



ANÁLISE DE VIABILIDADE DA SUBSTITUIÇÃO PARA O SISTEMA DE IRRIGAÇÃO A PIVÔ CENTRAL DE BAIXA PRESSÃO OBJETIVANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Antônio Marcos de Melo Medeiros*¹, Juarez Gomes Bucar Júnior¹,

¹PUC-GO – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Resumo – Devido à modernização dos sistemas de irrigações no campo, a utilização de energia elétrica vem agregando um impacto financeiro cada vez maior no cálculo dos gastos esperados pela lavoura. Visando, assim, a diminuição do consumo de energia elétrica, procura-se analisar a viabilidade da substituição do sistema convencional de irrigação a pivô central pelo LEPA (irrigação a pivô central de baixa pressão) com a implementação de sistemas automatizados.

Palavras-Chave - Automação da irrigação, Sistema LEPA, Eficiência energética.

FEASIBILITY ANALYSIS OF THE REPLACEMENT FOR THE LOW PRESSURE CENTRAL IRRIGATION SYSTEM FOR ENERGY EFFICIENCY

Abstract - Due to the modernization of irrigation systems in the field, the use of electricity has been adding an increasing financial impact to the calculation of expected expenses for the crop. Aiming, therefore, to reduce electricity consumption, we seek to analyze the feasibility of replacing the conventional central pivot irrigation system with LEPA (low pressure central pivot irrigation) with the implementation of automated systems.

Keywords - Irrigation automation, LEPA system, Energy efficiency.

NOMENCLATURA

- hf* Perda de carga.
- f* Fator de atrito de Darcy-Weisbach.
- L* Comprimento da tubulação.
- D* Diâmetro da tubulação.
- v* Velocidade do fluido dentro da tubulação.
- v* Viscosidade

I. INTRODUÇÃO

Devido principalmente o aumento populacional, a necessidade por alimentos vêm se tornando um obstáculo para muitos países. Por sua vez, o Brasil, segundo Bojanic, representante da FAO Brasil (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), será um dos maiores exportadores de alimentos (2016, apud Viana, 2016). No entanto, Bojanic, acrescenta que para o alicerce desta previsão devem-se considerar ameaças como o aquecimento global, erosão e contaminação do solo, uso irracional de água e defensivos agrícolas. Necessitando assim, promover um desenvolvimento sustentável visando sempre a diminuição dos desperdícios.

A irrigação é utilizada para melhorar o rendimento na produção da agricultura, por sua vez, quando aplicada de forma irracional traz consequências ao solo, à produtividade e principalmente as reservas hídricas. Em vista disso, este artigo visa a criação de sistemas de irrigação mais eficientes que evite principalmente os desperdícios de energia proporcionados pelo mau dimensionamento dos pivôs centrais. (CAMARGO, 2016)

O gotejamento é o sistema de irrigação que proporciona maior eficiência quando comparado a outros métodos, por sua vez, o sistema LEPA de irrigação a pivô central a baixa pressão está ganhando espaço devido principalmente a sua capacidade de irrigar grandes terrenos sem a necessidade de grandes investimentos, mantendo ainda uma uniformidade e eficiência na irrigação, tornando-se uma ferramenta eficaz para grandes latifúndios. (CARVALHO; SILVA, 2007).

Assim, buscamos desenvolver uma solução para o desperdício de energia elétrica em sistemas de irrigação a pivô central, dessa forma, foi realizado um estudo teórico que compara o método de irrigação a pivô central convencional com o sistema LEPA que possibilita a diminuição da pressão de operação do pivô.

Além disso, foi implementado um sistema autônomo que possibilita a variação da velocidade da bomba centrífuga através de inversores de frequência, proporcionado assim, uma diminuição no consumo de energia.

*amarcosmedeiros@gmail.com

II. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de irrigação LEPA, compreende-se em uma variação do pivô central, que consiste em promover a substituição dos aspersores e implementar uma descida via tubulação para o cultivo. Segundo Carvalho, as alterações propostas pelo sistema LEPA possibilitam uma economia significativa no consumo de água e energia elétrica já que o sistema diminui as perdas causadas pela vaporização e arrastamento das partículas, devido a uniformidade proporcionada pela distribuição direcionada ao cultivo.

Figura 1: Sistema de irrigação a pivô central de baixa pressão LEPA.



O dimensionamento do sistema de irrigação a pivô central consiste em quantificar as perdas de cargas do agregado (aspersores, desnível do terreno e perdas na tubulação e na bomba), para isso, usa-se as equações de perda de carga de Darcy-Weisbach. No entanto, devido as imperfeições do terreno a pressão de linha é dimensionada para que o ponto crítico atue conforme a vazão máxima da cultura, sobrecarregando assim, os demais aspersores. (BIRD; STEWART; LIGHTFOOT, 2017).

A equação que expressa as perdas de cargas:

$$hf = f \cdot \left(\frac{L}{D} \right) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (1)$$

Onde o fator de atrito é calculado para um regime estacionário por,

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2)$$

Em que,

$$Re = \frac{D \cdot V}{\nu} \quad (3)$$

As equações anteriores possibilitam a construção da ficha técnica, que consiste em delimitar a área irrigada, dimensões do pivô, informações técnicas da tubulação e da bomba centrífuga e calcular a perda de manométrica gerada na tubulação do pivô. Logo, utilizamos a ficha técnica do pivô central Krebsfer T-658 8LL 1LM L-3, a partir da análise realizada pelo Antônio Medeiros (2005).

Figura 2: Ficha técnica do sistema de irrigação a pivô central convencional.

Ficha Técnica - Pivô Central Convencional	
Composição do Pivô Central:	Altura Manométrica:
Comprimento do vão inicial: 52,38 m	Pressão no extremo da tubulação do pivô: 20,00 mca
Comprimento dos vãos intermediários: 192,86 m	Desnível do ponto do pivô ao ponto mais alto: 9,46 m
Raio da Última Torre: 245,24 m	Perda friccional no tubo do pivô (H _f): 2,58 mca
Lance em Balanço: 27,13 m	Altura dos Aspersores: 4,00 m
Comprimento total do Pivô Central: 272,37 m	Pressão no ponto do pivô (manômetro): 36,04 mca
Área Irrigada:	Desnível da matubomba ao ponto do pivô: 9,46 m
Alcance efetivo do canhão final: - m	Perda de carga na tubulação adutora (H _f +H _f +H _f): 10,64 mca
Raio efetivo da área irrigada (r.a.a.): 272,37 m	Altura da sucção: 3,00 m
Área circular irrigada (AII): 23,31 ha	Perdas diversas: 2,07 mca
	Altura Manométrica TOTAL: 61,20 mca
Características Técnicas:	Unidade de Bombeamento:
Lâmina bruta a aplicar (L _B): 8,00 mm/dia	Vazão exigida: 80,00 m ³ /h
Tempo de operação diário (t): 24,00 h	Pressão Exigida: 65,00 mca
Vazão necessária (Q): 77,70 m ³ /h	Informações Complementares:
Tempo mínimo para completar 1 volta (t _{min}) v = 100%: 6,16 h	Desnível do ponto do pivô ao ponto mais baixo: m
Lâmina bruta mínima por volta v = 100% (L _{min}): 2,05 mm	
Tubulação Adutora	
Adutora: A	Vazão: 77,7 m ³ /h
Comprimento: 400,00 m	Perda de carga: 0,0266 m/m
Diâmetro: 5" pol	Perda de carga total: 10,64 mca
Materiais: Aço Zincado	
Bomba Centrífuga:	Motor Elétrico
Marca: K.S.B	Marca: WEG
Modelo: ITA 80-40/2	Modelo: IP 64
Nº de estágios: dois	Potência nominal: 32,50 cv
Diâmetro dos rotores: 290,00 mm	Nº de fases: Monofásico
Vazão prevista: 80,00 m ³ /h	Nº de polos: 4
Pressão prevista: 65,00 mca	Rotação: 1750,00 rpm
Rendimento: 74,00 %	Tensão: 380,00 V
Rotação: 1750,00 rpm	Frequência: 60,00 Hz
Potência absorvida no eixo: 25,65 cv	Eficiência: 65,00 %
	Consumo: 22,19 kW

A substituição por aspersores que operem em baixas pressões possibilita a diminuição das perdas devido ao atrito da tubulação do sistema, implantando assim o sistema LEPA. Portanto, foram utilizados para a adequação os aspersores da Senninger modelo LDN Shroud, que podem operar em baixas pressões, entre 6 a 21 psi (0,4 a 1,0 bar) e possuem vazões entre 60 e 4200 litros por hora. Essas características atendem as necessidades da cultura especificada na figura 2.

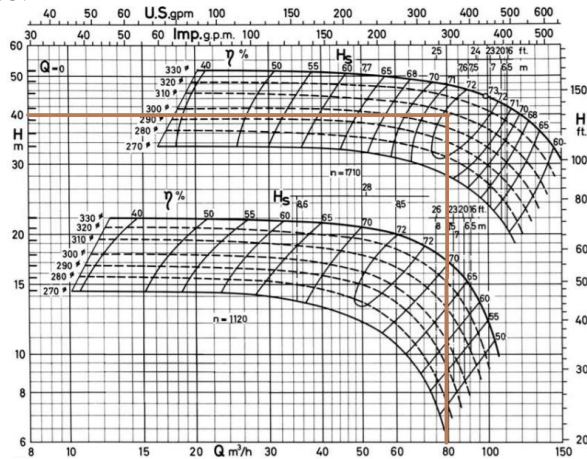
Figura 3: Aspersores que podem ser utilizados para a adequação à um sistema LEPA.



Para a correção do superdimensionamento de pressão nos aspersores, vê-se necessário a utilização de um sistema embarcado que possibilite a variação da pressão durante o deslocamento do pivô. Sendo assim, será empregado um inversor de frequência gerenciado por um controlador lógico programável (CLP) que estabelece a frequência para a região na qual o pivô se encontra, diminuindo assim, as perdas proporcionadas pelo mal dimensionamento da pressão de linha. (PETRUZELLA, 2014)

Além disso, devido a substituição dos aspersores, fez-se necessário substituir a bomba elétrica para adequar a pressão e a vazão ao novo sistema. Para isso, utilizamos o catálogo do fabricante KSB bombas hidráulicas para a seleção da bomba centrífuga mais adequada para operar o LEPA. Assim, com as curvas de níveis disponibilizadas pelo fabricante e com a análise de vazão que a colheita necessita, determina-se o diâmetro do rotor e calcula-se a altura manométrica do sistema, obtendo assim, a curva de atuação da bomba.

Figura 4: Curvas de operação da bomba centrífuga KSB 80-33.



Para determinar o diâmetro do rotor analisa-se os dados referentes a ficha técnica do sistema LEPA conforme destacado na tabela 2. Com a utilização das equações de perda de carga obtivemos a vazão (80,00 m³/h) e a pressão (40 mca) necessários para a operação do pivô central, assim delimitou-se através da figura 3 a curva do diâmetro do rotor de 310 mm².

Figura 5: Ficha técnica do sistema de irrigação a pivô central de baixa pressão (LEPA).

Composição do Pivô Central:		Ficha Técnica - Pivô Central LEPA	
Comprimento do vão inicial:	52,38 m	Pressão no extremo da tubulação do pivô:	4,00 mca
Comprimento dos vãos intermediários:	192,85 m	Desnível do ponto do pivô ao ponto mais alto:	9,46 m
Raio da Última Torre:	245,24 m	Perda friccional no tubo do pivô (f _{tp}):	0,37 mca
Lance em Balanço:	27,13 m	Altura dos Aspersores:	0,30 m
Comprimento total do Pivô Central:	272,37 m	Pressão no ponto do pivô (manômetro):	10,64 mca
Alcance efetivo do canhão final:	-	Desnível da multibomba ao ponto do pivô:	9,45 m
Raio efetivo da área irrigada (r.a.e):	272,37 m	Altura da sucção:	3,60 m
Área circular irrigada (A):	23,31 ha	Perda de carga na tubulação adutora (H _{fA} +H _{fC}):	10,64 mca
Características Técnicas:		Unidade de Bombeamento:	
Lâmina bruta a aplicar (L _B):	8,00 mm/ha	Vazão exigida:	80,00 m³/h
Tempo de operação diário (t):	24,00 h	Pressão exigida:	40,00 mca
Vazão necessária (Q):	77,70 m³/h	Informações Complementares:	
Tempo mínimo para completar 1 volta (t _{min}) v = 100%:	6,16 h	Desnível do ponto do pivô ao ponto mais baixo:	m
Lâmina bruta mínima por volta v = 100% (l. min):	2,05 mm		
Tubulação Adutora		Motor Elétrico	
Adutora:	A	Marca:	WEG
Comprimento:	400,00 m	Modelo:	IP 54
Diâmetro:	5" pol	Potência nominal:	32,50 cv
Material:	Aço Zincado	Nº de fases:	Monofásico
Bomba Centrífuga:		Marca:	K.S.B
		Modelo:	ETA 80 40/2
		Nº de estágios:	06
		Diâmetro dos rotores:	290,00 mm
		Vazão prevista:	80,00 m³/h
		Pressão prevista:	65,00 mca
		Rendimento:	74,00 %
		Rotação:	1750,00 rpm
		Potência absorvida no eixo:	25,65 cv
		Consumo:	22,19 kW

Com base nessas informações compararmos a curva característica da bomba elétrica utilizada com a curva de operação do sistema de irrigação a pivô central obtendo assim dois polinômios, cujos o seu ponto de intercepção será a vazão e a perda de carga do sistema. (MEDEIROS, 2005).

III. RESULTADOS

Tendo em vista os métodos mencionados e utilizando o software disponibilizado pelo professor orientador Antônio Marcos, desenvolvido em sua dissertação de mestrado em 2005, obtivemos os seguintes resultados.

Figura 6: Estimativa de Economia para o sistema de irrigação por pivô central.

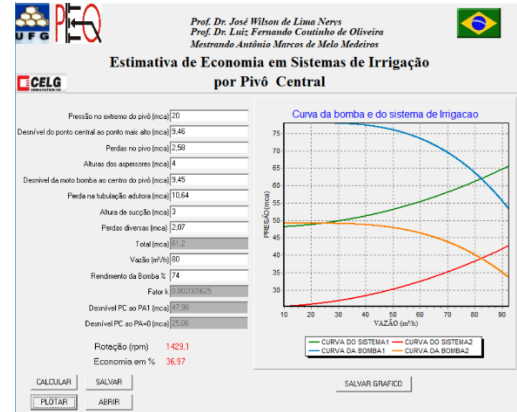
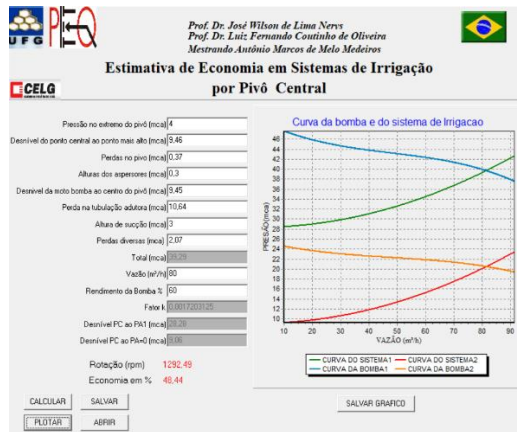


Figura 7: Estimativa de Economia para o sistema de irrigação por pivô central de baixa pressão.



Como observado nas figuras 5 e 6, as curvas características, vazão por altura manométrica, apresentam uma diminuição drástica, devido principalmente à atuação do inversor de frequência que estabelece a melhor faixa de velocidade do rotor da bomba para o desnível do terreno, mantendo assim uma irrigação mais uniforme.

Dessa forma podemos expressar os resultados em forma de potência consumida pela bomba elétrica, como demonstrado na tabela a seguir. Nota-se que devido a diminuição na rotação do eixo do rotor da bomba o sistema convencional com a aplicação do inversor de frequência obteve uma economia de 36,97%, sendo que, a substituição dos aspersores proporcionou uma redução de 48,35%. Ao aplicarmos no sistema LEPA os inversores de frequência obtivemos uma economia de 68% em relação a irrigação por pivô central convencional.

Tabela 1: Tamanhos e tipos de letras utilizadas no texto

	Sistema Convencional	Sistema com Automação
Rotação rpm	1800	1429,10
Potência kW	22,19	16,19
Economia %		36,97

Tabela 2: Tamanhos e tipos de letras utilizadas no texto

	Sistema LEPA	Sistema com Automação
Rotação rpm	1800	1292,49
Potência kW	11,46	7,10
Economia %		48,44

Tabela 3: Tamanhos e tipos de letras utilizadas no texto

	Sistema LEPA	Sistema LEPA com Automação
Rotação rpm	1800	1292,49
Potência kW	11,46	7,10
Economia %	48,35	68,00

A substituição para o sistema de irrigação autônomo proporciona uma economia notável ao custo de produção, levando em conta que um dos maiores gastos em um cultivo irrigado é a energia elétrica. Isso é possível devido à redução na potência da bomba centrífuga, justificada pelo uso do inversor de frequência, que atua como um regulador da velocidade no rotor, extraindo assim o maior rendimento para os diferentes níveis do terreno irrigado.

Além disso, a adequação ao sistema LEPA proporciona ao sistema a capacidade de operar em pequenas pressões, mitigando as perdas ocasionais do sistema, principalmente as perdas de carga nas tubulações do sistema. Sendo assim, ao agregar o sistema de irrigação a pivô central em baixa pressão ao sistema de automação nota-se uma economia de até 68% no consumo de energia elétrica.

Por sua vez, esse trabalho não quantificou o investimento necessário para essa adequação, impossibilitando assim uma análise de rentabilidade financeira para a substituição do sistema de irrigação a pivô central convencional para o sistema LEPA.

IV. CONCLUSÃO

A utilização do modelo com automação, aliado ao inversor de frequência possibilitou uma economia de aproximadamente 37% a irrigação por pivô central, sendo que, com apenas a substituição dos aspersores houve uma diminuição no consumo de energia elétrica de 48%, demonstrando que a implementação do sistema LEPA confere à irrigação uma notória economia.

Sendo assim, com a aplicação dos dois métodos, automação e substituição para o sistema LEPA, obtém-se uma economia em energia elétrica de 68%, impactando diretamente ao custo do agregado geral, viabilizando assim a substituição e modernização do sistema de irrigação.

REFERÊNCIAS

[1] Viana, Guilherme. “Brasil será um dos maiores exportadores de alimentos, prevê fao”. Embrapa, [Bento Gonçalves-RS], 2016. 31º Congresso Nacional de Milho e Sorgo.

[2] Camargo, Débora Costa. conservação, uso racional e sustentável da água. “agência nacional das águas”, Fortaleza, 2016. capacitação para gestão das águas. S. A.

[3] Carvalho, Daniel Fonseca; Silva, Leonardo Duarte Batista. “a evolução dos pivôs”. A granja, Porto Alegre, SETEMBRO 2007.

[4] Bird, R. Byron Bird; Stewart, Warren E.; Lightfoot, Edwin N. “Fenômenos de transporte. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

[5] Medeiros, Antônio Marcos de Melo. “Potencial de economia de energia elétrica em sistemas de irrigação a pivô central com uso de inversor de frequência no estado de Goiás”. 2005. (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, [S. l.], 2005.

[6] Senninger. “irrigação mecanizada baixa pressão - alto desempenho”. [S. l.: s. n.].

[7] Petruzella, Frank D. “Controladores lógicos programáveis”. Porto Alegre: AMGH, 2014.

[8] KSB bombas hidráulicas SA. Bomba centrífuga para uso geral. [S. l.: s. n.], 2008.