



Associação
Brasileira de
Irrigação e
Drenagem



IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING
XXVI CONIRD - CONGRESSO
NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM
III SBS - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE

CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA IRRIGAÇÃO DO MILHO-VERDE EM TERESINA-PI

E. A. S. Ribeiro¹, E. S. S. da Silva², G. S. F. Silva³, R. S. de Araújo⁴, F. E. P. Mousinho⁵

RESUMO: Objetivou-se neste trabalho avaliar o consumo de energia elétrica na irrigação por aspersão convencional e gotejamento, com dois arranjos de plantio na produção de milho-verde no município de Teresina-PI. O experimento foi conduzido em uma área experimental localizada no Colégio Técnico de Teresina (CTT-UFPI) no período de novembro de 2015 a janeiro de 2016. Os tratamentos constituíram-se de dois sistemas de irrigação, gotejamento e aspersão convencional; dois arranjos de plantio do milho verde, fileira simples e dupla. Nos tratamentos com gotejamento, o arranjo de plantio em fileira simples possuía uma linha lateral para uma fileira de planta, enquanto que o arranjo em fileira dupla possuía uma linha lateral para duas fileiras de plantas. Em área próxima, com características edafoclimáticas semelhantes, utilizou-se o sistema de irrigação por aspersão convencional com arranjo em fileira simples ou fileira dupla. O sistema de irrigação por aspersão convencional apresentou o maior consumo de energia totalizando 741,3 kW ha⁻¹. Enquanto isso, o sistema de irrigação por gotejamento com arranjo de plantas em fileira dupla apresentou o menor consumo de energia totalizando 132,39 kW ha⁻¹ seguido pelo sistema em fileira simples que demandou 264,78 kW ha⁻¹ por ciclo.

PALAVRAS-CHAVE: manejo da irrigação, irrigação localizada, demanda de energia

CONSUMPTION OF ELECTRIC ENERGY IN IRRIGATION SYSTEMS FOR GREEN CORN CROP IN TERESINA-PI

SUMMARY: The objective of this study was to evaluate the electric energy consumption in conventional sprinkler irrigation and drip irrigation, with two planting arrangements in the production of green corn in Teresina-PI. The experiment was conducted in an experimental area located at the Technical College of Teresina (CTT-UFPI) from November 2015 to January 2016. The treatments consisted of two irrigation systems, drip and conventional sprinkler; two

¹ Mestre em Agronomia – Agricultura Tropical PPGA/UFPI, Teresina – Piauí. E-mail: edgarcfn@hotmail.com

² Acadêmica de Engenharia Agrônoma UFPI, Teresina – Piauí.

³ Mestranda PPGA/UFPI, Teresina – Piauí.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Teresina – Piauí.

⁵ Doutor CTT/UFPI, Teresina – Piauí.

planting arrangements of corn, single and double rows. In drip treatments, the single row planting arrangement had a lateral line for a plant row, while the double row arrangement had a lateral line for two rows of plants. In the near area, with similar soil and climatic characteristics, the conventional sprinkler irrigation system with single row or double row arrangement was used. The conventional sprinkler irrigation system presented the highest energy consumption totaling 741.3 kW ha⁻¹. Meanwhile, the drip irrigation system with double-row plant arrangement presented the lowest energy consumption totaling 132.39 kW ha⁻¹ followed by the single-row system requiring 264.78 kW ha⁻¹ per cycle.

KEYWORDS: irrigation management, localized irrigation, energy demand

INTRODUÇÃO

A busca por tecnologias para obter maiores produtividades de milho-verde na região de Teresina-PI tem aumentado o interesse pela irrigação, possibilitando aos agricultores irrigantes da região maiores produções em épocas onde o regime pluviométrico seja escasso ou irregular.

Na região de Teresina-PI todas as épocas do ano apresentam temperatura e radiação solar suficientes para a produção agrícola, mas possui irregularidades das chuvas que limita o rendimento das culturas. Com isso a adoção de técnicas como a irrigação tem se mostrado promissora, sob o ponto de vista de melhor explorar os meios de produção, como a terra, o uso de maquinários, implementos, insumos e mão de obra disponível.

Considerando-se que, de toda a água utilizada no mundo, a maior parte destina-se a irrigação, é relevante que se evite o desperdício desse importante recurso natural. Além de ser o maior consumidor de água no mundo, a irrigação apresenta-se como um dos setores do processo produtivo que mais consome energia elétrica.

Os produtores rurais da região geralmente não adotam o sistema de irrigação e o manejo mais adequado, normalmente aplicando água em excesso, tendo como consequência o desperdício de água e energia elétrica. Com a crise hídrica e consequente elevação do custo da energia, procura-se racionalizar o seu uso, utilizando sistemas de irrigação mais eficientes e com menor demanda energética. Dentre esses sistemas, destaca-se a irrigação por gotejamento que demanda uma menor pressão de serviço e consequentemente menor consumo de energia elétrica além de possibilitar maior eficiência no uso da água.

A principal desvantagem do sistema de irrigação por gotejamento é o seu alto custo de implantação e uma das formas de reduzir esses custos é a utilização de diferentes arranjos de plantio que pode contribuir para a redução no número de linhas de tubos gotejadores na área.

Quando se utiliza uma única linha de tubo gotejador para duas fileiras de plantas esses custo inicial pode se reduzir praticamente pela metade. Além disso, a utilização do arranjo em fileira dupla a faixa molhada poderá ser mais bem aproveitada, podendo reduzir o volume de água aplicada e consequente redução no consumo de energia elétrica.

A maioria dos produtores de milho-verde da região de Teresina-PI adotam o sistema de irrigação por aspersão convencional, sendo esse considerado menos eficiente no consumo energia elétrica quando comparado à irrigação por gotejamento. Um dos principais fatores da pouca utilização da irrigação por gotejamento no cultivo do milho-verde na região está à ausência de pesquisa relacionada a sistemas de produção mais eficientes. Com isso, este trabalho teve como objetivo avaliar o consumo de energia elétrica no cultivo de milho-verde irrigado por gotejamento e aspersão convencional com diferentes arranjos de plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de novembro de 2015 a janeiro de 2016, na área experimental do Colégio Técnico de Teresina (CTT) da Universidade Federal do Piauí, Campus Socopo, no município de Teresina-PI, (05° 05' 21" S; 42° 48' 07" W e 74 m de altitude).

O clima do município, de acordo com a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) é C1sA'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão e uma concentração de 32,2% da evapotranspiração potencial no trimestre setembro – outubro – novembro (Andrade Júnior et al., 2005). As chuvas se concentram entre os meses de janeiro e abril, com precipitação média de 1393,2 mm, temperatura média do ar de 27,1 °C e umidade relativa média do ar de 70% (Inmet, 2009).

O solo da área experimental é do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, textura arenosa e relevo suave ondulado (Cordeiro, 2003).

A unidade experimental apresentava quatro metros de largura por dez metros de comprimento. Foram utilizados 4 tratamentos compostos pelos sistemas de irrigação por gotejamento e por aspersão convencional, sendo cada um submetidos a dois arranjos de plantio: em fileiras simples e em fileira dupla.

O sistema de irrigação por gotejamento no arranjo, fileira simples apresentava espaçamento entre as linhas laterais 0,75 com espaçamento da cultura 0,75 x 0,3 m e fileira dupla espaçamento entre as linhas laterais 1,5m e espaçamento da cultura do milho (1,2 x 0,3 x 0,3), totalizando uma população de plantas de 44444 plantas por hectare para ambos os casos. No arranjo em fileira simples foi utilizada um linha de tubo gotejador para uma fileira de planta,

enquanto que, no arranjo em fileira dupla foi utilizada uma linha de tubo gotejador para duas fileiras de planta.

Cada linha de tubo gotejador possuía comprimento de 10 m e emissores espaçados de 0,2 m, operando com uma vazão de 1,6 L h⁻¹ e pressão de 9 mca. Considerou-se o valor de 90% para a eficiência do sistema de irrigação por gotejamento. Os espaçamentos entre as linhas de tubo gotejador foram determinados conforme o arranjo de plantio, sendo 0,75 m para arranjo em fileira simples e 1,5 m para arranjo em fileira dupla.

Em área próxima, com características edafoclimáticas semelhantes à anterior utilizou-se o sistema de irrigação por aspersão convencional, com emissores espaçados de 12 m, vazão de 597 L h⁻¹ funcionando a uma pressão de 20 mca, com os mesmos arranjos de plantio, fileira simples e fileira dupla.

Para a irrigação por aspersão convencional adotou-se a adubação convencional, já no gotejamento optou-se pela fertirrigação. O preparo do solo foi realizado por meio de gradagem. A adubação foi realizada de acordo com o resultado da análise química do solo e a necessidade da cultura. Como fonte de nitrogênio e potássio foram utilizados a ureia e o cloreto de potássio, respectivamente, tanto na adubação convencional como na fertirrigação. Como fonte de fósforo foi utilizado o superfosfato simples na adubação convencional e o MAP (fosfato monoamônico) na fertirrigação. No total foram utilizados 180 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O tanto na adubação convencional como na fertirrigação.

A área experimental de 0,064 ha foi cultivada com a cultura do milho, híbrido AG – 1051. Segundo Castro (2010) trata-se de um híbrido duplo semiprecoce, com alta resistência ao acamamento, desenvolvido para produção de grãos, silagens e espigas verdes. O plantio foi realizado no dia 15 de novembro de 2015 e a colheita no dia 30 de janeiro de 2016, totalizando um ciclo de 77 dias.

O controle das plantas invasoras foi realizado através de capinas manuais e aplicação de herbicida seletivo para a cultura do milho com princípio ativo tembotriona. O controle de insetos pragas foi realizado por meio da aplicação de inseticidas com princípio ativo deltametrina.

A irrigação foi realizada diariamente e a lâmina de irrigação baseada nos valores de evapotranspiração da cultura (ET_c), calculada através do produto da evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente de cultivo (k_c). A ET_o foi estimada de acordo com o método de Penman-Monteith. Os coeficientes de cultivo para cada fase fenológica da cultura foram os determinados por Santos et al. (2014), O tempo de irrigação foi calculado em função da lâmina a ser aplicada, conforme a intensidade de aplicação de água do sistema, que foi obtido por meio

do quociente entre a vazão do emissor e a área molhada pelo mesmo. Antes do plantio foram efetuadas irrigações em toda a área experimental, com a finalidade de uniformizar o teor de água no solo, elevando-o para próximo à capacidade de campo.

As avaliações foram realizadas nas fileiras centrais de cada parcela experimental, utilizando-se as fileiras laterais como bordadura desconsiderando as duas últimas plantas no início e no final da fileira. A colheita das espigas da área útil foi realizada manualmente aos 75 dias após a semeadura, quando atingiram o ponto de milho-verde que consiste no estágio em que 50% das espigas da área considerada atingiram o estágio de grão leitoso com cerca de 70 a 80% de umidade (Cardoso et al., 2011).

Para estimativa do rendimento considerou-se somente a produtividade de espigas comerciais despalhadas, já que é a forma como as mesmas são comercializadas no mercado local. Consideraram-se espigas verdes despalhadas comerciais aquelas que apresentaram comprimento de granação superior a 15 cm, livre de danos de insetos e diâmetro superior a 3,0 cm. (Albuquerque et al., 2008).

O consumo de energia elétrica foi calculado de acordo com cada sistema de irrigação, sendo capaz de aplicar a lâmina requerida pela cultura durante todo o seu ciclo. Com isso, o consumo de energia elétrica para um ciclo de cultivo foi estimado pela Equação 1, adaptada de Frizzone (2005). Neste caso, desconsiderou-se a precipitação pluviométrica, estimando assim, o consumo de energia elétrica em situações de escassez de chuva.

$$CE_{ij} = \frac{10 I_{ij} H_m \gamma_a}{3,6 \cdot 10^6 \eta} \quad (1)$$

Em que:

CE_{ij} – consumo da energia elétrica, durante o ciclo do milho com sistema de irrigação i , arranjo de plantio j , kW ha^{-1} ;

I_{ij} – lâmina bruta de irrigação necessária durante o ciclo do milho com sistema de irrigação i , arranjo de plantio j , mm (considerando a eficiência do sistema por gotejamento e aspersão convencional de 90 e 75%, respectivamente);

H_m – altura manométrica total, 15 mca para gotejamento e 35 mca para aspersão convencional;

γ_a – peso específico da água, $9806,65 \text{ N m}^{-3}$;

η – eficiência global do conjunto eletrobomba, 0,65.

Para relacionar o consumo de energia para o funcionamento de cada um dos sistemas para a produção do milho verde com o rendimento de espigas comerciais, foi calculada a eficiência do uso de energia, que expressa quantos quilogramas de espigas de milho foram produzidos por kW consumido para operar cada sistema, em cada um dos arranjos adotados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evapotranspiração da cultura do milho (ET_c) totalizou 379,08 mm durante todo o ciclo. A irrigação por gotejamento resultou na aplicação de uma lâmina de irrigação inferior à lâmina aplicada na irrigação por aspersão convencional, sendo o total de água aplicada durante todo o ciclo da cultura correspondendo a 421,20 mm e 505,44 mm para os tratamentos com gotejamento e aspersão convencional, respectivamente. Essa diferença é atribuída à eficiência dos sistemas de irrigação, considerando 75% para aspersão convencional e 90% para gotejamento.

O consumo de energia elétrica por hectare e a produtividade de espigas comerciais despalhadas em kg ha⁻¹, para os quatro tratamentos, são apresentados na Tabela 1. O consumo de energia elétrica foi maior nos tratamentos com sistema de irrigação por aspersão convencional, apresentando um consumo de 741,39 kWh ha⁻¹, não diferindo quanto ao arranjo de plantio. Esse elevado consumo de energia elétrica pode ser atribuído à alta demanda por pressão serviço para o funcionamento adequado do sistema de irrigação. Apesar do elevado consumo de energia, a produtividade de espigas comerciais despalhadas nos tratamentos com irrigação por aspersão convencional foi satisfatória no tratamento com arranjo em fileira simples, apresentando uma produtividade média de 7082,8 kg ha⁻¹, enquanto que o tratamento com arranjo em fileira dupla apresentou uma produtividade média apenas de 5772,5 kg ha⁻¹.

O tratamento com irrigação por gotejamento com arranjo em fileira dupla apresentou o menor consumo de energia, apresentando um consumo de 132,39 kWh ha⁻¹. No entanto, a produtividade de espigas comerciais despalhadas desse tratamento foi bastante baixa se comparado aos demais, com uma produtividade média de 5378,5 kg ha⁻¹.

O tratamento com irrigação por gotejamento com arranjo fileira simples apresentou um consumo de energia elétrica de 264,78 kWh ha⁻¹, consumo esse ainda considerado baixo em relação a irrigação por aspersão convencional. A produtividade de espigas comerciais despalhadas desse tratamento foi de 9743,8 kg ha⁻¹. Nota-se a baixa produtividade dos tratamentos com arranjo de plantio em fileira dupla, independentemente do sistema de irrigação. Segundo Silva et al. (2006), a manipulação do arranjo de plantas por meio da alteração no espaçamento entre linhas ou distribuição na linha pode afetar a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, um dos principais determinantes da produtividade. Essa redução na produtividade também pode ser atribuída à localização das fileiras de plantas sobre a faixa molhada, no qual os tratamentos com irrigação por gotejamento com arranjo em fileira dupla

as fileiras de plantas localizavam-se na extremidade da faixa molhada, sofrendo assim, grande influência da parte externa mais seca.

O sistema de gotejamento com arranjo de plantas em fileiras duplas proporcionou a maior eficiência do uso da energia elétrica, chegando a produzir 44,07 kg de milho verde por kW consumido para o funcionamento do sistema. Em seguida, vem o mesmo sistema com arranjo em fileira simples, que permitiu a produção de 38,61 kg de milho verde por kW consumido pelo sistema. Em contrapartida, o sistema de aspersão proporcionou uma baixa eficiência do uso da energia, chegando a produzir apenas 9,5 e 7,7 kg de milho verde por kw consumido pelo sistema, para arranjo em fileira simples e fileira dupla, respectivamente.

Observando-se a eficiência do uso da energia em função do arranjo de plantio n o gotejamento com arranjo em fileira dupla proporciona a maior eficiência. No entanto, ao adotar o sistema de aspersão, o arranjo em fileira simples foi o que proporcionou a maior eficiência do uso da energia elétrica.

CONCLUSÕES

O sistema de irrigação por gotejamento com arranjo em fileira dupla apresentou o menor consumo de energia elétrica, com uma demanda de 132,39 kWh, enquanto na aspersão foi de 741,90 kWh.

A irrigação por aspersão convencional, independente do arranjo de plantio, apresentou o maior consumo de energia elétrica.

A irrigação por gotejamento com fileira dupla apresentou a maior eficiência do uso na energia elétrica para a produção de espigas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R, da. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais, Bioscience Journal, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-76. Abr./jun. 2008.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O. da; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semiárido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. Ciência Agrônômica, Fortaleza, v.36, n.2, p.143-151, 2005.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F. B.; Performance de Cultivares de Milho-Verde no Município de Teresina, Piauí, 2011. Comunicado Técnico 227.

CASTRO, R. S. de. Rendimentos de espigas verdes e de grãos de cultivares de milho após a colheita da primeira espiga como minimilho. 2010. 90 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia Área de Concentração Agricultura Tropical) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

CORDEIRO, J. C. Levantamento detalhado do solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí. Departamento de Engenharia Agrícola e Solos. Universidade Federal do Piauí, 2003.

FRIZZONE, J. A. Análise de decisão econômica em irrigação. Piracicaba: ESALQ/LER, 371p, 2005.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais climatológicas, 2009. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em 30 set. de 2016.

SANTOS, W. O.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F.; MOURA, M. S. B.; NUNES, R. L. C. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. Irriga, v.19, n.4, p.559-572, outubro-dezembro, 2014.

SILVA, P.R.F.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L. Importância do arranjo de plantas na definição da produtividade do milho. Porto Alegre: UFRGS; Evangraf, 2006. 65p.

Tabela 1. Consumo de energia elétrica em kWh ha⁻¹ e produtividade de espigas comerciais despalhadas (PECD) em kg ha⁻¹ e Eficiência do uso da energia elétrica pela cultura do milho verde (kg/kWh ha⁻¹) de acordo com o sistema de irrigação e arranjo de plantio

Fator	<u>Gotejamento</u>		<u>Aspersão convencional</u>	
	Fileira simples	Fileira dupla	Fileira simples	Fileira dupla
Consumo de energia	264,78	132,39	741,39	741,90
PECD	10225,80	5834,90	7383,70	5772,50
EUE	38,61	44,07	9,95	7,70