

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**USO DE POLÍMERO HIDRORETENTOR NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DA CENOURA SOB IRRIGAÇÃO SUPERFICIAL E
SUBSUPERFICIAL**

ANTONIO FERNANDO TELES RODRIGUES

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL**

2016

**USO DE POLÍMERO HIDRORETENTER NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DA CENOURA SOB IRRIGAÇÃO SUPERFICIAL E
SUBSUPERFICIAL**

ANTONIO FERNANDO TELES RODRIGUES

Engenheiro Agrônomo

Orientador: PROF. DR. GUILHERME AUGUSTO BISCARO

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2016

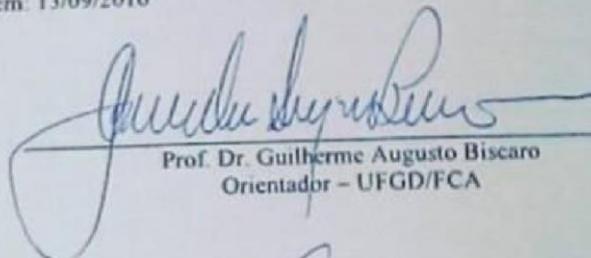
USO DE POLÍMERO HIDRORETENTOR NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA
CENOURA SOB IRRIGAÇÃO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL

por

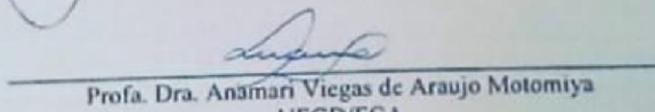
ANTONIO FERNANDO TELES RODRIGUES

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

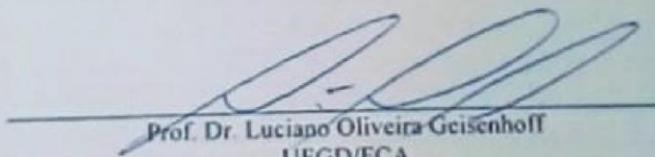
Aprovada em: 13/09/2016



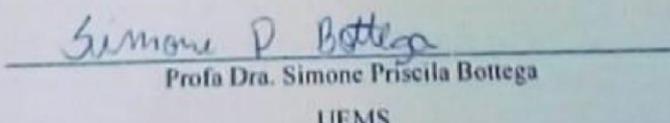
Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro
Orientador - UFGD/FCA



Profa. Dra. Anamari Viegas de Araujo Motomiya
UFGD/FCA



Prof. Dr. Luciano Oliveira Geisenhoff
UFGD/FCA



Profa. Dra. Simone Priscila Bottega
UEMS

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R696u Rodrigues, Antonio Fernando Teles

Uso de polímero hidroretentor na produtividade e qualidade da cenoura sob irrigação superficial e subsuperficial / Antonio Fernando Teles Rodrigues - Dourados: UFGD, 2016.

54f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. cenoura. 2. irrigação localizada. 3. polímero hidroretentor. 4. pós colheita.

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

Dedicatória

Dedico esse trabalho à minha Avó materna Maria Emília de Souza (*in memoriam*), que infelizmente não pode estar presente neste momento, e não poderia deixar de dedicar a ela, uma pessoa excepcional. É com todo meu amor e gratidão, por lembrar de todos os momentos mais felizes de minha vida, especialmente por ser um alicerce no meu crescimento, e formação, me dizendo sempre para buscar o caminho da fé e perseverança. Todos os bons exemplos passados, estarão presentes em minha vida, e continuarei no propósito de realizar os meus sonhos.

“Vó, não consigo mensurar o quanto sinto saudade, mas o meu amor será eterno”.

Dedico também à minha Tia Jovelina Rodrigues (*in memoriam*), que em sua jornada de vida, não ensinou somente à minha pessoa, mas toda a família, e pessoas que sempre estavam em sua volta, por passar no seu silêncio uma reflexão sobre o que é a vida, da maneira como preceder e encarar os desafios diários, e principalmente as dificuldades de saúde. Tia você deixou um legado em minha vida, me ajudou a enxergar de como viver e conhecer melhor o ser humano. Sempre estará em meu coração.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que nos momentos de desespero, o impossível se fez possível. Por me ajudar a superar cada dia as dificuldades no percurso de minha vida, pela esperança, fé, consolo e sabedoria, que me iluminou e me deu forças, que nem eu mesmo acreditava, e por me conduzir sempre no caminho da verdade, amor e justiça.

Aos meus pais, Manoel Rodrigues e Maria Eulalia T. de Carvalho, que contribuíram para minha formação, sempre com seus zelos, amor, amparo, educação e com muitos esforços. Por suportar estes longos períodos de ausência e mesmo assim me incentivaram e me deram forças para concluir este Mestrado. Vocês são as razões desta luta!

A minha grande irmã Cícera Fernanda T. Carvalho, que sempre me apoiou em todos os momentos. Pela confiança, amor e companheirismo que recebi durante toda essa jornada, além do incentivo de sempre seguir meus sonhos, mesmo quando eu já estava cansado, sempre me impulsionou em sabedoria à seguir em frente. Agradeço as alegrias, tristezas, suor e conquistas que foram compartilhadas...Obrigado por tornar as minhas noites mais alegres, sempre conseguindo um espaço durante sua Graduação e Pós Graduação, para podermos nos reencontrar e termos aquela boa conversa e claro, nossos risos. Amo imensamente...

Ao Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro, pela orientação, amizade, paciência, incentivo e palavras de ânimo. Sempre contribuindo com as sugestões relevantes e informações técnicas e científicas no decorrer deste experimento. Pela atenção que me dispensou em momentos críticos, demonstrando compreensão e discernimento.

Ao Prof. Dr. Luciano Oliveira Geisenhoff, pelos ensinamentos, críticas construtivas, conselhos e sugestões para melhoria deste trabalho.

Aos Professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos durante todas as disciplinas cursadas, e nos encontros em seus escritórios e corredores.

A Prof^{ta}. Dr^a. Anamari Viegas de Araújo Motomiya, por sempre estar disponível a me ajudar, discutindo sempre as informações úteis ao meu trabalho. Sou grato pela oportunidade de conhece-la no decorrer deste experimento.

A minha maravilhosa equipe de trabalho, fazendo notório, Aline Borelli, Francielli Schwerz, Juliana Mattos, Miriam Alves, que sempre me ajudaram desde a implantação até a avaliação dos dados. Sem vocês o trabalho seria difícil e menos divertido. E tivemos muito do que compartilhar...É um quarteto inesquecível. Sempre vou lembrar!

Aos amigos do Mestrado, turma de 2014, pelo auxílio, ajuda, atenção, paciência, desabafos, risadas e conversas descontraídas, que proporcionaram momentos únicos nesta jornada. Por ter a oportunidade de conhece-los e conviver neste período de curso, principalmente nos horários de almoço, o qual foram mais rotineiros, em especial

Denise N. Fabris, Cristina Cotrim, Camila Missio, Amilcar Niz, Gutemberg Deboleto e Everton Caires. Vocês garantiram uma convivência agradável!

Aos meus amigos de longa data, que estiveram ao meu lado desde o Primeiro Grau até Graduação, particularmente, Janaina Costa, Nádia Diniz, Mariana Costa, Lucas Velleda, Ricardo Espíndola, Fernando Ornevo, Jean Sales, Daniele Cristina, Khatarine Zanabria e Ana Lopes. Obrigado por compartilharem comigo os momentos bons e sempre com palavras de otimismo nos momentos difíceis em mais uma etapa de minha vida, sempre me fazendo sorrir, tornando o dia mais alegre, e com constante entusiasmo para a diversão e descontração. Ficam meus sinceros agradecimentos!

A secretária Diani Pereira, pelos auxílios e disposição nos momentos de dúvida, e também ao servidor Sassá, que ajudou muito na condução do experimento.

Ao Programa de Pós Graduação *Scripto Sensu* em Engenharia Agrícola – Universidade Federal da Grande dourados (UFGD) pela oportunidade na liberação para cursar este Mestrado.

A CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5. CONCLUSÕES.....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Intumescimento de uma rede polimérica de um polímero hidrofílico.	7
Figura 2. Temperaturas diárias máximas, mínimas do ar e precipitações ocorridas no período do experimento. Dourados, MS, 2015.	10
Figura 3. Incorporação do polímero hidroretentor nos canteiros. Área de Irrigação e Drenagem, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), UFGD, Dourados-MS (Fonte: Rodrigues, 2015).	11
Figura 4. Vista parcial do experimento com o sistema de irrigação montado. Área de Irrigação e Drenagem, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), UFGD, Dourados-MS, 2015.	12
Figura 5. Vista de uma parcela experimental sob gotejamento superficial e subsuperficial, cultivo de cenoura. Área de Irrigação e Drenagem, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), UFGD. Dourados, MS, 2015 (Fonte: Rodrigues, 2015)	13
Figura 6. Curva de retenção da água no solo gerada utilizando o modelo de van Genuchten (1980). UFGD. Dourados, MS, 2015.....	17
Figura 7. Representação gráfica da estimativa da evapotranspiração de referência e distribuição da irrigação e precipitação durante o período do experimento. Dourados, MS, 2015.	22
Figura 8. Altura da parte aérea (cm) de cenoura sob doses de polímero hidroretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.	24
Figura 9. Comprimento de raiz (cm) de cenoura sob doses de polímero hidroretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.	25
Figura 10. Massa fresca de raiz (g) de cenoura sob doses de polímero hidroretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.	26
Figura 11. Massa seca de raiz (g) de cenoura sob doses de polímero hidroretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.	27
Figura 12. Produtividade de raiz ($t\ ha^{-1}$) de cenoura sob doses de polímero hidroretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.	29

Figura 13. Sólidos solúveis (°Brix) de cenoura sob doses de polímero hidroretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.	30
Figura 14. Firmeza (N) de cenoura sob doses de polímero hidroretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.	31
Figura 15. Vitamina C (m%) de cenoura sob doses de polímero hidroretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.	32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Resultado da análise química do solo da área experimental. Dourados, MS, 2015. 9
- Tabela 2.** Resumos das análises de variância da altura da parte aérea (APA), comprimento de raiz (CR), diâmetro de raiz (DR), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), e produtividade de raiz (PR), em relação à formas de gotejamento e as doses de polímero hidroretentor. Dourados, MS, 2015..... 23
- Tabela 3.** Resumos das análises de variância do pH, sólidos solúveis (°Brix), firmeza (N) acidez total titulável (ATT) e vitamina C (m%) da cenoura, em relação à forma de gotejamento e as doses de polímero hidroretentor, Dourados, MS, 2015. 29

RESUMO

RODRIGUES, ANTONIO FERNANDO TELES¹; BISCARO, GUILHERME AUGUSTO². **Uso de polímero hidroretentor na produtividade e qualidade da cenoura sob irrigação superficial e subsuperficial.** 2016. 53 p. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados.

¹ Mestrando em Engenharia Agrícola, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD.

² Orientador, Docente Adjunto da Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD.

O consumo de hortaliças têm tornado uma mudança no hábito alimentar da população, pois possuem alto valor nutritivo, além de vitaminas e sais minerais. Uma das hortaliças na escolha do consumidor é a cenoura, pois reúne inúmeros benefícios para a nutrição humana, onde sua principal parte utilizável na alimentação é a raiz, que fornece quantidades essenciais de nutrientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e qualidade da cenoura, submetida a doses de polímero hidroretentor no solo em função da disposição de mangueiras gotejadoras. A pesquisa foi desenvolvida na área experimental de Irrigação e Drenagem da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados-MS. Os tratamentos foram constituídos por duas posições de instalação das mangueiras gotejadoras, superficial e subsuperficial, e seis doses de polímero hidroretentor (0, 10, 20, 30, 40, 50 g m⁻²). O delineamento experimental utilizado foi em blocos no esquema de parcelas subdivididas com cinco repetições. Aos 100 dias após a semeadura foi realizada a colheita, sendo avaliados os seguintes parâmetros: altura da parte aérea (cm), diâmetro da raiz (mm), massa fresca da folha e raiz (g), massa seca de folhas e de raiz (g). E parâmetros de qualidade: pH, firmeza, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, vitamina C. Todas as variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância pelo teste F, para comparação das médias as fontes de variação de gotejamento, e doses de polímero hidroretentor aplicou-se o modelo de regressão. Conclui-se que a produtividade respondeu significativamente, e mostrou-se melhor eficiência para o gotejamento superficial. Quanto aos parâmetros de comprimento de raiz, massa fresca, altura da parte aérea, a dose que proporcionou maior desempenho foi de 40 g m⁻², utilizando o gotejamento subsuperficial. Para os parâmetros de qualidade, a dose que correspondeu melhor foi de 30 g m⁻² de polímero hidroretentor, com o gotejamento superficial.

Palavras-chaves: *Daucus carota* L., irrigação localizada, gotejamento, polímero hidroretentor, pós-colheita.

ABSTRACT

RODRIGUES, Antonio Fernando Teles¹; BISCARO, Guilherme Augusto². **Use hidoretentor polymer productivity and quality of carrot under surface and subsurface irrigation.** 2016. 54 p. Dissertation (Master's degree in Agricultural Engineering) – Universidade Federal da Grande Dourados.

¹ Mestrando em Engenharia Agrícola, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD.

² Orientador, Docente Adjunto da Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD.

The consumption of vegetables have made a change in the food habits of the population, as they have high nutritional value, as well as vitamins and minerals. One of vegetables in consumer choice is the carrot, it brings numerous benefits for human nutrition, where his main usable part of the diet is the root, which provides essential amounts of nutrients. The objective of this study was to evaluate the productivity and quality of carrot subjected to hidoretentor polymer doses in the soil due to the disposal of gotejadoras hoses. The survey was developed in the experimental area of Irrigation and Drainage Faculty of Agricultural Sciences (FCA) of the Federal University of Grande Dourados (UFGD) in the municipality of Dourados-MS. The treatments consisted of two positions of installation of dripper hoses, surface and subsurface and six hidoretentor polymer doses (0, 10, 20, 30, 40, 50 g m⁻²). The experimental design was in blocks in split plot with five repetitions. At 100 days after sowing the crop has been harvested, and evaluated the following parameters: shoot height (cm), root diameter (mm), fresh weight of leaf and root (g), dry weight of leaves and root (g). And quality parameters: pH, firmness, soluble solids, titratable acidity, vitamin C. All the evaluated variables were subjected to analysis of variance by the F test to compare means the drip sources of variation, and hidoretentor polymer doses applied the regression model. It follows that the productivity significantly responded, and it showed better efficiency for surface dripping. As for the root length parameters, fresh weight, shoot height, the dose provided greater performance was 40 g m⁻² using subsurface drip. For quality parameters, the dose that corresponded best was 30 g m⁻² of hidoretentor polymer with the surface drip.

Keywords: *Daucus carota* L., drip irrigation, drip, hidoretentor polymer, post-harvest.

1. INTRODUÇÃO

Uma das perspectivas que exerce grande importância no agronegócio mundial, é a irrigação, sendo considerado um dos fatores que tem impulsionado a modernização da agricultura, onde mostram benefícios e números satisfatórios, entretanto, levando sempre em consideração os conceitos técnicos e aplicando-o de forma prática para se obter maiores produtividades, e maiores rendimentos socioeconômicos para os produtores rurais.

A olericultura é um dos ramos da atividade agrícola que requer grande quantidade de água, além de manejo do solo, uso de defensivos e fertilizantes agrícolas (REZENDE, 2008). Dentre as diversas hortaliças que tem seus destaques no Brasil por vários aspectos socioeconômicos, a cenoura em especial é uma delas, pois agrega uma grande quantidade de mão-de-obra intensa, durante o seu ciclo de produção (OLIVEIRA et al., 2005).

Assim, é importante a adoção de uma estratégia de irrigação para economizar água, sem colocar em risco as culturas. Para se obter êxito na horticultura irrigada, é de suma importância o manejo de todos os fatores que interferem no desenvolvimento e rendimento da cultura. Além disso, é de grande necessidade pesquisas voltadas para o cultivo irrigado, e com isso desenvolver inovações, aperfeiçoar a prática, discutir dados específicos e disponibilizar informações precisas, tornando-as transparentes para os produtores e irrigantes.

Por um lado, o uso da agricultura irrigada gera cerca de 40% da produção mundial de alimentos, por outro, a limitação dos recursos hídricos e energéticos exige a sua otimização, principalmente se considerarmos os estudos que indicam que nos próximos 35 anos a produção atual de alimentos deve crescer cerca de 60%, para dispor frente as futuras demandas de alimentos (CAMPO E NEGÓCIO, 2015).

Vários sistemas de irrigação tem sido pesquisados, com o intuito de alavancar a produtividade e tornar o manejo da irrigação eficaz. Com isto, alguns métodos, como por exemplo o gotejamento, torna-se uma alternativa para um projeto de irrigação.

Para Gomes (2009), a eficiência da irrigação por gotejamento pode chegar até 95%, ou seja, o total de água aplicado à cultura, o mesmo é utilizado para satisfazer as suas necessidades hídricas.

Pode-se ter algumas vantagens com esse sistema, como, diminuição de plantas daninhas, facilidade de aplicação de fertilizantes. Uma das causas da escassez hídrica é o manejo inadequado da água nas lavouras, bem como seu uso irracional, prejudicando o meio ambiente e não tornando-o sustentável.

Por isso, polímeros ou hidrogéis estão sendo pesquisados como condicionadores hídricos do solo, afim de otimizar a irrigação e também uma alternativa, que em situações em que a disponibilidade de nutrientes seja escassa, sem comprometer a qualidade dos solos.

Vários trabalhos com o uso de hidrogéis são encontrados com mais frequência em mudas de espécies florestais ou algumas perenes, como por exemplo, o café, que comprovam a sua utilização e também eficiência. Porém, se encontra poucas pesquisas voltadas com o emprego do polímero ou hidrogéis para a horticultura.

De acordo com Bernardi et al. (2005), o polímero hidroretentor tem a capacidade de acumular grande quantidade de água, entretanto, é necessário a realização de estudos, como doses, formas de utilização para as culturas, além das condições edafoclimáticas. Por essa razão, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o uso de doses de polímero hidroretentor, utilizando dois sistemas de irrigação localizada por gotejamento, na produtividade e qualidade da cenoura no município de Dourados – MS.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A cenoura (*Daucus carota L.*) pertence à família Apiaceae, é originária da região onde hoje se localiza o Afeganistão, sendo de coloração alaranjada selecionada a partir de material asiático, e trabalhado na França e na Holanda durante o século XVII.

A parte utilizável é uma raiz pivotante, tuberosa, carnuda, lisa reta e sem ramificações, de formato cilíndrico ou cônico e apresenta um turfo de folhas, em posição vertical e quando em pleno vigor vegetativo, alcança de 30 a 60 cm de altura. A raiz deve encontrar ótimas condições no solo para se desenvolver sem deformações (VIEIRA; MAKISHIMA, 2000; FILGUEIRA, 2003).

As raízes bem desenvolvidas, uniformes, lisas retas, sem as raízes secundárias e com comprimento e diâmetro variando de 15 a 20 cm e de 3 a 4 cm, respectivamente, estas são as preferidas pelo mercado consumidor brasileiro (VIEIRA et al., 1997), pois são ricas principalmente em retinol (vitamina A), alfa-caroteno e betacaroteno, e do ponto de vista nutricional é considerada fonte de vitaminas e minerais (TEÓFILO et al., 2009).

Segundo o Centro de Estudos em Economia Aplicada (Cepea, 2015), a cenoura é a quinta hortaliça mais cultivada no Brasil e 80% da produção é destinada ao mercado interno. Com uma produção de cenouras estimada em 760 mil toneladas por ano, o país possui uma área de cultivo superior a 20 mil hectares.

De acordo com o Cepea, 2015 as principais regiões produtoras são, Marilândia do sul (PR), Caxias do Sul (RS), Brasília (DF), Irecê (BA) e Tringulo Mineiro/ Alto Paranaíba (MG), à qual geraram na safra de inverno de 2014 uma produtividade média de aproximadamente 46, 62, 73, 28, 78 t ha⁻¹, respectivamente. No Brasil, a produção em 2014 foi de 706,32 mil toneladas, cultivadas em uma área de 24.560 ha, o que proporcionou uma produtividade média de 31,0 t ha⁻¹ (SANTOS et al., 2015).

Os hábitos alimentares da população brasileira consistem na ingestão de alimentos energéticos, ricos em vitaminas e sais minerais, como exemplo, a cenoura (CAETANO et al., 1999).

A escolha da variedade é de suma importância, devido a sensibilidade da cultura às condições climáticas. Entretanto, fatores como temperatura, umidade relativa do ar, fotoperíodo, época de colheita e preferência do mercado consumidor, devem ser

observados na escolha da cultivar adequada a cada região e época de semeadura, a fim de se obter sucesso na exploração comercial de suas raízes (DUDA e REGHIN, 2000).

No período do outono e inverno são utilizadas tradicionalmente as cultivares importadas do grupo “Nantes”, espécie de clima ameno que após o advento de cultivares tolerantes ao calor passou a ser cultivada no Brasil, praticamente durante o ano todo, e na primavera e verão as cultivares nacionais “Kuronan”, “Brasília”, “Kuroda” e mais recentemente as cultivares “Prima”, “Esplanada” e “Planalto” (REGHIN e DUDA, 2000; VIEIRA et al., 2005; VIEIRA et al., 2012).

A temperatura é um dos fatores climáticos mais importante para a produção de raízes. Segundo Vieira e Makishima (2000), temperaturas de 10° a 15°C favorecem o alongamento e o desenvolvimento de coloração característica, enquanto temperaturas superiores a 21 °C estimulam a formação de raízes curtas e de coloração deficiente. Existem cultivares que formam boas raízes sob temperaturas de 18° a 25 °C. Em temperatura acima de 30 °C, a planta tem o ciclo vegetativo reduzido, o que afeta o desenvolvimento das raízes e a produtividade, e temperaturas baixas associadas a dias longos induzem o florescimento precoce, principalmente daquelas cultivares que foram desenvolvidas para plantio em épocas quentes do ano.

Cultivares do grupo “Nantes” são bem produtivas e de melhor qualidade, entretanto, não podem ser plantadas no verão pois são altamente susceptíveis a queima das folhas, que é a doença mais comum da cenoura, causada por *Alternaria dauci*, *Cercospora carotae* e *Xanthomonas campestris*, pv. *carotae*. Caracteriza-se principalmente por uma necrose nas folhas que, dependendo do nível de ataque, pode causar a completa desfolha da planta e, conseqüentemente, resultar em raízes de tamanho pequeno. Os três patógenos que causam a queima das folhas podem ser encontrados na mesma planta, e até em uma única lesão (VIEIRA; MAKISHIMA, 2000).

Por isto, a irrigação é uma prática usada na agricultura com a finalidade de suprir as necessidades hídricas das culturas, tendo em conta a precipitação que ocorre numa região e a distribuição temporal da mesma (RAPOSO, 1996). A irrigação é entendida como a aplicação de água ao solo no qual se desenvolve a agricultura. É também uma técnica que tem o objetivo de suplementar a chuva para manter os teores de água no solo, ideais para o desenvolvimento das plantas, aumentando assim o crescimento, a qualidade do produto e a produtividade do cultivo (BILIBIO et al., 2010).

Atualmente, os produtores irrigantes conhecem várias formas para o manejo racional da irrigação, como a utilização de medidores de umidade no solo. Entretanto, na maioria dos casos, os conhecimentos sobre estas formas de manejo, é a principal falha para o sucesso da irrigação.

Uma das formas é a evapotranspiração, que de acordo com Biscaro (2007) é um processo de fundamental importância para as operações de manejo de sistemas de irrigação, devendo ser determinada com bastante critério para evitar erros na reposição de água para as culturas. Assim como a transpiração das plantas, a evapotranspiração varia de acordo com o desenvolvimento da cultura, que em geral apresenta seu valor máximo no início da floração.

Pode ser determinada ou estimada de diferentes maneiras. De acordo com Miranda et al., (2001), ela pode ser mensurada utilizando métodos diretos ou estimada por meio de informações climáticas. No primeiro método, entre outros, estão incluídos os diferentes tipos de lisímetros e o balanço de água no solo; enquanto no segundo, estão enquadrados os métodos teóricos e empíricos, como os de PENMAN (1948), THORNTHWAITE (1948), BLANEY E CRIDDLE (1950), JENSEN E HAISE (1963), PRIESTLEY e Taylor (1972) e evaporímetros como o tanque “Classe A” (SENTELHAS, 2003), dentre outros. Existem vários métodos empíricos que combinam o efeito do balanço de energia com o poder evaporante do ar, no entanto o método que mais apresenta precisão com o lisímetro é o método de Penman-Monteith (REICHARDT; TIMM, 2012).

Para Bernardo et al., (2005), a irrigação localizada, é a irrigação no qual a água é aplicada na planta e solo, e diretamente na região da raiz, em pequenas quantidades, a fim de manter a umidade do solo próximo a capacidade de campo.

O surgimento do sistema de irrigação por gotejamento ocorreu em 1940, na Inglaterra, onde era utilizado na irrigação e fertilização de cultivos em estufas de vidro. A partir de 1960, passou a ser utilizado como prática rotineira na Austrália, Europa, Israel, México, África do Sul e Estados Unidos (KELLER E KARMELI, 1975). No Brasil, os relatos apontam que foi adotado pela primeira vez em 1972, em um pomar de pêssego, na região de Atibaia, SP (OLITTA, 1989).

O sistema de irrigação por gotejamento é integrado por um sistema de tubos perfurados denominados “emissores” de diferentes tipos e modelos. A água passa a agir no solo a partir das fendas ou perfurações aplicadas ao modelo de tubulação perfurada.

Com isso, o ponto ao qual a água é fornecida é denominado “ponto fonte”. Os “pontos fonte” provocam a formação de um setor irrigado, onde é possível observar a área molhada próximo ao alvo, a planta. Resultado da aplicação apenas no local onde se faz necessária é entre outros a menor superfície de evaporação e menor perda de líquido para o ambiente comparativamente à irrigação por aspersão e por superfície (BERNARDO, 2006).

Na irrigação por gotejamento, a água é conduzida por extensas redes de tubulações com baixa pressão, até próximo ao pé da planta (TELLES, 1985). Este sistema viabiliza um gasto de água, energia e de fertilizantes, além de uma menor incidência de doenças de folha e menor risco de poluição das águas superficiais (LOPES e BUSO, 1999).

Dentre as formas de gotejamentos no solo, há uma forma sobre a superfície do solo que chamamos de gotejamento superficial, podendo utilizar também o termo enterrado, a qual damos o nome de gotejamento subsuperficial.

Oron et al. (1991) mencionam que a utilização de sistemas de irrigação subsuperficial surgiu como uma tecnologia promissora particularmente para áreas onde os recursos hídricos são limitados, como as camadas do solo mais profundas. Assim, a irrigação por gotejamento subsuperficial é uma variação da tradicional irrigação por gotejamento, onde os tubos e emissores são enterrados, diminuindo as perdas por evaporação da superfície do solo, podendo reduzir o consumo de água em até 50% (AYARS et al., 1999).

Segundo a American Society of Agricultural Engineers (ASAE), a irrigação subsuperficial é definida como a aplicação da água abaixo da superfície do solo através de emissores com as mesmas características da irrigação por gotejamento superficial (ASAE STANDARDS, 1996).

Segundo Biscaro (2014), o gotejamento subsuperficial, apresenta as seguintes vantagens: (1) redução de perdas por evaporação; (2) otimização dos fertilizantes injetados; (3) menor ocorrência de danos aos equipamentos; (4) fácil acesso aos tratos culturais sem

danificar o equipamento. E algumas desvantagens, como, entupimento dos emissores devido a entrada de raízes.

Com o intuito de se estabelecer uma ampliação nos estudos para reduzir a perda de água no solo, algumas pesquisas estão sendo desenvolvidas para caracterizar mudanças e aprimorar o uso da irrigação.

No entanto, existem distintas formas e utilização para as mudanças no uso da irrigação. Um destes, destaca-se os hidrogéis, que torna-se cada vez mais eficiente a aquisição pelo seu uso no solo, tradicionalmente chamado de condicionador de solo, ofertando assim, efeitos benéficos, como a melhoria das propriedades físicas e hidráulicas do solo. Entretanto, existem poucos relatos e informações científicas sobre o seu uso.

Os hidrogéis se originaram na década de 1950 quando Wichterle e Lím sintetizaram o primeiro polímero a partir do copolímero 2- hidroxietil metacrilato com etileno-dimetilacrilato, sendo este o primeiro biomaterial designado para a aplicação médica, usado inicialmente como lentes de contato. Mais tarde, outros hidrogéis foram empregados na área de implantes devido a sua biocompatibilidade. O sucesso comercial das lentes de contato estimulou novas pesquisas e interesse nos hidrogéis levando ao desenvolvimento de hidrogéis “inteligentes”, que mudam suas propriedades de acordo com estímulos externos, como alterações de temperatura, pH e campo elétrico (KOPECEK, 2002).

Fonte: RUDZINSKI et al., 2002.

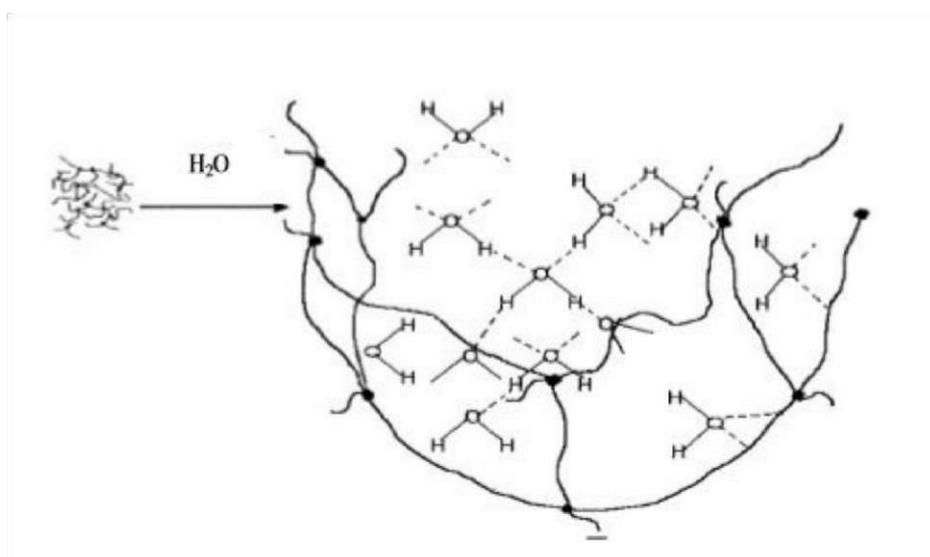


Figura 1. Intumescimento de uma rede polimérica de um polímero hidrofílico. Hidrogéis são polímeros capazes de absorver grande quantidade de água.

Estruturalmente são constituídos por uma ou mais redes poliméricas tridimensionalmente estruturadas, formadas por cadeias de macromoléculas interligadas por ligações covalentes (reticulações) ou interações físicas (OVIEDO et al., 2008).

Os mais utilizados são a poliacrilamida (PAMs), que absorvem água por meio da formação de pontes de hidrogênio, e o poliacrilato de sódio (PAS), no qual o mecanismo de absorção é primeiramente, por osmose. A pressão osmótica faz com que o poliacrilato de sódio absorva água para equilibrar a concentração de íons de sódio dentro e fora do polímero (SHAKHASHIRI, 1985, citado por MARCONATO e FRANCHETTI, 2002).

Alguns experimentos são encontrados na literatura científica, como por exemplo, Willingham e Coffey (1981) que observaram maior desenvolvimento de mudas de tomate, com a adição de polímero no substrato, proporcionando maior disponibilidade de água. Outro experimento desenvolvido por Wofford e Worlwide (1992), destacam que as raízes das plantas crescem por dentro dos grânulos do polímero hidratado, havendo um grande desenvolvimento de pelos radiculares, proporcionando maior superfície de contato das raízes com a fonte de água e nutrientes, facilitando assim, sua absorção.

Sayed et al., (1991) trabalhando com horticultura, encontraram efeitos positivos do polímero no cultivo de várias hortícolas, em condições de substratos salinos, relatando ganhos com a incorporação do polímero, quando comparado com os resultados do cultivo em areia. Assim, o polímero pode ser usado como condicionador do solo, principalmente na horticultura, aumentando a tolerância das plantas em substratos arenosos e salinos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na área experimental de Irrigação e Drenagem da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados-MS, tendo como coordenadas geográficas: 22° 11' 45" S e 54° 55' 18" W, com altitude de 446 m. O clima é do tipo Cwa mesotérmico úmido, segundo a classificação de Köppen. A precipitação média anual é de 1500 mm e a temperatura média de 22°C.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, com classe textural muito argilosa (SANTOS, 2013) e apresenta as seguintes características: alta profundidade, muito poroso e permeável devido a sua estrutura granular.

As principais características químicas do solo avaliadas conforme a metodologia de RAIJ et al., (2001), encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo da área experimental. Dourados, MS, 2015.

Prof (cm)	pH*	M.O g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	H+Al K	Ca ²⁺	CTC	Mg ²⁺	V	
				-----cmol _c dm ⁻¹ -----				%	
0-20	5,10	27,86	8,99	6,21	0,35	6,95	16,04	2,53	61,28

*pH em CaCl₂

As variações diárias da temperatura máxima, mínima do ar e precipitação ocorridas durante a condução do experimento de cenoura, estão representadas abaixo na Figura 2. No período de condução do experimento, a temperatura diária média do ar, foi de 20,96°C e as mínimas ficaram entre 5,7°C e 23,4°C e as máximas entre 20,5°C e 38,2°C.

pontes de hidrogênio, contendo acrilato de sódio e de potássio em sua composição química, os quais que têm a capacidade de absorver e armazenar uma grande quantidade de água na solução do solo.



Figura 3. Incorporação do polímero hidroretentor nos canteiros. Área de Irrigação e Drenagem, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), UFGD, Dourados-MS (Fonte: Rodrigues, 2015).

A aplicação do polímero hidroretentor no solo foi realizada com o produto não hidratado e incorporado com auxílio de enxadas. Após a incorporação do polímero nos canteiros, foi instalado o sistema de irrigação em funcionamento 3 dias antes da semeadura, com o objetivo de hidratá-lo.

Sistema de irrigação e manejo

Foi utilizado um sistema de irrigação localizada (Figura 4), do tipo gotejamento, da marca Petroísa®, modelo Manari, com mangueiras espaçadas de 30 cm entre si e gotejadores espaçados de 20 cm. A equação fornecida pelo fabricante que relaciona a vazão dos emissores (q) com a pressão de serviço (PS) é representada na Equação 1. A pressão de serviço utilizada foi de 8 m. c. a, controlada por uma válvula reguladora de pressão inserida na tubulação de derivação, onde estavam conectadas as mangueiras gotejadoras. A vazão nominal para a pressão de serviço utilizada equivale a $1,31 \text{ L h}^{-1}$.

$$q = 0,463 PS^{0,203}$$

(1)

Em que: q - vazão dos emissores em $L h^{-1}$;

PS - pressão de serviço do sistema de irrigação, em mca.



Figura 4. Vista parcial do experimento com o sistema de irrigação montado. Área de Irrigação e Drenagem, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), UFGD, DouradosMS, 2015.

Os sistemas de gotejamento superficial e subsuperficial apresentaram as mesmas dimensões e tipo de mangueira gotejadora. No gotejamento subsuperficial, as mangueiras gotejadoras foram instaladas cerca de 0,10 m abaixo da superfície do solo, enquanto que no gotejamento superficial, as mangueiras permaneceram na superfície do solo (Figura 5).



Figura 5. Vista de uma parcela experimental sob gotejamento superficial (a) e subsuperficial (b), cultivo de cenoura. Área de Irrigação e Drenagem, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), UFGD. Dourados, MS, 2015 (Fonte: Rodrigues, 2015).

Durante o ciclo da cultura, as irrigações foram realizadas através da estimativas da evapotranspiração de referência (E_{To}), baseado no método de PenmanMonteith (Equação 2) conforme ALLEN et al., (1998).

$$(2) \quad E_{To} = \frac{0,408 s (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900 U_2}{T+273} \right) (e_s - e_a)}{s + \gamma (1 + 0,34 U_2)}$$

Em que,

E_{To} - evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); R_n - radiação líquida ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); G - fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); s - declividade da curva de pressão de vapor do ar na $T_{\text{méd}}$ ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); U_2 - velocidade média do vento a 2m acima da superfície do solo (m s^{-1}); T - temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$); $e_s - e_a$ - déficit de pressão de vapor (kPa); γ - constante psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$).

A declividade da curva de pressão de saturação de vapor ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$) é obtido a partir da Equação 3:

$$s = \frac{4098 es}{(T + 237,3)^2} \quad (3)$$

Em que: es é a pressão de saturação vapor (kPa), calculada de acordo com o Boletim da FAO 56 (Allen et al., 1998), pela Equação 4:

$$es = 0,6108. \exp\left[\frac{17,27 T}{(T + 237,3)}\right] \quad (4)$$

A radiação líquida representa a quantidade de energia que está disponível para os processos de evapotranspiração, fotossíntese e de aquecimento do ar e do solo, calculada pela Equação 5.

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (5)$$

Em que:

R_{ns} é o saldo de radiação de ondas curta e R_{nl} o saldo de radiação de ondas longas.

O saldo de radiação de ondas curtas é dado por:

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \quad (6)$$

Em que:

α é o albedo ou coeficiente de reflexão, cujo valor recomendado para a cultura padrão é de 0,23;

R_s é a radiação solar global ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), disponibilizado diariamente pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no site www.inmet.gov.br.

O saldo de radiação de ondas longas é dado por:

$$Rnl = \sigma \left[\frac{T_{m\acute{a}x. K^4 + T_{m\acute{i}n. K^4}}{2} \right] (0,3 - 0,14 \sqrt{ea}) (1,35 \frac{Rs}{2} - 0,35) \quad (7)$$

Em que: σ é a constante de Stefan-Boltzman = $4,903 \times 10^{-9}$ (MJ K⁻⁴ m⁻² dia⁻¹); e a é a pressão atual de vapor (kPa);

Rso é a radiação solar em céu claro (MJ m⁻² dia⁻¹), conforme a Equação 8.

$$Rso = (as + bs)Ra \quad (8)$$

Sendo, as e bs a fração da radiação extraterrestre em dias claros ($n = N$).

Quando não se dispõe dos coeficientes acima, o valor de $(as + bs) = 0,75 + 2 \times 10^{-5}z$, sendo z é a altitude local (m). A radiação extraterrestre no período de experimento foi calculada com base na latitude local e na época do ano, através das equações citadas por ALLEN et al. (1998).

$$Ra = \frac{24 \cdot (60)}{\pi} Gscdr [Ws \text{sen}(\varphi) \text{sen}(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \text{sen}(Ws)] \quad (9)$$

Em que:

Gsc é a constante solar (0,082 MJ m² dia⁻¹);

dr é o quadrado da distância entre o Sol e a Terra, (radiano);

Ws , ângulo horário ao pôr do sol, (radiano); δ , declinação solar, (radiano); φ , latitude local, (radiano).

Sendo que dr é calculado conforme a Equação 10.

$$dr = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi J}{365}\right) \quad (10)$$

Em que:

J é o dia Juliano de cada ano;

A seguir estão apresentadas as equações para os cálculos de W_s e δ (Equação 11 e 12).

$$W_s = \arcsin[-\tan(\varphi) \tan(\delta)] \quad (11)$$

$$\delta = 0,409 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi}{365}J - 1,39\right) \quad (12)$$

A constante psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$) foi determinada de acordo com Brunt (1952) apud Smith (1991), por meio da Equação 13.

$$\gamma = \frac{c_p P_{atm}}{\varepsilon \lambda} \quad (13) \text{ Em que:}$$

λ é o calor latente de evaporação da água = $2,45 \text{ MJ kg}^{-1}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$; c_p é o calor específico a pressão constante = $1,013 \cdot 10^{-3} \text{ (MJ kg}^{-1}\text{ }^\circ\text{C}^{-1})$; $\varepsilon = 0,622$ a relação entre peso molecular do vapor da água e do ar seco e

P_{atm} é a pressão atmosférica local (kPa), conforme Burman (1987) apud Smith (1991) cuja Equação (14) é dada por:

$$P_{atm} = 101,3 \left(\frac{293 - 0,0065 \cdot Z}{293} \right)^{5,26} \quad (14)$$

Sendo: z altitude do local (m).

O boletim da FAO 56 (Allen et al., 1998) recomenda que para períodos diários, fluxo de calor (G) seja desprezável, o que foi adotado neste trabalho.

Para o manejo da irrigação, o turno de rega adotado foi de 2 dias, a partir da data de semeadura (10/06). A lâmina inicial que foi aplicada, obteve-se a partir da seguinte Equação (15).

$$LL = (\theta_{cc} - \theta_{pmp})fz \quad (15)$$

Em que:

LL é a lâmina líquida inicial (mm); θ_{cc} a umidade do solo na capacidade de campo (0,3895 m³ m⁻³; tensão à 10 kPa); θ_{pmp} é a umidade do solo no ponto de murcha permanente (0,2133 m³ m⁻³; tensão à

1.500 kPa); f é a fração de água disponível (0,50);

z é a profundidade do sistema radicular (30 cm).

Os valores da capacidade de campo e ponto de murcha permanente foram obtidos através da curva de retenção da área experimental apresentada na Figura 6.

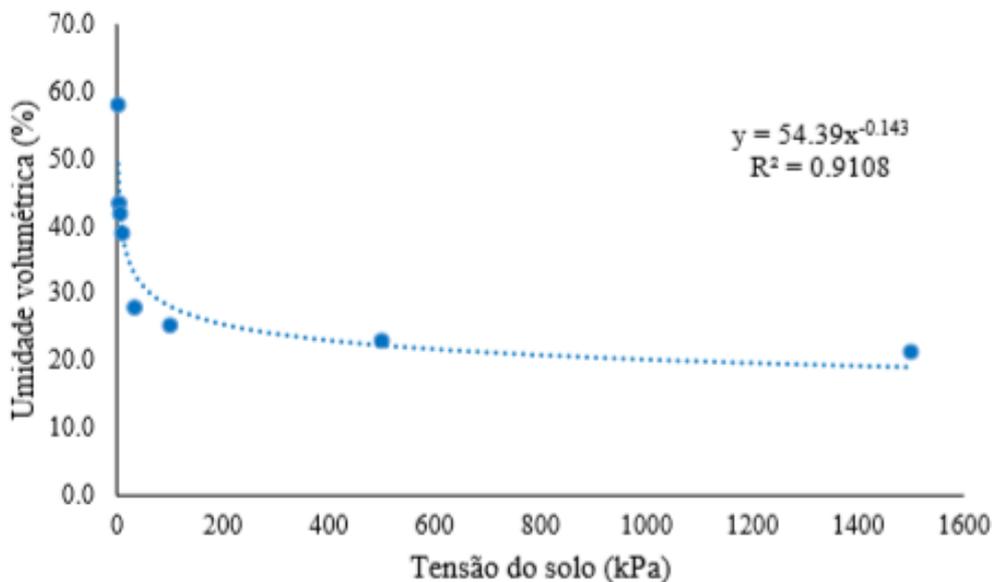


Figura 6. Curva de retenção da água no solo gerada utilizando o modelo de van Genuchten (1980). UFGD, Dourados, 2015.

Diante disto, calculou-se a lâmina bruta (Equação 16), que levam em conta todas as perdas e a eficiência do sistema. A eficiência adotada foi de 95%.

$$LB = \frac{LL}{Ef} \quad (16)$$

Em que,

LB é a lâmina bruta de irrigação (mm);

LL é a lâmina líquida (26 mm) e

Ef a eficiência do sistema de irrigação (0,95).

Após a aplicação da lâmina líquida inicial, utilizou-se os dados da evapotranspiração (*ETo*), obtidos na estação A721 INMET (www.inmet.gov.br), para realizar o manejo da irrigação.

O tempo de irrigação foi determinado utilizando os seguintes critérios:

- Área de cada parcela experimental (m²);
- Número de gotejadores em operação, dividindo o comprimento da mangueira pelo espaçamento entre os gotejadores, obtendo assim, o número de gotejadores em cada linha. A parcela possuía três linhas gotejadoras;
- A vazão aplicada por parcela experimental foi obtida, multiplicando a vazão do gotejador pelo número total de gotejadores na parcela (22,5 L h⁻¹);
- Obtenção da lâmina a ser repostada em litros, sabendo que para cada L/m², corresponde um milímetro.

Diante disto, o tempo de irrigação (*Ti*) foi obtido calculando-se o tempo necessário para repor uma lâmina líquida de 26 mm e lâmina bruta de 27 mm, conforme fórmula abaixo (17):

$$Ti (h) = \frac{\text{Lâmina a ser repostada (L)} * 1 \text{ hora}}{\text{Vazão total na parcela}} \quad (17)$$

Finalizadas as irrigações, iniciou-se novamente a contabilização da evapotranspiração de referência (ET_o) até o momento da próxima irrigação, com base nos dados obtidos da estação meteorológica do INMET.

Após a semeadura, foram realizadas irrigações por meio de microaspersão com o tape SANTENO[®], composto por uma mangueira polietileno linear de baixa densidade, com micro furos de 0,3 mm perfurados a raio laser e conectores para sua instalação, funcionando com pressão máxima de 80 kPa. Este sistema foi usado com irrigação suplementar durante 10 dias após a semeadura, período este, necessário para o pegamento e a uniformização do crescimento das plantas no campo. O suprimento de água do sistema proveio de um reservatório de 15 m³ mantido no nível máximo, abastecido de forma contínua.

No período do experimento, foram realizadas práticas culturais como adubação e controle de plantas daninhas que eventualmente emergiam, sendo eliminadas por meio de capinas manuais aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura. Posteriormente a este período, não houve necessidade de eventuais capinas, justificado pelo desenvolvimento da área foliar da cultura da cenoura que impossibilitou a emergências de novas plantas daninhas.

Inspecções periódicas foram realizadas a fim de identificar a presença de pragas e a ocorrência de doenças durante o cultivo da cenoura, não foram detectadas as mesmas, durante a condução do experimento.

Com base nas dimensões das parcelas e, considerando o espaço entre plantas, estimou-se a população de plantas por hectare. O valor encontrado foi de 432000 plantas ha⁻¹. Para a obtenção da produtividade de raízes foram contabilizadas somente as raízes que possuíam diâmetro medido na parte superior maior que 2,5 cm, comprimento maior que 10 cm e perfeitas (ausência de deformação, ombro verde, rachaduras e isenta de ataque de pragas e doenças).

Após a colheita, foram analisadas as seguintes características: produtividade de raízes, massa média de raízes comerciais, comprimento de raízes, diâmetro de raízes, matéria fresca e seca das raízes. Após a retirada das raízes do solo, foi feita a eliminação do excesso de terra, lavagem e secagem. Após o processo de lavagem, foram encaminhadas ao laboratório e realizados os cortes das raízes adventícias e da parte aérea, para as avaliações.

Tomando-se como base o valor de massa média de raízes por parcela, obtido de 10 plantas, e a população de plantas por hectare, estimou-se a produtividade de raízes. Os resultados foram expressos em toneladas por hectare.

- A **massa média de raízes** comerciais foi determinada dividindo-se a massa de raízes comerciais pelo número de raízes comerciais. O resultado foi expresso em gramas.
- O **comprimento** foi determinado mensurando-se, com o auxílio de uma régua milimetrada, da base do caule à ponta inferior de cada raiz, e os valores expressos em unidade de centímetros.
- O **diâmetro** foi determinado com o auxílio de um paquímetro digital, e os valores expressos em unidades de milímetros.
- A **massa fresca das raízes** foi determinadas após a colheita e retirada a parte aérea (folhas), posteriormente pesadas em uma balança eletrônica digital. Para a obtenção da massa seca de raízes, as cenouras foram lavadas em água destilada e cortadas em fatias finas para facilitar sua secagem e, posteriormente, foram pesadas e acondicionadas em bandejas previamente marcadas, as quais foram levadas a uma estufa de circulação de ar forçado, à uma temperatura de 60°C, durante 72 horas, até atingirem seu peso constante.

Em relação aos parâmetros de qualidade, foram colhidas 10 raízes de cenoura dos respectivos tratamentos para análises. Os parâmetros de qualidade foram: **firmeza, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e vitamina C.**

- A **firmeza** das raízes foi medida por meio da resistência à penetração usando penetrômetro (Mc Cormick modelo FT 327; valor máximo de leitura 30 lb pol²), em regiões equatoriais (duas determinações por tubérculo) da superfície da raiz desprovido de casca.
- A determinação do **pH** foi feita através do método potenciométrico, após calibrar o potenciômetro com soluções tampão (pH 4,0 e 7,0), a 25 °C, imergindo-se, em seguida, o eletrodo em béquer contendo a amostra e lendo o valor indicado no visor do aparelho, com os resultados expressos em unidades de pH.

- O **teor de sólidos solúveis totais** (°Brix) foi feito por leitura direta em refratômetro, com correção de temperatura, com base na tabela contida no manual do Instituto Adolfo Lutz (2005).
- Na determinação da **acidez total titulável**, utilizou o método acidimétrico da A.O.A.C (1997), por meio de solução padronizada de NaOH 0,1N.
- Com a finalidade de determinar a **vitamina C** (ácido ascórbico), foram pesadas 25 g de polpa de cenoura e colocadas em um frasco de Erlenmeyer, contendo 50 g de ácido oxálico e agitadas. Posteriormente, transferiu-se para um bécker 20 g da mistura de polpa e ácido oxálico. Em seguida, a titulação foi efetuada com o indicador DCFI (2,6- diclorofenol indolfenolsódico) até atingir a coloração rosada, contando 15 segundos (CARVALHO et al., 1990). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de cenoura, de acordo com a Equação 18.

$$Vitamina C = \frac{V.F. 100}{A} \quad 18)$$

Em que;

V: volume da solução gasto na titulação; F:
fator de solução de Tillmans (0,0043478); A:
mL da amostra utilizada.

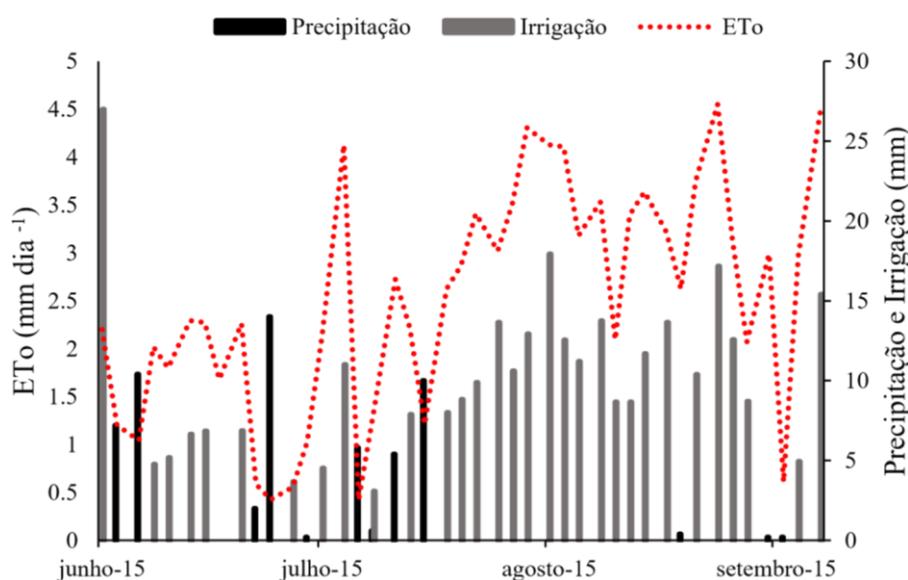
As variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância, com a realização do teste F, e análise de regressão polinomial a 5% e 1% de probabilidade (BANZATTO; KRONKA, 2006). As análises foram efetuadas utilizando-se o programa computacional ASSISTAT, versão 7.7 beta para análises estatísticas (SILVA, 2012).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evapotranspiração e lâminas de água aplicada

A estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) apresentou, no decorrer do ciclo da cenoura variações com picos de evapotranspiração, chegando à 4,5 mm dia⁻¹ (Figura 7). Durante todo período de avaliação, ou seja, da semeadura até o momento da colheita a cultura da cenoura evapotranspirou 250,6 mm.

Foi necessário a realização de 31 irrigações com uma lâmina média de 10,27 mm para suprir a necessidade hídrica da cultura, totalizando uma lamina de 318 mm. A chuva contribuiu no período um total de 308,4 mm, assim, totalizando uma lâmina aplicada de 626,4 mm. A diferença entre a lâmina total aplicada nos tratamentos (precipitação e irrigação) e quantidade que evapotranspirou pela planta foi de 374 mm.



DAS

Figura 7. Representação gráfica da estimativa da evapotranspiração de referência e distribuição da irrigação e precipitação durante o período do experimento. Dourados, MS, 2015.

Características morfológicas e produtividade de cenoura

Conforme os resultados da análise de variância (Tabela 2), observa-se que o gotejamento superficial e subsuperficial via irrigação não houve influência significativa para as variáveis, altura de parte aérea (APA), comprimento de raiz (CR), diâmetro de raiz (DR), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR) e produtividade de raiz (PR). Já para as doses de polímero hidroretentor mostrou resultados com 5% de significância para altura da parte aérea (APA) e massa seca de raiz (MSR).

A produtividade de raiz (PR) apresentou efeito significativo à 1%, para o gotejamento superficial e subsuperficial combinados as doses de polímero hidroretentor.

Na interação entre gotejamento e doses de polímero, apresenta significância de 1% para altura de parte aérea (APA), comprimento de raiz (CR) e produtividade (PR).

Tabela 2. Resumos das análises de variância da altura da parte aérea (APA), comprimento de raiz (CR), diâmetro de raiz (DR), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), e produtividade de raiz (PR), em relação à formas de gotejamento e as do doses de polímero hidroretentor. Dourados, MS, 2015.

FV ¹	GL ²	APA	CR	DR	MFR	MSR	PR
Bloco	4	2,37 ^{ns}	0,69 ^{ns}	18,71 [*]	177,25 ^{ns}	86,21 ^{ns}	44,63
Gotejam.	1	11,83 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,87 ^{ns}	101,00 ^{ns}	238,12 ^{ns}	11,99 ^{ns}
Resíduo	4	12,86	3,35	2,29	92,69	323,07	73,32
CV%		9,02	9,39	6,00	12,65	30,05	26,14
Polímero	5	16,90 [*]	2,94 ^{ns}	7,61 ^{ns}	46,49 ^{ns}	450,88 [*]	7,63 ^{ns}
Got. x Pol.	5	19,50 ^{**}	9,15 ^{**}	22,22 ^{ns}	718,05 ^{ns}	321,23 ^{ns}	135,03 ^{**}
Resíduo	40	5,16	1,84	15,61	167,73	150,80	27,41
CV%		5,71	6,91	15,67	17,02	20,53	15,98

¹ Fonte de variação, ² Graus de liberdade, ns, * e **: Não significativo, significativo pelo teste F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Em relação à altura de parte aérea (Figura 8), houve efeito significativo de 1% para as formas de gotejamento superficial e para as doses de polímero hidroretentor, ajustando-se ao modelo de regressão linear. Com o gotejamento superficial obteve-se folhas com 37 cm com a dose de 41 g m⁻². Já o gotejamento subsuperficial mostrou um ajuste polinomial, tendo assim, folhas com o comprimento de 41,32 cm com a dose de 29 g m⁻² de polímero hidroretentor.

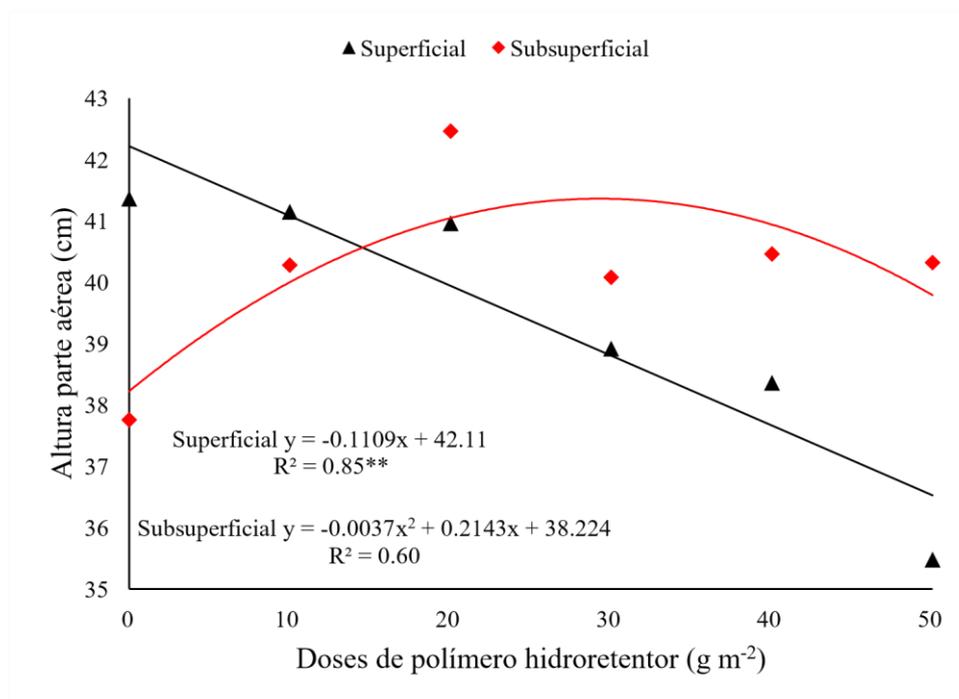


Figura 8. Altura da parte aérea (cm) de cenoura sob doses de polímero hidrorretentor. UFGD, Dourados, MS, 2015.

Segundo Suriani (2010), se tratando de gramíneas, existe relação entre as doses de polímero com a fisiologia da planta, havendo maiores brotações e maior crescimento vegetativo com doses maiores do polímero, o que está em concordância com a literatura, seja pela importância da água no crescimento das plantas (SURIANI, 2010; CARVALHO et al. 2003; SILVA et al., 2008), ou seja, pela ação dos polímeros (SURIANI, 2010; NIMAH et al., 1983; AZEVEDO et al., 2002; SANTANA et al., 2007). Outros resultados semelhantes foram encontrados por Azambuja (2015), que estudando abobrinha “caserta”, verificou-se maior altura de plantas, com a aplicação do hidrogel hidrorretentor. Presumese a disponibilidade e armazenamento de água em função das plantas absorverem pelo seu sistema radicular, corroborando com AZEVEDO et al., (2002).

O comprimento de raiz (Figura 9), mostrou comportamentos distintos em função das doses e para as formas de irrigação. Quando submetido a análise de regressão, a irrigação superficial não ajustou ao modelo quadrático em função das doses de polímero hidrorretentor, mostrando uma linear decrescente. Em relação a irrigação subsuperficial obteve um ajuste polinomial em função das doses de polímero hidrorretentor, onde o modelo revelou que o comprimento máximo foi de 20 cm, com aplicação de aproximadamente 36 g m⁻² de polímero hidrorretentor.

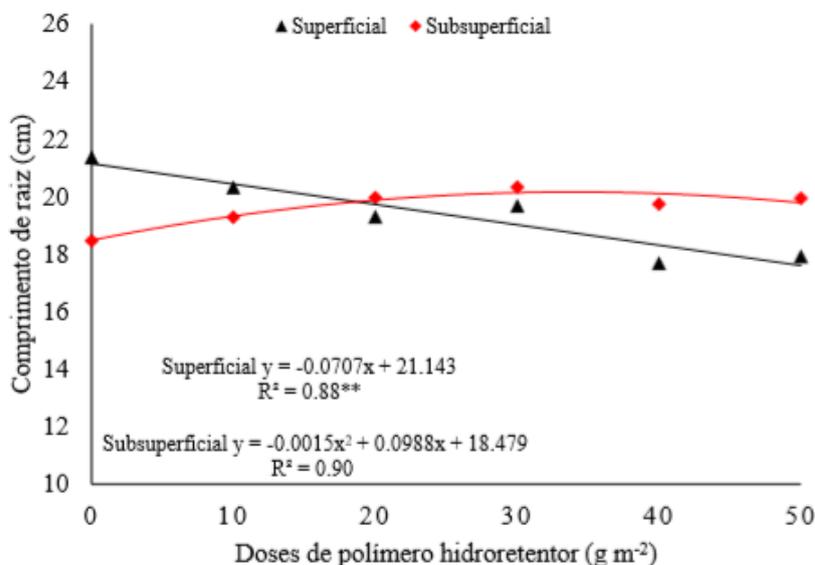


Figura 9. Comprimento de raiz (cm) de cenoura sob doses de polímero hidroretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.

Este comportamento, provavelmente está relacionado com a forma de disposição da mangueira, onde foi enterrada a 10 cm abaixo da superfície do solo, e o polímero possa ter ocasionado um ambiente propício ao crescimento do sistema radicular, onde houve maior retenção de água e nutrientes. Diminuindo a movimentação da água para a solução do solo e perdas por lixiviação dos nutrientes.

Pesquisas realizadas por Borelli (2016), estudando a aplicação de doses de polímero hidroretentor e formas de gotejamento na cultura do rabanete, observou que o comprimento de raiz foi influenciado significativamente, utilizando a dose de 40 g m⁻². Devido à escassez de pesquisa utilizando polímero hidroretentor na cultura da cenoura, houve a necessidade de comparar os resultados com dados de outras culturas como por exemplo os resultados encontradas por Dusi (2005), que ao estudar diferentes doses de nitrogênio e de polímero hidroretentor em *Brachiaria decumbens* mostrou que o comprimento de raiz mostrou dados positivos.

Em relação ao aumento das doses de polímero hidroretentor irrigado por gotejamento subsuperficial, mostrou um comportamento de regressão linear decrescente, possibilitando uma estimativa de massa fresca de raiz (Figura 10), no valor de 76,5 g. Com exceção para gotejamento superficial, que apresentou comportamento linear crescente, e houve significância à 5%, alcançando assim uma massa de 83 g.

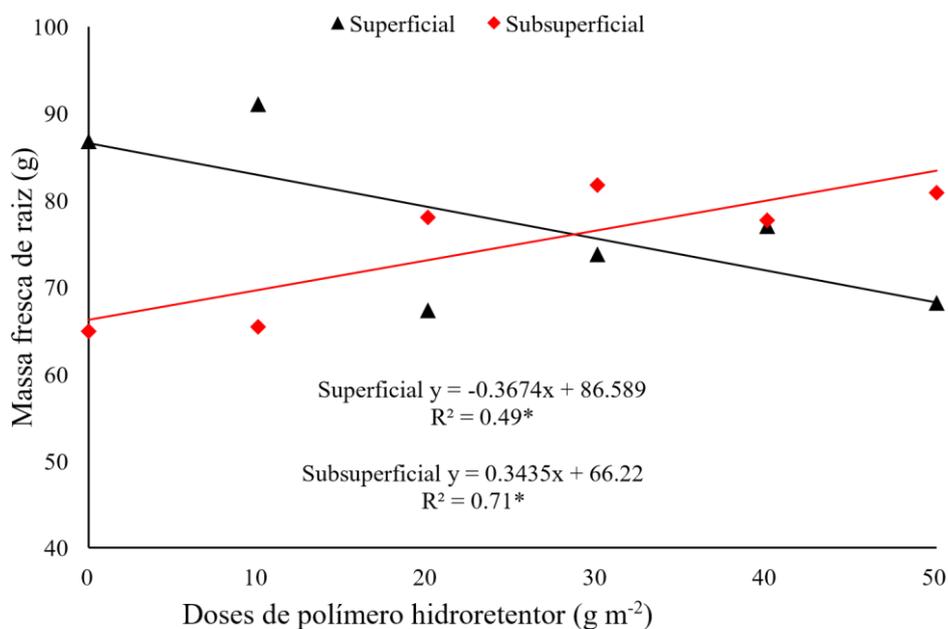


Figura 10. Massa fresca de raiz (g) de cenoura sob doses de polímero hidrotentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.

Demartelaere et al. (2008), ao trabalharem com o polímero hidrotentor no cultivo de melão, concluíram que não houve efeito significativo dos tratamentos sobre peso médio de frutos comerciáveis.

Para a massa seca de raiz (Figura 11), mostrou resposta significativa à 1%, e respondeu ao ajuste de regressão linear crescente, em relação ao aumento das doses de polímero hidrotentor. O gotejamento subsuperficial, possibilitou uma estimativa de massa no valor de 70 g, com uma dose aproximada de 40 g m⁻² de polímero hidrotentor. Já em relação ao gotejamento superficial, ocorreu um ajuste de regressão linear, porém não houve significância, obtendo uma massa de 58,5 g na dose de 30 g m² de polímero hidrotentor.

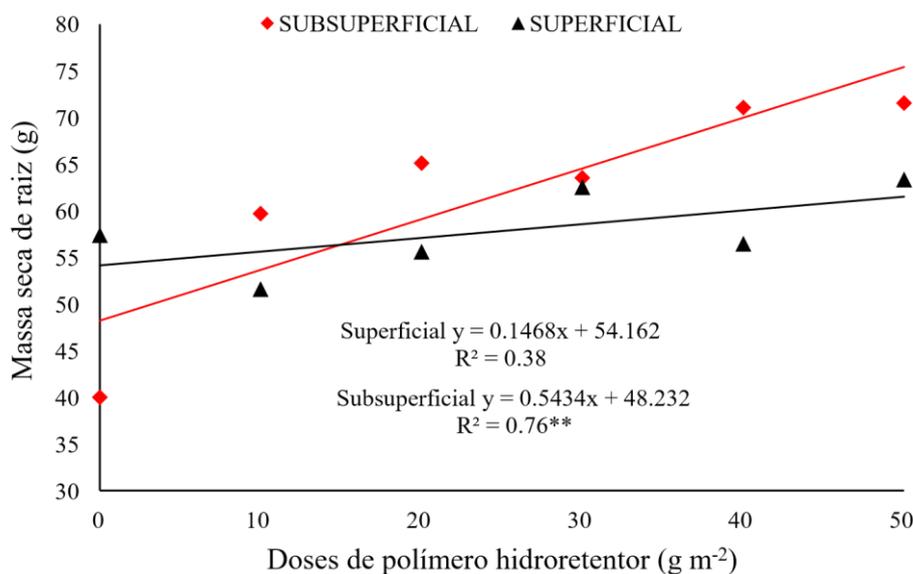


Figura 11. Massa seca de raiz (g) de cenoura sob doses de polímero hidrorretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.

Alves et al. (2015) pesquisando sobre a utilização do polímero em cana de açúcar, tiveram massa seca de raízes diferença estatística significativa, obtendo melhores valores também para massa fresca de parte aérea e massa seca da parte aérea.

Na Figura 12, sobre a produtividade de raízes, nota-se que houve significância de 1%, apenas para o gotejamento superficial, ajustando-se ao modelo de regressão linear, e obtendo uma produtividade de 35 t ha⁻¹ com uma dose aproximada de 20 g m⁻². Já o gotejamento subsuperficial apresentou valores de 33 t ha⁻¹ com a dose de aproximadamente 30 g m⁻², com uma tendência linear crescente.

Esse resultado pode estar relacionado com a eficiência dos gotejamentos superficial e subsuperficial, em suprir as necessidades hídricas da cultura. Vasquez (2003), verificou que a maior produtividade comercial de melão, combinadas com três níveis de irrigação e duas posições de mangueiras gotejadoras, foram o gotejamento instalado à 020 cm da superfície do solo. Nos tratamentos estudados nesta pesquisa, a produtividade aumenta gradativamente à medida que aumenta a dose do polímero hidrorretentor, quando os gotejamentos foram instalados na subsuperfície. No entanto, para o gotejamento superficial, a produtividade mostrou-se uma tendência de diminuir com o aumento das

doses de polímero hidroretentor. Entretanto, o gotejamento superficial mostrou maior produtividade, com uma dose aproximada de 20 g m^{-2} de polímero.

A adição de polímeros hidroretentores (hidrogéis) no solo melhora o armazenamento de água, reduz as perdas por percolação e lixiviação de nutrientes e melhora a aeração e drenagem do solo, acelerando o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas (HENDERSON E HENSLEY, 1986). O que consta no comportamento da produtividade com um efeito positivo em relação a aplicação do polímero hidroretentor, correspondendo assim o que os autores relataram em seus experimentos.

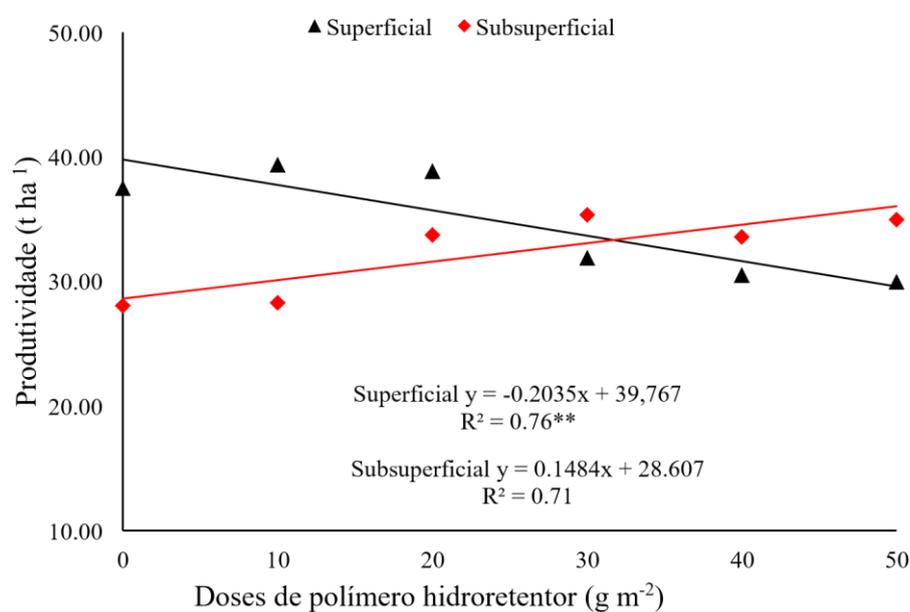


Figura 12. Produtividade de raiz (t ha^{-1}) de cenoura sob doses de polímero hidroretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.

Qualidade de cenoura

Conforme as análises estatísticas na Tabela 3, os resultados mostram que houve efeito significativo, pelo teste F, para a interação doses de polímeros e formas de gotejamentos nas variáveis Firmeza, ATT e Vitamina C. O Brix foi significativo para as doses isoladas de gotejamento e polímero. Já para o pH não houve diferença significativa para as doses isoladas e nem para a interação gotejamento x Polímero.

Já para a interação das formas de gotejamentos e doses de polímero hidrotentor, apresentou significância estatística somente para firmeza (N) e acidez total titulável (ATT) à 1% de significância.

Houve efeito também para as doses de polímero hidrotentor, à 5%, que define o teor de vitamina C (m%). Para a interação das formas de gotejamentos e doses, apresentou significância estatística à 5%, de raízes de cenoura.

Tabela 3. Resumos das análises de variância do pH, sólidos solúveis (°Brix), firmeza (N) acidez total titulável (ATT) e vitamina C de cenoura, em relação à forma de irrigação por gotejamento e as doses de polímero hidrotentor, Dourados, MS, 2015.

FV ¹	GL ²	Quadrado Médio				
		pH	Brix	Firmeza	ATT	Vitamina C
Bloco	4	0,062 ^{ns}	0.112 ^{ns}	0.048 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Gotejam.	1	0,003 ^{ns}	1.366*	1.187*	1.024**	0,006 ^{ns}
Resíduo	4	0.069	0.109	0.092	0.001	0,002
CV (%)		4,49	11,75	6,01	2,88	142,71
Polímero	5	0.083 ^{ns}	0.573**	1.864**	0.291**	0,006*
Got. x Pol.	5	0.157 ^{ns}	0.135 ^{ns}	1.145**	0.363**	0,007*
Resíduo	30	0.086	0.131	0.078	0.006	0,002
CV (%)		5,01	12,91	5,52	5,74	141,74

¹ Fonte de variação, ² Graus de liberdade, ns, * e **: Não significativo, significativo pelo teste F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Em relação à Figura 13, os sólidos solúveis verificou-se comportamentos similares em função das doses para as duas formas de gotejamentos. Quando submetido a irrigação superficial ajustou-se ao modelo quadrático, em função das doses de polímero hidrotentor, com R² de 0,92, obtendo um valor de 2,48 °Brix na dose de 36 g m². Quando submetido a irrigação subsuperficial obteve um R² de 0,28, tendo assim um valor de 2,87 °Brix na dose de 33,25 g m² de polímero hidrotentor.

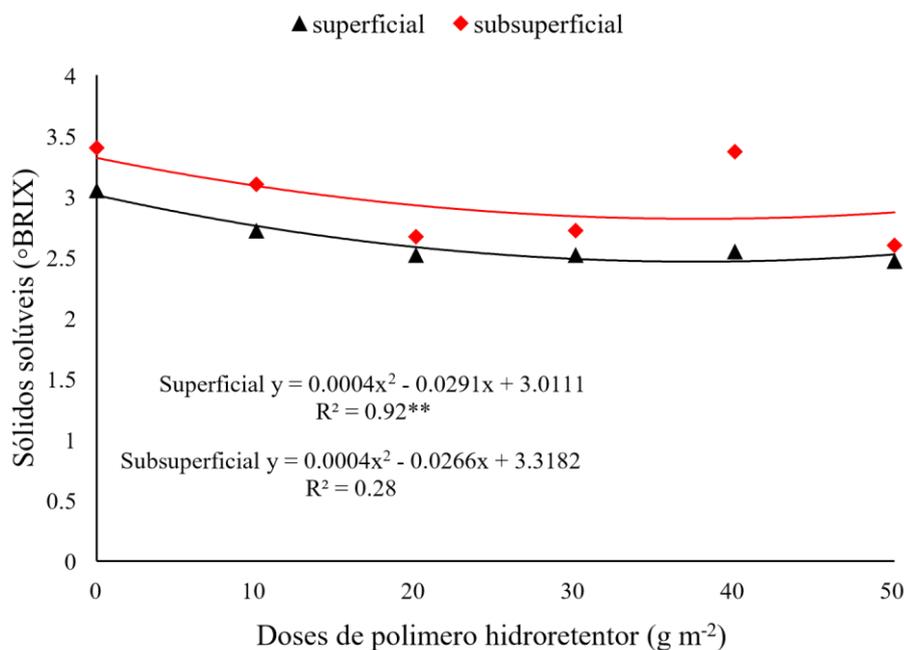


Figura 13. Sólidos solúveis (°Brix) de cenoura sob doses de polímero hidrorretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os sólidos solúveis correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas em um determinado solvente, o qual, no caso dos alimentos, é a água. São constituídos, principalmente, por açúcares e variáveis com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima, com valores médios entre 8 a 14 °Brix (faixa de variação entre 2 a 25 °Brix). Nota-se que, com a crescente doses de polímero hidrorretentor, o comportamento de valores de °Brix ocorre uma tendência decrescente.

Evento este que possa ter ocasionado ao longo do ciclo da cultura da cenoura, um estresse hídrico, o que possivelmente tenha ocorrido um efeito fitotóxico na cenoura, por consequência das doses crescentes de polímero hidrorretentor, modificando assim seu comportamento fisiológico e bioquímico.

Observa-se que para a firmeza (Figura 14) houve significância, quando submetido a análise de regressão. Quanto ao gotejamento superficial, ocorreu um ajuste de regressão quadrático, em função das doses de polímero hidrorretentor, tendo 4,75 N com a dose de 27,50 $g\ m^{-2}$. Em relação a irrigação subsuperficial obteve um ajuste ao modelo quadrático em função das doses, com R^2 de 0,90 tendo assim, 4,11 na dose de 35,50 $g\ m^{-2}$ de polímero hidrorretentor.

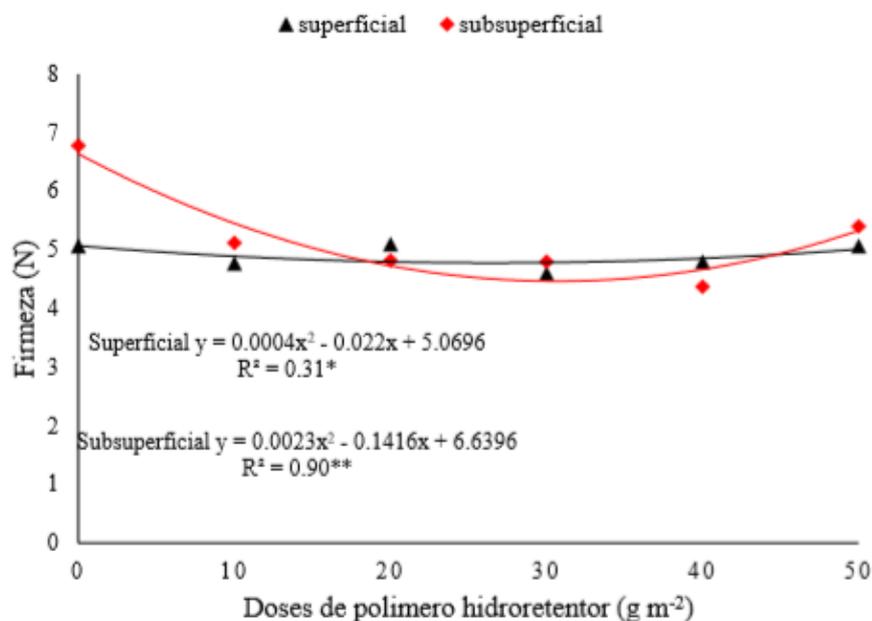


Figura 14. Firmeza (N) de cenoura sob doses de polímero hidrorretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.

De acordo com Chitarra (2005), a firmeza está relacionada com a força necessária para que o produto atinja uma dada deformação, dando uma ideia das transformações na estrutura celular, da coesão das células e das alterações bioquímicas.

Uma característica física que interfere na aceitabilidade das raízes pelo consumidor é a maturidade, resultante da diminuição da firmeza dos vegetais. É obtida através do emprego de medidores de resistência ou textura, sendo o penetrômetro o aparelho mais usado. Após a compressão do vegetal obtém-se uma medida que equivale à força necessária para vencer a resistência dos tecidos vegetais (COELHO, 1994).

Já com relação à vitamina C, nota-se que ocorreu um comportamento linear decrescente, quando submetido as doses de polímero hidrorretentor. Na irrigação subsuperficial obteve um ajuste ao modelo linear crescente em função das doses, com R^2

de 0,27, tendo assim, 0,023 m% com uma dose aproximada de 40 g m⁻² de polímero hidroretentor.

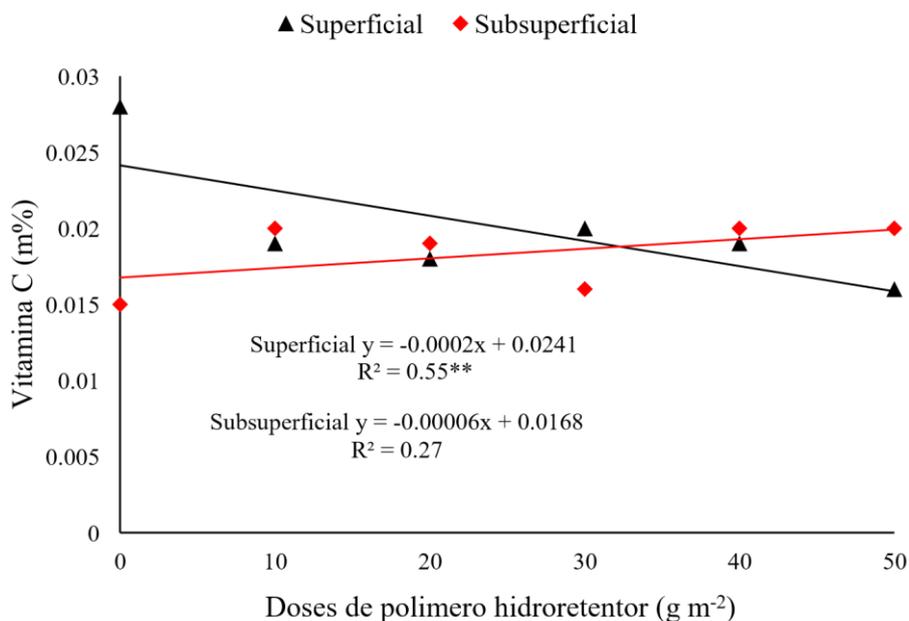


Figura 15. Vitamina C (m%) de cenoura sob doses de polímero hidroretentor e gotejamentos. UFGD, Dourados, MS, 2015.

Pressupõe-se que este comportamento tenha sido ocasionado, por melhor atenderem as exigências da cultura, em função da profundidade do sistema radicular.

A composição química das raízes de cenoura é variável e influenciada pelos fatores genéticos e pelas condições ambientais, como: sistemas de cultivos, tipos e propriedades físicas do solo, época de plantio, temperatura durante a estação de crescimento da cultura (BAARDSETH et al., 1995), além dos aspectos fitossanitários, densidades de plantio, interferência de plantas daninhas e quantidade de água.

Pesquisas realizadas por Ferreira et al., (2010), mostram que houve efeito significativo para vitamina C, pesquisando sobre a época da colheita de cenoura. Verificase acréscimo no teor dessa vitamina durante o período de desenvolvimento das raízes, consolidando com ALVES (2006) que encontrou 10,07 mg de ácido ascórbico por 100g de suco de cenoura.

5. CONCLUSÕES

A incorporação ao solo do polímero hidroretentor influenciou positivamente no desempenho dos parâmetros de produtividade e qualidade da cenoura.

A maior produtividade foi de 35 t ha⁻¹ com a dose de 20 g m⁻², de polímero hidroretentor, via gotejamento superficial.

Para os parâmetros morfológicos de comprimento de raiz, massa fresca, altura da parte aérea, a dose que proporcionou melhor resposta foi de 40 g m⁻², utilizando o gotejamento subsuperficial.

A respeito dos parâmetros de qualidade, a dose que corresponde melhor foi de 30 g m⁻² de polímero hidroretentor, simultaneamente com o gotejamento superficial.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements. **Roma: FAO**, 1998. 301 p

ALVES, J. E. C.; CLEMENTE, C. V.; RODRIGUES, P. H. V. Polímero hidrotentor no desenvolvimento inicial da cultura de cana de açúcar. **Bioenergia em revista: diálogos**, n. 1, p. 66-72, 2015.

A.O.A.C. - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. Maryland: AOAC, 1997.

A. S. A. E. **American Society Of Agricultural Engineers**. Soil and water terminology. 43.ed. St. Joseph, 1996.

AZAMBUJA, L. O.; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S.; COSTA, E. Produtividade da abobrinha Caserta em função do nitrogênio e gel hidrotentor. **Científica**, Jaboticabal, v. 43, n. 4, p. 353-358, 2015.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Uso de polímero hidrotentor na agricultura. **Revista do Programa de ciências agro-ambientais**, Alta Floresta, v. 1, p. 23-31, 2002.

AYARS, J. E. et al. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. **Agricultural Water Management**, v.42, p.1- 27, 1999.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 4ed. Jaboticabal: FUNEB, 2006. 237p.

BAARDSETH, P. et al. Evaluation of carrot varieties for production of deep-fried carrot chips. I. Chemical aspects. **Food Res. Inter.**, v. 28, n. 3, p. 195-200, 1995.

BERNARDI, A. C. de C.; TAVARES, S. R. de L.; SCHMITZ, A. A. Produção de meloeiro utilizando um polímero hidrofílico em diferentes frequências de irrigação em casa-de-vegetação. **Irriga**, v.10, n.1, p.82-85, 2005.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7 ed. Atual. Ampl. Viçosa-MG: UFV, 2005. 611p.

BERNARDO SALASSIER, Antonio Alves Soares, Everaldo Chartuni Mantovani-
Manual de Irrigação – Viçosa: Ed. UFV, 2006.

BILIBIO, C.; CARVALHO, J. A.; MARTINS, M.; RESENDE, F. C.; FREITAS, E. A.;
GOMES, L. A. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a
diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e
Ambiental**, v.14, n.7, p.730–735, 2010.

BISCARO, G. A. **Meteorologia Agrícola Básica**. Unigraf. 2007.87 p.

BISCARO, G. A. **Sistemas de irrigação localizada**. UFGD. 2014. 264 p.

BLANEY, H. F.; CRIDDLE, W. D. Determining water requirements in irrigated areas
from climatological and irrigation data. **Washington: USDA**, 1950. 48p

BORELLI, A. B. **Aplicação de polímero hidroretentor na cultura do rabanete
irrigado via gotejamento superficial e subsuperficial**. 2016. 51f. Tese (Doutorado em
Agronomia). Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, Dourados-MS, 2016.

CAETANO, L. C. S.; FERREIRA, J. M.; ARAÚJO, M. L. Produtividade de cenoura e
alface em sistema de consorciação. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v. 17, n. 2,
p.143-146, 1999.

CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R.
M. N. Análises químicas de alimentos. **Campinas**, 1990. 121p. (ITAL. Manual técnico).

CAMPO E NEGÓCIOS. Irrigação: A revolução Tecnológica da Horticultura. **Anuário HF
2015**. Uberlândia-MG. 2015. 102p.

CEPEA. Brasil Hotifruiti. **Anuário**. São Paulo. 2015. 58p. Disponível em:
<http://www.cepea.org.br/hfbrasil/edicoes/152/cenoura.pdf>. Acesso em Julho de 2016.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-Colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e
manuseio. **Lavras**: Universidade Federal de Lavras, 2005. 785 p.

COELHO, A. H. R. Qualidade Pós-Colheita de Pêssegos. **Informe Agropecuário**, v.17,
n.180, p.31-39, 1994.

DEMARTELAERE, A. C. F.; TEÓFILO, T. M. S.; LOPES, W. A. R. L.; GUIMARÃES,

A. A.; MEDEIROS, D. C.; MEDEIROS, P. V. Q. Efeito da utilização de um polímero hidroretentor na produtividade do meloeiro sob diferentes lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p.5728-5732, 2008.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. **Rome: FAO**, 1979. 193p. (FAO Irrigation and drainage Paper 33)

DUDA, C.; REGHIN, M. I. Efeito da época de semeadura em cultivares de cenoura. **Ciência Agrárias e Engenharias**, v. 6, p. 103-114, 2000.

DUSI, D. M. **Efeito da adição do polímero hidroretentor na eficiência da adubação nitrogenada no crescimento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, em dois diferentes substratos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005. 84p. Dissertação de Mestrado.

EMBRAPA HORTALIÇAS. Agência de informação Embrapa – cenoura. **Relatório**. Brasília: Embrapa hortaliças, 2011.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Hortaliças em números. Situação da produção de hortaliças no Brasil. **Relatório**, 2008.

FAO. Agricultural production, crops primary, year production. <http://faostat.fao.org>. 10 Nov. 2006.

FERREIRA, R. M. A.; AROUCHA, E. M. M.; MESQUITA, H. C.; FREITAS, F. C. L.; NUNES, G. H.; SOUSA, C. M. G.; AMARIZ, A.; GRANJEIRO, L. C. Avaliação da qualidade de pós colheita de cenoura em quatro épocas de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 3, 2010.

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

GOMES, Anthony Wellington Almeida. **Perda localizada de carga em gotejadores integrados em tubos de polietileno**. Piracicaba, SP, 2009. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009. 1416p.

HENDERSON, J. C.; HENSLEY, D. L. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. **Hort. Science**, 21(4), p. 991-992, 1986.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005.

JENSEN, M. E.; HAISE, H. R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 89, p. 15-41, 1963.

JUNIOR, J. A. L.; SILVA, A. L. P.; GUEDES, M. G. M. Avaliação da qualidade de raízes de cenoura em função do manejo da irrigação. **Encicloédia Biosfera**. Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-7, 2011.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. **Glendora: Rainbird Sprinkler Manufacturing**, 1975. 133p.

KOPECEK, J.; Swell gels: Linked chains of polymers can form hydrogels, whose properties are attractive for biomedical applications. It seems that the molecular arrangement of the polymer ingredients is central to hydrogel performance. **Nature**, 917, (2002), 388- 391.

LOPES, C. A., BUSO, J. A. A cultura da batata. **Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**, 1999. 184p. (Coleção Plantar, 42).

MARCONATO, J. C.; FRANCHETTI, S. M. M. Polímeros superabsorventes e as fraldas descartáveis: um material alternativo para o ensino de polímeros. 15 ed. **Química nova na escola**. 2002. p. 42-44.

MARION, J.C.; PROCÓPIO, A.M. Aspectos da utilização prática de modelos decisórios pelo pequeno e médio produtor rural. XXVI CONGRESSO DA SOBER. SOBER. **Anais. O Agronegócio Brasileiro: Desafios e Perspectivas**. v.2. Poços de Caldas – MG, 1998.

MARQUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A irrigação na cultura da cenoura e da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 10, p. 32-36, 1984.

MIRANDA, J. H.; GONÇALVES, A. C. A.; CARVALHO, D.F. Água e solo. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, v.1, p.1-62. 2001.

NIMAH, N. M.; RYAN, J.; CHAUDRY, M. A. Effect of synthetic conditioners on soil water retention, hydraulic conductivity, porosity, and aggregation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, p. 742-745, 1983.

OLIVEIRA, C.D.; BRAZ, L.T.; BANZZATO, D.A. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de cenoura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.23, n.3, p.743-748, 2005.

OLITTA, A.F.L. Os métodos de irrigação. **São Paulo: Nobel**, 1981. 267p.

ORON, G., DEMALACH, J., HOFFMAN, Z., CIBOTARU, R. Subsurface micro irrigation with effluent. **Journal Irrigation of Drainage**, v. 117, p.25-36, 1991.

OVIEDO, I. R.; MENDEZ, N. A. N.; GOMEZ, M. P. G.; RODRIGUEZ, H. C. & MARTINEZ, A. R. Design of a physical and nontoxic crosslinked poly (vinyl alcohol) hydrogel. **Journal Polymer Material.**, 57: 1095, 2008.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA. G.C. Evapo(transpi)ração. **Piracicaba: Fealq**, 1997.

PHENE, C. J. Advantages of subsurface irrigation for processing tomatoes. **Acta Agric.**, v.200, p.101-14, 1987.

PHENE, C. J., RUSKIN, R. Potential of subsurface drip irrigation for management of nitrate in water. In: International Microirrigation Congress, 5, 1995, Orlando. Proceedings...**St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers**. 1995. p.15567

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings Royal Society of London**. Série A, v. 193, p. 120-45, 1948.

PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**. v. 100, p. 81- 2, 1972.

RAIJ, B. V; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. **Campinas: Instituto Agrônomo**, 2001. 285 p.

RAPOSO, J. R. A Rega – Dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega. 1ª Edição. **Edição da Fundação Calouste Gulbenkian**. Lisboa. 1996. p.88-148.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. 1 ed. **Piracicaba: Esalq**, 2004. 478 p.

REZENDE, B. L. A. **Consórcio de pepino e alface em cultivo protegido: viabilidade agroeconômica**. Jaboticabal, 2008. 177 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP.

RUDZINSKI, W.; DAVE, A. M.; VAISHNAV, V. H.; KUMBAR, S. G. KULKAMI,

A. R.; AMINABHAVI, T. M. **Designed Monomers and Polymers**. 5 ed. 2002. p. 39-65.

SAYED, H.; KIRKWOOD, R. C.; GRAHAM, N. B. The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, V. 42, n. 240, p. 891-899, 1991.

SANTANA, B. H.; MARTÍNEZ, A. P.; ESMÉTICA, O. A. S.; REYES, G. G. Efect of hidrogel on yield of seed of three cultivars of *Brachiaria ssp* in the valley of Iguala guerrero, México. **Revista electrónica de Veterinaria**, Málaga, v. 8, n. 9, 2007.

SENTELHAS, P. C. Class A pan coefficients (kp) to estimate daily reference evapotranspiration (ET_o). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.111-115, 2003.

SANTOS, C. E.; KIST, B. B.; CARVALHO, C.; REETZ, E. R.; MÜLLER, I.; BELING, R. R.; POLL, H. **Anuário brasileiro de hortaliças 2015**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2015. 68p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: **Embrapa**, 2013. 353 p.

SILVA, M. A.; SILVA, J. A. G.; ENCISO, J.; SHARMA, V.; JIFON, J. Yield components as indicators of drought tolerance of sugarcane. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 620-627, 2008.

SILVA, F. de A.S. **Assistat 7.6 beta**. DEAG-CTRN, Campina Grande, PB, Brasil, 2012.

SURIANI, M. V. **Cana-de-açúcar submetida à doses de polímeros sintéticos condicionadores de solo**. 2010. 36f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente – SP, 2010.

TELLES, D. A. Irrigação localizada. **Irrigação Tecnologia Moderna**, n.23, p.29-30, 1985.

TEÓFILO, T. M.; FREITAS, F. C. L.; NEGREIROS, M. Z.; LOPES, W. A. R.; VIEIRA, S. S. V. S. Crescimento de cultivares de cenoura nas condições de MossoróRN. **Caatinga** 22: 167-174. 2009

THORNTWAITE, G. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographycal Review**, New York, v.38, n.1, p.55-94. 1948.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil science society of America journal, v.44, p.892898, 1980.

VÁSQUEZ, M. A. N. **Fertirrigação por gotejamento superficial e subsuperficial no meloeiro sob condições protegidas**. 2003. 174f. Tese (Doutorado em Agronomia). EsalqUSP, Piracicaba- SP, 2003.

VIEIRA, J. V.; MAKISHIMA, N. **Cultivo da cenoura**. Brasília: CNPH, 2000. (Sistemas de Produção, 2).

VIEIRA, J. V.; SILVA, J. B. C.; CHARCHAR, J. M.; RESENDE, F. V.; FONSECA, M. E. N.; CARVALHO, A. M.; MACHADO, C. M. M. 2005. Esplanada: cultivar de cenoura de verão para fins de processamento. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 851852, 2005.

VIEIRA, J. V.; SILVA, G. O.; CHARCHAR, J. M.; FONSECA, M.E.N.; SILVA, J. B. C.; NASCIMENTO, W. M.; BOITEUX, L. S.; PINHEIRO, J. B.; REIS, A.; RESENDE, F. V.; CARVALHO, A. D. F. 2012. BRS Planalto: cultivar de cenoura de polinização aberta para cultivo de verão. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 359-363, 2012.

VIEIRA, J. V.; PESSOA, H. B. S. V.; MAKISHIMA, N. **Cultivo da cenoura (*Daucus carota* L.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1997. 20 p. (Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças, 13).

WILLINHGAM, J. R.; COFFEY, D. L. Influence of hydrophilic amended soil on growth of tomato transplants. **Horticultural Sciences**. Oxford, v. 16, n. 3, p. 289-291, 1981.

WOFFORD, J. R.; WORLDWIDE, D. J. Worldwide research suggestions for crosslinked polyacrilamide in agriculture (on line). **Richmond: Green**, 1992. Disponível em: <http://www.hydrosorce.com> Acesso em Junho de 2016.