

Figura 12. Lâminas aplicadas pela irrigação e umidade de solo na profundidade de 0,15 m para os cultivos de cenoura (a) e alface (b) durante o período de cultivo em 2010, sob manejo orgânico.

Para as duas culturas, a lâmina aplicada foi suficiente para manter a umidade do solo, na maior parte do período de cultivo, a níveis próximos à umidade correspondente à capacidade de campo. No entanto, constatou-se que no monocultivo de cenoura sem cobertura morta (Figura 12a) e no período de 24 de agosto a 24 de setembro, os valores de umidade medidos se apresentaram abaixo daquele correspondente à capacidade de campo. Provavelmente, este fato ocorreu em função do sistema de irrigação ser acionado pelo tratamento com cultivo consorciado e sem cobertura.

Neste período, a cultura da alface do tratamento consorciado já tinha sido colhida (Figura 11a), influenciando a demanda hídrica quando comparada ao monocultivo de cenoura sem cobertura morta. Nesse último, o conteúdo de água no solo não se manteve próximo à capacidade de campo. Este fato é comprovado pela

produtividade maior de raízes de cenoura alcançada no monocultivo quando comparada com a produtividade no cultivo consorciado.

O período em que a umidade do solo apresentou valores de umidade abaixo da capacidade de campo coincidiu com o período vegetativo e de engrossamento da raiz que, segundo Marouelli et al. (2007), se caracteriza pelo período no qual a necessidade de água das plantas de cenoura atinge o máximo nível de demanda, e é altamente sensível ao déficit hídrico.

O monocultivo de alface sem cobertura morta (Figura 12b), no período de 28 de julho a 9 de agosto, também apresentou valores de umidade inferiores à capacidade de campo. Esse resultado pode ser explicado pelo fato do monocultivo de alface apresentar o dobro do número de plantas de alface em relação ao cultivo consorciado sem cobertura morta, que é o tratamento que controla o acionamento do sistema de irrigação (Figura 11a), acarretando, assim, uma maior demanda hídrica em relação ao cultivo consorciado sem cobertura.

4.2.3. Lâminas de irrigação aplicadas nos consórcios com cobertura vegetal morta, sob diferentes lâminas de irrigação, em 2011

Na Tabela 8 são apresentadas as lâminas de irrigação aplicadas e a lâmina correspondente a precipitação efetiva (Pe), nos cultivos consorciados conforme as lâminas de irrigação estudadas em 2011. As lâminas aplicadas sob controle do acionador automático nos diferentes tratamentos foram proporcionais às vazões dos gotejadores, variando de 288,1 mm a 683,4 mm. Tendo em vista as altas lâminas de água aplicadas nos tratamentos correspondentes a 185% e 215% da lâmina controle, proporcionando maior nível de umidade no solo, as lâminas efetivas de precipitação foram nulas.

Tabela 8. Lâmina total aplicada nos cultivos consorciados com cobertura morta, sob diferentes lâminas de irrigação, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2011

Lâminas (mm)	Tratamentos			
	controle	125%	185%	215%
Período de estabelecimento	27,8			
Aplicada pelo acionador	288,1	375,8	575,1	683,4
Precipitação efetiva (Pe)	12,9	9,0	0,0	0,0
Total	328,8	412,6	602,9	711,2

Na Figura 13 encontram-se apresentadas as lâminas aplicadas pela irrigação em cada um dos tratamentos e o comportamento da umidade do solo para as lâminas correspondentes ao controle e 215% da lâmina controle. As lâminas médias e máximas aplicadas foram de 3,1; 4,0; 6,0 e 7,0 mm dia⁻¹, e de 12,1; 15,8; 24,2 e 28,8 mm, respectivamente, para os tratamentos correspondentes ao controle, 125%, 185% e 215% da lâmina controle.

A partir da Figura 13 observa-se que os valores de umidade de solo estiveram acima da capacidade de campo ($0,26 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) durante a maior parte do período experimental. Isso ocorreu devido ao fato do cultivo consorciado sem cobertura morta (Figura 11b) ser o responsável pelo acionamento do sistema de irrigação fazendo com que os cultivos com cobertura morta e que aplicavam maiores lâminas apresentassem valores de umidade do solo superiores. No tratamento lâmina controle os valores de umidade do solo variavam de $0,254$ à $0,299 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e, para o correspondente a 215% da lâmina controle, esse intervalo foi de $0,268$ a $0,328 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$.

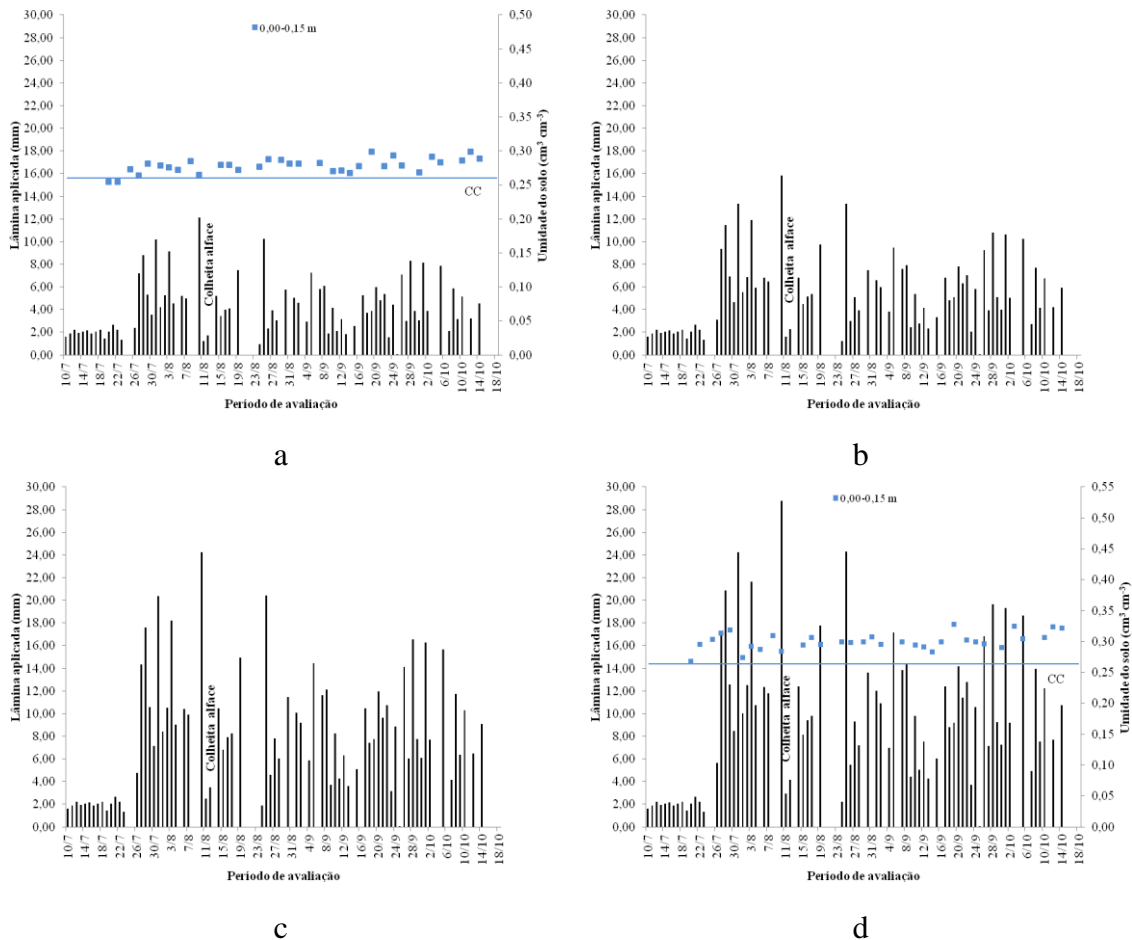


Figura 13. Lâmina aplicada pela irrigação e umidade de solo na profundidade de 0,15 m para os tratamentos 100% (a), 125% (b), 185% (c) e 215% (d) da lâmina controle, em cultivo consorciado com cobertura, no ano de 2011.

4.3. Avaliação do desempenho produtivo das culturas

4.3.1. Monocultivos (2010) e consórcios (2010 e 2011)

A produtividade dos monocultivos de cenoura e alface, dos cultivos consorciados e o índice de equivalência de área (IEA), com e sem cobertura, estão apresentados na Tabela 9. Não foram observadas interações significativas entre os fatores sistema de cultivo e cobertura morta, em nenhuma das características avaliadas na cenoura e na alface no ano de 2010. Para os dois anos de cultivo, foram verificados

altos valores de produtividade total (75,90 a 58,84 t ha⁻¹) e comercial (63,38 a 48,72 t ha⁻¹) de cenoura. Segundo Marouelli et al. (2007), cultivos de cenoura irrigados e manejados adequadamente podem apresentar rendimentos de 50 a 60 t ha⁻¹, enquanto a produtividade média nacional está em torno de 29,0 t ha⁻¹. Assim, acredita-se que o manejo realizado pelo acionador automático proporcionou níveis de umidade do solo suficientes para que a cultura da cenoura expresse-se todo seu potencial produtivo.

As maiores produtividades total e comercial da cenoura foram obtidas no monocultivo, independentemente do uso de cobertura morta, demonstrando que a cultura da alface presente no cultivo consorciado afetou a produtividade da cenoura. Todavia, os resultados referentes ao IEA mostram o benefício do consórcio no desempenho global dos cultivos por unidade de área plantada. Observa-se que seria necessário no mínimo cerca de 30% a mais de área cultivada com monocultivo de cenoura e alface para alcançar a mesma produtividade global do consórcio dessas espécies em 2010.

Os valores de IEA encontrados neste trabalho são comparáveis aos encontrados por Negreiros et al. (2002) que trabalhando com a cultivar Regina encontraram IEA de 1,16, e por Bezerra Neto et al. (2003), que encontraram valores de IEA variando de 1,04 a 1,19. Salgado et al. (2006) também trabalhando com a cultivar Regina, sob manejo orgânico de produção, encontraram IEA de 1,8 e de 1,47 no primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente. Como a presença da cobertura morta, nas condições estudadas, não apresentou efeito significativo no desempenho das duas culturas, ela também não apresentou efeito significativo no índice de equivalência de área (IEA) (Tabela 9).

Tabela 9. Produtividades da cultura da cenoura e da alface e índice de equivalência de área nos monocultivos e nos cultivos consorciados, com e sem cobertura, sob manejo orgânico, durante os períodos de cultivo em 2010 e 2011

Sistema de cultivo	Produtividade (t ha ⁻¹)			
	2010		2011	
	Total	Comercial	Total	Comercial
	Com cobertura morta			
Cenoura (monocultivo)	75,90 aA	63,38 aA	-	-
Cenoura (consorciado)	63,04 bA	53,18 bA	66,75 A	62,60 A
Alface (monocultivo)	25,26 A	25,26 A	-	-
Alface (consorciado) ⁽¹⁾	13,72 A	13,72 A	26,07 A	26,07 A
IEA	1,40 A	1,41 A	-	-
	Sem cobertura morta			
Cenoura (monocultivo)	72,44 aA	63,32 aA	-	-
Cenoura (consorciado)	58,84 bA	48,72 bA	66,23 A	62,16 A
Alface (monocultivo)	21,55 A	21,55 A	-	-
Alface (consorciado) ⁽¹⁾	10,99 A	10,99 A	22,85	22,85 A
IEA	1,35 A	1,31 A	-	-

⁽¹⁾ No consórcio, o número de plantas de alface corresponde à metade daquele referente ao monocultivo. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Letras minúsculas diferenciam monocultivo de cultivo consorciado e letras maiúsculas diferem com e sem cobertura.

No monocultivo, a cenoura também apresentou valores superiores em relação ao comprimento e diâmetro, total e comercial, quando comparado ao cultivo consorciado, independentemente do uso de cobertura morta (Tabela 10). Esses resultados reforçam a existência de competição entre as duas culturas. A competição ocorreu, possivelmente, pelo fato da cultura da alface apresentar um padrão de desenvolvimento, durante a fase final de seu ciclo representado pela altura e diâmetro, que ocasionou o sombreamento das plantas de cenoura, que se encontrava na fase inicial de desenvolvimento.

Andrade (2002) comenta que nesta situação a principal competição entre as plantas que compõem o consórcio é por radiação solar. Assim, quando as plantas que se encontram em uma fase de desenvolvimento maior sombreiam as plantas que se encontram com um padrão de desenvolvimento menor, a competição é estabelecida entre ambas, causando diminuição no crescimento e desenvolvimento das plantas que são sombreadas (Tavella et al., 2011). Cecílio Filho & May (2002) relatam que a produtividade das culturas em consórcio é afetada pelo período de convivência entre as espécies, determinado pela época de estabelecimento do consórcio.

Tabela 10. Variáveis de produção para a cultura da cenoura em monocultivo e cultivo consorciado, com e sem cobertura morta, sob manejo orgânico, durante os períodos de cultivo em 2010 e 2011

Variáveis de produção	Sistema de cultivo		
	Monocultivo	ConSORCIADO	
	2010	2010	2011
	Com cobertura morta		
Massa fresca total (gramas por planta)	113,84 aA	98,56 bA	133,46 A
Massa fresca comercial (gramas por planta)	94,99 aA	83,14 bA	126,23 A
Comprimento total (cm)	17,42 aA	16,10 bA	16,20 A
Comprimento comercial (cm)	17,80 aA	16,47 bA	16,70 A
Diâmetro total (cm)	3,01 aA	2,84 bA	3,45 A
Diâmetro comercial (cm)	3,06 aA	2,88 bA	3,53 A
	Sem cobertura morta		
Massa fresca total (gramas por planta)	101,90 aA	92,58 bA	123,35 A
Massa fresca comercial (gramas por planta)	89,01 aA	76,71 bA	114,68 A
Comprimento total (cm)	16,44 aA	15,96 bA	16,05 A
Comprimento comercial (cm)	16,82 aA	16,39 bA	16,65 A
Diâmetro total (cm)	2,89 aA	2,56 bA	3,04 A
Diâmetro comercial (cm)	2,85 aB	2,61 bB	3,12 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Letras minúsculas diferenciam cultivo solteiro de consorciado e letras maiúsculas diferem presença e ausência de cobertura morta.

Os resultados encontrados para as variáveis de produção de cenoura são distintos são encontrados por Salgado et al. (2006), que trabalhando com o consórcio de cenoura e alface sob manejo orgânico em condições semelhantes, com as mesmas cultivares e com o mesmo arranjo espacial, constataram que as raízes de cenoura apresentaram massa fresca e diâmetro de raiz significativamente maior no consórcio com alface crespa e lisa, quando comparada com o monocultivo. A distinção de resultados encontrados nestes dois trabalhos pode ser explicada pelo fato, de no presente trabalho,

as mudas de alface terem sido transplantadas com 33 DAS para o campo, enquanto que, no trabalho de Salgado et al. (2006) as mudas foram transplantadas para o campo com 21 DAS. Dessa forma, o padrão de desenvolvimento das mudas de alface no trabalho de Salgado et al. (2006) era menor em comparação ao padrão de desenvolvimento do presente trabalho, na época do transplante para o campo, fazendo com que a cultura da cenoura tivesse melhores condições para seu desenvolvimento em comparação a este trabalho.

Por outro lado, Leite et al. (2011), estudando cultivos consorciados entre olerícolas, não encontraram diferenças significativas entre o monocultivo e o cultivo consorciado, para comprimento e diâmetro de cenoura, no consórcio cenoura e alface. Porém, a produtividade, no monocultivo apresentou valores significativamente superiores ao cultivo consorciado.

Bezerra Neto et al. (2003), avaliando o desempenho agroeconômico de dois tipos de consórcio em faixa, envolvendo cenoura e alface, verificaram que nos cultivos consorciados a produtividade total e comercial das raízes de cenoura foram significativamente superiores no cultivo monocultivo quando comparado aos cultivos consorciados. Caetano et al. (1999), trabalhando com diferentes cultivares de alface na consorciação com cenoura, observaram que a cultivar Marisa afetou significativamente a produtividade comercial da cenoura.

A presença da cobertura morta, nos dois sistemas de cultivo, proporcionou diferença significativa somente para o diâmetro comercial das raízes de cenoura no ano de 2010. Para as demais variáveis de produção avaliadas não houve diferença entre os cultivos com e sem cobertura morta nos dois anos de cultivo (Tabelas 9 e 10).

Em relação à cultura da alface não foram detectadas diferenças quanto a produção e o diâmetro da “cabeça” ao se comparar os sistemas de cultivo (Tabela 11). Isso demonstra que a alface não foi afetada pela cultura da cenoura presente no cultivo consorciado. Resultado semelhante foi encontrado por Salgado et al. (2006), que em dois anos de cultivo, demonstraram que a massa fresca e o diâmetro da cabeça da alface apresentavam valores semelhantes nos monocultivos e no cultivo consorciado.

Tabela 11. Variáveis de produção para a cultura da alface em monocultivo e em cultivo consorciado, com e sem cobertura morta, sob manejo orgânico, durante os períodos de cultivo em 2010 e 2011

Variáveis de produção	Sistema de cultivo		
	Monocultivo	Conсорciado	
	2010	2010	2011
	Com cobertura morta		
Massa fresca (gramas por planta)	157,89 aA	171,55 aA	325,84 A
Diâmetro (cm)	23,88 aA	23,95 aA	35,73 A
	Sem cobertura morta		
Massa fresca (gramas por planta)	134,65 aA	137,43 aA	285,66 A
Diâmetro (cm)	23,34 aA	24,12 aA	33,54 B

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Letras minúsculas diferenciam cultivo solteiro de consorciado e letras maiúsculas diferem presença e ausência de cobertura.

Comportamento semelhante ao da cenoura foi observado na cultura da alface, quanto ao uso da cobertura morta, que também somente apresentou efeito significativo no diâmetro da cabeça no cultivo consorciado de 2011 (Tabelas 9 e 11). Possivelmente a cobertura morta não apresentou seu efeito devido ao fato do manejo da irrigação ser realizado com base na demanda hídrica do cultivo consorciado sem cobertura, proporcionando a este cultivo e aos outros, sem cobertura, condições favoráveis para alcançar valores de produtividade total e comercial semelhantes aos observados nos cultivos com cobertura morta.

Os resultados encontrados neste trabalho discordam, em parte, dos encontrados por Santos et al. (2011), que avaliando o efeito da cobertura morta formada com gliricídia no cultivo da cenoura, observaram ganhos em produtividade e diâmetro das raízes quando cultivadas com cobertura em relação à testemunha (sem cobertura). Oliveira et al. (2008), trabalhando com diferentes tipos de coberturas mortas na cultura da alface, sob manejo orgânico, encontraram ganhos de massa fresca e diâmetro de cabeça nos cultivos com cobertura morta de gliricídia quando comparados com o tratamento sem cobertura, em dois ciclos de cultivo. Esses autores, no entanto, não relatam informações sobre a lâmina de água aplicada e nem como foi realizado o manejo da irrigação.

Lima et al. (2009) avaliando o desempenho da alface no cultivo com e sem cobertura morta, sem diferenciar a lâmina aplicada quanto à presença ou ausência de cobertura, encontraram que as lâminas correspondentes a 50%, 80% e 100% da evapotranspiração da cultura, no cultivo com cobertura, proporcionaram ganhos em massa fresca quando comparadas com o cultivo sem cobertura. Os autores relatam também que as lâminas correspondentes a 25% e 115% da evapotranspiração da cultura não proporcionaram diferenciação na produtividade quanto ao uso de cobertura.

Independentemente do uso de cobertura, o desempenho agrônômico das duas culturas em cultivo consorciado foi superior em 2011 quando comparado a 2010, possivelmente devido ao fato das condições meteorológicas proporcionarem valores de evapotranspiração de referência (ET_o) mais elevados em 2011, quando comparado com ao ano de 2010 (Figura 8). Como o acionador automático foi capaz de manter a umidade do solo a níveis próximos da capacidade de campo, as duas culturas tiveram a oportunidade de expressar todo seu potencial produtivo.

4.3.2. Cultivos consorciados com cobertura morta, sob diferentes lâminas de irrigação (2011)

Na Tabela 12 são apresentados os resultados das produtividades das duas culturas em sistema de cultivo consorciado com cobertura morta para as quatro diferentes lâminas de irrigação aplicadas. O tratamento correspondente a 185% da lâmina controle foi o que apresentou a maior produtividade total de raízes de cenoura (70,01 t ha⁻¹). Quanto à produtividade comercial de raízes de cenoura, bem como para produtividade total de alface, a lâmina controle proporcionou os maiores valores de produtividade. Os menores valores de produtividades total e comercial da cenoura e produtividade total da alface estão associados às lâminas correspondentes a 125%, 215% e 185% da lâmina controle, respectivamente.

Tabela 12. Produtividade da cenoura e da alface sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo consorciado com cobertura morta, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2011

Lâminas de irrigação	Produtividade (t ha ⁻¹)		
	Cenoura		Alface
	Total	Comercial	Total
Controle	66,24a	62,60a	26,07a
125%	62,80a	56,58ab	23,53a
185%	70,01a	51,84b	22,46a
215%	69,21a	42,74c	23,13a

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Os valores de massa fresca total e comercial, comprimento total e comercial e diâmetro total e comercial da cenoura, sob diferentes lâminas de irrigação, estão apresentados na Tabela 13. A irrigação com a lâmina controle proporcionou os maiores valores de massa fresca total e comercial, e diâmetro. A irrigação com lâminas correspondentes a 125% e 215% da lâmina controle proporcionaram o maior comprimento total e comercial, e o maior valor de diâmetro comercial, respectivamente. Os menores valores encontrados para massa fresca total, diâmetro e diâmetro comercial estão relacionados à lâmina de 125% da lâmina controle. A lâmina de 215% da lâmina controle foi a que apresentou os menores valores de massa fresca comercial, comprimento e comprimento comercial.

Tabela 13. Variáveis de produção para a cultura da cenoura sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo consorciado com cobertura morta, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2011

Variáveis de produção	Lâminas de irrigação			
	Controle	125%	185%	215%
Massa fresca total (gramas por planta)	133,46a	116,81a	128,41a	118,61a
Massa fresca comercial (gramas por planta)	126,23a	105,71ab	95,82b	73,83c
Comprimento (cm)	16,20a	16,30a	16,07a	15,37a
Comprimento comercial (cm)	16,70a	17,22a	16,66a	16,43a
Diâmetro (cm)	3,45a	3,20a	3,37a	3,37a
Diâmetro comercial (cm)	3,53a	3,31a	3,47a	3,56a

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Para a cultura da cenoura, a produtividade comercial e a massa fresca comercial foram as únicas variáveis de produção que apresentaram diferença significativa para as lâminas estudadas e significância para regressão linear.

A Figura 14 representa o modelo ajustado aos dados de produtividade comercial de raízes de cenoura. Verifica-se um decréscimo linear da produtividade comercial das raízes de cenoura, conforme as lâminas de irrigação aumentam. O fator que contribuiu para este decréscimo foi a diminuição da produtividade comercial ocasionada pela perda de raízes de cenoura por podridão.

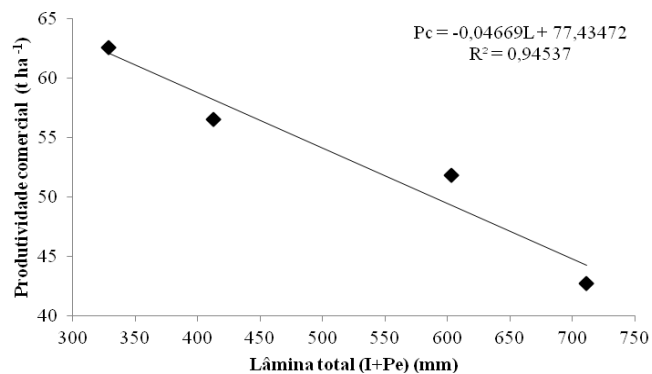


Figura 14. Produção comercial de cenoura sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo consorciado com cobertura, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2011.

Na Figura 15 é apresentada a massa não comercial, relacionada a raízes de cenoura que apresentavam podridão, conforme o aumento das lâminas de irrigação. Neste estudo as lâminas correspondentes ao controle, a 125% do controle, a 185% do controle e a 215% do controle proporcionaram perdas por podridão da ordem de, respectivamente, 0,96; 2,35; 9,67 e 12,47 t ha⁻¹. Segundo Marouelli et al. (2007), a demanda hídrica para cultura da cenoura varia de 350 a 550 mm por ciclo, dependendo das condições climáticas, duração do ciclo da cultivar e sistema de irrigação. As lâminas que correspondem a 185% (602,9 mm) e 215% (711,2mm) da lâmina controle estão acima dos valores relatados por estes autores e são as que apresentam as maiores perdas de raízes de cenoura por podridão (Figura 15).

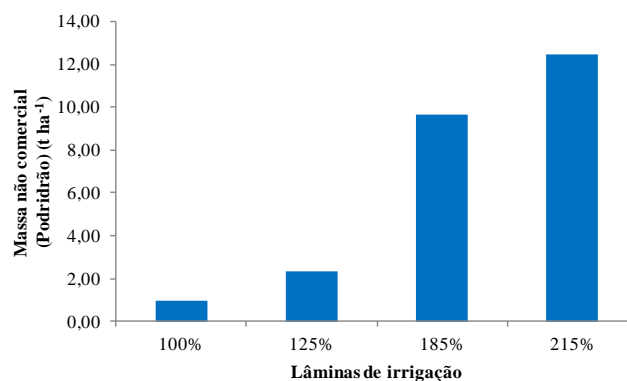


Figura 15. Massa não comercial de raízes de cenoura sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo consorciado com cobertura, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2011.

Na Tabela 14 estão apresentadas as variáveis de produção avaliadas para a cultura da alface. Os maiores valores de massa fresca, diâmetro e área foliar foram associados à lâmina controle.

Tabela 14. Variáveis de produção para a cultura da alface, sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo consorciado com cobertura, durante o período de cultivo em 2011

Variáveis de produção	Lâminas de irrigação			
	controle	125%	185%	215%
Massa fresca (gramas por planta)	325,84a	294,14a	280,78a	289,08a
Diâmetro (cm)	35,73a	34,85a	31,97a	34,73a
Área foliar (cm ²)	3.776,49a	3.568,26a	3.529,39a	3.686,28a

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A lâmina que corresponde a 185% da lâmina controle foi a que apresentou os menores valores para essas variáveis. As variáveis de produção avaliadas para a cultura da alface não apresentaram diferença significativa e também não apresentaram significância para regressão.

4.3.3. Cultivos consorciados sem cobertura e sem irrigação (2011)

A Tabela 15 apresenta os resultados de lâmina e produtividade para a parcela L6, não irrigada e sem cobertura de gliricídia. A lâmina de 27,8 mm corresponde à lâmina aplicada durante o período de estabelecimento da cultura, e que foram recebidas por todas as parcelas. Considerando a precipitação efetiva, a parcela L6 recebeu uma lâmina de 92,2 mm, 70,8 % inferior à parcela controle.

Tabela 15. Lâminas e produtividades do consórcio nas parcelas com e sem irrigação, durante o período de cultivo em 2011

Variáveis		Parcelas	
		L5	L6
Lâminas (mm)	Estabelecimento	27,8	
	Irrigação	288,1	-
	Prec. efetiva	12,9	64,4
Produtividades (t ha ⁻¹)	Cenoura	62,2	12,5
	Alface	22,8	14,9

Comparada com a parcela correspondente à lâmina controle (L5), que também permaneceu sem cobertura, foram obtidas produtividades de cenoura e alface consorciadas da ordem de 80 % e 34,6 % inferiores, respectivamente. Essa menor redução na produtividade da alface foi obtida pelo fato da parcela ter recebido água no período de estabelecimento durante 15 dias, dos 36 dias de cultivo. Na cultura da cenoura, o ciclo teve duração de 103 dias.

4.4. Eficiência no uso da água (EUA)

4.4.1. Monocultivos (2010) e consórcios (2010 e 2011)

A eficiência no uso da água para os monocultivos de cenoura e alface em 2010 estão apresentados na Tabela 16. Observa-se que o uso de cobertura morta não influenciou a eficiência no uso da água para ambas as culturas, uma vez que a mesma não apresentou efeito na produção das duas culturas.

Tabela 16. Eficiência no uso da água para os monocultivos solteiro de cenoura e alface, com e sem cobertura, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2010

Eficiência no uso da água	Com cobertura	
	Cenoura	Alface
EUA I (kg m^{-3})	20,68 A	46,78 A
EUA (I+Pe) (kg m^{-3})	19,01A	40,21 A
Sem cobertura		
EUA I (kg m^{-3})	20,54 A	40,28 A
EUA (I+Pe) (kg m^{-3})	18,76 A	34,26 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As EUA para os cultivos consorciados em 2010 e 2011 estão apresentadas na Tabela 17. Como para os monocultivos, os cultivos consorciados também não apresentaram diferenças significativas com relação ao uso de cobertura nos dois anos de cultivo. Os valores de EUA para o ano de 2011 foram menores com relação a 2010, devido ao fato da lâmina de água aplicada ter sido maior que em 2010.

Lima (2007) trabalhando com o uso da cobertura morta de gliricídia na cultura da alface encontrou valores de eficiência do uso da água superiores com o uso de cobertura para as lâminas de 50, 80, 100 e 115% da evapotranspiração da cultura quando comparados com o cultivo sem cobertura.

Carvalho et al. (2011) avaliando o efeito da cobertura morta de gliricídia na eficiência do uso da água na cultura da beterraba, observaram diferenças significativas na EUA comparando o cultivo com ($32,7 \text{ kg m}^{-3}$) e sem cobertura ($17,85 \text{ kg m}^{-3}$).

Tabela 17. Uso eficiente da água para os cultivos consorciados, com e sem cobertura, sob manejo orgânico, durante os períodos de cultivo em 2010 e 2011

Eficiência no uso da água	Com cobertura	
	2010	2011
EUA I (kg m^{-3})	36,04 A	28,37 A
EUA (I+Pe) (kg m^{-3})	32,45 A	27,24 A
Sem cobertura		
EUA I (kg m^{-3})	34,50 A	27,33 A
EUA (I+Pe) (kg m^{-3})	30,99 A	26,15 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.4.2. Cultivos consorciados com cobertura vegetal morta sob diferentes lâminas de irrigação (2011)

A Figura 16 apresenta a EUA para o cultivo consorciado nas diferentes lâminas testadas. A lâmina controle foi a que proporcionou os maiores valores de EUA de irrigação ($28,4 \text{ kg m}^{-3}$) e EUA ($27,2 \text{ kg m}^{-3}$).

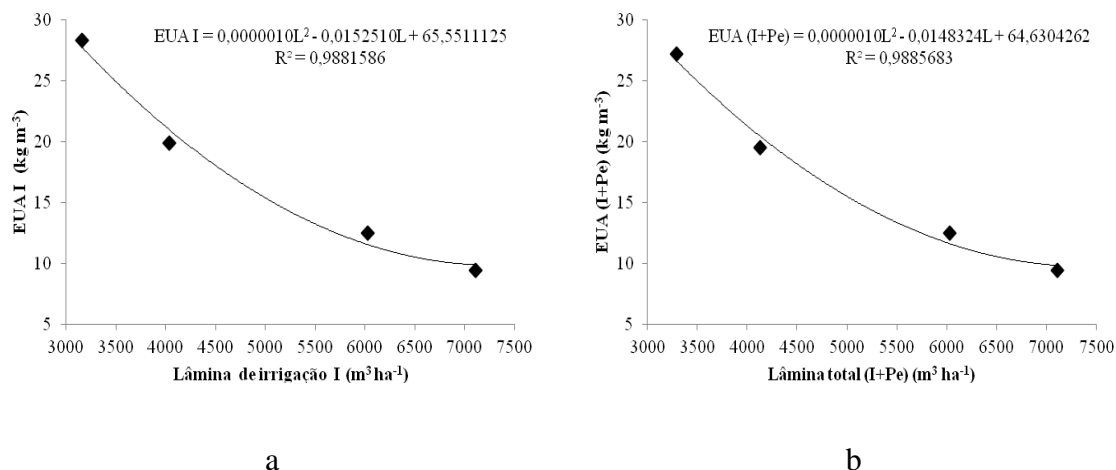


Figura 16. Eficiência do uso da água de irrigação (a) e total (b) sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo consorciado com cobertura, sob manejo orgânico, durante o período de cultivo em 2011.

No cultivo da beterraba sob cobertura morta de gliricídia e utilizando seis diferentes lâminas de irrigação, Carvalho et al. (2011) encontraram ajuste da regressão linear para EUA, apresentando variações de $35,76 \text{ kg m}^{-3}$ (85 mm) a $21,01 \text{ kg m}^{-3}$ (187 mm). Para o estudo sem cobertura morta do solo, o melhor ajuste da regressão encontrado foi o quadrático, proporcionando EUA máxima de $22,80 \text{ kg m}^{-3}$, para uma lâmina aplicada de 93,8 mm.

5. CONCLUSÕES

No sistema consorciado, a cultura da alface afetou o rendimento da cultura da cenoura, proporcionando, no entanto, valores de Índice de Equivalência de Área superiores a 1,0.

A utilização da cobertura morta com gliricídia não proporcionou aumento de produção nos cultivos solteiro e consorciado, para as condições estudadas, mas aumentou significativamente o diâmetro das raízes de cenoura, em 2010 e 2011 e das cabeças de alface em 2011.

No sistema de consórcio com cobertura morta, a lâmina de irrigação controle proporcionou maior produtividade de alface e de raízes de cenoura e a máxima Eficiência no Uso da Água. A podridão das raízes de cenoura aumentou proporcionalmente as lâminas de irrigação em 2011

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, P.E.P de; DURÃES, F.O.M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, ed. 1, p. 227-252, 2008.
- ALENCAR, C.A.B; CUNHA, F.F.; RAMOS, M.M.; SOARES, A.A.; PIZZILOLO, T.A.; OLIVEIRA, R.A. Análise da automação em um sistema de irrigação convencional fixo por miniaspersão. **Engenharia na Agricultura**, v.15, n.2, p. 109-118, 2007.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO - **Irrigation and drainage Paper**, n. 56, p. 301, 1998.
- ALVES, G.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p.127-132, 1995.
- AMARO, G.B.; SILVA, D.M.; MARINHO, A.G.; NASCIMENTO, W.M. **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Embrapa hortaliças: Circular Técnica 47, 16p, 2007.
- ANDRADE, F.V. **Valor agroeconômico do consórcio alface e cenoura em dois sistemas de cultivos em faixas**. Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 45f, 2002. (Dissertação Mestrado)
- ARAÚJO, R.C.; SOUZA, R.J.; SILVA, A.M.; ALVARENGA, M.A.R. Efeitos da cobertura morta do solo sobre a cultura do alho (*Allium sativum* L.). **Ciência e Prática**, v.17, n.3, p.228-233, 1993.
- BARROS JÚNIOR, A.P.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z.; OLIVEIRA, E.Q.; SILVEIRA, L.M.; CÂMARA, M.J.T. Desempenho agrônômico do bicultivo da alface em sistemas consorciados com cenoura em faixa sob diferentes densidades populacionais. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.3, p.712-717, 2005.
- BAUMANN, D.T.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M.J. Competition and crop performance in a leek-celery intercropping system. **Crop Science**, v. 41, n. 5, p. 764-774, 2001.
- BEZERRA, A.P.A.; PITOMBEIRA, J. B.; TÁVORA, F.J.A.F.; VIDAL NETO, F.C. Rendimento, componentes da produção e uso eficiente da terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e sorgo x milho. **Ciência Agrônômica**, v.38, n.1, p.104-108, 2007.
- BEZERRA NETO, F.; ANDRADE, F.V.; NEGREIROS, M.Z.; SANTOS JÚNIOR, J.S. Desempenho agroeconômico do consórcio cenoura x alface lisa em dois sistemas de cultivo em faixa. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.4, p.635-641, 2003.

- BEZERRA NETO, F.; GOMES, E.G.; NUNES, G.H.S.; BARROS JÚNIOR, A.P. Análise multidimensional de consórcios cenoura-alface sob diferentes combinações de densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.12, p.1697-1704, 2007.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo com palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, n.3. p.369-374, 1990.
- CAETANO, L.C.S.; FERREIRA, J.M.; ARAÚJO, M.L. de. Produtividade de cenoura e alface em sistema de consorciação. **Horticultura Brasileira**, v.17, n.2, p. 143-146, 1999.
- CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C. Irrigas: novo sistema para o controle da irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11, 2001, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: ABID, p.177-182, 2001.
- CARDENAS-LAILHACAR, B. **Sensor-based automation of irrigation of Bermuda grass**. University of Florida, Gainesville, 224p. 2006. (M.S. Thesis)
- CARTER, I.; JOHNSON, C. Influence of different types of mulch on eggplant production. **Hortscience**, v.23, n.1, p.36, 143-145, 1990.
- CARVALHO, D.F. & OLIVEIRA, L.F.C. Planejamento e manejo da água na agricultura irrigado. Editora UFV. 2012. (No prelo)
- CARVALHO, D.F.; OLIVEIRA NETO, D.H.; SILVA, D.G. Economia e eficiência de “gota em gota”. **Revista A Granja**, p.34-37, 2009.
- CARVALHO, D.F.; OLIVEIRA NETO, D.H.; RIBEIRO, R.L.D.; GUERRA, J.G.M.; ROUWS, J.R.C. Manejo da irrigação associada a coberturas mortas vegetais no cultivo orgânico da beterraba. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.2, p.269-277, 2011.
- CECÍLIO FILHO, A.B. & MAY, A. Produtividade das culturas de alface e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.3, p.501-504, 2002.
- CLARK, G.A.; STANLEY, C.D.; MAYNARD, D.N. Tensiometer control vs. tomato crop coefficients for irrigation scheduling. St. Joseph, MI: **ASAE**. ASAE Meeting Paper, p.94-2118, 1994.
- CREAGUR, R.A.; KATCHUR, D. An evaluation on plastic and fibrous materials as mulches for total control vegetation. **Hortscience**, v.10, n.1, p.482, 1975.
- CRUZ, F.A. **Instalação e calibração de lisímetros de pesagem, e determinação da ETo para a região de Seropédica-RJ**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 52p, 2005. (Dissertação mestrado)

DE-POLLI, Helvécio et al. **Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro**. Seropédica: Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1988. 179p.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, v. 57, n.1, p.191-2, 2000.

DUARTE, R.L.R.; ANDRADE Jr. A.S.; SILVA, P.H.S.; RIBEIRO, V.Q. Avaliação de cultivares de alface nos períodos chuvoso e seco em Teresina - PI. **Horticultura Brasileira**, v.2, n.10. p.106-108, 1992.

DUKES, M.D. & J.M. SCHOLBERG. Soil moisture controlled subsurface drip irrigation on sandy soils. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 21, n.1, p.89-101, 2005.

DUKES, M. D.; SIMONNE, E.H.; DAVIS, W.E.; STUDSTILL, D.W.; HOCHMUTH, R. Effect of sensor-based high frequency irrigation on bell pepper yield and water use. In **Proceedings 2nd International Conference on Irrigation and Drainage**, Phoenix, AZ: p.665-674, 2003.

EMATER-RIO- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro. **Sistema de acompanhamento da produção agrícola (ASPA)**. 2010. Disponível em: <http://www.emater.rj.gov.br/tecnica.asp>. Acessado em 26 de dezembro de 2011.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo da cenoura**. 2000. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cenoura/clima.htm>. Acessado em 08 de dezembro de 2011.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo da cenoura**. 2000. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cenoura/plantio.htm>. Acessado em 08 de dezembro de 2011.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Hortaliças em números. **Situação da produção de hortaliças no Brasil**. 2008. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicasemnumeros/hortalicasemnumeros.htm>. Acessado em 13 de dezembro de 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306 p, 2006.

FAGERIA, N. K. Sistemas de cultivo consorciado. In: FAGERIA, N. K. (Ed.). **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: Embrapa-DPU, p.185-196, 1989.

FARIA, C.M.B.; SOARES, J.M.; LEÃO, P.C.S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.28, n. 4, p.641-648, 2004.

FEIDEN, A. **Conversão de Sistemas de Produção Convencionais para Sistemas de Produção Orgânicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 20p, 2001. (Embrapa CNPAB. Documentos, 139).

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.

FIALHO, J.F.; BORGES, N.F.; BARROS, N.F. Cobertura vegetal e as características químicas e físicas e atividades da microbiótica de um Latossolo Vermelho-amarelo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.1, p.21-28, 1991.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 412 p, 2008.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2 ed. Viçosa: UFV, 412 p, 2003.

FONTES, P.C.R. et al. **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 486p, 2005.

GAO, Y.; DUAN, A.; SUN, J.; LI, F.; LIU, Z.; LIU, H.; LIU, Z. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. **Field Crops Research**, v. 111, n. 1-2, p. 65-73, 2009.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, ed. 2, p. 653, 2001.

GRANGEIRO, L.C.; NEGREIROS, M.Z.; SANTOS, A.P.; COSTA, L.M.; SILVA, A.R.C.; LUCENA, R.R.M. Crescimento e produtividade de coentro e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.55-60, 2008.

HOBBS, P.R.; SAYRE, K.; GUPTA, R. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 363, n. 1491, p. 543-555, 2008.

HONGJIAO, C.; MINSHENG, Y.; CUI, L. Effects of intercropping systems on community composition and diversity of predatory arthropods in vegetable fields. **Acta Ecologica Sinica**, v. 30, n.4, p.190-195, 2010.

HORTBRASIL- **Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura**, 2002. Disponível em: <http://hortibrasil.org.br/> Acessado em 13 de janeiro de 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006: Brasil, grandes regiões e unidades da federação** - primeiros resultados. Rio de Janeiro, 2009

ILANY, T.; ASHTON, M.S.; MONTAGNINI, F.; MARTINEZ, C. Using agroforestry to improve soil fertility: effects of intercropping on *Ilex paraguariensis* (yerba mate) plantations with *Araucaria angustifolia*. **Agroforestry Systems**, v. 80, n. 3, p. 399-409, 2010.

LACOMBE, S.; BRADLEY, R.L.; HAMEL, C.; BEAULIEU, C. Do tree-based intercropping systems increase the diversity and stability of soil microbial communities. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 131, n.1-2, p.25-31, 2009.

LEITE, H.M.F.; TAVELLA, L.B.; MOTA, L.H.S.O.; ALMEIDA, F.A.; BRAVIN, M.P.; DIAS, J.R.M. Cultivo consorciado de olerícolas em sistema agroecológico. **Ciências Agrárias**, v.54, n.1, p.12-19, 2011.

LIMA, M.E. **Avaliação do desempenho da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivado em sistema orgânico de produção, sob diferentes lâminas de irrigação e cobertura do solo**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 55p, 2007. (Dissertação Mestrado)

LIMA, M.E. ; CARVALHO, D.F.; SOUZA, A.P.; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R.L.D. Desempenho da alface em cultivo orgânico com e sem cobertura morta e diferentes lâminas d'água. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.6, p.1503-1510, 2009.

LUENGO, R.F.A.; PARMAGNANI, R.M.; PARENTE, M.R. & LIMA, M.F.B. **Tabela de composição nutricional das hortaliças**. Embrapa Hortaliças, 2000. 4p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 355 p.

MAROUELLI, W.A.; CALBO, A.G.; CARRIJO, O.A. Viabilidade do uso de sensores do tipo Irrigas® para o manejo da irrigação de hortaliças cultivadas em substratos. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, p. 286, 2003.

MAROUELLI, W.A.; OLIVEIRA, R.A.; SILVA, W.L.C. **Irrigação da cultura da cenoura**. Embrapa hortaliças, 13 p., 2007. (Circular Técnica 48).

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 150p, 2008.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5ª ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 72p, 1996.

MEDICI, L.O.; ROCHA, H.S.; CARVALHO, D.F.; PIMENTEL, C.; AZEVEDO, R.A.A. Automatic controller to water plants. **Scientia Agricola**, v.67, n.6, p.727-730, 2010.

MONTEZANO, E.M. & PEIL, R.M.N. Sistemas de consórcio na produção de hortaliça. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.2, p.129 -132, 2006.

MORGAN, K.T.; PARSONS, L.R.; WHEATON, T.A. Comparison of laboratory- and field-derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. **Plant and Soil**, v.234, n.2, p.153-157, 2001.

MOURA NETO, E.L. **Efeito da cobertura morta sobre a produção de quatro cultivares de coentro no município de Mossoró – RN**. 27 p., 1993. (Monografia de graduação)

MULLER, A. M.; PAULUS, G.; BARCELLOS, L.A.R. **Agroecologia aplicada: práticas e métodos para uma agricultura de base ecológica**. EMATER/RS, 86 p., 2000.

MUÑOZ-CARPENA, R. & DUKES, M.D. Automatic irrigation based on soil moisture for vegetable crops. *Rep. ABE356*, **Institute of Food and Agricultural Sciences**, Univ. of Florida, Gainesville, 2005.

NEGREIROS, M.Z.; BEZERRA NETO, F.; PORTO, V.C.N.; SANTOS, R.H.S. Cultivares de alface em sistemas solteiro e consorciado com cenoura em Mossoró. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, p.162-166, 2002.

NELSON, R.A.; CRAMB, R.A.; MENZ, K.M.; MAMICPIC, M.A. Cost-benefit analysis of alternative forms of hedgerow intercropping in the Philippine uplands. **Agroforestry Systems**, v. 39, n. 3, p. 241-262, 1998.

NEVES, M.C.P.; GUERRA, J.G.M.; CARVALHO, S.R.; RIBEIRO, R.L.D.; ALMEIDA, D.L. Sistema integrado de produção agroecológica ou fazendinha agroecológica do Km 47. **In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.149-172.

NOGUEIRA, L.C.; DUKES, M.D.; HAMAN, D.Z.; SCHOLBERG, J.M.; CORNEJO, C. Data acquisition and irrigation controller based on CR10X datalogger and TDR sensor. **Proceedings Soil and Crop Science Society of Florida**, n.62, p.38-46, 2002.

OLIVEIRA, E.A.G. **Desenvolvimento de substratos orgânicos, com base na vermicompostagem, para produção de mudas de hortaliças em cultivo protegido**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 65p., 2011. (Dissertação mestrado)

OLIVEIRA, E.Q. **Interações agroeconômicas de alface e rúcula**. Universidade Federal de Lavras, 87 f., 2008. (Tese doutorado)

OLIVEIRA, E.Q.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z.; BARROS JÚNIOR, A.P. Desempenho agroecômico do bicultivo de alface em sistema solteiro e consorciado com cenoura. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.4, p.712-717, 2004.

OLIVEIRA, F.F. **Influência da Cobertura morta com palha de leguminosa e gramínea no desempenho de alface (*Lactuca sativa* L.) sob manejo orgânico.** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 55p., 2005. (Dissertação mestrado)

OLIVEIRA, F.F.; GUERRA, J.G. M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D.; ESPÍNDOLA, J.A.A.; RICCI, M.F.; CEDDIA, M.B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v.26, n. 2, p.216-220, 2008.

OLIVEIRA NETO, D.H.; CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B.; GUERRA, J.G.M.; CEDDIA, M.B. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da beterraba orgânica sob cobertura morta de leguminosa e gramínea. **Horticultura Brasileira**, v.29, n. 3, p.330-334, 2011.

PERRY, C.; STEDUTO, P.; ALLEN, R.G.; BURT, C.M. Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities. **Agricultural Water Management**, v.96, n. 11, p.1517-1524, 2009.

QUEIROZ, T.M. **Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central.** Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 141p., 2007. (Tese doutorado)

REZENDE, B.L.A.; CANATO, G.H.D.; CECÍLIO FILHO, A.B. Influência das épocas de cultivo e do estabelecimento do consórcio na produção de tomate e alface consorciados. **Ciência e agrotecnologia**, v.29, n.1, p.77-83, 2005a.

REZENDE, F.V.; SOUZA, L.S.; OLIVEIRA, P.S.R.; GUALBERTO, R. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.100-105, 2005b.

REN, L.; SU, S.; YANG, X.; XU, Y.; HUANG, Q.; SHEN, Q. Intercropping with aerobic rice suppressed Fusarium wilt in watermelon. **Soil Biology & Biochemistry**, v.40, n. 3, p.834-844, 2008.

ROMERO, R.; MURIEL, J.L.; GARCÍA, I.; MUÑOZ DE LA PEÑA, D. Research on automatic irrigation control: State of the art and recent results. **Agricultural Water Management**, v. 114, p. 59-66, 2012.

SALGADO, A.S.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D.; ESPINDOLA, J.A.A.; SALGADO, J.A. A. Consórcios alface-cenoura e alface-rabanete sob manejo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.7, p.1141-1147, 2006.

SANTOS, C.A.B; ZANDONÁ, S.R.; ESPINDOLA, J.A.A; GUERRA, J.G.M; RIBEIRO, R.L.D. Efeito de coberturas mortas vegetais sobre o desempenho da cenoura em cultivo orgânico. **Horticultura Brasileira** v.29, n. 1, p.103-107, 2011.

SILVA, V.F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z.; PEDROSA, J.F. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, v.18, n.3, p.183-187, 2000.

SILVA, G.O.; CARVALHO, A.D.F.; VIEIRA J.V.; FRITSCHÉ-NETO, R. Adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura. **Horticultura Brasileira**, v.30, n. 1, p.80-83, 2012.

SOUZA, A.P.; LIMA, M. E.; CARVALHO, D.F.; GUERRA, J.G.M.; ANDRADE, I.P.S.; ROCHA, H.S. Influência da decomposição de diferentes resíduos vegetais submetidos a lâminas de irrigação no comportamento da vegetação espontânea. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n. 2, p. 317-324, 2010.

SOUZA, C.F.; MATSURA, E.E.; FOLEGATTI, M.V.; COELHO, E.F.; OR, D. Sondas de tdr para a estimativa da umidade e da condutividade elétrica do solo. **Irriga**, v.11, n.1, p.12-25, 2006.

TAVELLA, L.B.; LEITE, H.M.F.; BRAVIN, M.P.; ALMEIDA, F.A.; FERNANDES, Y.T.D. Consórcio agroecológico entre alface, cenoura e rabanete cultivado nas condições de Rolim de Moura – RO. **Revista Verde**, v.6, n.2, p. 143-148, 2011.

TSUBO, M.; WALKER, S.; OGINDO, H.O. A simulation model of cereal–legume intercropping systems for semi-arid regions I. Model development. **Field Crops Research**, v. 93, n. 1, p. 10-22, 2005.

VANDERMEER, J. The interference production principle: an ecological theory for agriculture. **BioScience**, v.31, n. 5, p.361-364, 1981.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, n.5, p.892-898, 1980.

VAZIFEDOUST, M.; VAN DAM, J.C.; FEDDES, R.A.; FEIZI, M. Increasing water productivity of irrigated crops under limited water supply at field scale. **Agricultural Water Management**, v.95, n. 2, p.89 - 102, 2008.

VIEIRA, J.V; PESSOA, H.B.S. V; MAKISHIMA N. **Cultivo da cenoura (Daucus carota L.)**. EMBRAPA-CNPQ, 19p., 1997. (Instruções técnicas da Embrapa Hortaliças, 13)

VIETS, F.G. Fertilizers and the efficient use of water. **Advances in Agronomy**, v. 14, n. 1962, p. 223-264, 1962.

VILAS BOAS, C.R.; CARVALHO, J.A.; GOMES, L.A.A; SOUZA, J.S.; RODRIGUES, R.C.; SOUSA, A.M.G. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.4, p.393-397, 2007.

WILLEY, R.W. Resource use in intercropping systems. **Agricultural Water Management**, v.17, n. 1-3, p.215-231, 1990.

YURI, J. E. **Avaliação de cultivares de alface americana em duas épocas de plantio em dois locais do Sul de Minas Gerais**. Universidade Federal de Lavras, 51 f., 2000. (Dissertação mestrado)

ZHANG, B.C.; HUANG, G.B.; LI, F.M. Effect of Limited Single Irrigation on Yield of Winter Wheat and Spring Maize Relay Intercropping. **Pedosphere**, v.17, n. 4, p. 529-537, 2007.

ZHANG, F.; SHEN, J.; LI, L.; LIU, X. An overview of rhizosphere processes related with plant nutrition in major cropping systems in China. **Plant and Soil**, v.260, n.8, p.89-99, 2004.

7. ANEXO 1

Equação de calibração da TDR

As curvas de calibração da TDR com os valores observados no campo para constante dielétrica (k_a) e umidade do solo para a profundidade de 0,15 m é apresentada na Figura 15. Para a profundidade de 0,15 m os valores máximo e mínimo de umidade encontrada para este solo foram de $0,309 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $0,218 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, respectivamente. Para este estudo os valores do coeficiente de correlação (R^2) para a profundidade de 0,15 m foi de 0,7525, indicando que o modelo matemático gerado explica 75,25% da variação da umidade do solo para a respectiva profundidade.

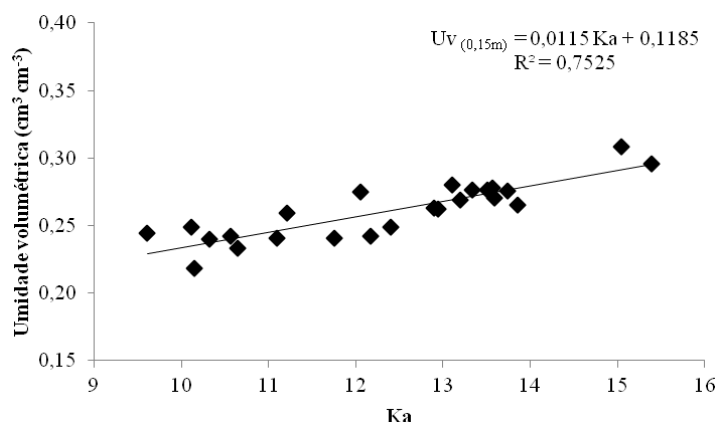


Figura 15. Curva de calibração da TDR para a profundidade de 0,15 m.