

DIMENSIONAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA IRRIGAÇÃO DE UMA LINHA LATERAL DE PIVÔ CENTRAL REBOCÁVEL PARA IRRIGAÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR.

Carlos Henrique de Azevedo Farias

Pesquisador da Destilaria Miriri S/A, Doutor em Recursos Naturais, Fone: (083) 3292 2116, E-mail: carlos.henrique@miriri.com.br

Gabriel Saturnino de Oliveira

Geógrafo Gerente Agrícola, Destilaria Miriri S/A. E-mail: gabriel@miriri.com.br

Francisco Lourival de Sousa

Estudante de Administração e Supervisor da Destilaria Miriri S/A. E-mail: lourival@miriri.com.br

Halan Vieira de Queiroz Tomaz

Mestrando em Agronomia da ESALq. E-mail: halanvieira@hotmail.com

Francisco de Queiroz Porto Filho

Professor Doutor em Recursos Naturais da UFERSA

RESUMO: o dimensionamento de uma linha lateral é uma ferramenta aplicada com o objetivo de se determinar, com precisão, a pressão final da linha lateral, considerando a presença de um canhão hidráulico ou não na extremidade final da tubulação; para que o projetista de irrigação tenha a exata ciência da pressão de entrada no pivô central. Podendo assim, dimensionar projetos mais otimizados em termos de energia. A avaliação do sistema proporcionou a reconstituição da curva de controle do equipamento levando ao produtor a realidade do seu sistema de irrigação. O dimensionamento hidráulico do sistema proporciona a visualização do comportamento teórico do sistema que, quando comparado, ao comportamento real, posto em execução, pode servir de auditoria para fins de correção das possíveis falhas, sejam de projeto e fabricação ou de execução.

Palavras-chave: uniformidade, pressão inicial, vazão

DESIGN AND EVALUATION OF QUALITY IRRIGATION IN LATERAL LINE CENTRAL PIVOT TOWING FOR SUGARCANE CROP IRRIGATION.

ABSTRACT: the design of a lateral line was an applied tool with the objective of determining, accurately, the lateral line final pressure, considering the presence of a hydraulic cannon or not in the final extremity of the piping; so that the irrigation planner has the exact science of the entrance pressure in the central pivot. Being able to like this, design projects more optimized in terms of energy. The evaluation of the system provided the rebuilding of the curve of control of the equipment taking to the producer the reality of his/her overhead irrigation. The hydraulic project of the system provides the visualization of the theoretical behavior of the system that, when compared, to the real behavior, position in execution, it can serve as auditing for ends of correction of the possible flaws, be of project and production or of execution.

Keywords: uniformity, initial pressure, flow

INTRODUÇÃO

No Brasil há 400 anos se buscam soluções em biocombustíveis; o etanol, a energia limpa e renovável, vinda da cultura da Cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), mais recentemente passou a ser entendida como uma commodity ambiental. A perspectiva é de que o País assumira, de vez, seu papel como uma grande potência mundial em termos de produção de biocombustível. Entretanto, como aumentar, de forma imediata, a produção de

álcool a base de Cana-de-açúcar. Dentro desse cenário, para atender à capacidade instalada das usinas de álcool e açúcar dos Estados do Nordeste, as empresas estão investindo e utilizando tecnologias que proporcionem aumento no rendimento da cultura.

A irrigação complementar ou de “salvação” da Cana-de-açúcar tem sido uma das alternativas tecnológicas para o aumento de produtividade. Entretanto, muitos projetos de irrigação deixam a desejar quando o assunto é a utilização de água e energia (pressão). Nesse sentido o objetivo desse trabalho é dar, à luz da hidráulica, subsídio ao projetista

para que se possa estimar a pressão de entrada em uma linha lateral de pivô central rebocável e verificar o seu comportamento real em relação ao projetado.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de avaliação da qualidade da irrigação foi conduzido na Fazenda Miriri no município de Sapé, PB. Situada nas coordenadas Lat 6° 57'47,06986" S e Log 35° 08'55,83673" O.

O equipamento foi dimensionado com o auxílio de uma planilha de Excel sendo, sua marca mantida oculta para esta avaliação. A pressão de entrada, calculada no projeto, foi de 2,16 kgf cm⁻², a pressão de entrada no momento da avaliação foi de 1,8 kgf cm⁻². A vazão de projeto é de 250 m³ h⁻¹ enquanto que a vazão medida no momento da avaliação foi de 213,6 m³ h⁻¹.

O pivô central é do tipo rebocável e tem comprimento de 238,1 m do centro até a última torre, o raio irrigado é de 250 m e sua velocidade é de 229,4 m h⁻¹, quando o relé percentímetro estiver regulado em 100% perfazendo, assim, em 6,52 h uma lâmina bruta de irrigação de 7,10 mm.

São seis torres das quais três com tubulação de 8" e três com tubulação de 6^{5/8}". O deslocamento das torres se dá por motoredutores acionados por motores elétricos de 0,5 a 1,0 cv de potência. O sistema está equipado com reguladores de pressão de 20 a 40 PSI. Os emissores são do tipo spray com placa rotativa de movimentos aleatórios que trabalham sob baixa pressão (altura de 2,0 m do solo).

A avaliação da qualidade da irrigação se deu com coletores de PVC rígido colocado na superfície do solo em uma estrada. A área de cada coletor é de 78,54 mm². Foram ao todo quatro repetições do ensaio para que se pudesse dar prosseguimento aos cálculos. Para a determinação da uniformidade de distribuição ao longo da linha lateral foi utilizada a metodologia de Christianssen conforme descrito por FRIZZONE E DOURADO NETO (2003) para um espaçamento entre coletores de 5 m com o coletor inicial há 5 m da torre central:

$$CUC = 100 \cdot \left[1 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n i Y_i - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \cdot i \right) / \left(\sum_{i=1}^n i \right) \right) / \left(\sum_{i=1}^n Y_i \cdot i \right)}{\left(\sum_{i=1}^n i \right) / \left(\sum_{i=1}^n Y_i \cdot i \right)} \right]$$

Em que: CUC é o coeficiente de uniformidade de Christianssen; *i* é o *i*-ésimo coletor e *Y_i*, lâmina coletada em mm no *i*-ésimo coletor. Para o cálculo da eficiência em potencial de aplicação do pivô central utilizado; o procedimento se deu conforme a seguinte equação:

$$E_{PA} = L_{R(100\%)} / L_{B(100\%)}$$

onde: *L_R* é a lâmina real (mm) e *L_B* é a lâmina bruta (mm). A determinação da perda de carga ao longo da linha lateral do pivô central foi calculada pelas seguintes equações (SCALOPPI & ALLEN, 1993):

$$H_{fx} = K \frac{Q_o^m}{D^n} \int_0^x \left[1 - \left(\frac{x}{R} \right)^2 \right]^m dx$$

$$H_{fx} = K \frac{Q_o^m R}{D^n} \left[\frac{x}{R} - \frac{m}{3} \left(\frac{x}{R} \right)^3 + \frac{m(m-1)}{10} \left(\frac{x}{R} \right)^5 - \frac{m(m-1)(m-2)}{42} \left(\frac{x}{R} \right)^7 + \dots \right]$$

em que: *Q* é a vazão (m³ s⁻¹); *D* é o diâmetro da tubulação (m); *x* é qualquer posição ao longo da linha lateral; *R* é o raio de irrigação efetivo (m). As perdas de carga foram estimadas utilizando a equação de Hazen-Williams, ou seja, *m*=1,852; *n*=4,871 e *K*=10,65/*C_{HW}*^{1,852} (MELO PORTO, 2003).

Para o cálculo da distribuição de pressão foi utilizada a seguinte equação:

$$H_x = H_o - K \frac{Q_o^m R}{D^n} \left[\frac{x}{R} - \frac{m}{3} \left(\frac{x}{R} \right)^3 + \frac{m(m-1)}{10} \left(\frac{x}{R} \right)^5 \right] + \frac{V_o^2}{2g} \left[2 \left(\frac{x}{R} \right)^2 - \left(\frac{x}{R} \right)^4 \right] - S_o x$$

em que: *H_x* é a pressão em qualquer ponto da linha lateral (m.c.a.); *H_o* é a pressão no início da lateral (m.c.a.); *L* é o comprimento da linha lateral (m); *S_o* é a inclinação do terreno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1a está representada graficamente o comportamento teórico da vazão do pivô central ao longo da linha lateral, calculada no projeto, observa-se que a vazão deve aumentar à medida que o bocal se afasta do centro do pivô.

Em (b) pode-se perceber que a perda de carga por atrito (*H_{fx}*) na linha aumenta, fazendo com que a pressão ao longo da linha lateral caia (*H_x*) em qualquer ponto em relação à saída inicial. O comportamento real dessa máquina, no que se refere à uniformidade da irrigação está expresso em (c) onde se observa que a lâmina média foi de 6,03 mm enquanto a lâmina bruta foi de 7,10 mm resultando em uma eficiência em potencial de irrigação de 85%.

A uniformidade de distribuição, expressa pelo CUC, foi de 86%. No entanto observa-se em (e) que o pivô irriga 30% da área com uma lâmina menor que a média real medida em campo. Isso se deu por que há uma deficiência, em termos de vazão, entre o que foi projetado e o que foi executado, conforme é visto em (d) os bocais que estão situados a partir do meio da linha lateral até o final da mesma, não estão proporcionando uma vazão adequada ao projeto, culminando em uma grande zona sob déficit hídrico.

Entretanto esse comportamento se agrava quando se passa a discutir a adequabilidade da irrigação tomando como base a lâmina de projeto para a qual o equipamento fora dimensionado. Tem-se, nesse caso, um grande problema configurado; uma área de 70% com lâminas abaixo da de projeto.

Uma das medidas mais rápidas para solucionar o problema, além de discuti-lo com o fabricante, é o redimensionamento da curva de controle do equipamento, levando em consideração vazão atual e real do pivô central, Figura 1(f); tal procedimento calibra o equipamento no sentido de tornar a irrigação mais precisa e mais eficiente, entretanto não dispensa a modificação do projeto afim de corrigir os erros.

O dimensionamento hidráulico do sistema proporciona a visualização do comportamento teórico do sistema que, quando comparado, ao comportamento real, posto em execução, pode servir de auditoria para fins de correção das possíveis falhas, sejam de projeto e fabricação ou de execução.

Tabela 1. Análise univariada para vazão de projeto e vazão real

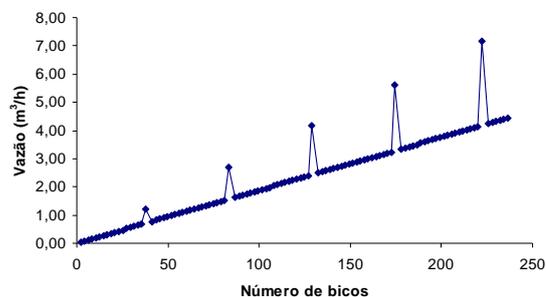
Índices analisados	Vazão de projeto	Vazão real
Correlação de Pearson		
• Correlação	0,8483	
• T	16,4947	
• Significância	0,0001	
Média Geral	2.29	1.97
Desvio Padrão	1.39	1.01
Erro Padrão	0.13	0.09
Coefficiente de Variação	60.73	51.48
Valor Máximo	7.16	5.13
Valor Mínimo	0.04	0.21
Amplitude	7.12	4.91
Teste de t	17.11	20.12
Assimetria	0.38	0.42
Curtose	2.93	3.2
Int. de Confiança P(0.05)	0.26	0.19

Na Tabela 1 estão expostos os resultado da análise estatística univariada para as vazões projetada e real, respectivamente. Observa-se que há uma forte correlação entre o que é projetado e o que é realizado, tal fato pode ser comprovado através do significativo coeficiente de correlação de Pearson de 0,8483.

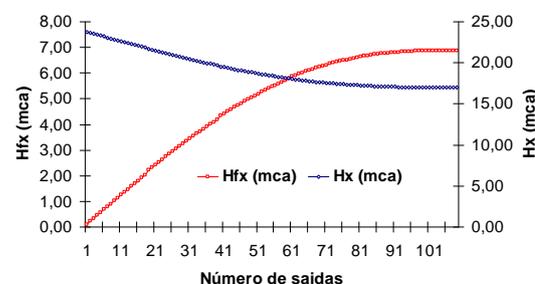
Comparativamente percebe-se que a diferença entre as médias das vazões é de 16,24% o que poderá acarretar em uma aplicação deficitária em algum ponto da linha lateral; na figura 1(d) se pode visualizar o comportamento entre os índices analisados; vê-se que, os pontos que estão em torno do centro do equipamento até o final da linha lateral, sofrem com essa diferença entre as médias. Da Tabela 1 depreende-se que em virtude do ocorrido, a amplitude (diferença entre o máximo e o mínimo) diferiu em 45%, pode-se inferir, por tanto que isso se deve ao fato de que a vazão de projeto não foi alcançada nos pontos de transição entre um lance o seu visinho, o que pode ser observado nas

figuras 1(a) e 1(d). Nota-se que, nesse caso, a redução da vazão real nos pontos citados reduz, também, a amplitude.

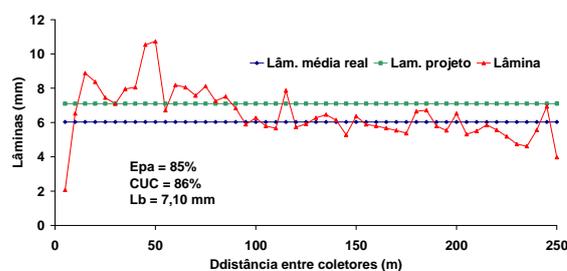
A



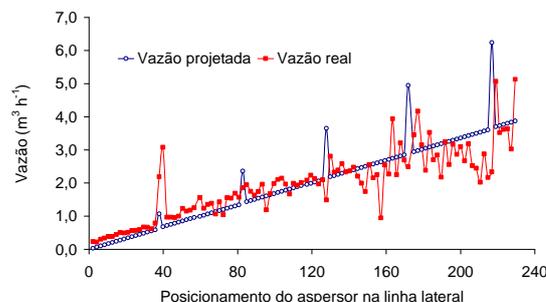
B

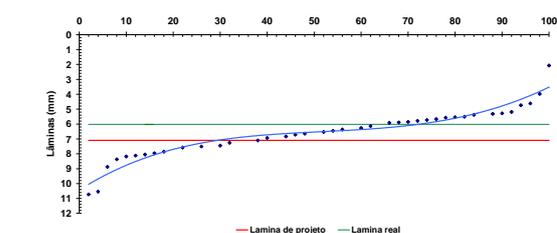


C



D





E

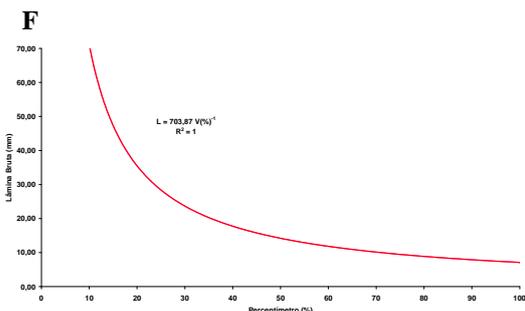


Figura 1. (A) vazão de projeto, calculada; (B) perda de carga e pressão ao longo da linha lateral, calculada; (C) uniformidade da distribuição da água de irrigação; (D) comparativo entre a vazão de projeto e a vazão real executada; (E) adequabilidade da irrigação; (F) curva de controle do equipamento reconstituída para a vazão real executada.

CONCLUSÕES

A eficiência em potencial de aplicação do equipamento foi de 85% com um coeficiente de uniformidade de Christianssen de 86%, um indicativo de que o equipamento, mesmo trabalhando com déficit, distribuiu satisfatoriamente a água de irrigação.

A avaliação do sistema proporcionou a reconstituição da curva de controle do equipamento levando, ao produtor, a realidade do seu sistema de irrigação.

A comparação entre a vazão real e a vazão de projeto é uma informação de máxima importância na correção dos possíveis erros de montagem do equipamento.

AGRADECIMENTO

À Destilaria Miriri S/A pelo apoio total e irrestrito, e pela permissão para esta publicação.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação. In: Irrigação (Série Engenharia Agrícola), 2003, v.2, p. 573-651.

SCALOPPI, E.J.; ALLEN, R.G. Hydraulics of center-pivot laterals. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.119, n.3, 1993, p.554-566.

MELO PORTO, R. Hidráulica básica. 2ª ed. São Carlos: EESC/USP, 2003. 519p.