

ANÁLISE DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA, EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DO TIPO PIVÔ CENTRAL DE BAIXA PRESSÃO^{1/}

Carlos Elizio Cotrim^{2/}
Salassier Bernardo^{2/}
Gilberto C. Sedyama^{2/}
Antônio A. Soares^{2/}
Wilson Deniculi^{2/}

1. INTRODUÇÃO

Do ponto de vista técnico, a irrigação é uma atividade agrícola que tem por finalidade o suprimento das necessidades de água das culturas. Esse suprimento de água pode ser feito por diferentes métodos. Nos métodos de irrigação por aspersão a água é aplicada no solo na forma de chuva artificial, por meio de fracionamento do jato de água em grande número de gotas, que se espalham no ar e caem sobre a superfície do terreno. Esse fracionamento é obtido pelo atrito da gota d'água com o ar.

O método de irrigação por aspersão apresenta grande variedade de sistemas, desde os mais simples, como tubos perfurados, até os mais complexos, como sistemas de funcionamento totalmente automatizado.

A utilização dos sistemas convencionais de irrigação por aspersão em grandes áreas é restrita, em razão de necessidade de grande contingente de mão-de-obra para a movimentação das tubulações e dos aspersores. É assim que surge a necessidade de empregar sistemas automatizados, a fim de diminuir os custos operacionais. Dentre os sistemas automatizados, os mais comuns são o pivô central e o autopropelido.

O pivô central, estudado neste trabalho, é um sistema de irrigação formado de uma tubulação, com aspersores ou difusores distribuídos ao longo de sua extensão, que gira em torno de um centro (pivô). Essa tubulação é apoiada em torres, em forma de A, montadas sobre rodas pneumáticas, geralmente movidas por um motor elétrico (unidade propulsora).

^{1/} Aceito para publicação em 05-01-1988.

^{2/} Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. 36570 Viçosa, MG.

Esse sistema de irrigação, patenteado em 1952 por Frank Zymbach (EUA), destacou-se no mercado norte-americano na década de 70.

Entre as vantagens que proporciona o aumento da demanda desse equipamento de irrigação podem-se citar: automação, economia de tubulação e de aspersores, em relação ao sistema convencional, grande área irrigada por unidade de equipamento, facilidade de mecanização e maior economia de mão-de-obra, dentre os sistemas conhecidos.

Para planejar um sistema de irrigação por aspersão, é necessário, dentre outras informações, o conhecimento da distribuição e da quantidade de água aplicada, bem como da intensidade e da eficiência de aplicação.

A uniformidade de distribuição de água depende do vento, do tamanho do bocal do aspersor, do ângulo de inclinação do bocal, da velocidade de rotação do pivô, da pressão de serviço, da altura de elevação e de fatores de manejo durante a operação do sistema (1, 2, 9, 12).

A irrigação por aspersão, que visa suprir as deficiências de umidade do solo em determinadas épocas do ano, tem apresentado excelentes resultados, na tentativa de aumentar o rendimento das culturas. Esse rendimento está estritamente relacionado com a uniformidade de distribuição de água do sistema (2, 6, 7).

No contexto de transformação do meio rural, a irrigação deve ser considerada como instrumento assegurador do aumento de produção e de produtividade das áreas agricultáveis, bem como instrumento de minimização dos efeitos das secas, quando se aproveitam os recursos de solo e água localizados. O planejamento racional de um sistema de irrigação por aspersão requer, além do conhecimento de parâmetros climáticos, de solos e de recursos naturais, o conhecimento da distribuição e da quantidade de água aplicada, bem como da intensidade e da eficiência de aplicação (2, 4, 5, 6, 8, 10, 12).

O presente trabalho teve os seguintes objetivos: analisar a uniformidade de distribuição e a eficiência de aplicação potencial de água em três sistemas de irrigação por aspersão do tipo pivô central, operando com difusores, fabricados pela CARBORUNDUM e instalados em propriedades particulares, bem como comparar os dados encontrados no presente trabalho com os encontrados por BRIDI (3), para pivôs equipados com aspersores de impacto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em três propriedades particulares: Fazenda Bagagem de Baixo, Fazenda Campo Alegre, localizada no município de Planura, Triângulo Mineiro, e Fazenda Continental, localizada no município de Colômbia, Noroeste de São Paulo. Os dados necessários para a determinação da uniformidade de distribuição e da eficiência potencial foram obtidos de três sistemas em operação, um em cada fazenda. Dois dos sistemas foram testados em áreas cultivadas com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), na fase de formação de vagem e com altura de aproximadamente 45 cm, em relação à superfície do solo. O outro sistema foi testado em área mista, metade com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), já na fase de maturação e com altura de aproximadamente 40 cm, em relação ao solo, e metade com trigo (*Triticum aestivum* L.), na fase de espigamento e com altura de aproximadamente 70 cm, em relação ao solo.

Os três pivôs utilizados eram de fabricação da CARBORUNDUM, com as especificações descritas no Quadro 1.

Para os pivôs localizados nas Fazendas Bagagem de Baixo e Campo Alegre, o bombeamento era feito a partir do ribeirão Bagagem. Para o terceiro pivô, locali-

QUADRO 1 - Especificações referentes aos pivôs estudados

	Pivô nº 1	Pivô nº 2	Pivô nº 3
Marca	Carbomatic	Carbomatic	Carbomatic
Modelo	620-3M-BM-12-13T-3.5	620-3M-BM-11-11T-4.0	620-3M-BG-L4-13T-3.5
Propulsão	Elétrica	Elétrica	Elétrica
Comprimento da tubulação	593 m	541,34 m	609,83 m
Diâmetro da tubulação	168 mm	168 mm	168 mm
Número de torres	13	11	13
Vão inicial	44,83 m	51,08 m	44,83 m
Vãos intermediários mais final	534,96 m	483,30 m	540,0 m
Balanço	13,21 m	6,96 m	25,00 m

zado na Fazenda Continental, o bombeamento era feito a partir de uma represa localizada na própria fazenda.

As características específicas dos conjuntos de motobomba utilizados, para cada pivô, encontram-se no Quadro 2.

Os pivôs n.º 1 e 2 apresentavam canhão final. Já no pivô n.º 3 o canhão final foi substituído por um lance equivalente em balanço. As características das bombas de reforço («booster») e dos canhões finais encontram-se no Quadro 3.

O método seguido para calcular a uniformidade de distribuição e a eficiência de aplicação potencial de água foi descrito por MERRIAN e KELLER (11).

Para coletar a precipitação, foram utilizados, como pluviômetros, 420 recipientes de óleo lubrificante, com capacidade de um litro cada um. Esses coletores foram colocados ao longo de dois diâmetros, de direções perpendiculares e equidistantes, de seis metros (Figura 1). Para cada raio, foram utilizados 105 estacas de madeira de seção retangular, com 85 cm de comprimento, 105 coletores e 105 borrachas de câmara de ar de automóvel, para fixação dos coletores nas estacas. Estas foram cravadas no solo, para dar estabilidade ao coletor e permitir uma distância de aproximadamente 45 cm entre a superfície da cultura e a borda superior do pluviômetro (Figura 2).

Antes de cada teste foi feito o nivelamento das bordas superiores dos coletores, utilizando-se um nível de pedreiro para assegurar a horizontalidade da seção de captação de água.

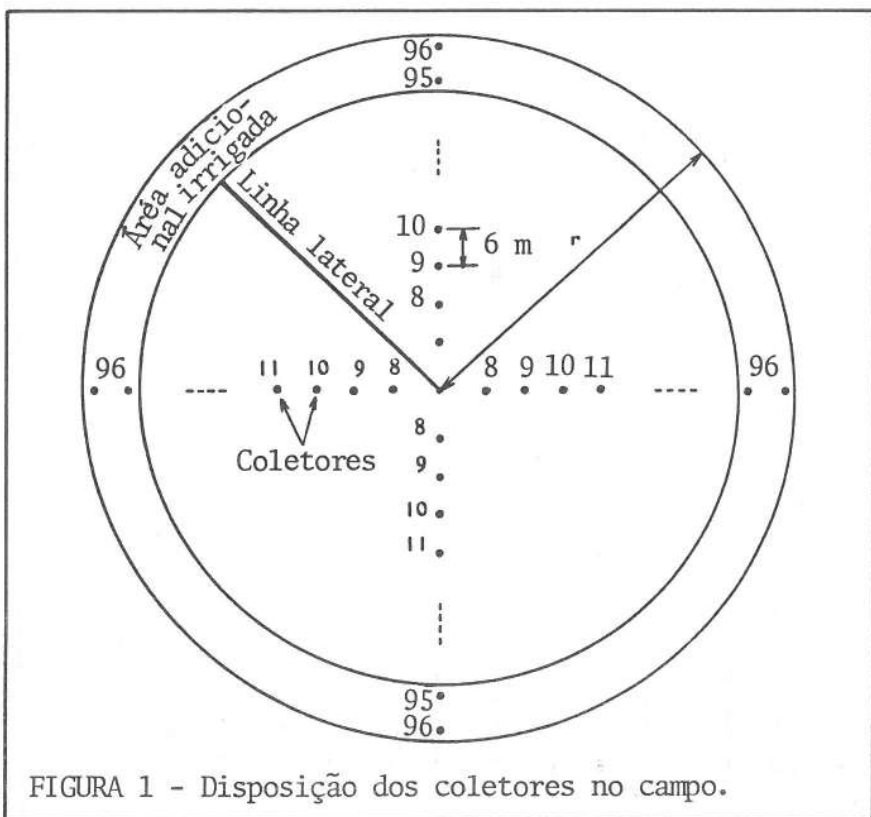


FIGURA 1 - Disposição dos coletores no campo.

QUADRO 2 - Características referentes às motobombas dos três pivôs

Número e área de localização do pivô	Motor trifásico			Bomba				
	Marca	Potên- cia(CV)	Rpm	Frequên- cia (HZ)	Marca	Rpm	Vazão (m ³ /h)	Altura manométrica mca
01 - Faz. Regagem de Baixo	Búfalo	350	1780	60	KSB	1750	400	177
02 - Faz. Campo Alegre	Búfalo	250	1770	60	KSB	1750	321	109
03 - Faz. Continental	WEG	300	1785	60	KSB	1750	420	135

QUADRO 3 - Características da bomba booster e do canhão final

Nº do pivô	Motobomba	Canhão
01	Marca KBS/Etabloc	Diâmetro do bocal = 22 mm
	Vazão máxima = 44 m ³ /h	Ângulo de funcionamento = 220°
	Port. do motor = 5 CV	Alcance = 30 m
	Rotação = 3.500 rpm	
02	Marca KSB/Etabloc	Diâmetro do bocal = 22 mm
	Vazão máxima = 38 m ³ /h	Bocal auxiliar = 0,8 mm
	Pot. do motor = 5 CV	Ângulo de funcionamento = 220°
	Rot. = 3.500 rpm	Alcance = 30 m

Os volumes recolhidos em cada coletor foram medidos com a utilização de uma proveta de 500 ml, com graduação de 5 ml. Essa operação foi feita o mais rápido possível, para evitar o efeito da evaporação.

Para determinar as perdas por evaporação da água dos pluviômetros, foram separados dois coletores com volumes de água conhecidos, mantidos próximos à área experimental durante cada teste. No final do teste determinava-se novamente o volume, e, por diferença, tinham-se as perdas ocorridas.

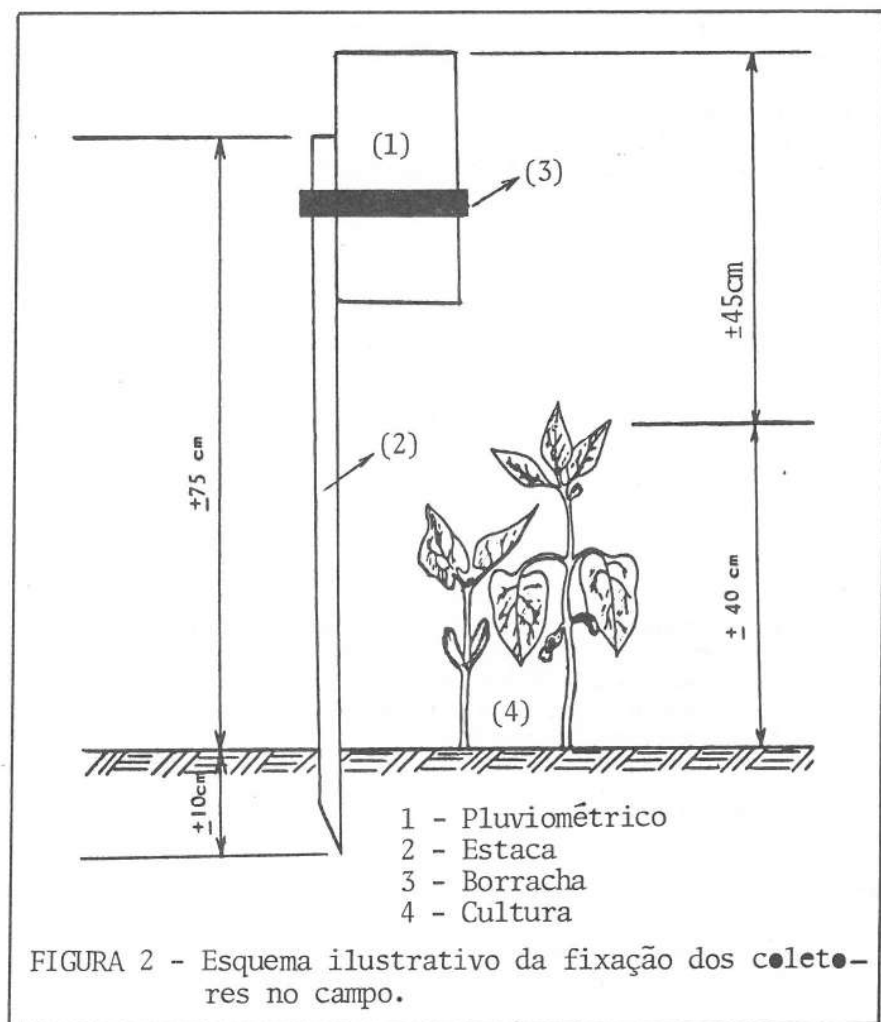
Cada pivô foi testado em duas velocidades percentuais. A regulação do percentual de velocidade foi feita por meio de um relé percentual, contido na caixa de controle de equipamento.

Para determinar a velocidade (V) da unidade propulsora da extremidade, estabeleceu-se, com estacas, um comprimento de 20 metros ao longo da trilha da roda externa, marcando-se, com o auxílio de um cronômetro, o tempo (t) necessário para que um ponto da unidade propulsora fizesse o percurso entre as estacas:

$$V = \frac{20}{t}$$

O período de tempo (T) necessário para que o sistema completasse uma rotação foi determinado pela divisão do comprimento da circunferência, descrita pela roda externa, pela velocidade da unidade propulsora da extremidade:

$$T = \frac{2\pi R}{V}$$



em que:

R = distância entre o ponto-pivô e a trilha da roda externa, m;

V = velocidade, mh^{-1} .

A área irrigada foi determinada por meio da seguinte equação:

$$A = \frac{\pi r^2}{10.000}$$

em que:

r = raio irrigado, m;

A = área irrigada, ha.

Para verificar a influência da velocidade e direção do vento, da temperatura e umidade relativa do ar e da pressão no ponto-pivô da distribuição de água do sistema, foram determinados o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e a eficiência de aplicação potencial estimada (EAP).

As equações utilizadas para calcular esses parâmetros foram as seguintes:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N S_i \left[D_i - \frac{\sum_{i=1}^N D_i S_i}{\sum_{i=1}^N S_i} \right]}{\sum_{i=1}^N D_i S_i} \right)$$

em que:

D_i = lâmina total aplicada à distância S do centro de rotação, mm ou ml;

S_i = distância do centro de rotação ao ponto i , m;

i = índice que denota um ponto de observação, adimensional;

N = número total de pontos.

$$CUD = 100 \frac{\bar{u}}{\bar{U}}$$

em que:

\bar{u} = média ponderada dos 25% menores volumes coletados, mm ou ml;

\bar{U} = média ponderada de todos os volumes coletados, mm ou ml.

$$EAP = 100 \frac{\bar{u}}{\bar{L}}$$

em que:

\bar{L} = lâmina média por rotação (mm).

Para calcular a uniformidade de distribuição de cada pivô, foram utilizados valores médios dos quatro pluviômetros de mesma ordem, dispostos ao longo dos quatro raios.

Para determinar a precipitação total média aplicada, somou-se a lâmina média evaporada durante os testes (EV) com a lâmina média ponderada (\bar{U}) coletada em todos os pluviômetros:

$$\bar{L} = \bar{U} + EV$$

Para estimar a precipitação máxima, empregou-se a equação abaixo, citada por MERRIAM e KELLER (11):

$$P_{\text{máx}} = \frac{75 \bar{U}}{T_m}$$

em que:

$$P_{\text{máx}} = \text{precipitação máxima estimada, mm h}^{-1};$$

$$T_m = \text{tempo de molhamento na extremidade da lateral, min.}$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen, do coeficiente de uniformidade de distribuição e da eficiência de aplicação potencial estimada, juntamente com a velocidade do vento e pressão no ponto-pivô, para os três pivôs testados e para cada raio em particular, encontram-se no Quadro 4. Analisando os resultados, nota-se que a velocidade do vento foi muito baixa (em alguns casos, nula), o que impossibilitou a análise de sua influência nos coeficientes de distribuição ou na eficiência de aplicação potencial.

Os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) foram sempre superiores aos valores do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), o que se explica pelo fato de a equação de CUD considerar a média de 25% do total de pluviômetros com as menores lâminas coletadas e de situarem-se essas menores lâminas coletadas normalmente na primeira metade do perfil de distribuição, ao longo da linha lateral do sistema pivô central. Já a equação de Christiansen considera a média da precipitação coletada em todos os pluviômetros ao longo da lateral, sendo, portanto, estatisticamente mais representativa.

No Quadro 5 encontram-se os valores médios do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e eficiência de aplicação potencial estimada (EAP), determinada pela utilização da lâmina média coletada nos quatro coletores de mesma ordem, considerando a velocidade média do vento e a pressão no ponto-pivô, para os três pivôs estudados.

Segundo dados pertinentes da literatura, valores de coeficientes de uniformidade de Christiansen acima de 80% são considerados bons. Pelo Quadro 5, verifica-se que os valores de CUC foram sempre superiores a 80% e os valores de CUD e a EAP foram sempre superiores a 75%, traduzindo boa uniformidade de distribuição de água no sistema.

Comparando os parâmetros do Quadro 5 com os parâmetros do Quadro 4, observa-se que os valores de CUC, CUD e EAP, obtidos da média aritmética da lâmina coletada nos quatro pluviômetros de mesma ordem (Quadro 5), foram sempre superiores aos obtidos da média dos valores individuais dos quatro raios (Quadro 4). A explicação para essa diferença baseia-se no fato de os primeiros valores terem sido calculados a partir de dados originários de uma média aritmética de quatro pontos, apresentando menor amplitude de variação, em relação aos dados individuais de cada raio, usados no cálculo dos parâmetros do Quadro 4. Portanto, se os dados para o cálculo de CUC, CUD e EAP (Quadro 5) apresentarem menor amplitude de variação, menor será o desvio dos dados em torno da média e maiores serão os valores desses parâmetros. Portanto, os dados do Quadro 4 retratam melhor a situação no campo.

Traçaram-se os gráficos de lâmina coletada, em mm, em relação à distância de

QUADRO 1. Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e eficiência de aplicação potencial estimada (EAP) para cada raio, considerando a velocidade do vento, a pressão no ponto-pivô e a velocidade de operação dos três pivôs estudados

Nº do pivô	Regulagem da velocidade (%)	Raio	Velocidade média do vento (m/s)	Pressão no ponto-pivô (kgf/cm ²)	CUC (%)	CUD (%)	EAP (%)
1	100	R1	0,67	8,0	88,18	81,48	75,74
		R2	0,00	8,3	87,47	76,24	76,24
		R3	0,33	8,0	87,33	80,89	77,89
		R4	0,89	7,5	87,66	80,12	76,10
	Média				87,73	79,68	76,49
	60	R1	0,00	8,1	90,61	84,47	84,47
		R2	0,00	8,0	91,52	84,80	84,80
		R3	0,00	8,0	88,03	83,49	83,49
		R4	0,00	7,9	91,16	86,54	86,54
	Média				90,33	84,82	84,82
	100	R1	2,01	7,2	83,46	71,57	69,69
		R2	0,00	7,0	86,59	85,10	85,10
		R3	0,00	7,0	87,27	82,03	82,03
		R4	0,89	6,0	84,91	70,44	70,44
2	Média				85,96	77,28	76,81
	60	R1	0,00	7,0	89,11	80,26	80,26
		R2	1,67	7,0	83,86	60,64	58,43
		R3	0,89	7,0	85,70	76,41	75,90
		R4	0,00	6,5	83,45	72,78	72,78
	Média				85,53	72,52	71,84
	100	R1	0,45	8,0	86,85	83,61	83,61
		R2	1,79	8,0	86,55	82,59	78,44
		R3	0,00	9,0	84,68	81,47	81,47
		R4	1,56	7,5	88,44	82,87	79,40
3	Média				86,58	82,63	80,73
	60	R1	0,00	8,0	87,45	85,96	85,96
		R2	0,00	8,0	87,00	82,16	82,16
		R3	0,00	8,0	85,75	82,47	82,47
		R4	0,00	8,0	88,53	80,96	80,96
	Média				87,18	82,88	82,88

QUADRO 5. Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e eficiência de aplicação potencial estimada (EAP), considerando a velocidade média do vento, pressão no ponto-pivô e velocidade de operação dos pivôs

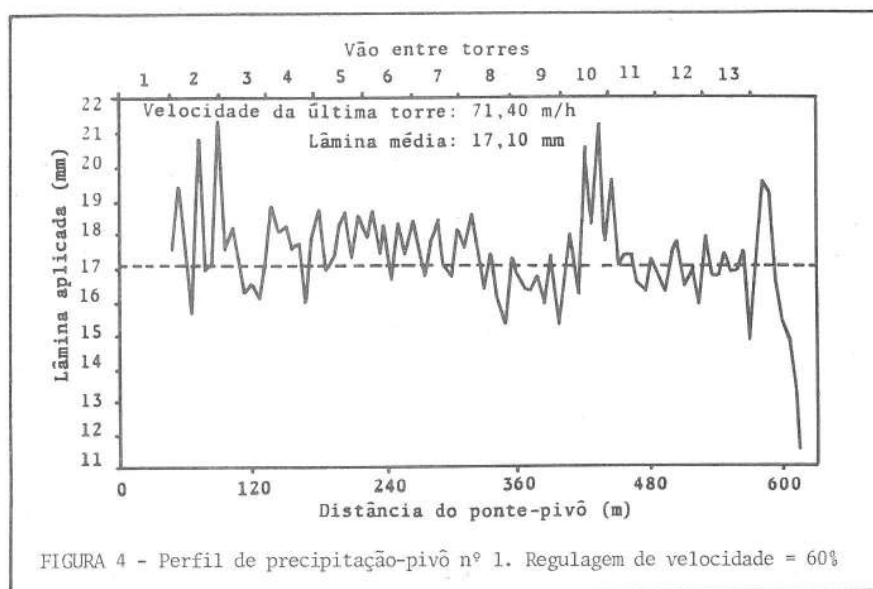
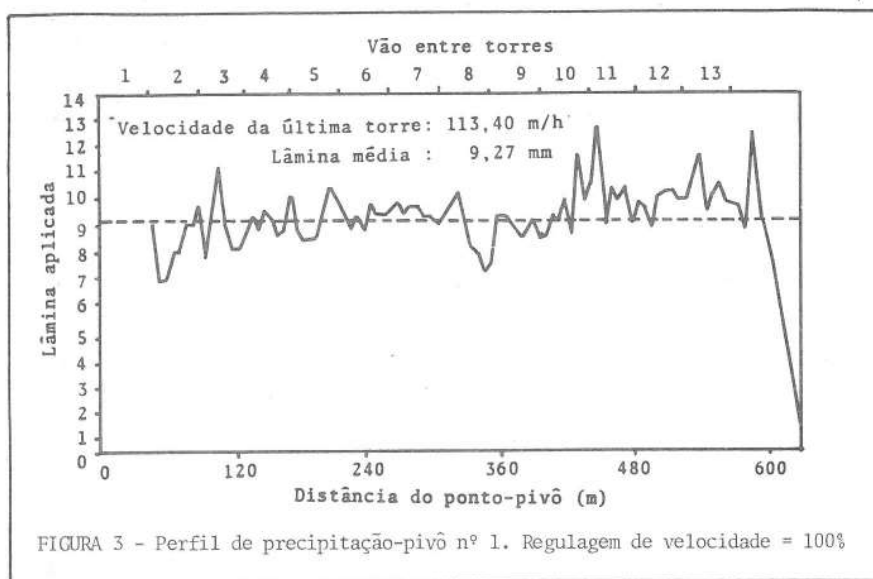
Nº do pivô	Regulagem da velocidade (%)	Pressão no ponto-pivô (kgf cm^{-2})	Velocidade média do vento (m s^{-1})	CUC (%)	CUD (%)	EAP (%)
1	100	7,95	0,47	89,26	80,14	77,00
	60	8,00	0,00	93,69	90,85	90,85
2	100	6,80	0,72	90,11	82,97	82,42
	60	6,87	0,64	89,61	77,87	77,08
3	100	8,12	0,95	91,74	89,78	87,52
	60	8,00	0,00	89,95	87,64	87,64

cada coletor ao centro do pivô, com o objetivo de visualizar melhor a variação da lâmina em torno da média, ao longo da linha lateral. Outra utilização desse perfil foi a identificação de difusores com problemas, bem como a observação da tendência predominante na distribuição de água ao longo da tubulação. Para traçar os gráficos, considerou-se a média aritmética da lâmina coletada nos quatro coletores de mesma ordem, localizados nos raios, e duas velocidades de rotação para cada um dos três pivôs estudados. As Figuras de 3 a 8 mostram os perfis de distribuição, para cada pivô, nas velocidades de 100 e 60%, respectivamente.

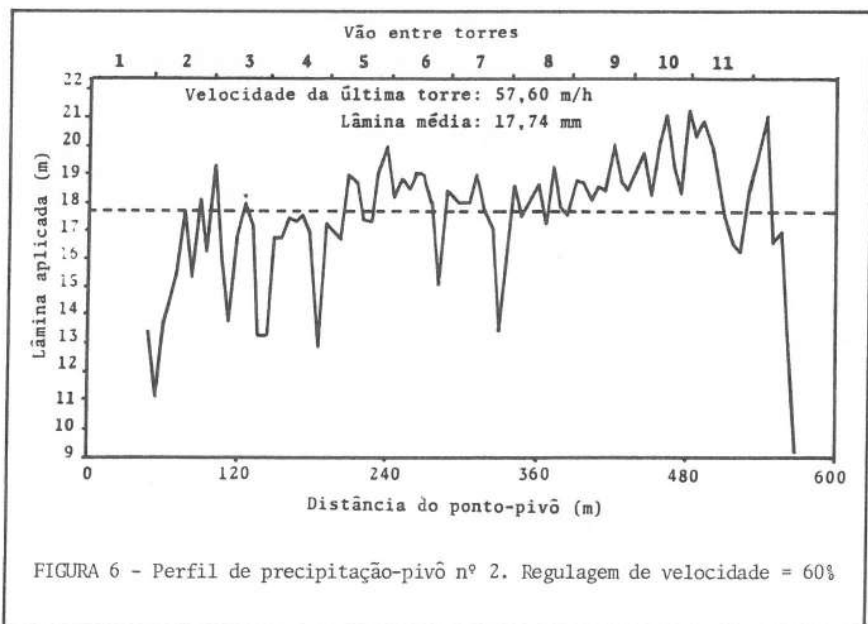
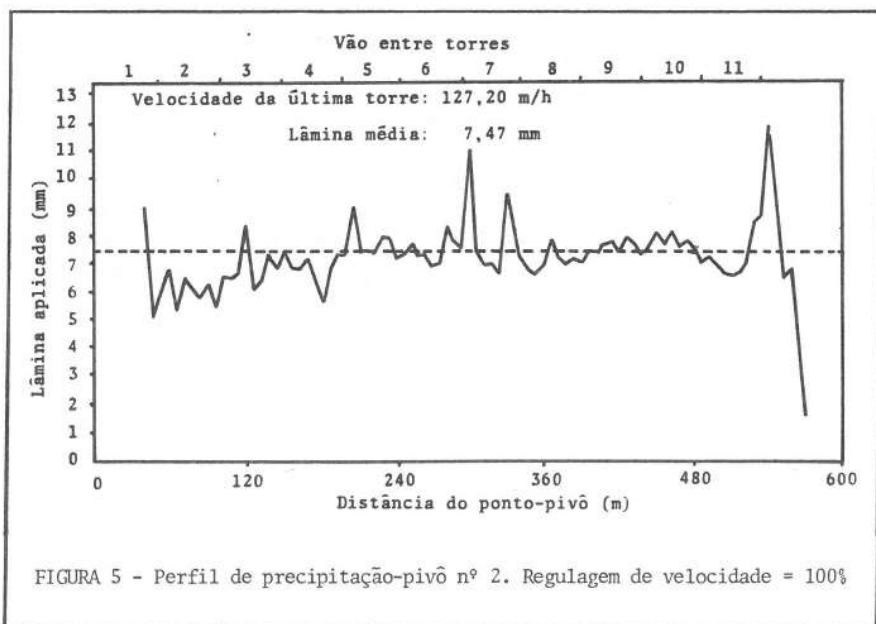
Observando as Figuras, nota-se que há maior incidência de lâminas menores na primeira metade da linha lateral, o que justifica os menores valores de CUD, em relação a CUC. Entretanto, mais próximo da extremidade, há incidência de lâminas maiores, o que aumenta o risco de ocorrência de escoamento superficial nesses locais.

No Quadro 6 encontram-se os resultados de precipitação média coletada, precipitação média estimada e velocidade de deslocamento da última torre, conforme a regulagem de velocidade de cada pivô. Analisando esses resultados, observa-se que houve uma variação na velocidade de deslocamento da última torre, entre os três pivôs estudados, para a mesma velocidade no relé percentual. Além disso, nota-se também que, para um mesmo relé percentual, não houve variação linear da velocidade de deslocamento da última torre, com a regulagem ajustada, como afirma o fabricante.

No Quadro 7 são apresentados os seguintes parâmetros, de acordo com a velocidade de operação do pivô: velocidade da última torre, tempo para um giro completo, tempo de molhamento na extremidade e precipitação máxima média estimada. Analisando os valores de precipitação máxima média estimada, nota-se que os pivôs estudados apresentaram alta intensidade de aplicação na extremidade da lateral, confirmada pela presença de escoamento superficial no local, princi-

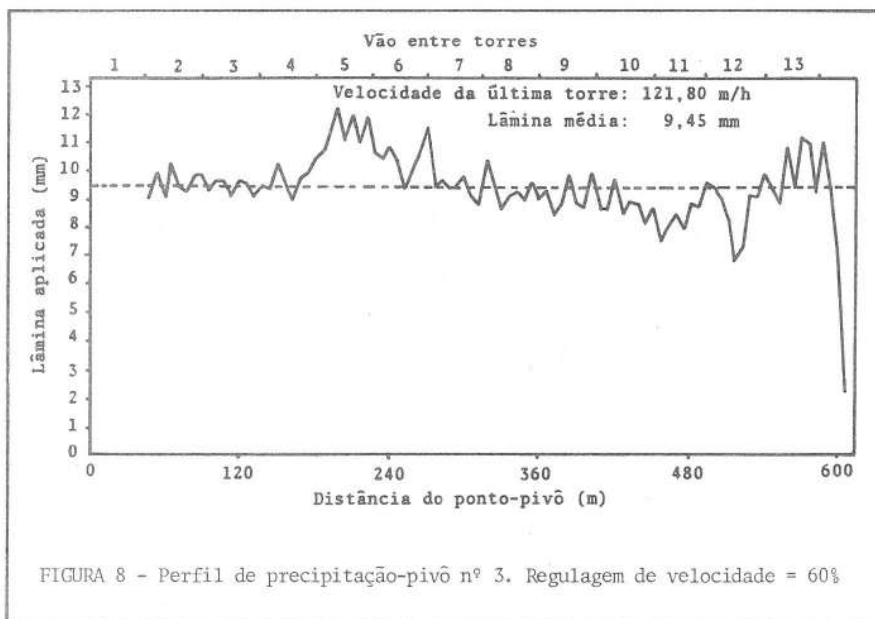
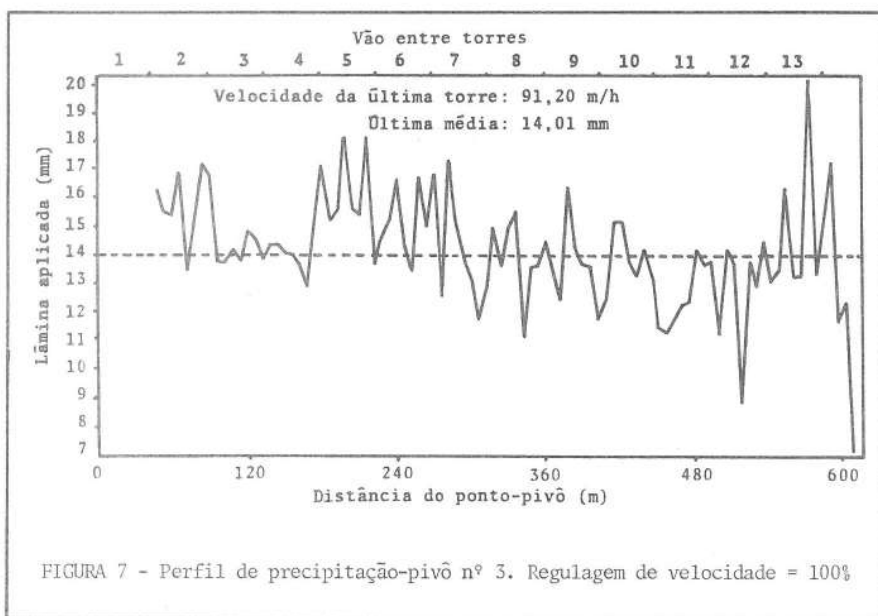


palmente na velocidade de 60%. No Quadro 8 encontram-se os valores de pressão no ponto-pivô, coeficiente de uniformidade de Christiansen, tempo de molhamento na extremidade e precipitação máxima estimada, para pivôs com aspersores de impacto, encontrados por BRIDI (4), e para os pivôs estudados no presente trabalho, equipados com difusores. Nota-se que, quando se usaram difusores, a largura da faixa molhada foi reduzida, o tempo de molhamento diminuiu e a intensidade de aplicação aumentou. Isso explica a maior ocorrência de escoamento superficial



nas extremidades dos pivôs equipados com difusores.

No Quadro 8 observa-se também que os valores médios de pressão no ponto-pivô, para pivôs com difusores, foram superiores ou iguais aos mesmos valores para pivôs com aspersores de impacto; portanto, não há justificativa para o uso de



difusores, pois não se obtém economia de energia e a precipitação instantânea é maior quando se utilizam difusores de que quando se utilizam aspersores convencionais.

Ainda observando o Quadro 8, pode-se verificar que os valores de CUC foram

QUADRO 6. Precipitação média coletada, precipitação média estimada e velocidade de deslocamento da última torre, conforme a velocidade de operação dos pivôs

Nº do pivô	Regulagem da velocidade (%)	Velocidade da última torre ($m \min^{-1}$)	Precipitação média coletada (mm)	Precipitação média estimada (mm)
1	100	1,89	9,27	9,65
	60	1,19	17,11	17,11
2	100	2,12	7,47	7,52
	60	0,96	17,74	17,92
3	100	2,03	9,45	9,69
	60	1,52	14,01	14,01

QUADRO 7. Parâmetros relacionados com a velocidade de operação dos pivôs

Parâmetros avaliados	Número do Pivô					
	1		2		3	
	Reg. da velocidade (%)		Reg. da velocidade (%)		Reg. da velocidade (%)	
	100	60	100	60	100	60
Velocidade da última torre ($m\ h^{-1}$)	113,4	71,4	127,2	57,6	121,8	91,2
Tempo para um giro completo (h)	32,18	50,81	26,43	58,41	30,21	40,20
Tempo de malha- mento na extre- midade (min)	7,87	12,87	6,54	14,02	6,51	9,04
Largura de malha- mento na extre- midade (m)	15,70	15,35	13,77	14,34	13,80	13,78
Precipitação máxi- ma média estimada ($mm\ h^{-1}$)	88,34	99,71	85,66	94,90	108,87	116,23
Raio irrigado (ha)	623,00	623,00	571,34	571,34	609,83	609,83
Área irrigada (ha)	121,93	121,93	102,55	102,55	116,83	116,83
Vazão estimada do sistema ($m^3\ h^{-1}$)	365,41	410,58	291,63	314,26	375,00	407,19

QUADRO 8. Valores de pressão no ponto-pivô, coeficiente de uniformidade de Christiansen, tempo de molhamento na extremidade, precipitação média coletada e precipitação máxima estimada, para pivôs com aspersores e pivôs com difusores, na velocidade de 100%

Especificação	Nº do pivô	Pressão no ponto-pivô (kgf cm ⁻²)	Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) (%)	Coeficiente de molhamento na extremidade (min)	Precipitação média coletada (mm)	Precipitação máxima média estimada (mm h ⁻¹)
Pivôs com aspersores	34	6,80	90,50	10,30	5,30	38,59
	49	6,80	87,30	11,00	4,50	30,68
	50	6,80	82,00	12,00	4,80	30,00
Pivôs com difusores	1	7,95	87,73	7,87	9,27	88,34
	2	6,80	85,56	6,54	7,47	85,66
	3	8,12	86,58	6,51	9,45	108,87

Obs.: Os dados para os pivôs de número 34, 49 e 50 foram encontrados por BRIDI (4).

muito próximos, tanto para pivôs com difusores quanto para pivôs com aspersores de impactos, situando-se aqueles valores dentro da faixa de 82 a 90%.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Três sistemas de irrigação por aspersão, do tipo pivô central, fabricados pela CARBORUNDUM e equipados com difusores, tiveram o seu desempenho avaliado, segundo o método proposto por MERRIAM e KELLER (11).

Os parâmetros calculados para avaliar o desempenho dos equipamentos foram: coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e eficiência de aplicação potencial (EAP).

Os valores dos coeficientes de uniformidades demonstraram que os equipamentos testados apresentaram bom desempenho.

Por meio da comparação entre sistemas de pivô central com difusores e com aspersores de impacto, observou-se que, quando se usam difusores, os valores de precipitação máxima média estimada são maiores, havendo, portanto, maior risco de escoamento superficial nesses sistemas. Ainda dessa comparação pôde-se concluir que praticamente não houve diferença entre os valores de CUC encontrados para os dois sistemas.

Pela análise da pressão no ponto-pivô, para os dois sistemas comparados, tendo em vista os dados de pressão de funcionamento dos difusores, fornecidos pelo fabricante, comprovou-se que os sistemas testados poderiam trabalhar com um conjunto de motobomba inferior, o que propiciaria uma diminuição no consumo de energia sem alteração nas condições de funcionamento.

Levando em consideração os resultados dos testes e as condições em que foram conduzidos, pode-se afirmar que:

- nos três pivôs estudados obtiveram-se valores de coeficiente de uniformidade de Christiansen superiores a 85%, o que indica bom desempenho dos sistemas testados;
- a velocidade do vento, por ocasião dos testes, não afetou a uniformidade de distribuição de água dos sistemas testados;
- nos três pivôs estudados, mesmo para a mesma regulagem da velocidade, foram diferentes as velocidades de deslocamento da última torre;
- de maneira geral, há maior incidência de lâminas menores na primeira metade da linha lateral;
- para maiores valores de precipitação máxima média estimada, é maior o risco de ocorrência de escoamento superficial quando se usam difusores;
- praticamente não houve diferença entre os valores de CUC obtidos quando se utilizaram aspersores de impacto ou difusores.

5. SUMMARY

(ANALYSIS OF THE UNIFORMITY OF WATER APPLICATION IN A LOW PRESSURE CENTER PIVOT IRRIGATION SYSTEM)

Three low pressure center pivot systems, manufacture by CARBORUNDUM were evaluated using the methodology proposed by Merrian and Keller. The results were compared with those, for medium pressure, found by Bridi.

The systems performed well, judging by the coefficient of uniformity.

From the profile of container catch for the system studied it was seen that lower depth occurred in the first half of the center pivot.

As it was expected, the estimated maximum rate of application was higher for the low pressure systems than for the medium pressure system. However, there was no difference between the coefficient of uniformity of the two systems.

The results showed that the systems were working with an excessive pressure at the pivot and consequently with a high energy cost.

6. LITERATURA CITADA

1. BEALE, J.G. & HOWELL, D.T. Relationships among sprinkler uniformity measures. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 92(IR-1):41-48, 1966.
2. BERNARDO, S. *Manual de Irrigação*. 3.^a ed. Viçosa, Imprensa Universitária, 1984. 463 p.
3. BRIDI, S. *Análise de uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação por pivô central*. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1984. 87 p. (Tese de M.S.)
4. CHRISTIANSEN, J.E. *Irrigation by sprinkling*. Berkeley, University of California, 1942. 124 p. (Bull. n.º 640.)
5. CHRISTIANSEN, J.E. & DAVIS, J.R. Sprinkler irrigation systems. In: HAGAN, R.M., HAISE, H.R.; EDMISTER, T.W. *Irrigation of agricultural lands*. 1. ed. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p. 885-905. (Agronomy n.º 11.)
6. DAKER, A. *Irrigação e drenagem: a água na agricultura*. 3.º Vol., 6. ed. Rio de Janeiro, Ed. Freitas Bastos, 1984. 543 p.
7. EDLING, R.J. Variation of center-pivot operation with field slope. *Transaction of the ASAE*, 22(5):1.039-1.043, 1979.
8. HANSEN, V.E. New concepts in irrigation efficiency. *Transaction of the ASAE*, 3(1):55,57, 61 e 64, 1960.
9. HEERMANN, D.F. & HEIN, P.R. Performance characteristics of self-propelled center-pivot sprinkler irrigation system. *Transaction of the ASAE*, 11(1):11-15, 1968.
10. MAHMUD, Z. New concepts in optimization of irrigation mechanization. *Agricultural Mechanization in Asia*, 9(1):29-32, 1978.
11. MERRIAM, J. & KELLER, J. *Farm irrigation system evaluation: a guide for management*. 2nd. ed. Logan, Utah State University, 1979. 271 p.
12. PAIR, C.H. Water distribution under sprinkler irrigation. *Transaction of the ASAE*, 11(5):648-651, 1968.