O USO DE REDES INDUSTRIAIS EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL, COMO PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO ENTRE SENSORES, CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL E INVERSOR DE FREQÜÊNCIA

Alberto Colombo[1], Giovanni Francisco Rabelo[2], Paulo Henrique Cruz Pereira[3]

Abstract *— Currently the use of nets of the type Modbus, Profibus, Devicenet, Compobus, among others, if finds in the context of the industrial nets, as much in solutions proprietors as in the standards developed for the IEEE, for example. The applications for this type of net, capable are diverse in control systems and can be useful in control of energy. An example is the control of energy in systems of irrigation through the job of Variable Drive Frequency (VFD). Variable Drive Frequency in accordance with vary the engine speeds the greater or minor necessity of outflow or pressure or temperature of each zone of control, in an application of irrigation system. When reduce the rotation speed, the VFD provide great economy of energy. This work will demonstrate an application of this net, in the Agricultural area, as form of communication protocol enters the devices in a Center Pivot Irrigation Systems.*

Index Terms — Irrigation System, Center Pivot, Communication protocol, Variable Drive Frequency.

VISÃO GERAL

A viabilidade econômica do uso de inversores de freqüência em sistemas de irrigação do tipo pivô central foi demonstrada em diversos estudos. No entanto, apesar da necessidade de aumentar a eficiência do uso da energia elétrica disponível e das vantagens comparativas de algumas áreas irrigadas do Brasil, o incremento esperado na utilização destes equipamentos em sistemas de irrigação do tipo pivô central não tem sido observado.

No momento, três fatores contribuem para a continuidade deste quadro de estagnação no uso de inversores de freqüência em sistemas de irrigação: (i) as estratégias para controle dos inversores nos pivôs centrais ainda são um desafio para os profissionais da automação que atuam na área agrícola, (ii) existem discrepâncias entre valores esperados e valores realizados (observados) de redução no consumo de energia elétrica; e, (iii) são raras as oportunidades de se observar equipamentos de irrigação do tipo pivô central operando com inversores de freqüência.

Este Projeto tem como objetivo promover, através da instalação de um inversor de freqüência e um controlador lógico programável (PLC), no pivô central existente no Campus da UFLA, ações que contribuam para eliminação destes três fatores restritivos, através da comunicação entre o inversor de freqüência e o PLC, com a utilização de uma rede de comunicação industrial do tipo Modbus, RS485, utilizando os cabos já existente para controle de energização da bomba, utilizado pelo pressostato do pivô central (cabo normal de ligação e não apropriado para comunicação Modbus). Todos os parâmetros do inversor de freqüência serão fornecidos pelo PLC, após análise dos sinais de pressão ao longo da linha lateral, posição da linha lateral ao longo da topografia do terreno onde o pivô central está instalado, entre outros.

METODOLOGIA

A introdução do uso de inversores de freqüência nas unidades de bombeamento, de acionamento elétrico, dos equipamentos de irrigação possibilita uma substancial redução no consumo de energia (HANSON et al. 1996; MELLO, 1999; MELLO et al. 1999, CAMPANA, 2000; CAMPANA et al. 2000). Para o caso particular dos equipamentos dos equipamentos de irrigação do tipo pivô central, a economia de energia obtida com a utilização de inversores de freqüência tem sido alvo de diversos estudos (MASIEIRO et al. 1999; CAMPANA et al., 2000; KING & WALL, 2000; AZEVEDO et al., 2002; AZEVEDO, 2003; MEDEIROS et al., 2006).

No entanto, apesar da necessidade de aumentar a eficiência do uso da energia elétrica disponível e das vantagens comparativas de algumas áreas irrigadas do Brasil, o incremento esperado na utilização destes equipamentos em sistemas de irrigação do tipo pivô central não tem sido observado.

Os inversores de freqüência são equipamentos relativamente complexos que, de acordo com FRANCHI (2007), permitem diferentes estratégias de controle automático da rotação de um motor elétrico (programação automática de ciclos, utilização de entradas digitais, entradas analógicas e interface de comunicação serial).

O estudo foi desenvolvido em um pivô central, modelo Valley 4071-8000-VSN/2-94, existente no Campus da UFLA. A topografia da área onde o pivô opera, o comprimento de sua adutora e a distância entre a casa de bombas e o ponto do pivô podem ser visualizados na Figura 1.

1 Alberto Colombo, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, MG, Brazil, acolombo@ufla.br
2 Giovanni Francisco Rabelo, Universidade Federal de Lavras – UFLA, MG, Brzil, rabelo@ufla.br
3 Paulo Henrique Cruz Pereira, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG, Campus VIII, Varginha, MG, Brazil, paulovga@varginha.cefetmg.br

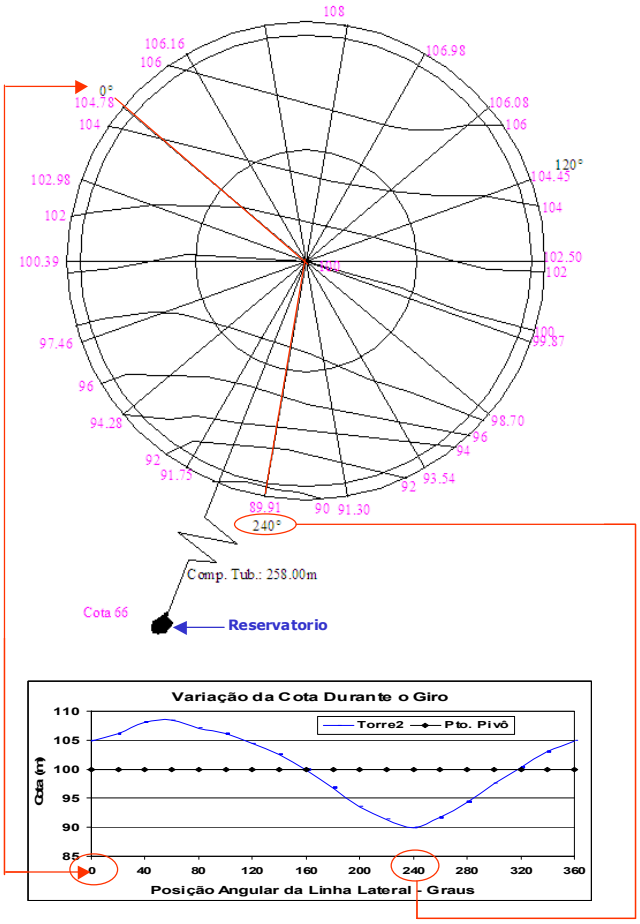

FIGURA. 1

VISTA GERAL DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DO TIPO PIVÔ CENTRAL (VALLEY 4071-8000-VSN/2-94), COTAS DO TERRENO EM METROS.

O inversor de freqüência, da marca Onrom, modelo 3G3RX-A2150, foi instalado, segundo o esquema ilustrado na Figura 2, na casa de bomba localizada nas proximidades do reservatório de água.

A estratégia de controle, estudada, dos parâmetros de controle do inversor foram gerados por um controlador lógico programável, marca Onrom, modelo CPIH-X40DT1-D, instalado próximo ao ponto do pivô, e enviados até a casa de bomba por meio de um cabo enterrado, conforme mostrados nos esquemas das Figuras 2 e 3.

O posicionamento da linha lateral, do pivô central, foi determinado substituindo-se o resolver instalado no painel de automatismo do pivô central, por um encoder, da marca Onrom, modelo E6C3-AG5B, instalado no lugar do resolver original do pivô central e ligado as entradas digitais do PLC.

A pressão ao longo da linha lateral do pivô central foi monitorada por 4 sensores analógicos (transdutores de pressão), da marca HBM, modelo P15RVA1, interligados, cada um, a uma unidade remota conversora de sinal analógica para sinal de rede Compobus®, da marca Onrom, modelo SRT2-AD04, que por sua vez era interligado ao PLC, através do modulo de extensão, Onrom, modelo CJ1W-CRM21.

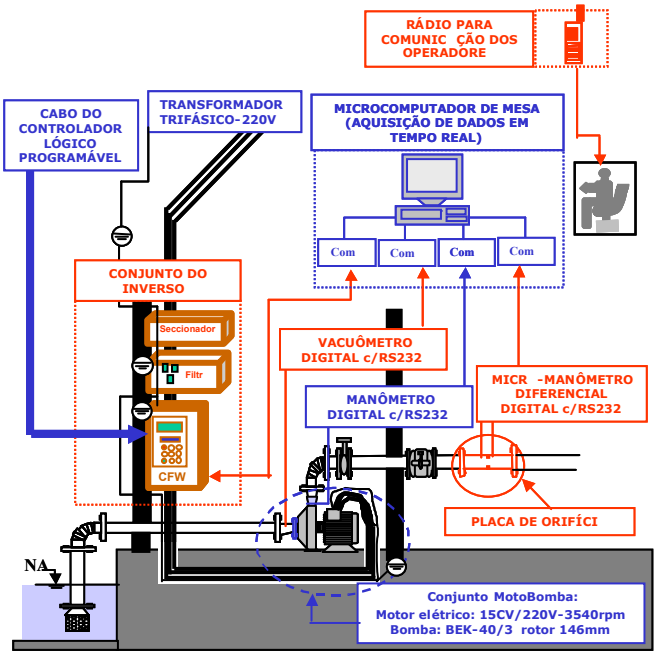

FIGURA. 2

DISTRIBUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS NA CASA DE BOMBAS DO PIVÔ CENTRAL (VALLEY 4071-8000-VSN/2-94) NO QUAL FOI DESENVOL-VIDO O PROJETO.

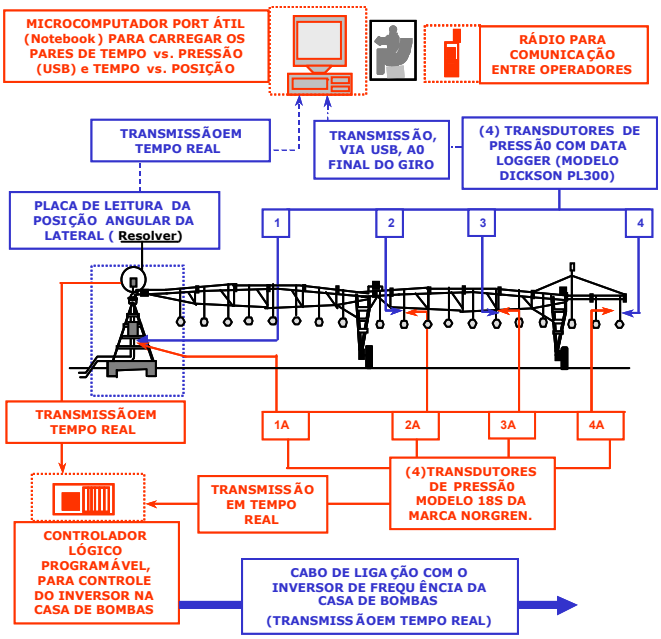

FIGURA. 3

DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS AO LONGO DA LATERAL MÓVEL DO PIVÔ CENTRAL (VALLEY- 4071-8000-VSN/2-94).

Ressalta-se que todas as interligações foram realizadas utilizando-se cabos PP 3x1,5 mm2 e não cabos especiais de redes de comunicação industriais, pois o objetivo era verificar se os cabos já existentes nas instlações de um pivô central atenderiam as necessidades de comunicação e assim reduzindo-se os custos de instalação de campo, para o produtor rural, para o caso de viabilidade do projeto se concretizasse. A exceção do cabo de comunicação entre o PLC e o inversor de freqüência, pois o que já se encontrava instalado iniciava com um cabo duplo, rígido e 2,5mm2, finalizando-se com 2 fios (um preto e outro azul) de 1,0mm2, o que leva a concluir que deveria haver emendas ao longo do cabo enterrado que já se encontrava instalado e enterrado ao longo da linha da adutora do pivô central.

A programação Ladder do PLC, foi realizada utilizando-se o programa próprio, da Omron, o aplicativo CX-One, em sua versão trial.

RESULTADOS

A programação Ladder do PLC mostrou-se extremamente fácil com este tipo de controlador, uma vez que já existem área de memória destinadas para transferência de dados para os protocolos de rede modbus, Figura 4.

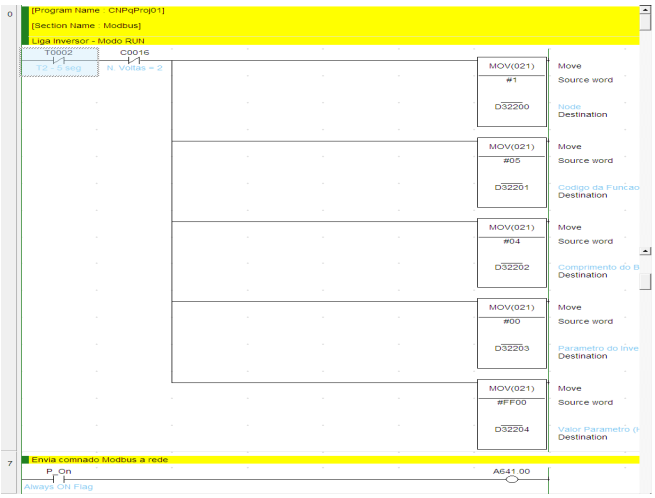

FIGURA. 4
PARTE DA PROGRAMAÇÃO LADDER - MODBUS

Os protocolos de comunicação (modbus e Compobus®) utilizados e seus meios de transmissão não sofreram nenhuma degradação do sinal ou interferências devido a utilização de cabos comuns, mesmo nos locais mais próximos ao inversor de freqüência.

O controle dos parâmetros do inversor de freqüência através do controlador lógico programável (PLC), mostrou-se eficaz e mantendo a freqüência de rotação da bomba estável e conforme a necessidade de pressão ao longo da linha lateral em função da declividade do terreno, no qual o pivô central estava instalado, Figuras 5 e 6.

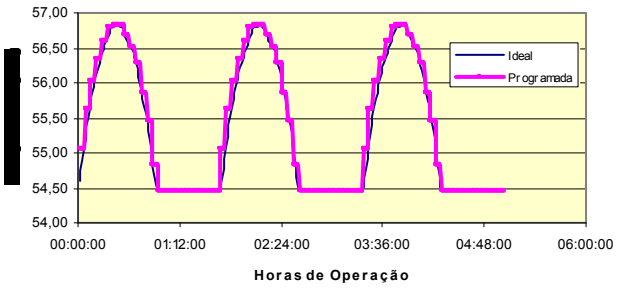

FIGURA. 5
GRÁFICO DA FREQÜÊNCIA DO INVERSOR DE FREQUENCIA EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE DO TERRENO, AO LONGO DO TEMPO (3 CICLOS COMPLETOS).

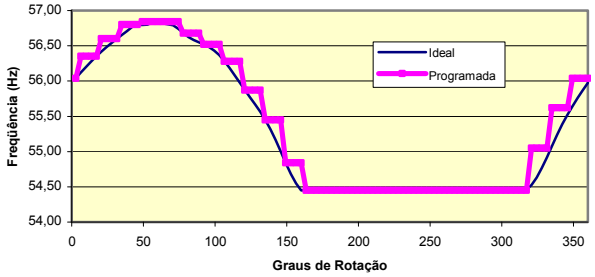

FIGURA. 6
GRÁFICO DA FREQÜÊNCIA DO INVERSOR DE FREQÜÊNCIA EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE DO TERRENO (UM CICLO COMPLETO – 360^0).

A freqüência mínima necessária para se manter a pressão da linha lateral do pivô central, para este tipo de topografia do terreno foi de 54,45Hz, já a freqüência máxima utilizada no sistema foi de 56,84Hz. Sem o sistema de controle realizado pelo PLC, a freqüência era constante e igual a 60Hz, utilizando-se a potência máxima que poderia ser fornecida pelo conjunto moto-bomba.

CONCLUSÃO

O sistema de controle e os protocolos de redes de comunicação utilizados entre o inversor de freqüência e o controlador lógico programável (PLC), bem como entre os sensores de pressão, ao longo da linha lateral e o PLC mostrou-se efetivo e estável, para o tipo de aplicação de irrigação por pivô central, onde o tempo de resposta não é consideravelmente curto.

Ainda há a necessidade de se continuar os estudos afim de se determinar com uma maior precisão a exata economia de energia elétrica, bem como a possibilidade de se utilizar redes sem fio de baixo custo, garantindo-se assim um melhor acesso desta tecnologia e promovendo-se sua viabilidade técnica e econômica.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, a Universidade Federal de Lavras – UFLA e a Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo apoio a realização das pesquisas e publicação de mais este trabalho.

REFERENCIAS

[1] ALMEIDA, A.T.; FONSECA, P.; FALKNER, H. & BERTOLDI, P. Marked transformation of energy-efficient motor technologies in the EU. **Energy Policy**. Amaterdan, v. 31, p. 563-575, 2003.

[2] AZEVEDO, E. B.; COLOMBO, A.; CARVALHO, J. A. & RABELO, G. F. Redução do consumo de energia elétrica com uso de inversor de frequência em pivô central. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 11, 2002, Lavras. Resumos expandidos...Lavras: UFLA, 2002. p. 104-108. 1 CD-ROM.

[3] AZEVEDO, E. B. **Viabilidade do uso de inversores de frequência em sistemas de irrigação do tipo pivô central**. 2003. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

[4] CAMPANA, S. **Racionalização do uso de energia elétrica em sistemas de irrigação do tipo pivô central e aspersão convencional**. 2000. 108p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

[5] CAMPANA, S.; OLIVEIRA, D.; SOARES, A. A. & OLIVEIRA, R. A. Inversores de frequência no controle de motores na irrigação. **Revista Eletricidade Moderna**. São Paulo, p.138-156. 2000.

[6] CARSON, R. The correct method of calculating energy savings to justify adjustable-frequency drives on pump. **TEEE Transactions on Industrial Applications**, v.36. n.6, p 1725, 1733, 2000.

[7] FRANCHI, C. M. **Acionamentos Elétricos.** São Paulo, Érica, 2007. 250 p.

[8] FRANCHI, C. M.; CAMARGO, Valter Luís A. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos.** São Paulo, Érica, 2008. 335 p.

[9] GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada: Descrição e Implementação de Sistemas Seqüenciais com PLCs.** São Paulo, Érica, 2000. 217 p.

[10] HANSON, B.; WEEIGAND, C. & ORLOFF, F. Performance of eletric irrigation pumping polants using variable frequency drives. **Journal of irrigation and Drainage Engineering**. New York, v. 122, n.e. p. 179-182, 1996.

[11] KING, B. A. & WALL, R. W. Distributed instrumentation for optimum control of variable speed electric pumping plants with center pivots. **Applied Engineeering in Agriculture.** Saint Joseph, v. 16, n. 1. p. 45 - 50, 2000.

[12] MEDEIROS, A. M. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; NERYS, J. W. L.; OLIVEIRA, A. M. & MARRA, E. G. Potencial de economia de energia elétrica em pivô central, com uso de inversor de frequência. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CEFEICULTURA, 8, 2006, Araguari. **Anais.**..Araguari: Associação dos Cafeicultores de Araguari, 2006, p.45-49.

[13] MASIERO, L.A.M.; OLIVEIRA FILHO, D. & OLIVEIRA, R.A. **Utilização de inversores de frequência para racionalização do uso da energia elétrica em sistema de irrigação por pivô central**. Engenharia na Agricultura. Viçosa, v.7, p. 35-45, 1999.

[14] MELLO, C. R. **Avaliação da utilização do inversor de frequência em sistemas de bombeamento para irrigação.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola,Universidade federal de Lavras, 1999, 87p.

[15] MELLO, C. R.; CARVALHO, J. A.; BRAGA JUNIOR, R. A.; REINATO, C. H. & SANTANA, M. J. Economia de energia em instalações de bombeamento pra irrigação com o uso de inversor de frequência. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n.4, 1999.

[16] NATALE, Ferdinando. **Automação Industrial.** São Paulo, Érica, 2000. 236 p.

[17] PETERS, R. T. & EVETT, S. R. Using low-cost GPS receivers for determining field position of mechanized irrigation system. **Applied Engineeering in Agriculture.** Saint Joseph, v. 21, n. 5. p. 841-845. 2005.

[18] POTTEBAUM, J.R. Optimal characteristics of variable-frequency centrifugal pump motor drive. **IEEE Transactions on Industry Applications**, v.1A-20, n. 1 p.23-31. 1984.

[19] SILVEIRA, Paulo R. da; SANTOS, Winderson E. **Automação e Controle Discreto.** São Paulo, Érica, 2003. 233 p.