Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Características agronômicas da batata cv. Atlantic sob diferentes lâminas de irrigação

Agronomic characteristics of potato cv. Atlantic under different irrigation depth

Sofia Michele Muchalak[1]; Fernando França da Cunha[2]; Amanda Regina Godoy[3]; Renato Anastácio Guazina[1]; Sebastião Ferreira de Lima[1]

[1] Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Chapadão do Sul (CPCS), Rodovia MS 306, Km 105, Caixa-Postal: 112, CEP: 79560-000, Chapadão do Sul, MS. E-mail: sofiamichelemuchalak@hotmail.com
[2] Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Instituto de Ciências Agrárias, Unaí, MG
[3] Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Departamento de Fitotecnia, Ponta Grossa, PR

Recebido em: 18/03/2013 Aceito em: 05/07/2013

Resumo. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação nos fatores produtivos da cultura da batata cv. Atlantic. O experimento foi realizado nos meses de dezembro de 2011 a março de 2012 e conduzido na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus de Chapadão do Sul-MS. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, tendo quatro lâminas de irrigação (0, 50, 100 e 150% da quantidade de água para suprir a perda de água por evapotranspiração da cultura), e quatro repetições. A irrigação foi realizada via sistema por gotejamento. Foram avaliadas as seguintes características: produtividade, número médio de tubérculos por planta, massa média por tubérculo, porcentagem de tubérculos comerciais, massa média por tubérculo comercial, porcentagem de matéria seca, comprimento, largura e espessura de tubérculos e eficiência do uso da água. As lâminas de irrigação afetaram todos os parâmetros analisados, no qual o aumento da lâmina de irrigação proporcionou elevação no número médio de tubérculos por planta de batata. Nos demais parâmetros, o excesso de água no solo proporcionou efeito negativo. A produtividade máxima de batata foi de 11.769 kg ha^{-1}. A recomendação da irrigação na batata cultivada no cerrado sul-matogrossense, seria com reposição de 100% da evapotranspiração da cultura.

Palavras-chave. Atlantic, irrigação por gotejamento, manejo da irrigação, *Solanum tuberosum*

Abstract. This study aimed to assess the effect of different irrigation depth in productive factors of potato cv. Atlantic. The experiment was carried out from December 2011 to March 2012 at the Federal University of Mato Grosso do Sul, Brazil. The experimental design was completely randomized, with four irrigation depth (0, 50, 100 and 150% of crop evapotranspiration) with four replications. Irrigation was done by drip system. It was assessed the following characteristics: yield, number of tubers per plant, average weight per tuber, percentage of marketable tubers, average weight per tuber commercial, dry matter content, length, width and thickness of tubers and water use efficiency. The irrigation depths affected all parameters analyzed, in which increased water depth yielded higher average number of tubers per potato plant. Moreover, other parameters the water excess in the soil provided negative effect. The maximum yield of potato was 11,769 kg per hectare. It is recommended the irrigation management with replacement of 100% of crop evapotranspiration for potato cultivated at mid west of Brazil.

Keywords. Atlantic, drip irrigation, irrigation management, *Solanum tuberosum*

Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é a cultura olerácea mais importante no mundo, sendo uma das principais fontes alimentícias da humanidade (Shimoyana, 2012). Além disso, é um dos alimentos capazes de ajudar a nutrir a crescente população mundial, não apenas como alimento energético, mas também como fonte de proteínas, vitaminas e minerais (Rossi et al., 2011).

O Brasil é um dos poucos países no qual se cultiva batata o ano todo (Feltran & Lemos, 2005). Por sua vez, a maior parte da produção brasileira

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

concentra-se na região Sul e Sudeste, mas com possibilidade de cultivos em microclimas específicos, como no nordeste do Estado de Mato Grosso do Sul (Lopes, 2011), o que diminuiria o custo do produto visto que o Estado "importa" quase toda batata consumida de outras regiões do País.

No ano de 2011 foram plantados no Brasil cerca de 144.818 ha de batata com produção de 3.762.701 Mg, em que se destacaram os Estados de Minas Gerais com 40.762 ha da batata e produção de 1.877.242 Mg, e Paraná com 31.175 ha plantados e produção de 797.576 Mg (Shimoyana, 2012).

As variedades de batata mais cultivadas no Estado de Minas Gerais são Ágata, Asterix, Cupido e Atlantic e no Estado do Paraná são Ágata, Elvira, Monalisa, Delta, Contenda, Achat e Cupido. A Atlantic é uma variedade americana, com porte médio a alto, com crescimento rápido e cobertura total do solo por volta dos 50 dias após o plantio. Apresenta alta susceptibilidade a requeima (Phitophthra infestans), boa tolerância a pinta preta (Alternaria solani). Alta susceptibilidade a canela preta (Erwinia sp.) e ao mosaico PVY.

Informações sobre algumas cultivares potenciais em diferentes regiões são de grande importância para o desenvolvimento da cultura. Para que os genótipos de batata expressem o seu potencial produtivo, é necessário que as condições de disponibilidade hídrica (Marouelli, 1997), nutricional e micrometeorológicas exigidas pela cultura sejam atendidas. As condições meteorológicas são difíceis de serem controladas, contudo a disponibilidade de água pode ser suplementada via sistemas de irrigação (Grimm et al., 2011).

Os efeitos da disponibilidade hídrica são significativos sobre a cultura, uma vez que a insuficiência de água pode afetar tanto o desenvolvimento quanto o crescimento, refletindo-se na produtividade e na qualidade de tubérculos (Marouelli, 1997). A irrigação adequada possibilita a obtenção de altas produtividades e tubérculos com melhor qualidade, com isso, há um aumento no rendimento econômico da cultura para produtores (Grimm et al., 2011).

O manejo ideal da irrigação é aquele que mantém continuamente, durante o ciclo de crescimento das plantas, condições favoráveis de umidade no solo (Bernardo et al., 2008) para atender a demanda de água e evitar a formação de ambiente anaeróbico no espaço do solo explorado pelas raízes. Caso contrário, as raízes das plantas de batata estarão sujeitas à deficiência de oxigênio, e as folhas não produzirão carboidratos, o que ocasiona a senescência em decorrência das substâncias tóxicas produzidas no ambiente anaeróbico do solo (Flecha et al., 2004).

Diante do exposto, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação nos fatores produtivos da batata cv. Atlantic em condições de cerrado sul-mato-grossense.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul no município de Chapadão do Sul-MS (Latitude: 18°48'00" S; Longitude: 52°36'30" W; Altitude: 820 m). O clima, segundo classificação de Koppen, é do tipo tropical úmido (Aw), com estações bem definidas, chuvosa no verão e seca no inverno, apresenta temperatura média anual variando de 13°C a 28°C, precipitação média anual de 1.850 mm e umidade relativa média anual de 64,8% (Castro et al., 2012).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, tendo nas parcelas quatro lâminas de irrigação (0, 50, 100 e 150% da quantidade de água para suprir a perda de água por evapotranspiração da cultura) e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro linhas de plantas de 2,1 m de comprimento, espaçadas em 0,80 m, totalizando uma área de 6,72 m^2.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (Embrapa, 2006). O preparo mecanizado do solo foi efetuado de forma convencional. No período anterior à instalação do experimento foram retiradas amostras de solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm para análise química (Tabela 1) e físico-hídrica (Figura 1 e Tabela 2). A adubação foi baseada na análise química do solo seguindo recomendações da Comissão de Fertilidade dos Solos de Minas Gerais (CFSEMG, 1999).

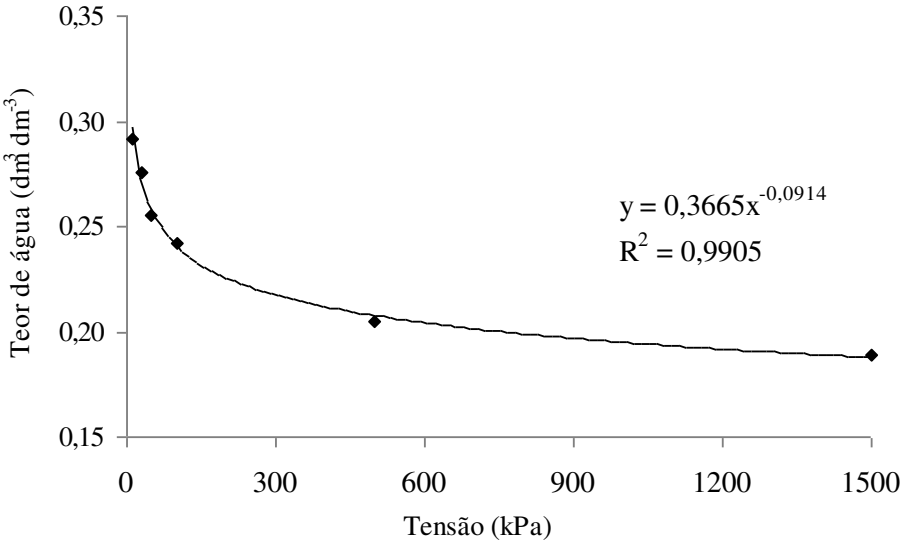
Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 1. Resultados da análise química do solo da área experimental. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2011

pH	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	K	K	P (mel)	P (res)	P (rem)
$CaCl_2$	cmolc dm^{-3}						mg dm^{-3}			
4,2	2,2	1,9	0,3	0,41	6,3	0,2	77	ns	9,2	ns

S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	MO	CTC	SB
mg dm^{-3}							g dm^{-3}	cmolc dm^{-3}	%
5,3	0,39	1,9	101	18,4	4,7	ns	31,9	8,7	27,6

A.



B.

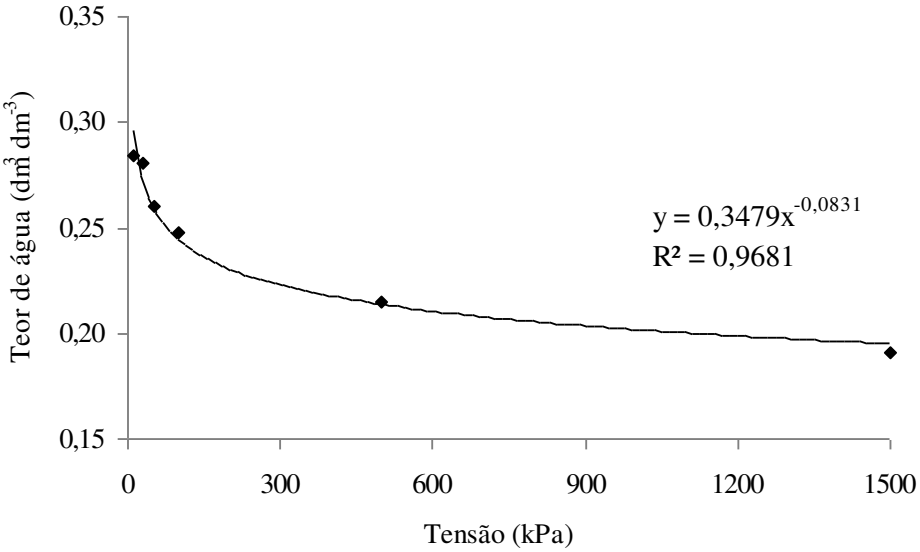


Figura 1. Curvas de retenção de água no solo (Richards, 1949) para as camadas de 0-20 cm (A) e 20-40 cm (B). Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2011.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 2. Valores médios, com seus desvios-padrão, da análise granulométrica, massa específica (ρ), massa específica da partícula (ρD), porosidade total (PT) e teores de água equivalentes a capacidade de campo (CC) e ao ponto de murcha permanente da planta (PMP), para as camadas 0-20 e 20-40 cm. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2011

Camada	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	ρ (g cm^{-3})
0-20 cm	49,06 ± 1,09	6,92 ± 1,43	44,02 ± 1,29	1,22 ± 0,02
20-40 cm	47,64 ± 1,11	6,59 ± 0,90	45,78 ± 0,98	1,20 ± 0,03

Camada	ρP (g cm^{-3})	PT (%)	CC (dm^3 dm^{-3})	PMP (dm^3 dm^{-3})
0-20 cm	2,62 ± 0,05	53,52 ± 1,14	0,2662 ± 0,0050	0,1878 ± 0,0015
20-40 cm	2,66 ± 0,11	54,84 ± 2,93	0,2602 ± 0,0011	0,1895 ± 0,0006

A cultivar de batata utilizada foi a Atlantic. A semeadura foi manual e realizada em sulcos no dia 20 de dezembro de 2011 com espaçamento de 0,80 m entre linhas de plantio e 0,35 m entre plantas. A amontoa foi realizada de forma manual e o manejo fitossanitário (Tabela 3) para controle de pragas e doenças foi realizado de acordo com as necessidades da cultura seguindo recomendações da cultura da batata indicadas em Filgueira (2008). A colheita da batata foi realizada manualmente após a secagem natural da planta aos 94 dias após o plantio.

Tabela 3. Calendário de aplicações de fungicidas e inseticidas para controle de pragas e doenças durante o período de condução do experimento. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012

Aplicação	Data	Fungicidas	Inseticidas
1°	24/01/2012	Piraclostrobina + Metirame (1,5 kg ha^{-1}); Hidróxido de cobre (0,2 kg L^{-1})	Espiromesifeno (0,6 L ha^{-1})
2°	31/01/2012	Azoxistrobina + Difenoconazol (0,3 L ha^{-1})	Tiametoxam (0,6 kg ha^{1}); Alfa-cipermetrina (0,02 L 100 L^{-1})
3°	07/02/2012	Azoxistrobina + Difenoconazol (0,3 L ha^{-1})	Espiromesifeno (0,6 L ha^{-1}); Alfa-cipermetrina (0,02 L 100 L^{-1})
4°	10/02/2012		Lambda-cialotrina + Tiametoxam (0,1 L ha^{-1})
5°	13/02/2012	Piraclostrobina + Metirame (1,5 kg ha^{-1}); Hidróxido de cobre (0,2 kg L^{-1})	Lambda-cialotrina + Tiametoxam (0,1 L ha^{-1})
6°	15/02/2012		Lambda-cialotrina + Tiametoxam (0,1 L ha^{-1})
7°	22/02/2012	Clorotalonil + Mandipropamid (2 L ha^{-1}); Piraclostrobina + Metirame (1,5 kg ha^{-1})	Alfa-cipermetrina (0,2 L 100 L^{-1})
8°	28/02/2012	Clorotalonil + Mandipropamid (2 L ha^{-1}); Piraclostrobina + Metirame (1,5 kg ha^{-1})	Alfa-cipermetrina (0,2 L 100 L^{-1})
9°	01/03/2012		Acetamiprido (0,3 kg ha^{-1}); Piriproxifem (0,3 L ha^{-1})

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento constituído de um reservatório de 20 m de altura, uma adutora de PVC de 50 mm de diâmetro, tubulação principal de PVC de 32 mm de diâmetro e linhas laterais de gotejadores com 16 mm de diâmetro interno, vazão de 1,58 L h^{-1} e com espaçamento de 0,2 m entre emissores, adotando uma linha lateral para cada fileira de planta.

A irrigação real necessária foi determinada em função de parâmetros das características do solo e da planta (Equação 1), que representa a real necessidade de água do sistema.

$$IRN_{LOC} = \left(\frac{CC - Ua}{10}\right) Da\ Z\ \frac{PAM}{100} \quad (1)$$

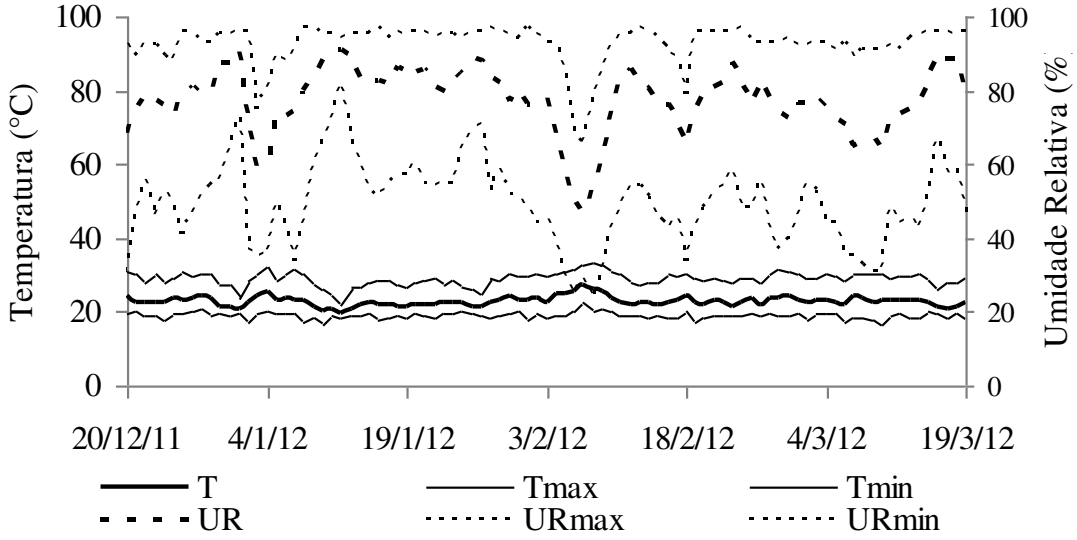
em que: IRN_{LOC} é a irrigação real necessária em sistemas localizados, em mm; CC a capacidade de campo, em dag kg^{-1}; Ua o teor de água atual do solo,

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

em dag kg^{-1}; Da a densidade do solo, em g cm^{-3}; Z a profundidade efetiva do sistema radicular, em m e PAM a porcentagem de área molhada, em %.

Os dados meteorológicos diários utilizados no cálculo da ETo (Evapotranspiração potencial de referência) foram obtidos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) rede de estação de Chapadão do Sul, exceto a precipitação que foi obtida por meio de um pluviômetro instalado na área experimental. Na Figura 2 são apresentados os dados de temperatura, umidade relativa, evapotranspiração e precipitação pluviométrica.

A.



B.

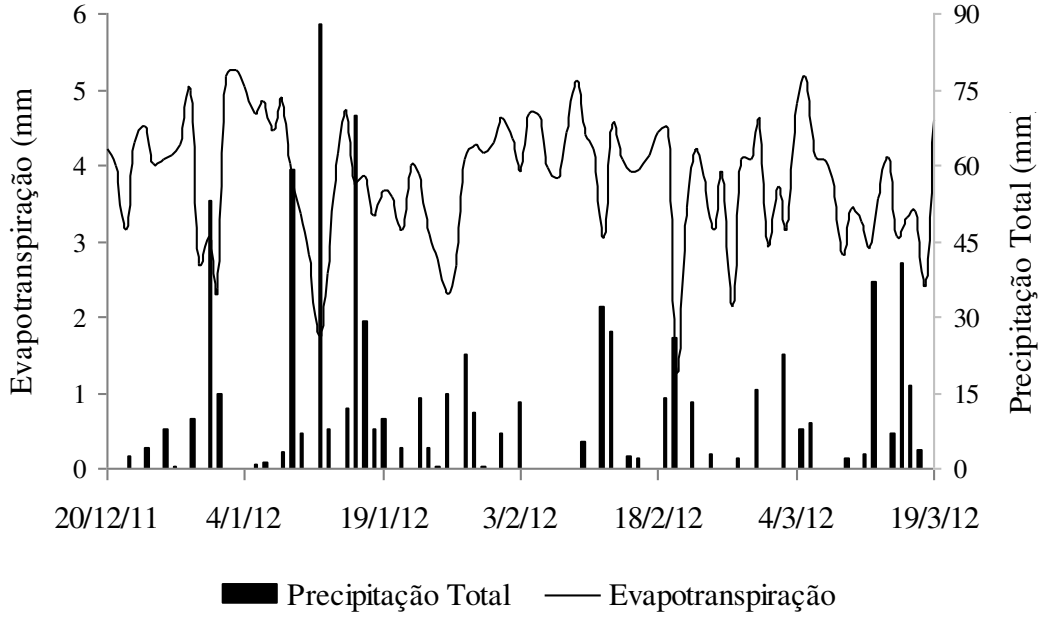


Figura 2. Dados de (A) temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa média, máxima e mínima, (B) precipitação total e evapotranspiração de referência registrados no período experimental. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2011-2012

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

A equação utilizada para estimar a ETo foi a de Penman-Monteith (Allen et al., 1998):

$$ET_0 = \frac{0{,}408\ s\ (R_N - G) + \gamma\ \frac{900}{t+273}\ U_2\ \frac{(e_S - e)}{10}}{s + \gamma\ (1 + 0{,}34\ U_2)} \quad (2)$$

em que, ETo é a evapotranspiração de referência, mm dia^{-1}; s a declividade da curva de pressão de saturação, kPa $°C^{-1}$; R_N o saldo de radiação, MJ m^{-2} dia^{-1}; G o fluxo de calor no solo, MJ m^{-2} dia^{-1}; γ a constante psicrométrica kPa $°C^{-1}$; t a temperatura média do ar, ºC; U_2 a velocidade do vento, m s^{-1}; e_S a pressão de saturação de vapor d'água, hPa; e a pressão atual de vapor d'água, hPa.

Para aferição do manejo da irrigação por evapotranspiração, a umidade atual (Ua) foi acompanhada por meio do potencial matricial de água no solo feito por tensiômetros digitais instalados a 20 e 40 cm de profundidade nos tratamentos com lâmina de irrigação de 100%.

A profundidade efetiva do sistema radicular considerada foi de 50 cm onde se concentrou 80% da distribuição (por massa) de raízes (Bernardo et al., 2008).

O valor de IRN foi corrigido em função da eficiência de aplicação do sistema de irrigação, definindo a irrigação total necessária (ITN) (Equação 3), que associada aos valores de evapotranspiração da cultura (ETc), estimada para as condições meteorológicas do local, definiram a quantidade de água que foi reposta pelo sistema de irrigação por gotejamento.

$$\text{ITN} = \frac{IRN_{LOC}}{Ea} \quad (3)$$

em que: ITN é a irrigação total necessária, em mm; IRN_{LOC} a irrigação real necessária em sistemas localizados, em mm; e Ea a eficiência de aplicação da água, em decimal.

A eficiência de aplicação da água (Ea) foi estimada rotineiramente considerando o coeficiente de uniformidade de distribuição de água. Para isso, foi utilizada a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), modificada por Denículi et al. (1980), que consiste na estimativa das vazões de 8 emissores ao longo da mangueira gotejadora em 4 linhas do setor.

Para cálculo do coeficiente de uniformidade da água, utilizou-se a metodologia expressa pelo Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), apresentado na Equação 4.

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} \quad (4)$$

em que, CUD é o coeficiente de uniformidade de distribuição, %; q_{25} a média do menor quartil das vazões, L h^{-1}; e q_m a media das vazões, L h^{-1}.

Foram avaliadas as seguintes características: número (n° plantas^{-1}) e massa média de tubérculos (g); porcentagem de tubérculos comercial (%) (acima de 40 g segundo Borchartt et al., 2011); massa média de tubérculos comerciais (g); comprimento (mm), espessura (mm) e largura de tubérculos (mm); produtividade (Mg ha^{-1}), porcentagem de matéria seca (%) e eficiência de uso da água (kg m^{-3}).

A produtividade de tubérculos foi obtida pela pesagem dos tubérculos de todas as plantas contidas na área útil de cada parcela, que constituiu as duas linhas centrais, sendo expressos em kg ha^{-1}.

Para obtenção da porcentagem de matéria seca (PMS) os tubérculos foram lavados para eliminação de torrão de solo e secados à sombra e, em seguida, pesados (matéria fresca). Após a pesagem este material foi cortado em pedaços menores para facilitar a secagem, permanecendo em estufa de ar forçado por 24 h a 105°C, sendo novamente pesado (matéria seca). Com os dados de matéria fresca e seca utilizou-se a Equação 5 para obtenção da PMS.

$$PMS = 100\ \frac{MS}{MF} \quad (5)$$

em que: PMS é a porcentagem de matéria seca, em %; MS a matéria seca, em kg; e MF a matéria fresca, kg.

A eficiência do uso da água (EUA) foi determinada pela razão entre a produtividade e quantidade de água utilizada no ciclo da cultura (Equação 6), seguindo recomendações de Pieterse et al. (1997).

$$\text{EUA} = \frac{\text{P}}{\text{L}} \quad (6)$$

em que: EUA é a eficiência do uso da água, em kg m^{-3} de água; P a produtividade de batata, em kg ha^{-1}; e L a lâmina de água utilizada no período de produção, em L ha^{-1}.

Os dados foram submetidos às análises de regressão. Os modelos foram escolhidos com base

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 10% de probabilidade, no coeficiente de determinação (R^2) e no fenômeno biológico. Para execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa estatístico "Sigma Plot 11.0".

Resultados e Discussão

Os valores de precipitação variaram de 0,5 a 88 mm (Figura 2), somando um total de 711,7 mm, mas somente 181, 161, 146 e 146 mm foram efetivamente aproveitados pela cultura nas lâminas de 0, 50, 100 e 150% da ETc, respectivamente, sendo o excedente percolado no perfil do solo abaixo do sistema radicular da cultura. Os maiores volumes de precipitação ocorreram no mês de janeiro. Os valores de ETo, durante o período experimental, variaram de 0,84 a 3,35 mm dia^{-1} (Figura 2), e a soma foi de 190,60 mm. Este valor ficou acima dos valores obtidos por Souza (2008) que avaliando produtividade de batata sob diferentes regimes de irrigação no Sul de Minas Gerais obteve valores de 163,5 a 172,7 mm, ao passo que Pereira et al. (2007) utilizando lisímetros de lençol freático variável, para determinar o consumo de água da batata na região de Botucatu-SP, obtiveram uma demanda de 271,3 mm.

Observa-se na Tabela 4 que as lâminas de irrigação foram diferentes entre os tratamentos. O mesmo não foi verificado para a lâmina de água total, que é a soma da irrigação e da precipitação efetiva. Esse fato ocorreu devido aos altos valores de precipitação observada durante o período experimental (Figura 2). Dessa forma, além dos tratamentos não necessitarem de altas demandas de irrigação, o tratamento com déficit e o não irrigado apresentaram alto valor de precipitação efetiva, sendo que no consumo final de água, não se notou grande diferença entre as lâminas totais de água nos diferentes tratamentos. Essa pequena diferença pode ser creditada ao coeficiente do solo (Ks). Entretanto, mesmo que a quantidade de água total tenha sido próxima, os tratamentos com maior lâmina de irrigação ficaram com o teor de água próximo à capacidade de campo, enquanto os tratamentos com déficit e não irrigado, possivelmente tenham ficado com teores de água abaixo do fator de disponibilidade, principalmente no início do período experimental.

Tabela 4. Precipitação efetiva, irrigação real necessária e lâmina de água total aplicada em cada tratamento. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2011-2012

Tratamento	Precipitação Efetiva	Irrigação Real	Lâmina de Água Total
		(mm)	
0% da ETc	180,53	0,00	180,53
50% da ETc	161,42	21,94	183,36
100% da ETc	145,72	43,88	189,60
150% da ETc	145,72	65,82	211,55

A absorção de água pelas raízes da planta ocorre facilmente quando o solo está com a umidade na capacidade de campo (Santos & Carlesso, 1998). À medida que o solo perde água por evapotranspiração, a umidade diminui até certo ponto, a partir de então a planta irá iniciar um gasto de energia para absorver a água. Quando as plantas são expostas a situações de déficit hídrico exibem, frequentemente, respostas fisiológicas que resultam de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem "economizando" para períodos posteriores. Uma dessas respostas é o fechamento estomático para evitar a transpiração (Lago et al., 2012), contudo prejudica as trocas gasosas na planta e diminui a produção de energia e fotoassimilados (Silva et al., 2007).

Este fato, possivelmente, foi responsável pela diferença nas características avaliadas em cada tratamento (Figura 3). Observa-se que o aumento da lâmina de irrigação proporcionou efeito quadrático na produtividade da batata, ou seja, houve aumento na produtividade até um ponto máximo, para em seguida, haver o declínio na produtividade em função do aumento da lâmina de irrigação. A produtividade máxima estimada a partir da equação foi de 11.769 kg por hectare para a lâmina de 81,5% da necessidade de água para suprir a evapotranspiração da cultura (ETc). Yorinori (2003) trabalhando com a cultivar Atlantic em duas safras, observou produtividades superiores à obtida no presente experimento, sendo de 36,5 Mg ha^{-1} na safra das águas e 24 Mg ha^{-1} na safrinha. A baixa produtividade obtida no experimento pode ser, possivelmente, explicada pela temperatura elevada do solo, além do severo ataque de mosca-branca (*Bemisia tabaci*) na época da condução do

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

experimento, sendo oportuno ressaltar que mesmo aplicando defensivo agrícola a população não foi controlada. Acima da lâmina de 81,5% de reposição de água por evapotranspiração a produtividade começou a declinar, mostrando que o excesso de água é prejudicial às culturas como relatado por Vicente et al. (2007) e Alencar et al. (2009), assim como a deficiência hídrica, podendo comprometer o desenvolvimento vegetativo das plantas e, consequentemente, provocar perdas significativas na produção das culturas agrícolas.

Esperava-se maior produtividade na lâmina de irrigação de 100% da ETc, entretanto, verificou-se frequentes precipitações após eventos de irrigação, o que causou excesso de água no solo e possível redução da aeração para a planta da batata. Flecha et al. (2004) trabalhando com a sensibilidade da cultura da batata ao excesso de água no solo, observaram que a cultura se mostrou bastante sensível ao encharcamento do solo e houve decréscimo de cerca de 50% da produtividade para as diferentes cultivares avaliadas e as produtividades relativas das plantas apresentaram correlações lineares negativas com o índice diário de estresse devido ao excesso de água no solo. No presente experimento, esse efeito possivelmente poderia ter sido minimizado caso houvesse realizado manejo da irrigação associado à previsão climática, não aplicando irrigação nesses momentos que antecedessem os eventos de chuva.

Entretanto, a produtividade foi maior nos tratamentos que receberam irrigação complementar em relação ao tratamento não irrigado, corroborando com a pesquisa de Grimm et al. (2011). Esses autores testando lâminas de irrigação em batata em duas épocas observaram que os tratamentos com irrigação apresentaram maiores rendimentos em relação aos tratamentos sem irrigação. Além disso, o tratamento com lâmina de irrigação de 100% produziu 10,85 Mg ha^{-1} superior ao tratamento não irrigado.

A lâmina de irrigação proporcionou efeito linear positivo no número médio de tubérculos por planta da batata (Figura 3), ou seja, o aumento da lâmina de irrigação proporcionou aumento desse parâmetro. Entretanto, esse efeito foi pequeno, como pode ser observado no seu respectivo coeficiente de regressão (b=0,0136). Em valores, essa resposta não traz considerado aumento do número de tubérculos a ponto de compensar o maior consumo de água, já que o número médio de tubérculos por planta, retirados da equação, com 100% da ETc foi de 4,35 e com a reposição de 150% da ETc de 5,0 tubérculos por planta. Os resultados obtidos diferem dos obtidos por Fernández (2008) que trabalhando com a cultura da batata submetida a diferentes regimes de irrigação em Santa Maria-RS, não observou diferença no número de tubérculos por planta nos diferentes tratamentos. Segundo Lailou et al. (2003) o número de tubérculos por planta é um parâmetro definido muito cedo, no início do ciclo da cultura. Em função disso, talvez tenha ocorrido a tendência crescente no número médio de tubérculos por planta conforme se aumentou a lâmina de irrigação, pois, o período inicial da cultura foi o momento que observou menor quantidade de precipitação pluviométrica, e as lâminas de irrigação foram as grandes responsáveis por fornecerem água as plantas naquele momento.

Para massa média de tubérculo (Figura 3) nota-se um aumento de massa para todos os tratamentos que receberam a irrigação complementar comparado ao que não recebeu. Houve tendência positiva na massa média de tubérculo até determinado ponto, declinando logo em seguida. Este declínio pode ter ocorrido devido a provável falta de aeração do solo e também a lixiviação de nutrientes com o aumento da lâmina de irrigação. A massa máxima de tubérculo, estimado a partir da equação, foi de 70,0 g para lâmina de irrigação de 70,9% da ETc.

Observou-se que o aumento da lâmina de irrigação proporcionou efeito quadrático na porcentagem de tubérculos comerciais (Figura 3). Verificou-se também que a maior lâmina de irrigação (150% da ETc) produziu menos tubérculos comercias comparado ao tratamento não irrigado. Isto ressalta que o excesso de água pode ser bastante prejudicial à cultura, uma vez que provoca a diminuição de oxigênio no solo ou a falta do mesmo, o que dificulta as trocas gasosas no sistema radicular e, consequentemente diminui a produção de ATP necessária para a síntese e translocação dos compostos orgânicos e a absorção ativa dos mesmos (Moreira et al., 2009). A porcentagem máxima de tubérculos comerciais estimados a partir da equação foi de 72,7% para lâmina de irrigação de 67,0% da ETc. Miller & Martin (1987) trabalhando com a variedade Russet Burbank, cultivada em dois tipos de solo, observaram aumentos significativos no rendimento comercial no tratamento irrigado.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

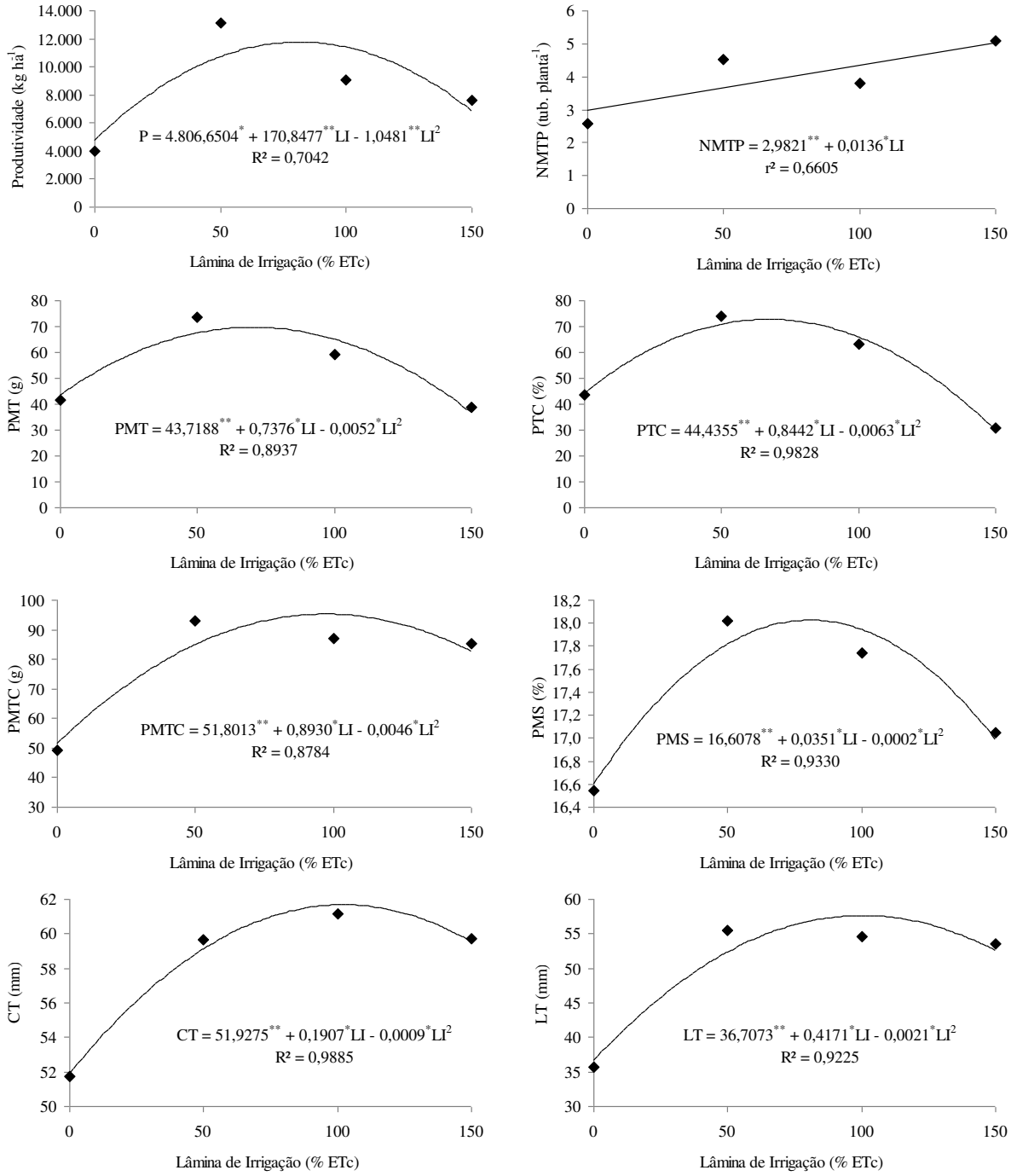


Figura 3. Estimativa da produtividade (P), número médio de tubérculos por planta (NMTP), massa média de tubérculos (PMT), porcentagem de tubérculos comerciais (PTC), massa média por tubérculo comercial (PMTC), porcentagem de matéria seca (PMS), comprimento de tubérculos (CT), largura de tubérculos (LT) em função das lâminas de irrigação (LI). * p<0,05; ** p<0,01. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2011-2012.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

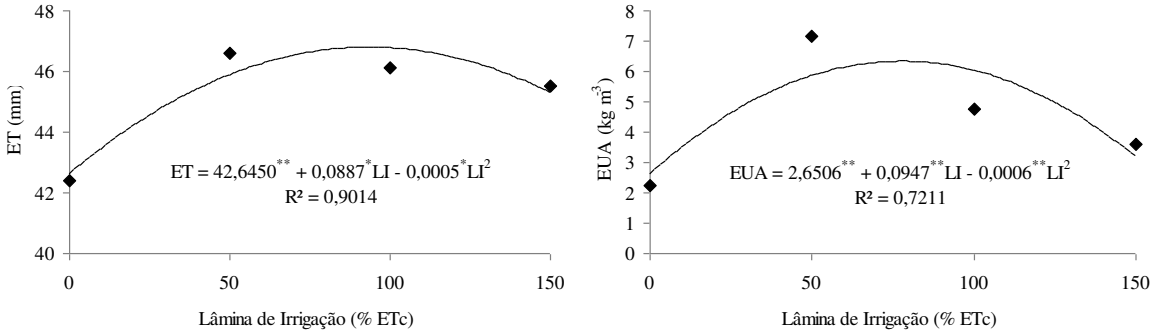


Figura 4. Estimativa espessura de tubérculos (ET) e eficiência do uso da água (EUA) em função das lâminas de irrigação (LI). * p<0,05; ** p<0,01. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2011-2012.

Para a variável massa média de tubérculos comerciais houve efeito quadrático proporcionado pelas lâminas de irrigação. O aumento na massa média de tubérculos comerciais se deu até a lâmina de 97,1% e essa é também a lâmina que proporciona maior massa média por tubérculos comerciais. Em seguida, nota-se uma diminuição da massa média por tubérculos comerciais com o aumento da lâmina de irrigação. Este fato pode ter ocorrido devido à diminuição da produção de fotoassimilados pela planta pela falta de aeração no solo provocado pelo aumento da lâmina de água. A máxima massa de tubérculo comercial estimada a partir da equação para este experimento foi de 95,14 g.

A lâmina de irrigação proporcionou efeito quadrático na porcentagem de matéria seca. Em valores, o tratamento não irrigado foi o que proporcionou a menor porcentagem de matéria seca. Isso ocorre possivelmente devido ao decréscimo de água no solo diminuir o potencial de água na folha, promovendo o fechamento estomático. Esse fechamento bloqueia o fluxo de CO_2 para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados (Vidal et al., 2005), reduzindo a porcentagem de matéria seca nos tubérculos. A partir da equação foi estimada a máxima porcentagem de matéria seca que foi de 18,1% para lâmina de irrigação de 87,8% da ETc. O resultado obtido neste trabalho difere dos resultados obtidos por Fernández (2008), que não observou diferença de porcentagem de massa seca entre os tratamentos de irrigação.

Houve aumento considerável no comprimento de tubérculos dos tratamentos irrigados comparado ao não irrigado. Houve efeito quadrático no comprimento de tubérculos com o aumento da lâmina de irrigação. O comprimento máximo estimado a partir da equação foi de 62 mm para a lâmina de irrigação de 105,9% da ETc. Esse valor fica abaixo dos valores relatados por Leivas et al. (2013), que objetivaram determinar as características físico-químicas e a aptidão culinária de tubérculos de batata produzidos no Sul do país em duas épocas, observaram comprimentos de tubérculos de batata cv. Atlantic entre 70 e 90 mm.

Para a largura dos tubérculos o efeito proporcionado pela irrigação também foi quadrático. Com o aumento da lâmina de irrigação houve aumento desse parâmetro declinando posteriormente. Pode-se notar que a largura dos tubérculos de todos os tratamentos irrigados se sobressaíram ao não irrigado. A lâmina de irrigação que proporcionou a maior largura de tubérculos estimada a partir da equação foi de 99,3% da ETc, proporcionando um valor de 57,4 mm. Leivas et al. (2013) observaram diâmetro de tubérculos de batata cv. Atlantic entre 65 e 80 mm.

A espessura de tubérculos foi influenciada de maneira quadrática pelas lâminas de irrigação (Figura 4). Notou-se que a espessura tem sensível aumento até a lâmina de 88,7% da ETc, resultando no valor máximo estimada pela equação de 47 mm.

As lâminas de irrigação proporcionaram efeito quadrático na eficiência do uso da água (EUA) pela cultura da batata (Figura 4). O maior valor de EUA retirado da equação de regressão foi de 6,4 kg m^{-3} para a lâmina de irrigação de 78,9% da ETc. Analisando esse valor, conclui-se que para produzir um kg de batata são necessários 156 litros de água. Fernández (2008) trabalhando com diferentes níveis de irrigação em batata na cidade de Santa Maria-RS obteve EUA média de 11,7 kg m^{-3}, com valores extremos de 14,8 kg m^{-3} para o período de sequeiro e 8,8 kg m^{-3} no tratamento irrigado. Fabeiro et al. (2001) avaliando dez lâminas de irrigação em batata sob diferentes porcentagens da ETc, observaram aumentos de 8,5 kg na produção por hectare para cada metro cúbico de água aplicada.

Conclusões

Em geral, o aumento da lâmina de irrigação proporciona efeito quadrático nas características avaliadas da batata.

O excesso de água no solo proporcionou efeito negativo nas características avaliadas.

Recomenda-se na irrigação da batata, no cerrado sul-mato-grossense, o manejo com reposição de 100% da evapotranspiração da cultura.

Referências

ALENCAR, C.A.B.; OLIVEIRA, R.A.; COSER, A.C.; MARTINS, C.E.; CUNHA, F.F.; FIGUEIREDO, J.L.A. Produção de capins cultivados sob pastejo em diferentes lâminas de irrigação e estações anuais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 680-686, 2009.

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

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625 p.

BORCHARTT, L.; SILVA, I.F.; SANTANA, E.O.; SOUZA, C.; FERREIRA, L.E. Adubação orgânica da batata com esterco bovino no município de Esperança-PB. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 482-487, 2011.

CASTRO, M.A.; CUNHA, F.F.; LIMA, S.F.; PAIVA NETO, V.B.; LEITE, A.P.; MAGALHÃES, F.F.; CRUZ, G.H.M. Atributos físico-hídricos do solo ocupado com pastagem degradada e floresta nativa no Cerrado Sul-Mato-Grossense. **Brazilian Geographical Journal**, Ituiutaba, v. 3, n. 2, p. 498-512, 2012.

CFSEMG. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Editora UFV, 1999. 359 p.

DENÍCULI, W., BERNARDO, S., THIÁBAUT, J. T.L., SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 50, p. 155-162, 1980.

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

FABEIRO, C., SANTA OLALLA, F.M.; JUAN, J.A. Yield and size of deficit irrigated potato. **Agricultural Water Management**, Ney York, v. 48, n. 2, p. 255-266, 2001.

FELTRAN, J.C.; LEMOS, L.B. Características agronômicas e distúrbios fisiológicos em cultivares de batata. **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 106-113, 2005.

FERNÁNDEZ, S.C. **Morfofisiologia da cultura da batata submetida a diferentes regimes hídricos.** 2008. Ano de obtenção: 2008, 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, 2008. 421 p.

FLECHA, P.A.N.; MINGOTI, R.; DUARTE, S.N.; MIRANDA, J.H.; CRUCIANI, D.E. Sensibilidade da cultura da batata ao excesso de água no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., São Pedro. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2004. CD-ROM.

GRIMM, E.L.; HELDWEIN, A.B.; RADONS, S.Z.; MALDANER, I.C.; TRENTIN, G.; BOSCO, L.C. Produtividade da batata em função da irrigação e do controle químico da requeima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 125-130, 2011.

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

LAGO, I.; STRECK, N. A.; ZANON, A. J.; HANAUER, J. G.; BISOGNIN, D. A.; SILVA, M. R. Transpiração e crescimento foliar de clones de batata em resposta à fração de água transpirável no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 745-754, 2012.

LAILOU, O.; OUATTAR, S.; LEDENT, J. F. The effects of drought and cultivar on growth

parameters, yield and yield components of potato. **Agronomie**, Paris, v. 23, n. 2, p. 257-268, 2003.

LEIVAS, C. L.; COSTA, F. J. O. G.; ALMEIDA, R. R.; FREITAS, R. J. S.; STERTZ, S. C.; SCHNITZLER, E. Structural, physico-chemical, thermal and pasting properties of potato (*Solanum tuberosum* L.) flour. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Dordrecht, v. 111, n. 3, p. 2211-2216, 2013.

LOPES, C. A. **Cultivo da Batata**, 2011. Disponível em: http://www.batatas.com.br/cultivo.asp/. Acesso em: 02/03/2013.

MAROUELLI, W.A. Irrigação. In: LOPES, C. A.; BUSO, J. A. **Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1997. p. 16-19. (Instruções Técnicas, 8).

MILLER, D.E.; MARTIN, M.W. Effect of declining or interrupt irrigation on yield and quality of three potato cultivars grown on Sandy soil. **American Potato Journal**, Washington, v. 64, n. 1, p. 109-117, 1987.

MOREIRA, L.G.; VIANA, T.V.A.; MARINHO, A.B.; NOBRE, J.G.A.; LIMA, A.D.; ALBUQUERQUE, A.H.P. Efeitos de diferentes lâminas de irrigação na produtividade da mamoneira variedade IAC Guarani. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 449-455, 2009.

PEREIRA, A.B.; PEDRAS, J.F.; VILA NOVA, N.A.; CURY, D.M. Consumo d'água e coeficiente da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L. cv. Itararé) em plantio de inverno no município de Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 59-62, 2007.

PIETERSE, P.A.; RETHMAN, N.F.G.; VAN BOCH, J. Production, water use efficiency and quality of four cultivars of *Panicum maximum* Jacq. at different levels of nitrogen fertilization. **Tropical Grassland**, Brisbane, v. 31, n. 2, p. 117-123, 1997.

RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science of American Journal**, Baltimore, v. 68, n. 1, p. 95-112, 1949.

ROSSI, F.; MELO, P.C.T.; AZEVEDO FILHO, J.A.; AMBROSANO, E.J.; GUIRADO, N.; SCHAMMASS, E.A.; CAMARGO, L.F. Cultivares de batata para sistemas orgânicos de produção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 372-376, 2011.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológico das plantas. **Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SHIMOYANA, N. A cadeia da batata brasileira está se dissolvendo. In: **AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos, 2012. p. 189-190.

SILVA, J.A.; PIRES, R. C.M.; SAKAI, E.; SILVA, T.J.A.; ANDRADE, J.; ARRUDA, F.B.; CALHEIROS, R.O. Desenvolvimento e produtividade da cultura da batata irrigada por gotejamento em dois sistemas de cultivo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 354-362, 2007.

SOUZA, D.O. **Produtividade da batata sob diferentes regimes de irrigação por aspersão convencional e gotejamento no Sul de Minas**. 2008. Ano de obtenção: 2008, 51 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

VICENTE, M.R.; MANTOVANI, E.C.; COSTA, M.A.; CUNHA, F.F.; TEIXEIRA, E.N. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produtividade e no sistema radicular do feijoeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 238-249, 2007.

VIDAL, M.S.; CARVALHO, J.M.F.C.; MENESES, C.H.S.G. **Déficit Hídrico: Aspectos Morfofisiológicos**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. p. 19.

YORINORI, G.T. **Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura da batata cv. "Atlantic"**. 2003. Ano de obtenção: 2003, 66 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.