

## **AValiação DE UM SISTEMA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO COM APLICAÇÃO DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA NO CONJUNTO MOTOBOMBA**

**João Alberto Borges de Araújo<sup>1</sup>; Odivaldo José Seraphim<sup>2</sup>; Jair Antonio Cruz Siqueira<sup>3</sup>; Fernando Presenço<sup>4</sup>; Fernando de Lima Caneppele<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Produção, Faculdade de Tecnologia, Botucatu, SP, [araujo@fca.unesp.br](mailto:araujo@fca.unesp.br)

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP

<sup>3</sup> CCET – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR

<sup>4</sup> Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP

### **1 RESUMO**

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a aplicação do inversor de frequência sobre os parâmetros elétricos e hidráulicos no manejo de um sistema de irrigação por aspersão. Utilizou-se de um sistema de bombeamento convencional por aspersão com 4 linhas manejadas alternadamente, constando o manejo da abertura de 1, 2, 3 e 4 linhas simultaneamente. Posteriormente, no sistema convencional foi acoplado um sistema de acionamento com rotação variável, composto por um transdutor de pressão e um inversor de frequência, os quais atuaram variando a rotação do conjunto motobomba e adequando a pressão estabelecida em relação à variação de vazão requerida pelo sistema. Os resultados encontrados permitiram avaliar que no sistema com inversor de frequência houve redução do consumo de energia e a pressão de serviço dos aspersores foi mantida, variando apenas a vazão requerida, conforme o manejo das linhas.

**UNITERMOS:** manejo de irrigação, consumo de energia, parâmetros hidráulicos

**ARAÚJO, J. A. B. de; SERAPHIM, O. J.; SIQUEIRA, J. A. C.; PRESENÇO, F; CANEPPELE, F. de L. EVALUATION OF A SPRINKLE IRRIGATION SYSTEM WITH THE USE OF A FREQUENCY INVERTER DRIVE**

### **2 ABSTRACT**

This work aimed to evaluate the use of a frequency inverter drive on the electric and hydraulic parameters of a sprinkling irrigation system management. A conventional sprinkle water pump system with 4 alternate controlled lines, in which the opening of 1, 2, 3 and 4 lines occurred simultaneously; electric energy consumption and hydraulic parameters of the system were registered. Later on, this system was connected to a starting system with varied rotation, consisting of a pressure transducer and a frequency inverter drive, that made the water pump rotation vary and adapted the preset pressure in relation to the flow variation requested by the system. Obtained results showed that, in the system with a frequency inverter drive, there was reduction of the electric energy consumption and the service pressure of the sprinkling was maintained, just varying the requested flow, for the simultaneous management of 1, 2 and 3 lines.

**KEYWORDS:** irrigation management, energy consumption, hydraulic parameters

### 3 INTRODUÇÃO

Os sistemas de irrigação são projetados para fornecer a máxima vazão requerida quando todas as linhas estão em funcionamento simultâneo e a motobomba é dimensionada para suprir esta vazão (Hanson et al., 1996). Desta forma, em sistemas em que ocorra o manejo de linhas de irrigação, quando se seleciona um número menor de linhas, o sistema opera de forma superdimensionada em termos de demanda de energia elétrica pela força motriz do sistema. Com isto, verifica-se uma necessidade significativa de racionalização do uso da energia elétrica nestas condições de operação (Shindo e Soares, 1998). Observa-se, portanto, a necessidade de adequação da força eletromotriz à carga hidráulica requerida no manejo das linhas. Tiago Filho (1996) estudou um equipamento próprio para produzir este efeito com rapidez e eficiência, o inversor de frequência, que é um equipamento eletroeletrônico capaz de controlar a rotação de motores elétricos de indução, mantendo uma relação entre frequência e tensão constante, onde se reduzindo a tensão, através de transformador de tensão, reduz-se automaticamente a frequência, com conseqüente redução da corrente elétrica e, portanto, redução da potência requerida. Sanguedo e Stephan (1997) e Ottoboni (2002) citam que os inversores de frequência podem ser empregados em diferentes processos industriais onde é necessário o controle de velocidade, abrindo espaço para o uso de máquinas de corrente alternada, trazendo como benefícios elevado rendimento e alto fator de potência.

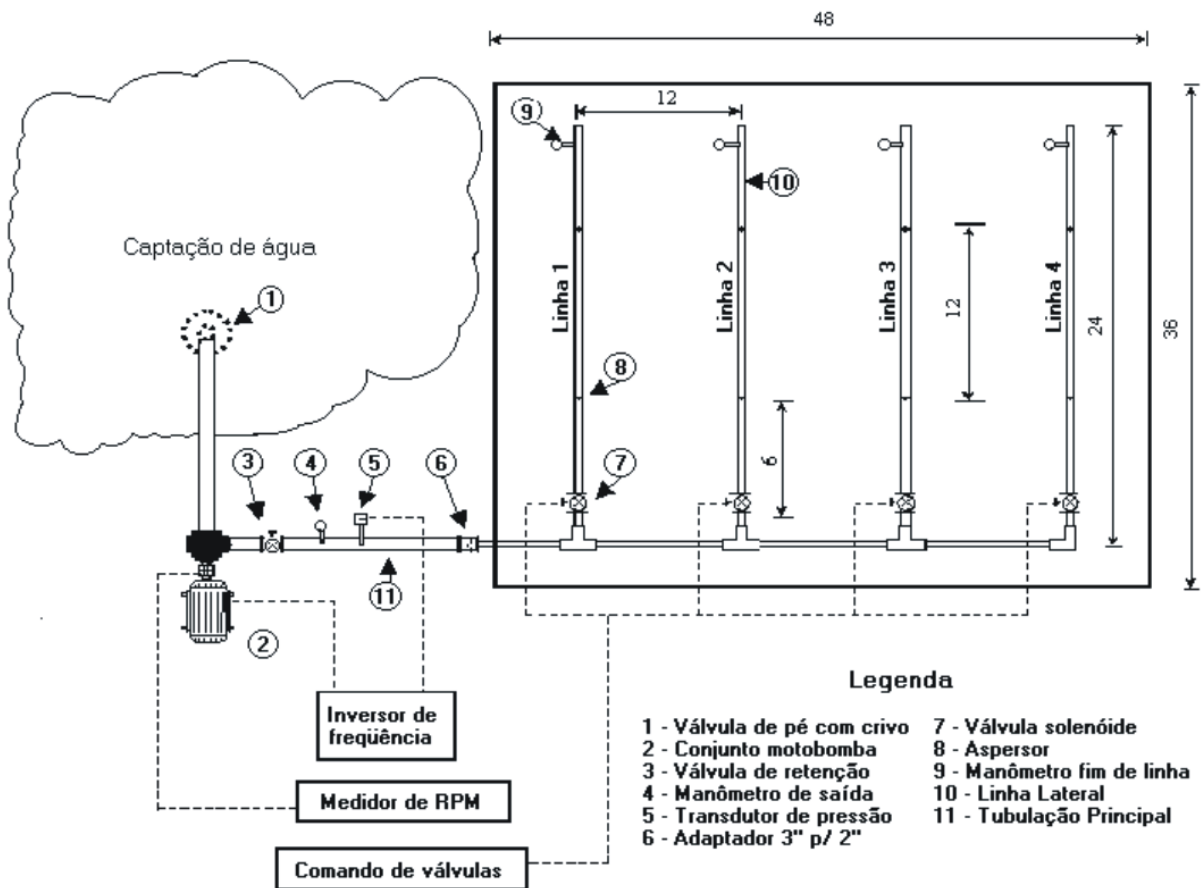
Campana et al (2000), verificaram a viabilidade técnica e econômica da utilização de inversores de frequência para racionalização do uso de energia elétrica em um sistema de irrigação tipo pivô central de média pressão.

Em vista do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação do inversor de frequência para a racionalização do consumo de energia elétrica em um sistema de irrigação por aspersão, adequando e ajustando os parâmetros hidráulicos dentro das características requeridas pelo sistema.

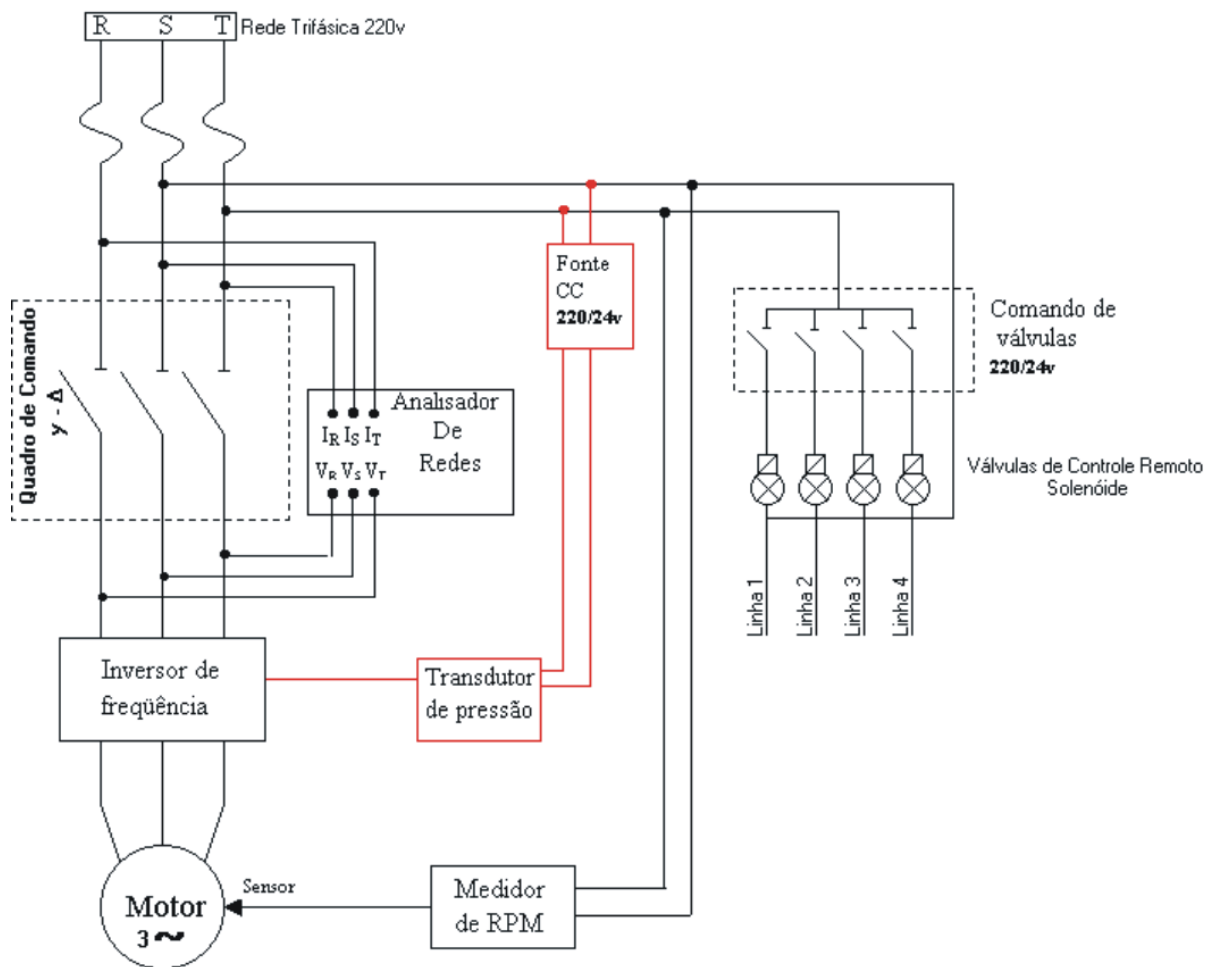
### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Lageado na Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP, município de Botucatu – SP, situado nas coordenadas de 48° 25' 42" W e 22° 51'04" S, na altitude de 760 metros. O sistema de irrigação foi instalado em uma área de 1.728 m<sup>2</sup>, composto por uma linha principal de 2" e quatro linhas laterais, também de 2", com válvula solenóide de 1 ½" instalada no início da tubulação lateral. O espaçamento entre linhas e aspersores foi de 12 x 12 m, conforme apresentado pelo esquema elétrico e hidráulico da Figura 1. Em cada linha lateral foram instalados dois aspersores rotativos operando com pressão de serviço definida em 215,74 kPa para uma vazão de 1,33 m<sup>3</sup>/ h. Para fornecer a vazão requerida pelos aspersores, instalou-se uma bomba da marca WORTINGTON, tamanho 1 ½" x 1"x 6", diâmetro do rotor 6" com vazão máxima 14m<sup>3</sup>/ h , pressão máxima de 588,40 kPa, com rotação de 3530 rpm, motor KOLBACH, modelo KT112M, trifásico, potência de 5 cv. Para a medição de vazão do sistema utilizou-se um hidrômetro HIDROMETER Modelo 900-D, PN-10, BSP com fundo de escala de 10 litros. Avaliou-se o volume registrado no hidrômetro a cada 5 minutos. Pela relação entre o

volume registrado e o intervalo de tempo, calculou-se a vazão. Na tubulação de saída da bomba e no final das linhas laterais foram instalados manômetros analógicos da marca RECORD com escala de 19,61 a 980,67 kPa. No sistema com variação de rotação foi instalado um Inversor de frequência da marca YASKAWA, modelo vs-606 v7, trifásico em 220 volts e um transdutor de pressão ZURICH, modelo psi-420. O transdutor de pressão foi conectado ao inversor e instalado na tubulação de saída da bomba, de forma a transmitir para o inversor o sinal correspondente à pressão de serviço dos aspersores. A rotação da motobomba foi avaliada por meio de um tacômetro digital, com escala de 0 a 4000 rpm, marca EURO-CONTROL, modelo Tm -500. Conectou-se à rede elétrica um analisador e registrador de grandezas elétricas da marca ESB, modelo SAGA 4000 para aquisição dos valores de tensão, corrente e potência elétrica consumida pelo conjunto motobomba, como pode ser observado na Figura 2. Os parâmetros elétricos e hidráulicos foram coletados manejando-se as linhas laterais com a abertura e fechamento das válvulas solenóides. Sendo que simulou-se o sistema funcionando com 1, 2, 3 e 4 linhas abertas. Os dados obtidos foram tabulados e elaborados gráficos e tabelas para a avaliação dos parâmetros hidráulicos do sistema.



**Figura 1.** Esquema elétrico e hidráulico do sistema de irrigação convencional e com a utilização de inversor de frequência.



**Figura 2.** Esquema elétrico das instalações dos equipamentos para avaliação dos parâmetros elétricos, com a utilização do inversor de frequência.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Quadros 1 e 2 apresentam os valores dos parâmetros hidráulicos e elétricos medidos para o sistema com acionamento convencional e o sistema com o uso de inversor de frequência, respectivamente. Observou-se que em todas as combinações de linhas abertas, o consumo de energia no sistema de irrigação com inversor de frequência foi inferior ao sistema sem inversor, como apresentado na Figura 4. A redução do consumo de energia deveu-se à redução da rotação do conjunto motobomba obtida no sistema com inversor de frequência (Figura 3). Verificou-se, também, que a corrente elétrica no sistema com inversor apresentou valores inferiores ao do sistema convencional com a abertura de até 3 linhas simultaneamente, sendo que, para abertura do número máximo de linhas, o valor da corrente excedeu o valor medido no sistema convencional (Figura 5). O valor de corrente elétrica encontrado para o sistema com inversor quando as quatro linhas estavam abertas foi majorado devido ao consumo de energia do próprio inversor. O sistema com inversor apresentou um consumo de energia elétrica total, para o manejo de todas as combinações de linhas de irrigação, 58,45% inferior em média ao do sistema sem inversor de frequência. Na Figura 6 observa-se que, no sistema com rotação constante, quando se manejou um número de linhas laterais inferior ao

total, o valor da pressão do sistema elevou-se significativamente. Para o manejo de 1, 2 e 3 linhas os valores de pressão do sistema foram de 529,56, 500,14 e 333,43 kPa, respectivamente, como pode ser observado no Quadro 1. Por outro lado, no sistema com rotação variável com o uso do inversor de frequência e transdutor de pressão, a pressão do sistema foi mantida de acordo com a pressão de serviço do sistema com qualquer número de linhas manejadas, como pode ser visualizado na Figura 7. Para a ocorrência disso o inversor, através do sinal enviado pelo transdutor, reduziu a rotação do motor e, portanto, a rotação da bomba também, ajustando a pressão de serviço e fornecendo a vazão requerida pelo número de linhas laterais abertas, como pode ser verificado no Quadro 2.

**Quadro 1.** Valores médios dos parâmetros elétricos e hidráulicos medidos no sistema de irrigação operando com acionamento convencional. Onde: Altura Manométrica(HM), Potência Reativa(Q), Potência Aparente(S), Frequência(F) e SAGA 4000 - Analisador e registrador eletrônico de sistemas monofásicos ou trifásicos

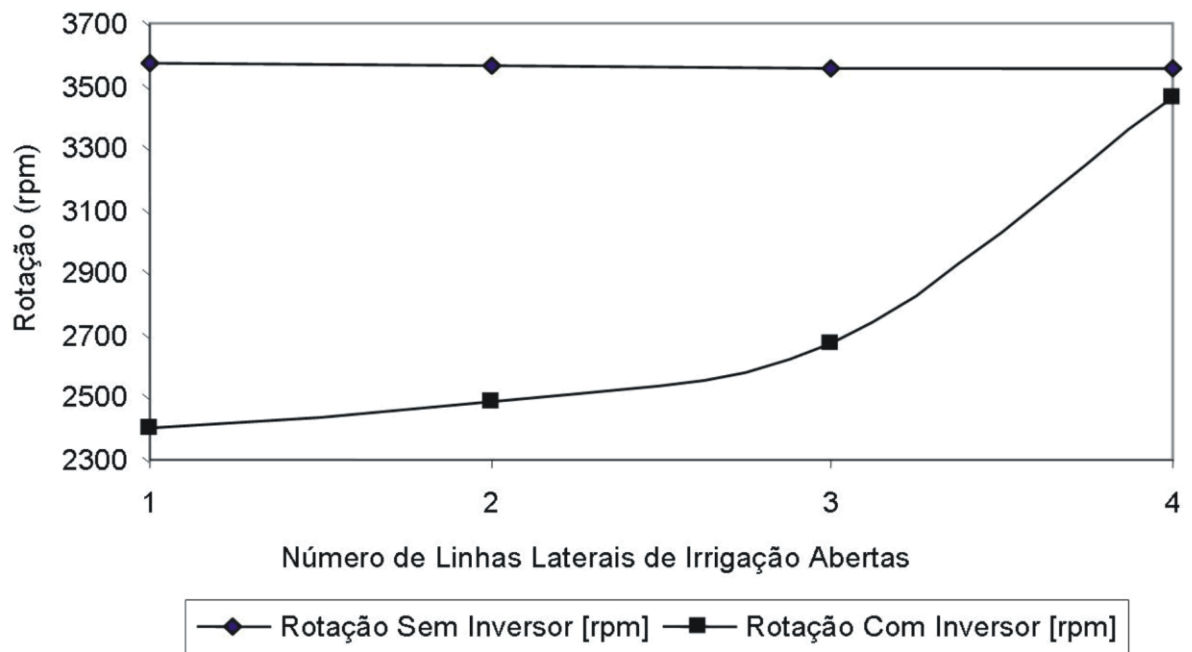
Leitura de Instrumentos				Leituras do SAGA 4000						
Linhas Abertas	Rotação [rpm]	HM [kPa]	Vazão [m <sup>3</sup> /h]	Consumo de energia [kWh]	Q [kVAr]	S [kVA]	FP	I [A]	F [Hz]	Carregamento (%)
1	3569	529,56	2,77	3,00	2,34	3,80	0,79	9,87	59,48	74,61
2	3562	500,14	5,60	3,35	2,39	4,12	0,81	10,68	59,38	80,89
3	3558	333,43	8,41	3,55	2,44	4,31	0,82	11,16	59,32	84,62
4	3557	215,75	10,32	3,56	2,39	4,29	0,83	11,18	59,29	84,23
<b>Média</b>	<b>3562</b>	<b>394,72</b>	<b>6,77</b>	<b>3,37</b>	<b>2,39</b>	<b>4,13</b>	<b>0,81</b>	<b>10,72</b>	<b>59,37</b>	<b>81,09</b>

**Quadro 2.** Valores médios dos parâmetros elétricos e hidráulicos medidos no sistema de irrigação com a utilização do inversor de frequência. Onde: Altura Manométrica (HM), Potência Reativa (Q), Potência Aparente (S), Frequência (F) e SAGA4000 - Analisador e registrador eletrônico de sistemas monofásicos ou trifásicos

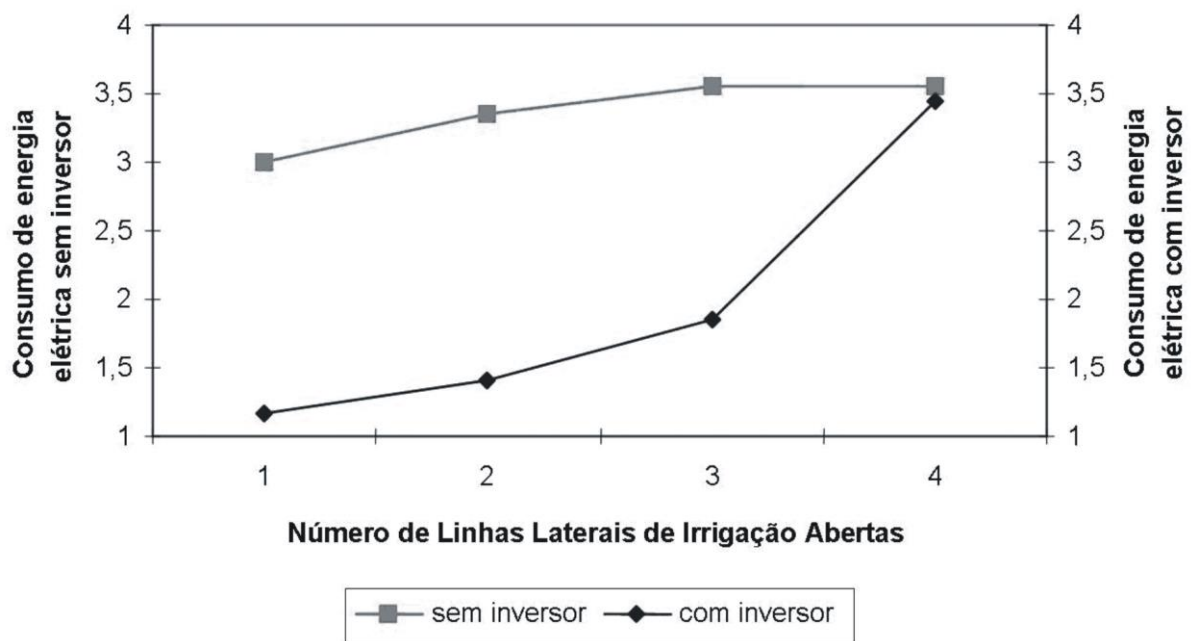
Leitura de Instrumentos				Leituras do SAGA4000						
Linhas Abertas	Rotação [rpm]	HM [kPa]	vazão [m <sup>3</sup> /h]	Consumo de energia [kWh]	Q [kVAr]	S [kVA]	FP	I [A]	f [Hz]	Carregamento(%)
1	2400	215,74	2,86	1,17	1,29	1,74	0,67	5,33	39,80	34,16
2	2485	215,74	5,40	1,41	1,09	1,79	0,79	6,23	41,00	35,14
3	2670	215,74	7,67	1,86	1,77	2,56	0,72	8,10	44,00	50,26
4	3460	215,74	10,44	3,45	3,21	4,71	0,73	14,00	58,00	92,47
<b>Média</b>	<b>2754</b>	<b>215,74</b>	<b>6,59</b>	<b>1,97</b>	<b>1,84</b>	<b>2,70</b>	<b>0,73</b>	<b>8,41</b>	<b>45,70</b>	<b>53,01</b>

**Quadro 3.** Redução do consumo de energia para o sistemas com e sem inversor de frequência ,em função do número de linhas abertas

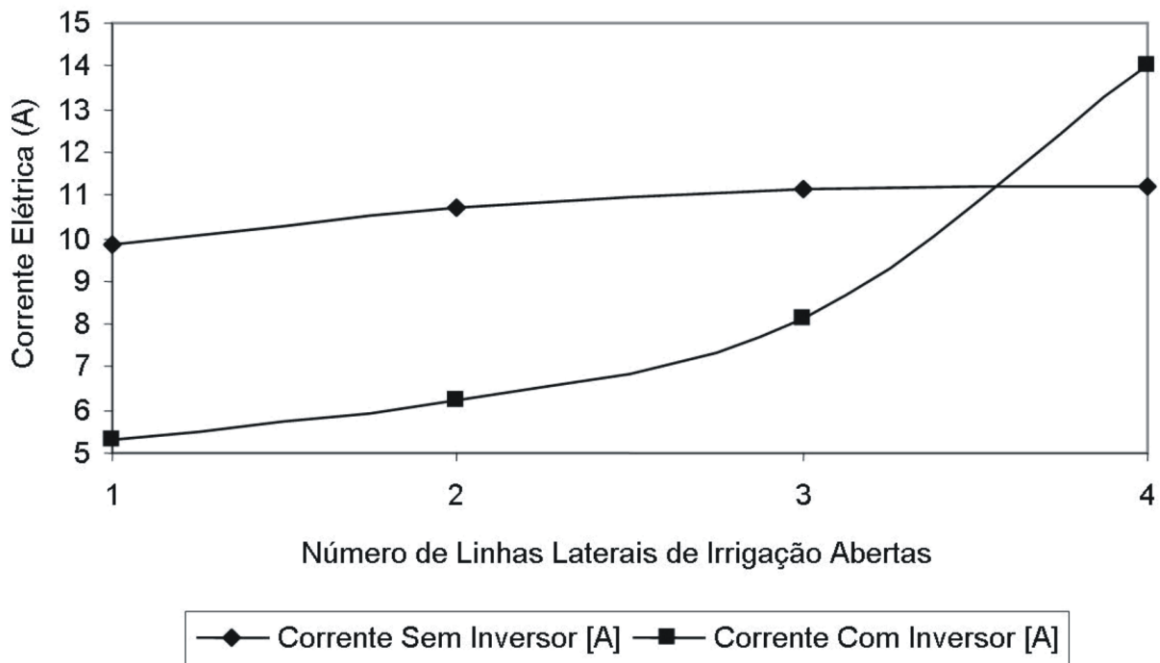
Linhas Abertas	Consumo de Energia Sem Inversor (kWh)	Consumo de Energia com inversor (kWh)	Redução do consumo de energia (%)
1	3,00	1,17	61,00
2	3,35	1,41	57,91
3	3,55	1,86	47,61
4	3,56	3,45	3,09
<b>Média</b>	<b>3,37</b>	<b>1,97</b>	<b>41,38</b>



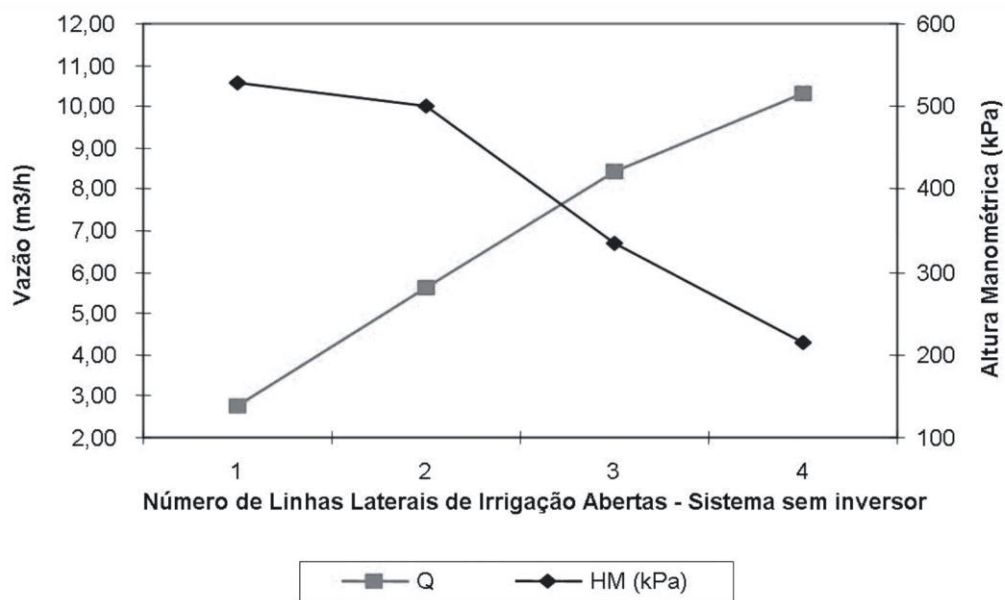
**Figura 3.** Variação da rotação do conjunto motobomba dos sistemas sem inversor e com inversor de frequência (em rpm).



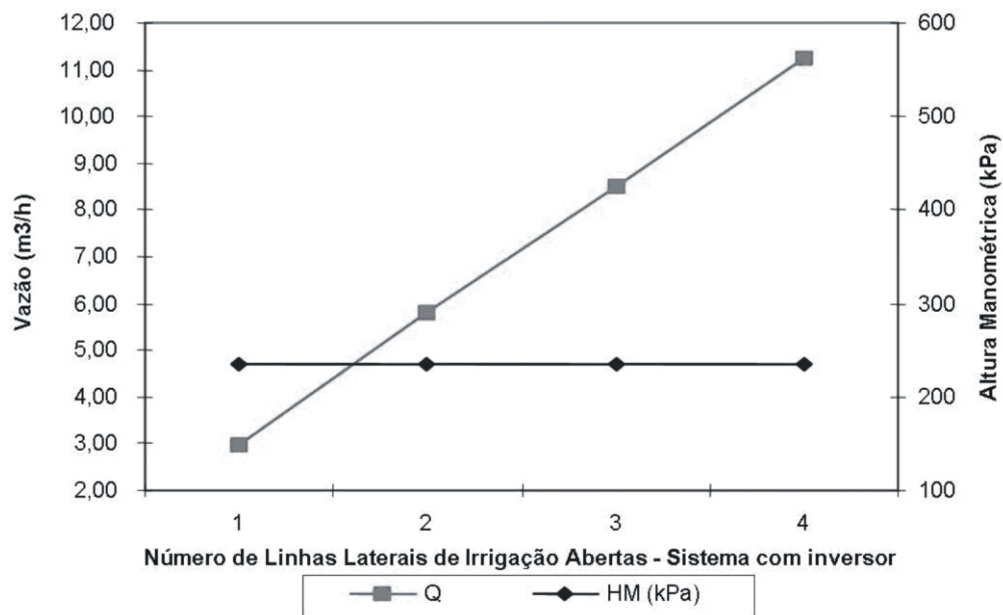
**Figura 4.** Consumo de energia elétrica dos sistemas sem inversor e com inversor de frequência, em função do número de linhas abertas.



**Figura 5.** Corrente elétrica nos sistemas sem inversor e com inversor de frequência, em função do número de linhas laterais de irrigação abertas.



**Figura 6.** Parâmetros hidráulicos medidos em função do número de linhas laterais de irrigação abertas – sistema sem inversor de frequência.



**Figura 7.** Parâmetros hidráulicos medidos em função do número de linhas abertas – com inversor de frequência.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nas condições de realização do experimento permitiram concluir que o sistema com rotação variável com o uso do inversor de frequência conectado ao transdutor de pressão reduziu o consumo de energia elétrica no sistema na ordem de 58%.

Conclui-se, também, que o sistema com inversor de frequência e transdutor de pressão possibilitou o controle efetivo da pressão de serviço do sistema de irrigação, sem prejuízo para a vazão requerida pelo sistema, de acordo com o manejo das linhas laterais de irrigação do sistema.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPANA, S.; OLIVEIRA FILHO D.; SOARES A.A.; OLIVEIRA, R. A.; HERMSDORFF, W. Inversor de frequência – uma alternativa para racionalização do uso de energia elétrica em sistemas de irrigação Pivô Central. In: AGRENER 2000 - ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: NIPE/UNICAMP, 2000. CD-ROM.

HANSON, B.; WEIGAND, C.; ORLOFF, S. Performance of electric irrigation pumping plants using variable frequency drives. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, New York, v. 122, n. 3, p. 179-82, 1996.

OTTOBONI, A. **A evolução do controle de velocidade**. São Paulo: Saber Eletrônica, 2002, p.14.



SANGUEDO, C.A.; STEPHAN, R. Aplicação de conversores eletrônicos em áreas classificadas. **Eletricidade Moderna**: São Paulo, n. 276, p. 48-60, 1997.

SHINDO R.; SOARES G. A. Avaliação da precisão de métodos práticos de determinação do carregamento de motores de indução trifásicos. In: CONFERÊNCIA DE APLICAÇÕES INDUSTRIAIS, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Editora Tec Art., 1998, v. 3, p.177-179.

TIAGO FILHO, G.L. **Uso de bombas com rotação variável**. Itajubá: Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 1996. 19 p.