

CONSUMO E CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA NA CULTURA DE CITROS IRRIGADO POR GOTEJAMENTO E MICROASPERSÃO, COM TRÊS LÂMINAS DE ÁGUA.

Humberto Vinicius Vescove; José Eduardo Pittelli Turco

Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, humbertovescove@techs.com.br

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar o consumo, custo de energia elétrica, e resultado econômico em citros (*Citrus sinensis*) irrigado. Os tratamentos constaram de sistemas de irrigação do tipo gotejamento, com uma e duas linhas laterais de distribuição de água, microaspersão e um tratamento sem irrigação. Para cada sistema foram utilizadas três lâminas de água; 100%, 75% e 50% da Etc (evapotranspiração da cultura). Foi estudado o custo da energia elétrica para dois grupos tarifários, Grupo A e Grupo B. Para o grupo A foram determinado os dispêndios com a energia para tarifas Estrutura Binômica Convencional e Horó-Sazonal (verde e azul), além, da tarifa especial para irrigante noturno. Os preços do kWh dos sistemas tarifários foram obtidos no site CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz). A melhor relação entre o consumo de energia elétrica por ha ($\text{kWh}\cdot\text{ha}^{-1}$) pela produtividade ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) foi observado nos tratamentos irrigados com 50% da Etc. O sistema tarifário horó sazonal verde/azul Grupo A irrigante noturno teve o menor custo de energia. Os tratamentos irrigados com lâmina de 50% apresentaram maiores produtividade em relação à lâmina de 100% da Etc. O maior retorno econômico ocorreu nos tratamentos irrigados com 50% da Etc.

UNITERMOS: sistemas de irrigação, lâminas de irrigação, sistemas tarifários de energia.

VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P. ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION AND COST IN CITRUS CROP IRRIGATED BY DUP AND MICROSPRINKLER IRRIGATION UNDER THREE WATER DEPTHS.

2 ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the consumption, electric energy cost, and economic results of irrigated citrus (*Citrus sinensis*). The treatments consisted of a dripping irrigation system with one and two lateral distribution lines, a micro sprinkler irrigation system and a treatment without irrigation. For each irrigation system, three water depths were used: 100%, 75% and 50% of Etc (citrus evapotranspiration). The electric energy cost for two tariff groups, Group A and Group B, was studied. For Group A, the expenses with energy were determined for the Conventional Binomial Structure tariff, the Hour-seasonal tariff (green and blue) and the special tariff for nocturnal irrigation. The kWh cost for the tariff systems were obtained from the website of CPFL (São Paulo State Power and Light Company, Brazil). The best relation between the electric energy consumption ($\text{kWh}\cdot\text{ha}^{-1}$) and

productivity ($t \cdot ha^{-1}$) occurred in the treatment irrigated with 50% of the Etc. The irrigated treatments increased productivity. The biggest productivity was observed in the irrigation treatments with 50% of the Etc when compared to the ones with 100% of the Etc. The blue and green Hour-seasonal tariff system of Group A (nocturnal irrigation) was the best option. A biggest economic turnover occurred in the treatments irrigated with 50% of the Etc.

KEYWORDS: irrigation systems, irrigation depths, tariff systems of energy.

3 INTRODUÇÃO

A área irrigada de citros no Estado de São Paulo e triângulo mineiro é de aproximadamente 132.288 ha, sendo em torno de 100.928 de irrigação localizada e 31.360 de irrigação por aspersão (Vescove et al. 2008). O avanço da irrigação na citricultura ocorreu desde o início da década de 90, com o sistema de irrigação pelo carretel enrolador; e no final da década, com a irrigação localizada, principalmente o sistema de gotejamento (Machado, 2000). Um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade citrícola na região centro e norte do Estado de São Paulo se deve à má distribuição das chuvas. Segundo Guardiola (1992) a abscisão de frutos em citros, pode ocorrer em três fases distintas; antes da antese, flores abertas, ou fase de frutos jovens, sendo que o pico de queda de frutinhas jovens ocorre no final de outubro até dezembro (primavera), este período é normalmente caracterizado por temperaturas altas quando a Etc de referência é maior que a precipitação pluvial. Sendo assim, a utilização de tecnologias como a irrigação se torna uma ferramenta fundamental para potencializar a produção do pomar.

A irrigação pode aumentar a produção pelo aumento no tamanho do fruto de citros e também por reduzir a queda de frutos, contribuindo para o aumento do peso da fruta e, portanto, da sua produção (Kriedmann & Barrs, 1981).

Demattê et al. (1996), em três safras analisadas, obtiveram produções, para áreas irrigadas com 22 e 50% da capacidade de água disponível (CAD), de 134 e 128 Kg por planta, respectivamente e 109 kg por planta para área sem irrigação. Somente houve diferença significativa entre os tratamentos com 22% da CAD e sem irrigação. Silva (1999), após quatro safras avaliadas, não obtiveram diferenças significativas para o peso da fruta, que foi de 166g para o tratamento sem irrigação e de 170 g para os tratamentos irrigados.

Zanini et al. (1998) trabalhando com irrigação por gotejamento e microaspersão, em experimento com três variedades de laranja e dois porta enxertos, em três anos consecutivos, observaram produtividades médias em caixas (40,8Kg) por planta superior nos tratamentos irrigados (3,21) em relação aos tratamentos sem irrigação (2,27).

A busca de tecnologia para obter o aumento da produtividade em citros tem aumentado o interesse pela prática de irrigação, possibilitando aos agricultores irrigantes maiores produções em locais que a distribuição de chuvas não ocorre uniformemente.

Mustafa (1995), citado por Peiter et al. (1999), relata que existem três aspectos que devem ser considerados na programação das estratégias de irrigação: o momento apropriado da aplicação, a quantidade necessária em cada aplicação e o consumo total de água da cultura durante o seu ciclo vital. No entanto para o estudo da eficiência do manejo da irrigação, deve-se priorizar o retorno econômico ao irrigante, cuja quantidade de água e época de aplicação é de extrema importância para se obter a máxima produção econômica (Paz et al., 1997), principalmente em regiões que têm a água como fator limitante (Calheiros et al., 1996).

A irrigação tem grande participação no consumo de energia no meio rural. De modo geral, o agricultor não adota um método de controle adequado de irrigação, usualmente irriga em excesso, temendo que a cultura sofra de estresse hídrico, o que pode comprometer a produção. Esse excesso tem como conseqüência o desperdício de energia elétrica e de água. Com a possibilidade de escassez de energia, aliada à rápida elevação dos custos, procura-se racionalizar o seu uso, utilizando a água de forma mais eficiente na irrigação.

A quantidade de energia necessária para transportar a água do local de captação à área a ser irrigada é muito variável nas propriedades rurais; o consumo total depende da energia para fornecer a quantidade de água demandada na área irrigada, da quantidade de água a ser aplicada, da energia hidráulica exigida pelo sistema de irrigação e da eficiência total do sistema de bombeamento (Souza, 2001a).

COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (1988) relatou que as tarifas de energia são talvez as mais importantes variáveis no custo final da irrigação, sendo que nos Estados Unidos, a energia pode responder por mais de 50% do custo final da irrigação, considerando a água sendo bombeada de poços artesianos. Estudando o consumo e despesas com energia elétrica na irrigação Mello (1999) concluiu que o custo com energia nas irrigações constitui como o principal custo variável.

A tarifa de energia elétrica e a tarifação sobre a água para a irrigação têm provocado preocupação aos agricultores irrigantes. Caso a irrigação fosse utilizada de forma racional, cerca de 20% da água e 30% da energia consumidas seriam economizadas, sendo 20% da energia economizada devido à aplicação desnecessária da água e 10% devido ao rendimento e otimização dos equipamentos (CEMIG, 1993).

A utilização de energia no meio rural possibilita ao produtor obter benefícios sociais e econômicos dificilmente conseguidos por quaisquer outras formas de investimentos. Verifica-se, que a taxa de crescimento médio rural de energia nos últimos anos foi de 6,35% e a taxa de crescimento médio do número de consumidores para este período foi de 4,65% (COPEL, 1996).

Souza et al. (2001b) verificaram que a instalação gradual de bombas automáticas, com conseqüente operação contínua e custo energético mais baixo entre 21:00 e 5:00 h, melhora no manejo de irrigação, mudança no tipo de sistema de irrigação nos lotes, de aspersão para sistemas localizados e melhor operacionalização através do treinamento de inspetores de irrigação, evitaram perdas por transbordamento em reservatórios e canais, economizando energia.

Alves et al. (2003) observaram em seu trabalho que o custo da energia elétrica na irrigação para diferentes regiões brasileiras levando em consideração, tarifas, época do ano e tempo de bombeamento que a tarifa verde e azul com desconto é a melhor opção para o usuário desde que o tempo diário de bombeamento seja de até 21h, evitando o horário de ponta, caso contrário recomendam somente a tarifa azul com desconto.

Não tem trabalhos que estudam o consumo e custo de energia elétrica associado à cultura de citros irrigada. Portanto, deve realizar estudos dessa natureza, pois possibilitarão selecionar condições mais adequadas para exploração da cultura do citros.

O objetivo deste trabalho é analisar o consumo e custo (sistema tarifário da CPFL) de energia elétrica na cultura de citros e resultado econômico, em três sistemas de irrigação localizada, variando as lâminas de água aplicadas à cultura de citros.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na fazenda Cambuhy, no município de Nova Europa-SP, com a cultura de citros, variedade “Valência”, enxertada sobre citromelo “Swingle”, plantada em dezembro de 1999, com espaçamento de 7,0 x 3,5 metros, em um solo classificado como Argissolo vermelho-amarelo, Epieutrófico, B textura média (EMBRAPA, 1999). A região é de clima tropical e segundo a classificação de Kopen, tipo Cwa.

Para cálculo da evapotranspiração de referência (E_{tr}) utilizamos a equação de Penman-Monteith e para a determinação do coeficiente da cultura utilizou-se a tabela do Boletim 56 da FAO (Allen et al. 1998). Multiplicando os dados de evapotranspiração de referência (E_{tr}) pelo coeficiente da cultura adotado (K_c), determinou-se a evapotranspiração da cultura (E_{Tc}),

Os experimentos dos dois anos estudados (2004 e 2006) constaram dos seguintes tratamentos:

T1- (Testemunha) – sem irrigação;

T2 - Irrigação com 50% da E_{Tc} com 1 linha de gotejadores por linha de planta;

T3 - Irrigação com 75% da E_{Tc} com 1 linha de gotejadores por linha de planta;

T4- Irrigação com 100% da E_{Tc} com 1 linha de gotejadores por linha de planta;

T5- Irrigação com 50% da E_{Tc} com 2 linhas de gotejadores por linha de planta;

T6- Irrigação com 75% da E_{Tc} com 2 linhas de gotejadores por linha de planta;

T7- Irrigação com 100% da E_{Tc} com 2 linhas de gotejadores por linha de planta;

T8- Irrigação com 50% da E_{Tc} com 1 microaspersor por planta;

T9- Irrigação com 75% da E_{Tc} com 1 microaspersor por planta;

T10- Irrigação com 100% da E_{Tc} com 1 microaspersor por planta

No experimento foram utilizados equipamentos de irrigação localizada e lâminas de água aplicada. Foram utilizados equipamentos com uma linha de gotejadores (1L), duas linhas de gotejadores (2L) e microaspersores rotativos (M). Foram utilizadas lâminas de água com 50, 75 e 100% da evapotranspiração de cultura (E_{Tc}), um tratamento sem irrigação e quatro repetições por tratamento. Os microaspersores e gotejadores utilizados são da marca “Carborundum”, com vazão nominal de 31 e 4,2 L.h⁻¹, respectivamente, conforme especificações técnicas do fabricante.

As parcelas do experimento foram formadas por três linhas de plantio com sete plantas cada, totalizando vinte e uma plantas por parcela, considerando para análise dos resultados apenas as cinco plantas centrais (plantas úteis).

Os espaçamentos entre emissores nos tratamentos irrigados por gotejamento com uma ou duas linhas tem 0,5 e 1,0 m, respectivamente, totalizando em ambos os casos sete gotejadores por planta. Os tratamentos irrigados por microaspersão continham somente um emissor por planta.

A lâmina bruta de água aplicada pelo único microaspersor foi calculada pela razão entre a vazão e a área ocupada pela planta (7 x 3,5 m). O mesmo procedimento foi feito para o gotejamento, onde cada planta tinha sete gotejadores (29,4 L.h⁻¹) em uma área de 24,5 m². Para todos os sistemas de irrigação a intensidade de aplicação foi de 1,14 mm.h⁻¹.

O posicionamento das mangueiras de gotejadores nos tratamentos irrigados com uma linha foi paralelo ao alinhamento de plantio, abaixo da copa e junto ao tronco da planta. Nos tratamentos irrigados por duas linhas de gotejadores, foram localizados a 75% da distância da projeção da copa, partindo-se do tronco, tanto de um lado como de outro, como sugere Machado (2000) e Almeida & Gisbert (2003). A posição dos emissores nos tratamentos

irrigados por microaspersores foi lateralmente às plantas, com 25 cm do centro do tronco com ângulo de 360° de distribuição de água.

A colheita foi realizada entre os meses de outubro e novembro de cada ano, nas cinco plantas centrais da parcela (parcela útil). Os frutos foram colhidos e pesados em balança graduada em gramas com peso máximo de 15 quilos.

O consumo de energia elétrica do motor (5 cv) do sistema de irrigação foi medido por meio da utilização de um Medidor de Energia (mod. Microvip3 - Elcontrol, Itália). Esse equipamento apresenta no display as seguintes grandezas elétricas instantaneamente: tensão; corrente; fator de potência; potência aparente, ativa e reativa e frequência da rede. Apresenta também as seguintes grandezas que são integradas no tempo: energia ativa e reativa. As grandezas citadas podem ser transmitidas para a impressora do aparelho instantaneamente, modo manual de operação, ou através de um tempo programado, modo automático de operação.

Foi estudado também o custo de energia elétrica para dois grupos tarifários:

a) Grupo A: são as unidades consumidoras atendidas em tensão de fornecimento igual ou superior a 2.300 volts. Para esses consumidores são aplicadas tarifas de demanda e de consumo;

b) Grupo B: são as unidades consumidoras atendidas em tensão de fornecimento inferior a 2.300 volts. Para esses consumidores é aplicada somente tarifa de consumo. O sistema tarifário grupo B normalmente é aplicado a propriedades rurais que possuem transformadores instalados de até 112,5 kVA.

A demanda é a média das potências instantâneas solicitadas pela unidade consumidora, integralizada em intervalo de 15 minutos.

O consumo de energia faturado é o efetivamente medido no período mensal.

As tarifas variam de acordo com os níveis de tensão de fornecimento no caso do Grupo A e com a classificação do consumidor (indústria, rural, residência, comércio, serviços, etc.) para o Grupo B.

Para o Grupo A foi determinado os dispêndios com a energia para tarifas Estrutura Binômica Convencional e Horó Sazonal (verde e azul). Além, da tarifa especial para irrigantes no período noturno (Portaria DNAEE 105 de 03/04/92, Resolução ANEEL 277 de 19/07/00, e Resolução ANEEL 540 de 01/10/02).

No sistema tarifário Estrutura Binômica Convencional a demanda é faturada pelo maior dos seguintes valores:

a) maior potência demandada, verificada por medição, durante o período de faturamento;

b) 85% da maior demanda, verificada em qualquer dos últimos 11 meses anteriores;

c) demanda contratada, quando houver.

O sistema tarifário Horó Sazonal constitui-se na aplicação de preços diferenciados de demanda e consumo, de acordo com as horas do dia (ponta e fora de ponta) e períodos do ano (seco e úmido). O horário de ponta é composto por três horas consecutivas, entre 18:00 e 21:00 horas, exceto sábados, domingos e feriados nacionais. O horário fora de ponta é o conjunto das horas complementares às da ponta. O período úmido compreende os meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte e o período seco compreende os meses restantes.

A tarifa azul compreende dois preços para demanda (ponta e fora de ponta) e quatro preços para consumo (ponta em período úmido, ponta em período seco, fora de ponta em período úmido e fora de ponta em período seco).

A tarifa verde compreende um único preço para demanda e quatro preços para consumo, para os mesmos segmentos especificados na tarifa azul.

Os preços do kWh dos sistemas tarifários de energia elétrica foram obtidos junto a Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL, e referem-se ao ano de 2008, para melhor comparação dos anos estudados (2004 e 2006).

Neste trabalho, o custo do consumo de energia elétrica foi calculado pela seguinte equação:

$$CCEE = CEE \times P + ICMS \quad (5)$$

em que,

CCEE - custo do consumo de energia elétrica, em R\$;

CEE - consumo de energia elétrica durante qualquer período de tempo, em kWh;

P - preço do kWh na estrutura tarifária considerada, em R\$;

ICMS - imposto sobre circulação de mercadorias e serviços;

em que,

$$ICMS = \frac{I \times A}{100 - A} \quad (6)$$

em que,

$$I = CEE \times P \quad (7)$$

A - alíquota, (18%).

Foram relacionados o consumo (kWh) e custo (R\$) da energia elétrica com a produtividade obtida nos tratamentos.

Para análise econômica seguimos os estudos realizados segundo Martins (2004), onde foi estudado o custo total de produção, que consiste na soma dos custos fixos e variáveis.

Os custos fixos são aqueles que ocorrem independentemente do número de horas anuais de operação do sistema de irrigação e incluem, principalmente, a depreciação do sistema e a remuneração do capital nele investido.

Para o cálculo da depreciação do sistema, utilizou-se o método do fundo de amortização (Coelho, 1979). A depreciação calculada por tal critério garante que o citricultor se servirá dela para substituir o capital, sem utilizar seus recursos particulares ou crédito. Sua expressão é a seguinte:

$$d = \frac{(C_i - C_f) r}{(1 + r)^n - 1} \quad (8)$$

Em que,

d - quota anual de depreciação, em R\$;

C_i - valor inicial do sistema, em R\$;

C_f - valor final ou residual do sistema, em R\$;

r - taxa anual de juros, em decimal;

n - vida útil do sistema, em anos.

O preço médio do sistema de irrigação por ha, com as dimensões consideradas no projeto foi pesquisado nas empresas de irrigação, sendo utilizados os seguintes valores; R\$

3500,00; 4200,00 e 3800,00, respectivamente para irrigação com uma linha, duas linhas de gotejadores por linha de planta e microaspersão, para o ano de 2008.

O valor dos juros sobre o capital investido mostra que o citricultor renunciou à remuneração que poderia ter obtido pela aplicação de seus capitais em outras atividades. Essa renúncia representa, para o citricultor, o custo a ser considerado. Para seu cálculo, adota-se, a rigor, o valor do equipamento usado; quando não se conhece tal valor, Neves & Shirota (1986) recomendam trabalhar com uma estimativa representada pela média do valor novo:

$$JSC = \frac{(Ci.r)}{2} \quad (9)$$

A soma dos juros sobre o capital com a depreciação resulta no custo fixo anual do sistema de irrigação.

Para o cálculo dos custos variáveis da irrigação, estão envolvidos os custos de manutenção, mão-de-obra e energia. Assumiu-se que os custos de manutenção e mão-de-obra para os diferentes tratamentos foram os relatados por Silva et al, 2006. Assim, os custos variáveis considerados neste trabalho, referem-se apenas aos dispêndios com a energia.

Para esse estudo utilizou-se a tarifa Horó Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno, pois foi opção mais adequada para a cultura avaliada, nos anos estudados.

O resultado econômico foi obtido subtraindo-se a receita da produtividade do citros, pelo custo total de irrigação de citros (custos fixos + custos variáveis), para cada ano estudado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo médio de energia por hectare (kWh.ha^{-1}) e a produtividade média de citros, expressa em toneladas por hectare (t.ha^{-1}), para os tratamentos, estão ilustrados na figura 1 e figura 2, respectivamente, para os anos de 2004 e 2006. Podemos observar que para o ano de 2006 houve um consumo maior de energia elétrica em relação ao ano de 2004 devido a uma maior Etc ocorrida nesse ano. Em relação à produtividade, observa-se que para o ano de 2004 o tratamento T-08 (60,8) seguido pelo T-09 (56,5) e T-02 (53,1), tem as maiores produtividades. Para o ano de 2006 os tratamentos T-2 (84,9) seguido pelo T-03 (77,0) e T-06 (75,0) foram os mais produtivos. Considerando a média de produtividade entre os anos de 2004 e 2006 o T-02 (69,0) foi o mais produtivo seguido pelos tratamentos tratamento T-08 (67,2), T-03 (62,8) e T-09 (62,5).

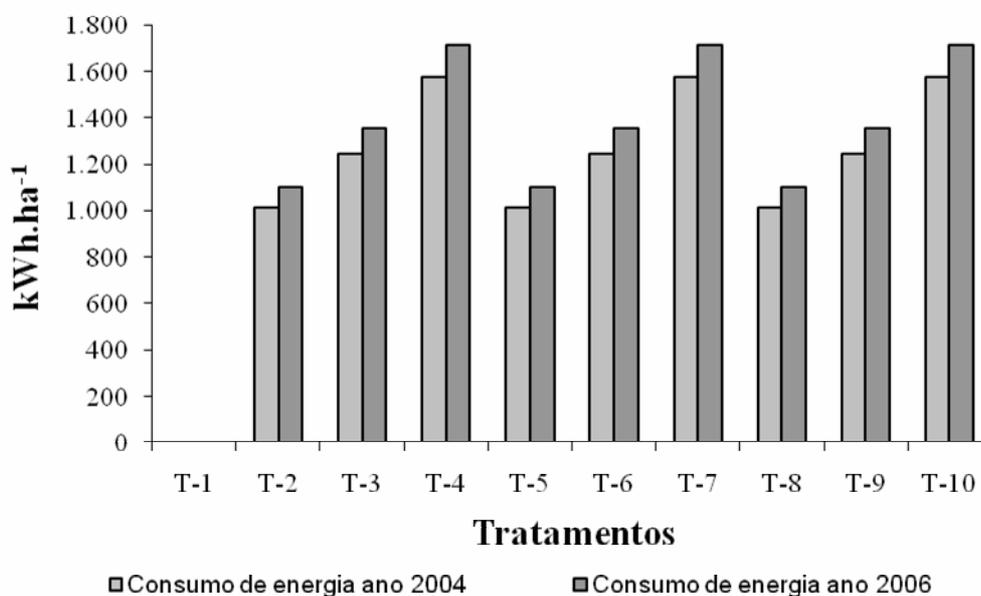


Figura 1. Consumo de energia elétrica para o ano de 2004 e 2006 em kWh.ha⁻¹.

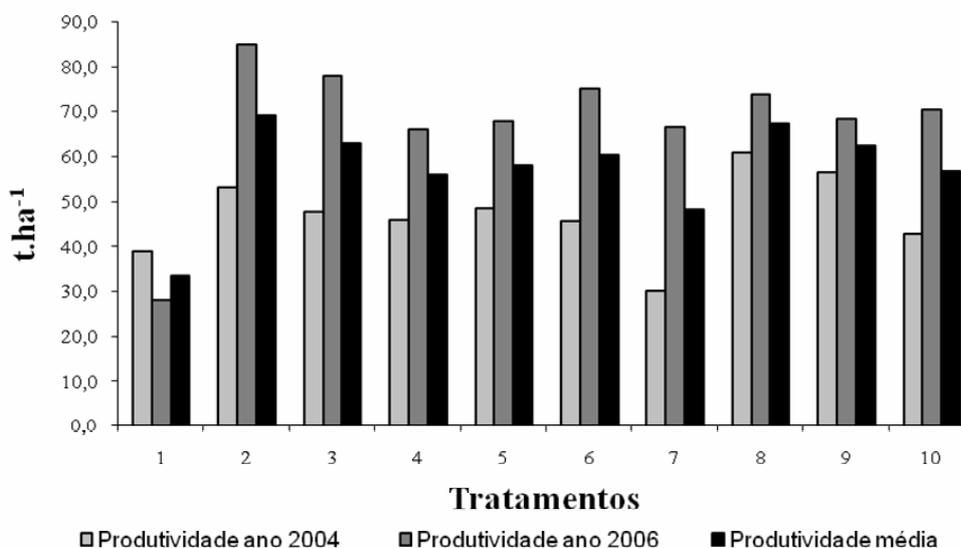


Figura 2. Produtividade de citros (t.ha⁻¹), para os anos de 2004 e 2006.

Na tabela 1 são apresentados os dados de análise de variância para a produtividade (t.ha⁻¹) para a safra de 2004 e 2006 e dados médios dos respectivos anos. Considerando dados médios para os dois anos podemos observar que para sistemas de irrigação não ocorreram diferenças significativas em produtividade. Mas em relação à lâmina de irrigação podemos verificar que a lâmina de 50% diferiu significativamente em produtividade (64,8) em relação à lâmina de 100% (53,67) que não diferiu da lâmina de 75% da Etc (61,87). Observa-se que todos os tratamentos irrigados, avaliando médias das duas safras, corresponderam em aumento de produtividade em relação à testemunha não irrigada, dados esses semelhantes aos resultados obtidos por Kriedmann & Barrs (1981) e Zanini et. al (1998).

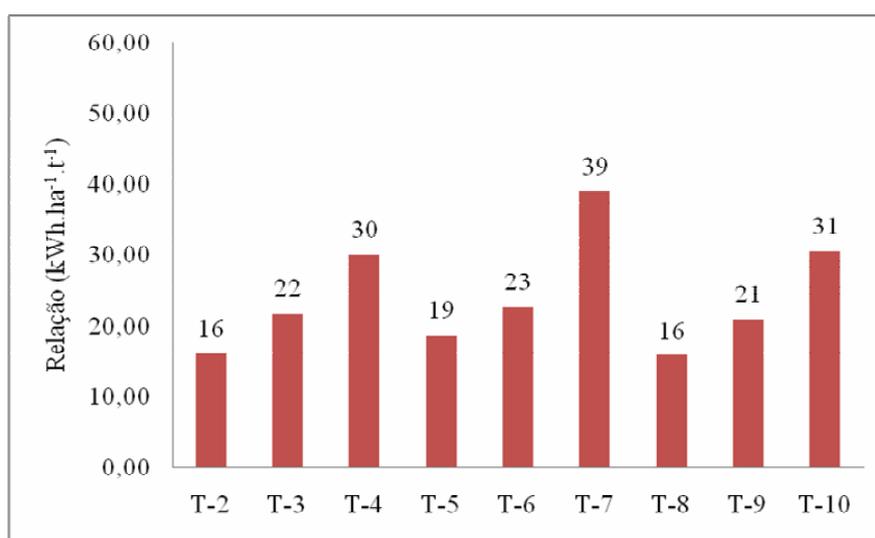
Tabela 1. Análise de variância para a produtividade ($t \cdot ha^{-1}$), entre média dos tratamentos, para os anos de 2004, 2006 e média dos dois anos.

		Produtividade ($t \cdot ha^{-1}$)					
		2004	2006	Média			
Sistema	1 linha	48,94	ab	76,28	a	62,61	a
De	2 linha	41,44	b	69,79	a	55,60	a
Irrigação	Micro	53,41	a	70,84	a	62,12	a
Lâmina	100%	39,67	b	67,66	a	53,67	b
De	75%	49,98	a	73,77	a	61,87	ab
Água	50%	54,14	a	75,47	a	64,80	a
Média dos Tratamentos		47,93		72,31		60,12	
Média da Testemunha		38,84		28,06		33,45	
Irrigação X Testemunha		4,62*		38,11**		31,47**	
Sistema de Irrigação (A)		6,82**		0,79 ^{NS}		2,26 ^{NS}	
Lâmina de Água (B)		10,34**		1,09 ^{NS}		4,92*	
Interação A x B		1,01 ^{NS}		0,76 ^{NS}		0,28 ^{NS}	
Tratamentos		4,78**		4,99**		5,21**	
Blocos		3,04*		2,26 ^{NS}		2,04 ^{NS}	
CV%		17,06		20,03		15,7	

NS não significativo; ** significativo a 1%; * significativo a 5% para o teste "F".

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se na Figura 3 que os tratamentos 2,5 e 8 (médias; 16, 19 e 16) apresentaram menores relações entre o consumo de energia e produtividade, isso se deve porque esses tratamentos apresentaram maior eficiência da água aplicada em relação aos demais tratamentos, a pior relação foi a apresentada pelos tratamentos irrigados com 100% da Etc (4,7 e 10).

**Figura 3.** Relação entre o consumo médio de energia elétrica ($kWh \cdot ha^{-1}$) e a produtividade ($t \cdot ha^{-1}$), para média dos anos de 2004 e 2006.

Observa-se na Figura 4 que os tratamentos irrigados com 100% da lâmina da Etc, 4,7 e 10 sempre apresentaram os maiores custos com $\text{kW}\cdot\text{ha}^{-1}$, porém em relação aos grupos tarifários observa-se que as tarifas da estrutura binomial convencional grupo A, apresentaram os maiores custos por hectare, e praticamente não ocorreram diferenças entre sistema tarifário horo sazonal verde azul Grupo A e sistema tarifário Grupo B quando irrigamos no período diurno.

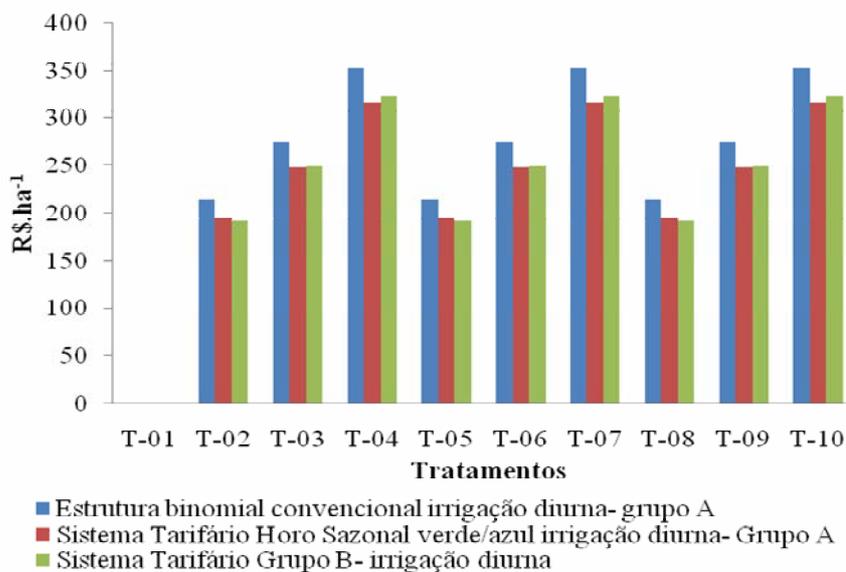


Figura 4. Consumo de energia elétrica médio, em $\text{R}\$.ha^{-1}$, para os diferentes grupos tarifários, irrigação diurna, para a média dos anos de 2004 e 2006.

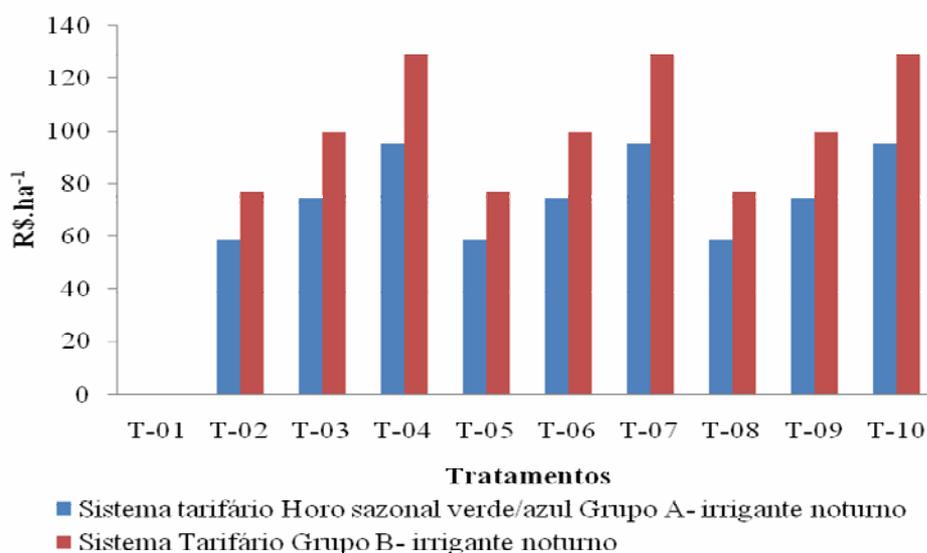


Figura 5. Consumo de energia elétrica média em $\text{R}\$.ha^{-1}$, para os diferentes grupos tarifários, irrigante noturno, para a média dos anos 2004 e 2006.

Na Figura 5, nota-se que se utilizarmos a portaria rural 105 irrigante noturno, tem-se desconto e os custos por hectare são bem menores, sendo o sistema tarifário Horo sazonal verde/azul Grupo A o que apresentou os menores custos por kWh para o período noturno.

Nesse trabalho verificou-se que a tarifa horo sazonal verde/azul com desconto especial, irrigante noturno segundo a portaria 105 rural, foi à opção mais adequada à cultura de citros, para os anos de 2004 e 2006. Para os custos variáveis foram considerados os custos dos consumos de energia elétrica e custos de manutenção e de mão-de-obra, para esse último os valores foram iguais para todos os tratamentos seguindo os valores relatados por Silva et al (2006).

Tabela 2. Valor do sistema de irrigação, depreciação anual, juros sob o capital investido (JSC), custos fixo anual e por hectare, para uma taxa de juros de 12% ao ano, vida útil do sistema estimada em 15 anos e valor residual do sistema igual a zero.

Sistema de irrigação	Projeto R\$/ha	Depreciação R\$.ano ⁻¹ .ha	JSC R\$.ano ⁻¹ .ha	Custos fixos R\$.ano ⁻¹ .ha
2 linhas	R\$ 4.200	R\$ 112,66	R\$ 252,0	R\$ 364,66
1 linha	R\$ 3.500	R\$ 93,88	R\$ 210,0	R\$ 303,88
Microaspersão	R\$ 3.800	R\$ 101,93	R\$ 228,0	R\$ 329,93

Tabela 3. Custos variáveis da irrigação, em R\$.ha⁻¹ano⁻¹

Tratamentos	2004	2006	Média
T-01	0,00	0,00	0,00
T-02	160,75	165,13	162,94
T-03	172,21	177,66	174,94
T-04	188,81	195,76	192,28
T-05	160,75	165,13	162,94
T-06	172,21	177,66	174,94
T-07	188,81	195,76	192,28
T-08	160,75	165,13	162,94
T-09	172,21	177,66	174,94
T-10	188,81	195,76	192,28

Tabela 4. Custo total da irrigação (custos fixos + custos variáveis), em R\$.ha⁻¹ano⁻¹

Tratamentos	2004	2006	Média
T-01	0,00	0,00	0,00
T-02	464,64	469,02	466,83
T-03	476,09	481,55	478,82
T-04	492,70	499,64	496,17
T-05	525,41	529,80	527,60
T-06	536,87	542,32	539,60
T-07	553,48	560,42	556,95
T-08	490,68	495,07	492,87
T-09	502,14	507,59	504,87
T-10	518,75	525,69	522,22

Tabela 5. Custo do milímetro de água aplicada, em R\$.mm⁻¹.ha.

Tratamentos	2004	2006	média
T-01	0	0	0
T-02	3,15	2,93	3,04
T-03	2,63	2,45	2,54
T-04	2,15	2,01	2,08
T-05	3,56	3,31	3,43
T-06	2,97	2,76	2,86
T-07	2,42	2,25	2,33
T-08	3,33	3,09	3,20
T-09	2,77	2,58	2,67
T-10	2,27	2,11	2,19

Considerando o preço final de venda do citros a R\$ 0,245 o Kg (R\$ 10,00 cx 40,8 Kg), em 2008, obtém-se a seguinte receita em R\$.ha⁻¹. (Tabela 6).

Tabela 6. Receita da produtividade de citros para os dois anos estudados, em R\$.ha⁻¹ano⁻¹

Tratamentos	Receita 2004	Receita 2006	Receita média
T-01	9516,19	9640,00	6874,80
T-02	13004,80	6367,00	20818,20
T-03	11700,32	5086,50	19094,40
T-04	11267,99	5833,50	16156,80
T-05	11880,25	4911,50	16605,60
T-06	11173,03	5190,50	18390,60
T-07	7397,04	4192,50	16299,60
T-08	14904,04	5570,00	18054,00
T-09	13856,96	5092,00	16738,20
T-10	10495,80	3715,00	17278,80

Tabela 7. Resultado econômico para os três anos estudados. (R\$.ha⁻¹ano⁻¹).

Tratamentos	2004	2006	Média
T-01	9516	6875	8195
T-02	12540	20349	16445
T-03	11224	18613	14919
T-04	10775	15657	13216
T-05	11355	16076	13715
T-06	10636	17848	14242
T-07	6844	15739	11291
T-08	14413	17559	15986
T-09	13355	16231	14793
T-10	9977	16753	13365

Pela análise da Tabela 7, percebe-se que para o ano de 2004, que o T-08 (sistema de irrigação por microaspersão com 50% da Etc aplicada) obteve o melhor resultado econômico em relação aos demais tratamentos, seguidos pelos tratamentos 9 e 2. Para o ano 2006 o melhor resultado econômico foi observado no tratamento T-02 seguido pelo tratamento T-03, todos irrigados com uma linha de gotejadores por linha de planta. Considerando uma média

para os três anos estudados observam-se que o melhor resultado econômico foi o apresentado pelo tratamento T-02 (R\$16 445) seguido pelo T-08 (R\$15 986) ambos irrigados com 50% da Etc, pelo sistema de irrigação com uma linha de gotejadores e microaspersão, respectivamente. Observou-se uma tendência de maior retorno econômico, para os tratamentos irrigados com 50% da Etc, seguidos pelo irrigados com 75% da Etc e o pior retorno econômico para 100% da Etc.

6 CONCLUSÕES

A melhor relação entre o consumo de energia elétrica por ha ($\text{kWh}\cdot\text{ha}^{-1}$) pela produtividade ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) foi observado nos tratamentos irrigados com 50% da Etc.

O sistema tarifário horo sazonal verde/azul Grupo A (com desconto especial para irrigantes noturno) teve o menor custo de energia.

Os tratamentos irrigados com lâmina de 50% apresentaram maiores produtividade em relação à lâmina de 100% da Etc.

Um maior retorno econômico ocorreu nos tratamentos irrigados com 50% da Etc com uma linha de gotejadores por linha de planta.

7 AGRADECIMENTOS

A FORBB (empresa de consultoria), UNESP de Jaboticabal, minha família e a Deus.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. et al. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and drainage paper, 56).

ALVES, J. et al. **Custo da energia elétrica na irrigação**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2003, Goiânia: SBEA 32, Goiânia: SBEA, 32 p.

ALMEIDA, O. A.; GISBERT, J. M. Alejamiento de la línea porta gotejo em el riego de cítricos. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 2, p. 447-58, 2003.

CALHEIROS, C. B. M. et al. Estratégias ótimas de irrigação do citros: água como fator limitante da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 7, p. 509-515, 1996.

COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. Effective use of water in irrigated agriculture. **Task Force Report**, n. 113, June 1988. 64 p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Estudo da otimização energética**. Belo Horizonte, 1993, 22 p.

- COOPERATIVA PARANAENSE DE ENERGIA. Diretoria de Engenharia e Construção, Superintendência de Planejamento. Coordenadoria de Estudos de Mercado. **Produto interno bruto – PIB – Perspectivas 1997/2007**. Curitiba, 1996.
- COELHO, S. T. **Matemática financeira e análise de investimentos**. São Paulo: Nacional; EDUSP, 1979. 279 p.
- DEMATTE, J. B. I. et al. Efeitos da microaspersão na produtividade e qualidade dos frutos de laranja “Pera” em dois porta-enxertos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15. 1996, Bauru. *Resumo...* p. 224.
- EMBRAPA. Serviço de produção e informação. Sistema brasileiro de classificação do solo. Brasília, DF, 1999. 412 p.
- GUARDIOLA, J. L. Frutificação e crescimento. In: **II SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITRUS-FISIOLOGIA**, 1992, Bebedouro, Anais... Campinas: fundação Cargil, p.3-26.
- KRIEDEMANN, P. E.; BARRS, H.D. Citrus orchards. In: KOZLOWSKI, T. T. Water deficits and plant growth. New York: Academic Press, 1981, v. 6, 325-418.
- MACHADO, C. C. **Influência da irrigação localizada na absorção de água do porta-enxerto limão “Cravo”, em plantas adultas de lima ácida “Tahiti”**. 2000, p. 82. Dissertação Mestrado apresentado em 2000 á Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade São Paulo, Piracicaba.
- MARTINS, M. I. E. G.; BORBA, M. M. Z. **Custo de produção**. Jaboticabal: UNESP, FCAV, 2004. 23 p.
- MELLO, C. R. et AL. economia de Energia e instalação de bombeamento para irrigação com uso de inversor de frequência. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 4, p. 78-88, 1999.
- NEVES, E. M.; SHIROTA, R. Considerações sobre a importância, determinação e atualização dos custos agrícolas; programa de treinamento BANESPA. Piracicaba, FEALQ, 1986. 23 p.
- PAZ, V.P.S. et al. Redução na receita líquida por déficit ou excesso de água na cultura do citros. **Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.9, p.869-875, 1997.
- PEITER, M.X.; CHAUDHRY, F.H.; CARLESSO, R. Programação do manejo da irrigação de milho via modelo de simulação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 53-63, 1999.
- SILVA, G. O. et al. Irrigação em pomares de laranjeiras. In: KOLLER, O. C. **Citricultura 1 laranja**: Tecnologia de produção, pós colheita, industrialização e comercialização. Porto Alegre: São Paulo, 2006. p 136-154.
- SILVA, J.A. **Comportamento da laranja “pêra” sobre dois porta-enxerto e três níveis de irrigação**. Tese Doutorado apresentada na FCAV, UNESP, Jaboticabal, 1999. p.117.

SOUZA, G. H. F., BRITO et al. Sustentabilidade da área irrigada e consumo de energia no distrito de irrigação Senador Nilo Coelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz de Iguaçu: SBEA, 2001a. 1 CD ROM.

SOUZA, J. L. M. **Modelo de análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para a cultura do cafeeiro**. Piracicaba, 2001b. 253p. Tese Doutorado apresentada na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

VESCOVE, H.V. et al. **Atualidades na citricultura irrigada (FORBB Serviços na área de agricultura)**. Disponível em: http://www.agrofit.com.br/portal/index.php?view=category&id=37%3airrigação&option=com_content&Itemid=17. Acesso em: 11 out 2008.

ZANINI, J.R.; PAVANI, L.C.; SILVA, J.A.A. **Irrigação em citros**. Jaboticabal: Funep, 1998. 35 p (Boletim Citrícola, 3).