

Avaliação de sistemas de irrigação por aspersão em malha em áreas cultivadas com capim-braquiária

André Rufino Campêlo¹, Carlos Newdmar Vieira Fernandes¹, Alexandre Reuber Almeida da Silva¹, Simone Raquel Mendes de Oliveira², Francisco Marcus Lima Bezerra³, Magno José Duarte Cândido⁴

¹Engenheiro Agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola. Departamento de Engenharia Agrícola/CCA/UFC, Av. Mister Hull S/Nº, Campus do Picí - Bloco 804, CEP 60.455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil. andre_rcampelo@hotmail.com; newdmar@yahoo.com.br; alexandre_reuber@hotmail.com

²Engenheiro Agrônomo, Doutora em Engenharia Agrícola. Departamento de Engenharia Agrícola/CCA/UFC, Av. Mister Hull S/Nº, Campus do Picí - Bloco 804, CEP 60.455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil. simone-raquel@hotmail.com

³Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia/ Irrigação e Drenagem, Departamento de Engenharia Agrícola/CCA/UFC, Av. Mister Hull S/Nº, Campus do Picí - Bloco 804, CEP 60.455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil. mbezerra@ufc.br

⁴Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Departamento de Zootecnia/CCA/UFC, CEP 60.970-355, Av. Mister Hull S/Nº, Campus do Picí - Bloco 808, Fortaleza, Ceará, Brasil. magno@ufc.br

Resumo

A avaliação dos sistemas de irrigação fornece informações acerca das condições nas quais a irrigação está sendo conduzida. Assim, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a qualidade da irrigação realizada por sistemas de irrigação por aspersão em malha, operados em condições de campo, mediante a quantificação de parâmetros de desempenho em uma área cultivada com capim - braquiária, localizada em Fortaleza, CE. Foram realizados dois testes em dois distintos piquetes. Para a obtenção dos dados em campo, utilizou-se a metodologia proposta por Bernardo et al. (2009). Verificou-se que, o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e de Distribuição apresentaram valores reduzidos, abaixo de 50%, nos dois piquetes. Quando se analisou a eficiência de aplicação, constatou-se que o melhor valor foi 17,65%. Os piquetes apresentaram perdas de distribuição de água em torno de 86,77% e 82,35%. Concluiu-se, portanto, que a distribuição de água de irrigação nas áreas dos piquetes encontra-se comprometida e que o desempenho do sistema de irrigação avaliado é considerado inaceitável para o tipo de sistema, o que é refletido no desenvolvimento da pastagem, evidenciado pela alta desuniformidade do dossel forrageiro. Palavras-chave: manejo de irrigação, *Brachiaria decumbens*, uniformidade de distribuição.

Abstract

Evaluation of sprinkler network irrigation systems in areas planted with brachiaria grass. The evaluation of the irrigation system provides valuable information about the conditions under which an area is irrigated. Considering that, our study was aimed at evaluating the field performance of the sprinkler network irrigation systems, by the quantification of the performance parameters in an area cultivated with *Brachiaria decumbens*, located in Fortaleza, Brazil. Two tests were performed on two separate testing sites, using the methodology proposed by Bernardo et al. (2009). It was found that the Christiansen uniformity coefficient and the distribution coefficient were relatively low, below 50%, in the two testing sites. Analyzing the application efficiency, the best value found was 17.65%. The testing sites had around 86.77 and 82.35% of distribution water loss. It was concluded, therefore, that the distribution of irrigation water in the areas of the testing sites was jeopardized and that the performance of the evaluated irrigation system was unacceptable for the system type, which was reflected in the development of pasture, as evidenced by the high uniformity of the canopy.

Key words: Irrigation management, *Brachiaria decumbens*, distribution uniformity.



Introdução

A água é um dos principais insumos responsáveis pelo desenvolvimento das culturas e a irregularidade das chuvas, devido à insuficiência ou má distribuição das mesmas ao longo do ano apresentada por algumas regiões, constitui-se uma restrição ao desenvolvimento agrícola. Diante desse cenário, a irrigação vem se estabelecendo como uma das técnicas mais utilizadas para assegurar e conseguir acréscimos na produção agrícola (Drumond, 2003).

No contexto atual, a irrigação, na agricultura, deve ser entendida não somente como um seguro contra secas ou veranicos, mas como uma técnica que possibilita condições para que o material genético expresse, em campo, todo o seu potencial produtivo (Hernandez, 2004). No entanto, para que a irrigação seja eficiente, é imperativo que os sistemas apresentem alta uniformidade de aplicação da água. Uma vez instalado um projeto de irrigação, é necessário verificar, através de avaliações periódicas do sistema de irrigação, se as condições de operação e desempenho previstas inicialmente durante a fase de projeto se confirmam em campo.

Em consequência dos níveis críticos de produção que vem sendo comumente alcançados no cultivo de pastagens, muitos produtores passaram a investir na implantação de sistemas de irrigação, especialmente, do tipo aspersão em malha, por ser sistema de baixo custo e de fácil instalação. Entretanto, rotineiramente os projetos dos equipamentos de irrigação geralmente são executados sem nenhuma assessoria e, de uma maneira geral, não conseguem retribuir aos produtores os incrementos de produção em material vegetal da forma esperada, devido, principalmente, a irregularidade na uniformidade de distribuição de água (Drumond, 2006).

De acordo com Mantovani et al. (2007), a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação é um dos principais parâmetros para o diagnóstico da

situação de funcionamento do sistema, sendo, inclusive, um dos componentes para determinação do nível de eficiência no qual o sistema trabalha e pelo qual a lâmina aplicada deverá ser corrigida para fornecer quantidade de água suficiente, de modo a permitir o pleno desenvolvimento da cultura.

A uniformidade de aplicação da água também influencia diretamente o manejo, a qualidade, a eficiência e o custo da irrigação, assim como o desempenho da cultura no campo. Uma baixa uniformidade de distribuição de água faz com que determinadas plantas irrigadas pelo sistema recebam mais água e adubo do que outras, resultando em um desenvolvimento desuniforme dentro da área (Santos et al., 2003). Para Azevedo (2000), vários fatores interferem na uniformidade de distribuição de água, como velocidade e direção do vento, espaçamento entre aspersores, velocidade e uniformidade de rotação dos aspersores, pressão de operação dos aspersores, dentre outros. Tais aspectos tornam a avaliação de sistemas de irrigação um trabalho laborioso e demorado, sendo que, em muitas situações não é possível realizar as avaliações em todas as condições operacionais e ambientais desejadas (Carrión et al., 2001).

Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2009), o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), são os três coeficientes mais utilizados para a determinação da uniformidade de aplicação de água de um sistema de irrigação por aspersão.

Matos et al. (2007) avaliaram a uniformidade de aplicação de um sistema de irrigação por aspersão do tipo autopropelido e constatou CUC de 91,2% e um CUD de 87,4%.

Considerando esses aspectos, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a qualidade da irrigação de um sistema de irrigação por aspersão em malha, operando em condições de campo, mediante a quantificação de parâmetros de desempenho



em uma área cultivada com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) localizada no Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura - NEEF/DZ/CCA/UFC, no município de Fortaleza – CE.

Material e métodos

A presente avaliação do sistema de irrigação por aspersão em malha foi conduzida em dezembro de 2010, em dois piquetes, identificados pelos números dois (2) e três (3) da área experimental localizada no Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura - NEEF/DZ/CCA/UFC, Campus do Picí, no município de Fortaleza – CE.

O município de Fortaleza situa-se na zona litorânea a 15,49 m de altitude, 30°43'02" de latitude sul, e 38°32'35" de longitude oeste. O solo da área em questão é do tipo Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006). De acordo com a classificação de Köppen, a área está localizada numa região de clima Aw', que se caracteriza por possuir um clima chuvoso, com precipitações de outono a verão e temperatura média maior de 18°C durante o ano inteiro.

O sistema avaliado é do tipo aspersão convencional em malha onde foram realizados dois testes em dois distintos piquetes, identificados pelos números 2 e 3. O material utilizado para avaliação do sistema de irrigação consistia de coletores da marca Fabrimar, proveta em ml, cronômetro, tubo Pitot, recipiente com capacidade de 20 l, mangueiras, trena métrica e anemômetro portátil.

Inicialmente, para a demarcação da área foram utilizados coletores pluviométricos espaçados em quadrículas de 3 x 3 m, colocados a uma altura média de 60 cm de altura, em relação à superfície do solo, e posicionados entre seis aspersores, perfazendo um total de 130 unidades na Área 2 e 129 unidades na Área 3.

Foram processadas medições de vazão do aspersor durante a realização dos testes com o auxílio de mangueiras acoplado ao bocal de cada aspersor, um reservatório com capacidade de 20 l e um cronômetro de precisão. A vazão determinada representou a média aritmética de cinco repetições para cada aspersor, em cada respectivo piquete.

Com o início da irrigação, cada coletor interceptava toda a água descarregada. O tempo de duração para cada coleta foi de aproximadamente quatro horas, coincidindo com a metade do tempo de irrigação adotado pelos irrigantes da área.

Com o sistema de irrigação em funcionamento, mediu-se a velocidade do vento em intervalos regulares de 20 minutos com o auxílio de um anemômetro portátil e a pressão de serviço de cada aspersor por meio de um tubo Pitot.

Durante a realização dos testes, determinaram-se, através de três repetições, o tempo em que o aspersor percorria cada setor e completava o seu giro total, com o auxílio de um cronômetro digital, de forma a caracterizar individualmente a rotação de cada aspersor, para cada respectivo piquete.

A evaporação ocorrida durante o teste foi medida com base em um volume de água conhecido acondicionado em quatro distintos coletores, fazendo-se, ao final do teste, a diferença entre o volume inicial e o volume final.

Ao término do teste, fizeram-se as medições dos volumes de água coletados, por meio de uma proveta graduada de 15 mm da marca Fabrimar, e a avaliação do desempenho e eficiência do sistema de irrigação por aspersão convencional com base nos seguintes parâmetros: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Aplicação (CUA), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas de Distribuição de Água (DPA) e Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP).

O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen foi obtido por meio da fórmula descrita abaixo:



$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right]$$

em que,
 CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, em percentagem;
 n - número de coletores;
 Xi - altura de precipitação coletada no iésimo coletor;
 \bar{X} - lâmina média aplicada.

Considerando que os valores de precipitação seguem uma distribuição normal, o CUC pode ser estimado pela expressão:

$$CUC = 100 \cdot \frac{X_m}{\bar{X}}$$

em que:
 Xm - média de 50% das precipitações com menores valores (média menor mediana);
 \bar{X} - lâmina média aplicada.

O cálculo do Coeficiente de Uniformidade de Aplicação (CUA) foi realizado considerando a seguinte fórmula:

$$CUD = 100 \cdot \frac{\bar{x}}{\bar{X}}$$

em que,
 \bar{x} - lâmina média de 25% dos pluviômetros com as menores precipitações;
 \bar{X} - média das precipitações, considerando todos os pluviômetros.

O coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) é outro que pode ser utilizado para a determinação da uniformidade de sistemas de irrigação e foi calculado pela seguinte forma:

$$CUE = 100 \cdot \left(1 - \frac{S}{\bar{X}} \right)$$

em que,
 S - desvio padrão dos dados de precipitação,

Xi - lâmina observada no coletor i, mm; e
 \bar{X} - média das precipitações, mm.

O desvio padrão dos dados de precipitação foi calculado a partir da seguinte expressão:

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|^2}{\bar{N}} \right]$$

em que,
 Xi - lâmina observada no coletor i, mm;
 \bar{X} - média das precipitações, mm;
 \bar{N} - número de coletores;

O parâmetro Eficiência de Irrigação (EI) é utilizado para determinar com qual eficiência um sistema de aspersão pode utilizar o suprimento de água. É definido pela relação entre as 25% menores lâminas ou volumes aplicados e a lâmina média aplicada (L), obtida pela seguinte expressão:

$$EI = \frac{\bar{x}}{L} \cdot 100$$

em que,
 \bar{x} - lâmina média de 25% dos pluviômetros com as menores precipitações;
 L - lâmina média aplicada → L = PPT aspersor x tempo de irrigação.

As Perdas de Distribuição de Água (PDA) do sistema avaliado foram obtidas pela expressão matemática:

$$PDA = 100 - EI$$

em que,
 PDA - Perdas de água por aplicação (%);
 EI - Eficiência de irrigação (%).

A Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP) é um parâmetro que diz respeito às perdas da água por evaporação



(PDE) e pode ser obtida pela expressão a seguir:

$$EAP = \frac{x}{X + Ev}$$

em que,

EAP - Eficiência de aplicação em potencial (%);

X - Média aritmética das lâminas coletadas (mm);

Ev - Lâmina evaporada durante o teste (mm).

Resultados e discussão

Na Tabela 1 estão apresentados os dados referentes aos parâmetros técnicos dos aspersores presentes nos dois piquetes.

Tabela 1 – Parâmetros técnicos referentes aos aspersores dos dois piquetes avaliados: Pressão de serviço (Ps), Vazão, Intensidade de aplicação (Ia) e Rotação por minuto (RPM), na área implantada com pastagens. Fortaleza, Ceará, 2010.

Aspersor	Piquete 2				Piquete 3			
	Ps (mca)	Vazão (L h ⁻¹)	Ia (mm h ⁻¹)	RPM	Ps (mca)	Vazão (L h ⁻¹)	Ia (mm h ⁻¹)	RPM
1	19	660	4,00	9,9	19	495,68	2,88	3,38
2	20	868,15	5,28	11,11	18	549,45	3,11	7,04
3	19	908,17	5,32	23,35	17	409,24	2,36	6,38
4	19	578,51	3,39	11,11	18	550,00	3,12	6,17
5	19	475,41	2,58	1,21	19	893,18	4,81	7,99
6	19	1132,58	6,14	9,52	18	479,93	2,57	8,76
Médias	19,17	770	4,45	11,03	18,17	563	3,14	6,62

Avaliando-se esses parâmetros constata-se que há uma variação de 58,02% entre a maior e menor vazão dos aspersores do piquete 2, respectivamente, aspersores 6 e 5, e uma variação de 54,18% para a maior e menor vazão do piquete 3, respectivamente aspersores 5 e 3. A intensidade de aplicação apresenta uma variação de 58% no piquete 2 e 40,12% no piquete 3, enquanto que a pressão de serviço dos aspersores praticamente não variou no piquete 2, com exceção do aspersor 2 que teve pressão um pouco superior aos demais, o que não se repetiu no piquete 3, no qual se observa uma variação entre os aspersores.

As variações nos parâmetros técnicos dos aspersores observados na Tabela 1, principalmente no que diz respeito à vazão e intensidade de aplicação dos aspersores, é de grande influência na

uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação por aspersão. A grande variação nesses dois parâmetros pode estar relacionada a diferentes modelos de aspersores utilizados no sistema, assim como a possíveis diferenças entre os diâmetros dos bocais dos mesmos. Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2009), a distribuição de água dos aspersores varia com o tipo de aspersor e bocal usado, assim essa irregularidade nos parâmetros observados compromete bastante a distribuição adequada de água pelo sistema de irrigação.

Observa-se ainda, uma considerável diferença entre as rotações dos aspersores dos dois piquetes, o que pode ser justificado pela grande divergência entre as precipitações coletadas ao longo do teste, servindo também para explicar os baixos valores de desempenho constatados na



irrigação da área em questão, uma vez que a medição dos tempos de giro dos aspersores nos quadrantes indicou que a água foi lançada com distribuição irregular em todas as direções.

Bernardo, Soares e Mantovani (2009), consideram que a velocidade de rotação do aspersor deve variar de 0,5 a 2,0 e 0,3 a 1,3 rotações por minuto (rpm), respectivamente. Já a norma ISO 7749-1 (1990), define que a rotação do aspersor não deve ser superior a 3 rotações por minuto. Valores superiores a 3 rotações por minuto podem ocasionar maior pulverização e redução do alcance do jato e maior efeito do vento no perfil de distribuição de água (Marouelli, 1989).

Verifica-se, portanto, que todos os aspersores para ambos os piquetes apresentaram valores superiores aos admissíveis para uma irrigação por aspersão ser conduzida de forma adequada para todos os autores acima relacionados. Complementando tais inferências, Christiansen (1942), discorre que alta velocidade de rotação do aspersor acarreta redução da área coberta pelo emissor, que

resulta num aumento correspondente na taxa de aplicação real de até 40 %, quando comparado com o mesmo aspersor girando em uma menor rotação.

O espaçamento ente aspersores também é de grande influência na uniformidade de distribuição de água na área a ser irrigada. Na Tabela 2 são apresentados os espaçamentos verticais e horizontais dos aspersores nas áreas.

Analisando a Tabela 2, nota-se que há certa irregularidade entre os espaçamentos tanto na vertical como na horizontal, o que certamente somam-se aos demais fatores discutidos na contribuição para a baixa uniformidade de precipitação na extensão da área em estudo. Ribeiro (1982) verificou que à medida que se aumentava o espaçamento entre aspersores, ocorria à diminuição dos coeficientes de uniformidade e da eficiência de irrigação, aumentando grandemente, as perdas por percolação profunda.

Os parâmetros técnicos referentes ao desempenho atual do sistema de irrigação são apresentados na Tabela 3.

Tabela 2 - Espaçamento Horizontal e vertical dos aspersores instalados nos piquetes avaliados. Fortaleza, Ceará, 2010.

Espaçamento Horizontal (m)		Espaçamento Vertical (m)	
Piquete 2			
Aspersores 1-2	11,26	Aspersores 1-4	14,64
Aspersores 3-4	11,88	Aspersores 4-5	14,35
Aspersores 5-6	12,85	Aspersores 2-3	14,60
		Aspersores 3-6	14,36
Piquete 3			
Aspersores 1-2	11,95	Aspersores 1-4	14,80
Aspersores 3-4	11,93	Aspersores 4-5	14,60
Aspersores 5-6	12,77	Aspersores 2-3	14,40
		Aspersores 3-6	14,54

No tocante à uniformidade de distribuição de água, verificou-se que o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e a Uniformidade de Distribuição (CUD) apresentaram valores reduzidos, abaixo de 50%, nos dois piquetes. O CUC, nos piquetes 2 e 3, apresentaram, respectivamente, os seguintes

valores 42,43% e 47,20%, correspondendo a uma diferença de apenas 10,11% entre os dois piquetes. Em relação ao CUD, os valores obtidos com o teste foram significativamente inferiores aos valores de CUC, nos dois piquetes. No piquete 2, o CUD apresentou o valor de 26,74% e no



Avaliação de sistemas de irrigação por aspersão...

piquete 3, 34,77%, representando uma elevação no valor do CUD de 23,10%.

Tabela 3 – Parâmetros técnicos referentes ao desempenho atual do sistema de irrigação por aspersão de dois piquetes avaliados com pastagens: Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), Coeficiente de uniformidade estatística (CUE), Perdas por evaporação e arraste (Pev+arraste), Eficiência de irrigação (EI), Perda de distribuição de água (PDA) e Eficiência de aplicação potencial (EAP). Fortaleza, Ceará, 2010.

	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)	Pev+arraste (%)	EI (%)	PDA (%)	EAP (%)
Piquete 2	42,43	26,74	26,81	50,37	13,23	86,77	19,77
Piquete 3	47,20	34,77	37,91	49,55	17,65	82,35	23,45

De acordo com Mantovani (2001), os coeficientes obtidos na avaliação do desempenho do sistema de irrigação implantado nos piquetes 2 e 3 apresentaram

Quando se analisou a eficiência de aplicação (EI), constatou-se que o melhor valor (17,65%) foi obtido no piquete 3, sob a pressão média de serviço de 18,17 mca, inferior a pressão média de serviço observada no piquete 1 (19,17 mca), o que

valores inaceitáveis, não alcançando o mínimo aceitável e demonstrando um desempenho ruim do sistema de irrigação (Tabela 4).

pode estar associado a uma menor variação da intensidade de aplicação.

Em relação ao CUE, segundo intervalos definidos pela ASAE (1996) expostos na Tabela 5 os dois piquetes avaliados apresentaram valores inseridos no grau inaceitável.

Tabela 4 – Classificação dos valores de desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).

Classificação	CUC	US (%)	CUD
	Excelente	> 90	90 – 100
Bom	80 – 90	80 – 90	68 – 84
Razoável	70 – 80	70 – 80	52 – 68
Ruim	60 – 70	60 – 70	36 – 52
Inaceitável	< 60	< 60	< 36

Fonte: Mantovani (2001).

Tabela 5 - Comparação de uniformidades referentes ao Coeficiente de uniformidade estatística (CUE), segundo ASAE EP458.

Grau de Aceitabilidade	CUE
Excelente	100 – 95
Bom	90 – 85
Normal	80 – 75
Ruim	70 – 65
Inaceitável	< 60



Os valores de uniformidade de aplicação encontrados nesta avaliação são considerados muito baixos. Segundo Martins (2009) a baixa uniformidade de aplicação de água de sistemas de irrigação por aspersão convencional se deve, em grande parte, ao mau dimensionamento do projeto e a ausência de manejo do sistema, o que contribui também para as elevadas perdas de distribuição de água (PDA), a exemplo do observado na avaliação do sistema, onde os piquetes 2 e 3 apresentaram perdas de distribuição de água

em torno de 86,77% e 82,35%, respectivamente.

Normalmente, reduzidos valores de uniformidade determinam maiores consumo de água e energia, maiores perdas de nutrientes por deflúvio superficial e percolação profunda.

Nas Figuras 1 e 2, têm-se, respectivamente, as representações gráficas das precipitações coletadas no ensaio para os aspersores instalados nas áreas correspondentes aos piquetes número 2 e 3, evidenciado a disposição dos aspersores na área obtidas no software Surfer 9.

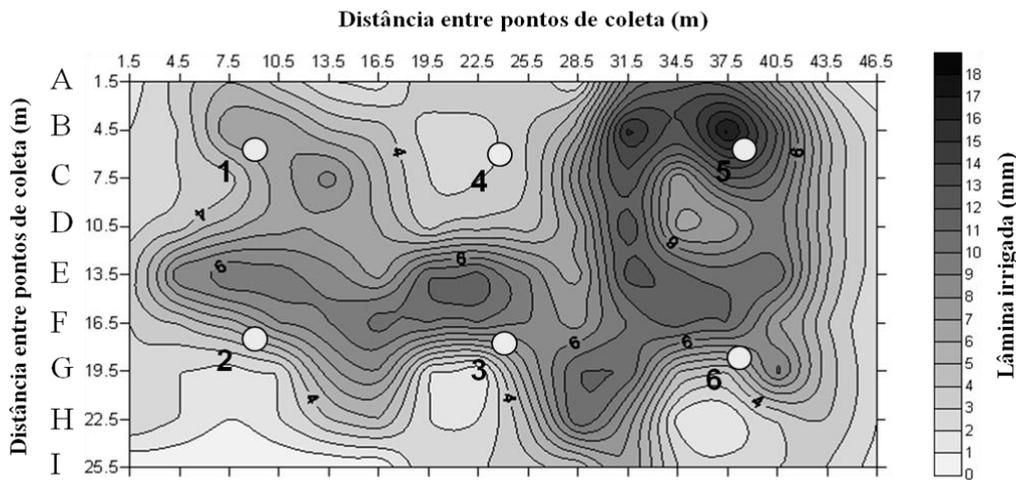


Figura 1 - Representação gráfica das isoietas que representam as precipitações coletadas no ensaio para a área correspondente ao pique número 2 obtidas no software Surfer 9. Fortaleza, Ceará, 2010.

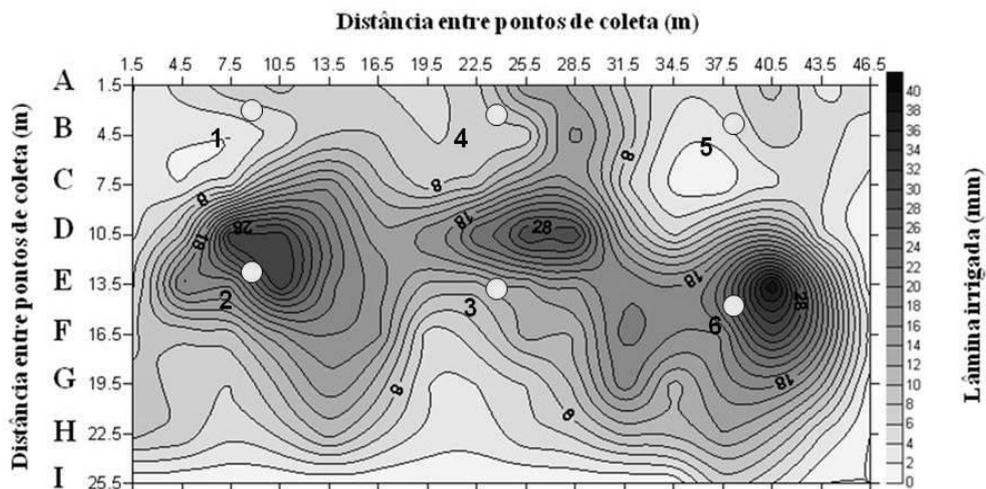


Figura 2 - Representação gráfica das isoietas que representam as precipitações coletadas no ensaio para a área correspondente ao pique número 3 obtidas no software Surfer 9. Fortaleza, Ceará, 2010.

Observa-se, que em ambos os piquetes houve uma considerável amplitude de precipitação, fato que, possivelmente, pode justificar os baixos valores dos parâmetros que foram encontrados na avaliação do desempenho do sistema, uma vez que durante a realização do teste observou-se que a distribuição de água do aspersor foi visivelmente influenciada pelo vento, com arrastamento das gotas de água para pontos afastados de alguns aspersores e, aumento do raio molhado no sentido predominante do vento, corroborando com as constatações de Sales (1997).

Percebe-se na Figura 1 que há uma concentração de lâmina nos pontos próximos aos aspersor 5, de forma semelhante, evidencia-se também na Figura 2 que há uma concentração de lâmina nos pontos próximos aos aspersores 2, 3 e 6, esse fato pode ser explicado por esses aspersores serem os que apresentaram maiores vazões quando comparados aos demais, como também mostra a Tabela 1. Outra causa dessa má distribuição pode estar relacionada à pressão de serviço dos aspersores. Bernardo, Soares e Mantovani (2009), relatam que uma pressão de serviço muito alta resulta em uma elevada pulverização do jato de água, diminuindo seu raio de alcance e conseqüentemente causando uma concentração da precipitação próxima ao aspersor, já uma pressão muito baixa implica em uma pulverização inadequada do jato de água ocasionando um perfil de distribuição muito irregular.

Ainda segundo as Figuras 1 e 2 pode-se inferir que há uma concentração de água nas áreas entre os aspersores, o que é explicado pela falta de superposição entre os perfis de distribuição de água dos aspersores nas áreas periféricas do piquete em questão.

Durante a realização do teste, observou-se, também, que a água empoçava em alguns pontos na área irrigada, indicando que o solo nos respectivos pontos de alagamento tinha provavelmente problemas de infiltração, relacionado à compactação do solo em decorrência do

constante tráfego de animais na área durante o pastejo, além do fato da possibilidade dos aspersores utilizados estarem aplicando uma intensidade de aplicação superior à velocidade de infiltração básica do solo.

Para Siginer (1987), se a irrigação é praticada de maneira desuniforme existirão áreas que serão superirrigadas, que nas figuras seriam as áreas de coloração mais intensa, e áreas subirrigadas, evidenciadas nestas mesmas figuras pelas colorações mais claras, onde provavelmente a produtividade de matéria fresca e, por conseguinte, da matéria seca do capim-braquiária e bem como suas características químicas e bromatológicas é pronunciadamente diferenciada do resto do campo.

Os pontos subirrigados, caracterizados pela escassa precipitação de água na área de estudo, estão são localizados nas zonas periféricas dos piquetes, onde é evidenciada a alta irregularidade do dossel forrageiro observado durante a realização da avaliação.

No entanto, segundo Christiansen (1942), a aplicação absolutamente uniforme da água na irrigação por aspersão é impossível, pelo fato dos aspersores cobrirem áreas circulares. Assim, o grau de uniformidade que se pode obter depende, principalmente, do tipo padrão de distribuição produzido pelo aspersor, quando submetido às condições reais de operação, e do espaçamento entre os aspersores que no presente caso era irregular e inconstante, comprometendo, pronunciadamente a sobreposição dos aspersores. Para Azevedo et al. (1983), como os aspersores aplicam uma maior quantidade de água nas proximidades e menor na periferia de sua área molhada, a distância entre eles deve ser planejada de tal forma que ocorra uma correta superposição entre os jatos de um e de outros adjacentes, de modo a resultar numa melhor uniformidade.



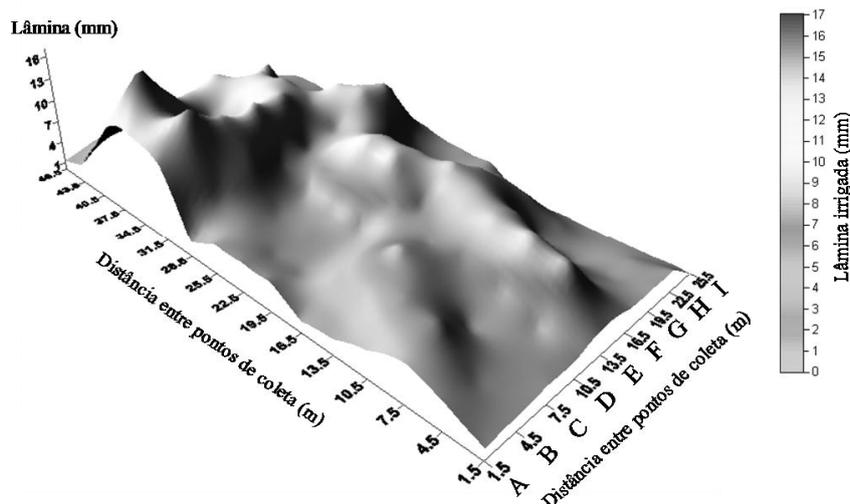


Figura 3 – Representação gráfica do de perfil tridimensional de aplicação de água dos aspersores instalados na área correspondente ao piquete número 2 obtidas no software Surfer 9. Fortaleza, Ceará, 2010.

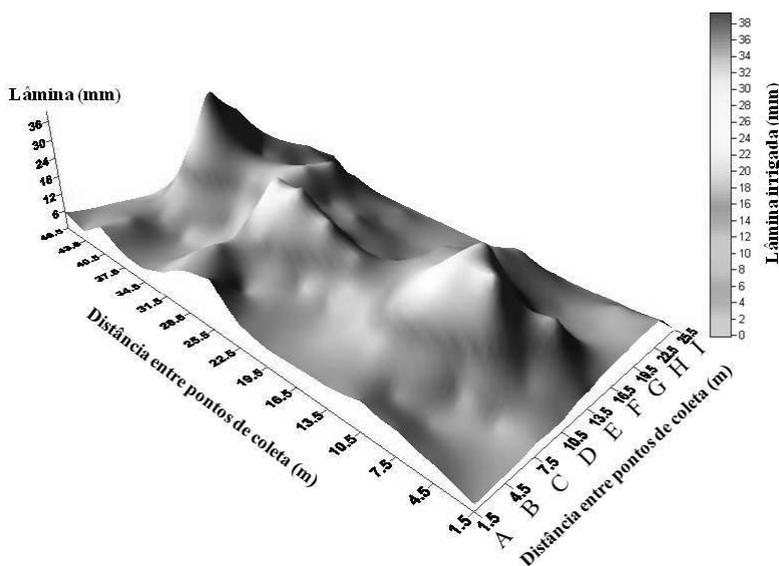


Figura 4 – Representação gráfica do de perfil tridimensional de aplicação de água dos aspersores instalados na área correspondente ao piquete número 3 obtidas no software Surfer 9. Fortaleza, Ceará, 2010.

Nas Figuras 3 e 4, têm-se, as representações gráficas do perfil tridimensional de aplicação de água dos aspersores instalados nas áreas correspondente aos piquetes número 2 e 3 obtidas no software Surfer 9.

A baixa eficiência da irrigação por aspersão em condições de campo que vem sendo rotineiramente relatada na literatura, bem como os presentes resultados, se

relaciona diretamente com a considerável desuniformidade de distribuição de água, conforme é ilustrado nas figuras.

Corroborando com tais inferências, Bernardo, Soares e Mantovani (2009) mencionam que esta baixa eficiência além de ser decorrente da uniformidade de distribuição da água, se relaciona também com as perdas d'água por evaporação e por arraste pelo vento, sendo estas perdas

afetadas, principalmente, pela velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar.

Possivelmente, as diferenças constatadas entre picos de déficit e excesso de água destacados nos perfis tridimensionais de aplicação de água podem estar diretamente relacionadas à ação dos ventos durante o tempo de realização do teste, uma vez que a velocidade média do vento registrada se situou em torno de 2,10 m s⁻¹, sendo registrado, em algum instante, um valor de até 4 m s⁻¹, valor próximo a 5 m s⁻¹ considerado inadequado para a prática da irrigação por aspersão (Bernardo; Soares; Mantovani, 2009).

Com relação a este aspecto, Christiansen (1942) relata que o efeito do vento pode alterar o modelo de distribuição de água pelos aspersores, ocasionando assim, uma elevada concentração de água nas proximidades do aspersor, especialmente na direção normal a do vento e, conseqüentemente, uma deficiência no local oposto ao sentido do mesmo.

Este efeito do vento também condiz com a afirmativa de Marquelli (1989), quando cita que a aplicação de água por um aspersor, que na ausência de ventos seria de forma circular, poderá adquirir as mais variadas formas, em especial a elíptica, quando este fator se faz presente.

Conclusão

A distribuição da água de irrigação nas áreas dos piquetes em estudo encontra-se muito comprometida, uma vez que todos os coeficientes de uniformidade avaliados apresentaram valores bastante reduzidos quando comparados aos recomendados pela literatura. Assim, em virtude dessa má distribuição, o desempenho do sistema de irrigação avaliado encontra-se inaceitável para o tipo de sistema, o que é refletido no desenvolvimento da pastagem, evidenciado pela alta desuniformidade do dossel forrageiro.

Referências

- ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Field Evaluation of Microirrigation Systems**. St. Joseph. 1996.
- AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Influência de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água, em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2000, v.4, n.2, p.152-158.
- AZEVEDO, J.A. de; SILVA, E.M. da; RESENDE, M.; GUERRA, A.F. Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o cerrado. Brasília, EMBRAPA – CPAC. Circular Técnica nº 16, 53 p., 1983.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. 2º Reimpressão. Viçosa: UFV, 2009. 596 p.
- CARRIÓN, P.; TARJUELO, J. M.; MONTERO, J. S.; a simulation model for sprinkler irrigation: I description of model. **Irrigation Science**. New York, v. 20, p. 74-84, May, 2001.
- CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by sprinkling. Berkeley: University of California Agricultural Experiment Station, 1942. 124p. (Bulletin, 670).
- DRUMOND, L. C. D. **Aplicação de água residual de suinocultura por aspersão em malha: desempenho hidráulico e produção de matéria seca de Tifton 85**. 2003, 102f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- DRUMOND, L. C. D.; FERNANDES, A. L. T. Irrigação por aspersão em malha. Uberaba: Ed. Universidade de Uberaba, 2001. 84 p
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 2ª Edição –



- EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro 2006. 306p.
- HERNANDEZ, F. B. T. **Manejo da irrigação**. 2004. Disponível em <<http://www.irrigaterra.com.br/manejo.php>>. Acesso em 10 dez. 2010.
- MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2 ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2007. 358p.
- MARQUELLI, W. A. Escolhas de aspersores e manejo de sistemas convencionais sob condições de vento. **ITEM**, Brasília, n.39, p.19-21, 1989.
- MARQUELLI, W. A. Escolhas de aspersores e manejo de sistemas convencionais sob condições de vento. **ITEM**, Brasília, n.39, p.19-21, 1989.
- MARTINS, C. A. da S. **Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação em áreas cultivadas no Sul do Estado do Espírito Santo**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Espírito Santo, 2009.
- MATOS de, J. D. S.; CARVALHO JUNIOR, C. S. RGOIS, M. P. P.; NETTO, A. de O. A. Uniformidade de irrigação por autopropelido na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). In: XXXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2007, Bonito – MS.
- RIBEIRO, J.M. **Avaliação do sistema de irrigação por aspersão através do modelo linear**. Fortaleza, UFC. 1982. 89 p. (Dissertação de Mestrado).
- SALES, J.C. de. Avaliação de coeficientes de uniformidade de distribuição e perdas de água por aspersão convencional. Fortaleza, UFC. 1997. 68 p. (Dissertação de Mestrado).
- SANTOS, R. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; FERREIRA, E. J. S.; VANZELA, L. S.; LIMA, R. C. Uniformidade de distribuição de água por gotejamento em sub-superfície instalado na cultura de pupunheiras (*Bactris gasipaes* H.B.K.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** 2003.
- SIGINER, I. Spatial water distribution in sprinkler irrigation. In: Hillel, D. ed. **Advances in Irrigation**. Academic Press. 4: 119 – 165. 1987.

