

SIMULAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL

MARCIO ANTONIO VILAS BOAS¹, PAULA CRISTINA DE SOUZA², EGUIMAR AMORIM DE SOUZA³

¹ Engenheiro Agrícola, Prof. Dr., Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE, Cascavel – PR, (0XX45) 3220.3155, e-mail: vilasboas38@brturbo.com.br.

² Eng^o Civil, Mestranda, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE, Cascavel - PR

³ Eng^o Civil, Mestrando, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE, Cascavel - PR.

Escrito para apresentação no

XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola

31 de julho a 04 de agosto de 2006 – João Pessoa - PB

RESUMO: Cálculos tradicionais de distribuição de uniformidade baseados na avaliação hidráulica do projeto de irrigação podem não ser apropriados para aplicação de produtos químicos em sistemas de irrigação por pivô central. Recentes desenvolvimentos em manejo da cultura por agricultura de precisão requerem uma distribuição de água e nutriente em pontos específicos e localizados no campo. Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um programa computacional com interpolação bi-dimensional para apresentar mapas de distribuição espaciais. O coeficiente de uniformidade interpolado é calculado para aplicar a lâmina de distribuição e foi comparado com o coeficiente de uniformidade de Heermann – Hein's, para dados simulados e coletados na região Oeste do Paraná. Os resultados mostram que o coeficiente interpolado de uniformidade é comparável ao de Heermann-Hein's por ser mais robusto quando se utiliza maiores espaçamentos de coletores.

PALAVRAS-CHAVE: INTERPOLAÇÃO, PROGRAMA COMPUTACIONAL, QUIMIGAÇÃO.

SIMULATION DISTRIBUTION SPATIAL THE UNIFORMITY IRRIGATION IN CENTER PIVOT IRRIGATION SYSTEMS

ABSTRACT: Traditional calculation of distribution uniformity as a basis for hydraulic design evaluation may not be appropriate for chemigation with center pivots. Recent development in site – specific crop management requires the spatial distribution of water and nutrient inputs to the fields. A two-dimensional interpolation algorithm has been developed to build these spatial distribution maps from a limited number of observations. A coefficient of uniformity is then calculated from the application depth distribution and compared with Heermann-Hein's coefficient of uniformity, from both catch-can test data and computer simulation data area west of the Paraná. The results showed that the interpolated coefficient of uniformity, is comparable to Heermann-Hein's but more robust at larger catch-can spacing.

KEYWORDS: INTERPOLATION, SOFTWARE, QUIMIGATION.

INTRODUÇÃO: A uniformidade de aplicação de água é um importante critério para o desempenho do projeto e avaliação de sistemas de irrigação por pivô central. Numerosos coeficientes de uniformidade (CU_s) tem sido desenvolvidos durante as últimas décadas. Segundo Burt et al., (1997), para sistemas de irrigação onde cada aspersor cobre a mesma quantidade de área, os CU_s não ponderados podem ser usados. Por outro lado, se cada aspersor em um sistema de irrigação cobre área

de tamanho diferente, como em um sistema de irrigação pivô central, os CU_s ponderados devem ser preferidos. Embora o coeficiente de uniformidade possa ser usado para comparar diferentes sistemas, pode não prever uma descrição funcional de distribuição de água aplicada. Usando-se uma função de distribuição para avaliar o aspersor em um sistema de irrigação, devem ser lembrados dois pontos importantes. Primeiro, a função de distribuição é uma distribuição de probabilidade, não é uma distribuição espacial da lâmina de água aplicada. Ela pode prever a probabilidade de ocorrência de uma determinada lâmina de aplicação, mas não pode prever de fato quais locais no campo recebem uma determinada quantidade de água. A função de distribuição pode ser adequada para avaliar o desempenho do sistema de maneira geral, mas não é suficiente quando a distribuição espacial é requerida, como é necessário no manejo da quimigação. Segundo, a função de distribuição é baseada na suposição de que a lâmina de água aplicada é uma variável aleatória. Esta suposição pode não ser verdadeira se o padrão de distribuição de aspersor têm formas altamente previsíveis, estando estas suposições vulneráveis a erros. Se um sistema de irrigação é usado para aplicar produtos químicos, o nutriente introduzido, também é espacialmente distribuído no campo. Então, a distribuição de água e distribuição de nutrientes tornam-se importantes na avaliação da produção da cultura. Assim sendo, este trabalho teve como objetivo avaliar a irrigação por pivô central empregando um algoritmo bidimensional para a construção de mapas de distribuição espacial de aplicação de água e nutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS: A lâmina de aplicação de água de um sistema de irrigação por pivô central não é uniforme ao longo campo. Ela depende do conjunto de aspersores, topografia do terreno, movimento da máquina, fatores climáticos, e muitos outros fatores. Desenvolver uma formula teórica para a distribuição da lâmina de aplicação é tarefa difícil. No entanto, se um número de pontos de observação é suficientemente representativo, um mapa que mostra a distribuição da lâmina de aplicação de água no espaço pode ser construído destes pontos de dados disponíveis com uma precisão aceitável. Assim um procedimento matemático baseado em Akima (1996) foi idealizado, um algoritmo de interpolação bidimensional, onde se dividi o plano em triângulos, utilizando as posições dos pontos disponíveis. O número de triângulos depende do número de pontos avaliados, e o tempo de interpolação aumenta tremendamente quanto maior for este número. Para o sistema de irrigação do tipo pivô central, sugere-se pontos de dados dispostos em um modelo espacial. Os pontos encontram-se dispostos ao longo de uma posição radial e ao longo do raio do pivô. Quando o número de pontos de dados disponíveis é grande, uma função linear bi-variável gera o mapa de distribuição, para isso usa-se o sistema de coordenadas polares. O seguinte algoritmo linear é utilizado para gerar um mapa de distribuição da lâmina de água aplicada.

$$D(r, \theta) = (a + br) + (c + dr)(\theta - \theta_j) \quad (01)$$

com

$$r_i \leq r \leq r_{i+1}$$

$$\theta_j \leq \theta \leq \theta_{j+1}$$

Em que: $D(r, \theta)$: lâmina de água aplicada interpolada em função do raio e do ângulo da posição do coletor; a, b, c e d :constantes determinadas através da solução de um sistema de quatro equações lineares de laminas conhecidas de água aplicadas em quatro quadrantes $P_{i,j}$, $P_{i,j+1}$, $P_{i+1,j}$, $P_{i+1,j+1}$ e r_i , e r_{i+1} ; r = raio (m); As constantes a, b, c e d devem ser determinadas para cada sub-área, algumas características podem ser consideradas para a superfície interpolada: Em toda a linha do raio ($r=r_0$ =constante), os valores interpolados são linearmente distribuídos; Em uma linha radial ($\theta = \theta_j$ =constante) os valores interpolados também são linearmente distribuídos; A superfície interpolada não é plana, embora seja construída por interpolação linear em duas direções. Embora as distribuições reais da lâmina nos dois sentidos das componentes possam não ser lineares, as interpolações lineares fornecem uma exatidão razoável quando os números de pontos de dados disponíveis são grandes. Baseando-se nesta interpolação de distribuição de lâmina de aplicação de água chega-se a um coeficiente de uniformidade interpolado. Como o CUC é um parâmetro adimensional, aplicando-se a equação 01, pode-se construir mapas de lâminas de aplicação de água e nutrientes a partir de dados

coletados, também pode ser utilizada para obter os coeficientes de uniformidade das aplicações de produtos químicos e biológicos via água de irrigação, para isso faz-se necessário a substituição do parâmetro $D(r,\theta)$ por valores de concentração observadas. Um programa computacional foi desenvolvido em linguagem Visual Basic (Figura 1). Para a análise do algoritmo proposto utilizou-se de ensaios realizados em um sistema de irrigação por pivô central localizado no município de Palotina-PR em duas velocidades percentuais (100 e 60).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Foi realizado um estudo estatístico dos ensaios utilizados para comparação do coeficiente simulado e do coeficiente de Heermann e Hein. A análise dos dados e apresentada na tabela 1. Verifica-se, que existe uma certa proximidade entre média e mediana para todos os dois ensaios realizados indicando uma simetria entre os dados amostrados. A homogeneidade foi avaliada pelo coeficiente de variação (CV%), onde valores de CV inferiores à 20%, apresentam dados poucos dispersos e, portanto homogêneos. O maior valor encontrado foi para o ensaio na velocidade do rêle de 100% ($Cv=17,1\%$). Na Tabela 1 também são apresentados os resultados do teste de normalidade, Anderson- Darling e coeficiente de assimetria e curtose. Neste caso, avaliou-se a hipótese de que a distribuição de água aplicada são normais. Os resultados encontrados nos mostram que os ensaios apresentaram normalidade, ambos ao nível de 5% de significância.

TABELA 1: Resultados estatísticos para os ensaios de uniformidade de distribuição de água (mm) do Pivô central nas velocidades do relê de 100% e 60%.

Parâmetros	Relê-100% (mm)	Relê- 60% (mm)
N	100	100
Mínimo	1,84	3,85
Máximo	4,40	8,17
média	3,01	5,57
mediana	2,94	5,51
Desvio-padrão	0,52	0,91
Quartil 1	2,57	4,98
Quartil 3	3,30	6,06
CV%	17,1	16,3
Assimetria	0,28	0,45
Curtose	-0,17	0,31
Anderson-darling	0,011 *	0,063 *

* O teste é aceito a 5% de significância

Na tabela 2, são apresentados os coeficiente de uniformidade simulado proposto e o coeficiente de uniformidade de Hermann e Hein. Para comparação dos resultados foi determinado o erro relativo definido como o erro absoluto dividido pelo valor aproximado. Os resultados encontrados mostram haver pouca diferença entre os valores de coeficientes simulados e coeficiente de Hermann e Hein. Os valores encontrados são inferiores a (- 1,4%) . O algoritmo de interpolação pode ser plenamente utilizado se for exato e robusto. Sendo, assim neste trabalho devido as boas aproximações encontradas em relação ao coeficiente de Hermann e Hein, procedeu-se a utilização do algoritmo para confecção de mapas espaciais.

Tabela 2: Comparação entre o coeficiente de uniformidade simulado e o Coeficiente de Uniformidade de Heermann e Hein.

Ensaio	CU_{simulado}	$CU_{\text{Heermann e Hein}}$	Erro Relativo (%)
relê 100%	87,4	86,3	-1,26
relê 60%	90,1	88,9	-1,33

A lâmina de água aplicada pelo sistema de irrigação pivô central pode não ser uniformemente distribuída ao longo da linha lateral. Se o sistema de irrigação por pivô esta operando para aplicar

produtos químicos, a distribuição deste nutriente também pode não ser uniformemente distribuída. O conhecimento da distribuição espacial de aplicação de água e de nutrientes pode ser essencial para produzir um melhor manejo da cultura irrigada e apontar áreas críticas no campo. Os métodos tradicionais de avaliação do sistema de irrigação pivô central somente pelo coeficiente de uniformidade podem não ser suficientes. Embora neste trabalho o algoritmo tenha sido desenvolvido para utilização de vários perfis de distribuição ao longo da área irrigada pelo pivô central. Os dados utilizados podem ser de ensaios reais de uniformidade realizados em campo ou por simulação computacional através de funções de distribuição de probabilidade ajustadas. A figura 1 apresenta o mapa de distribuição de aplicação para espaçamento simulado, na velocidade de relê de 100%. Os resultados de diversas simulações nos mostram que para maiores espaçamentos com consequente menor número de coletores amostrados, o coeficiente de uniformidade simulado se aproximar mais do resultado encontrado pelo coeficiente de uniformidade de Hermann e Hein. Os erros relativos menores para espaçamentos maiores mostram que o algoritmo simulado possui maior robustez na determinação da uniformidade. Como o cálculo dos coeficientes de Hermann e Hein são mais fáceis de se determinar eles podem ser utilizados quando o número de dados amostrados são suficientes. Mas o coeficiente simulado poderá ser utilizado quando os dados amostrados são limitados. No entanto sugere-se que estudos com outros tipos de algoritmos interpoladores sejam realizados.

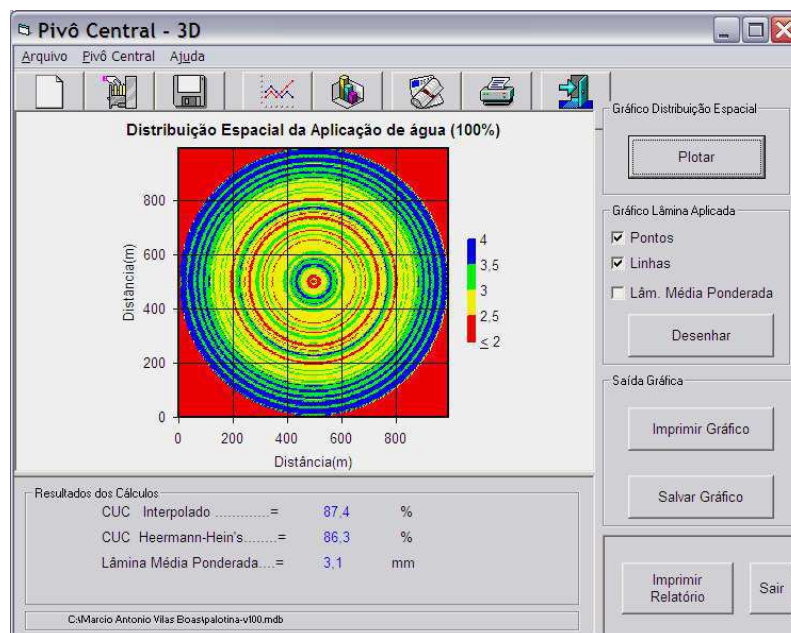


Figura 1. Distribuição espacial da aplicação de água para o ensaio do pivô central na velocidade de 100% ,Palotina -PR.

CONCLUSÃO: O coeficiente de uniformidade simulado e o coeficiente de uniformidade de Heermann- Hein obtiveram semelhantes desempenhos. Porém, para maiores espaçamentos de coletores e número limitado de dados disponíveis, o coeficiente simulado obtém resultados melhores que $CU_{\text{Heermann-Hein}}$. Os recursos gráficos do programa computacional desenvolvido permitem a construção de mapas de distribuição espacial de água e nutrientes para sistemas de irrigação pivô central.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIMA , H. Algorithm 761: scattered -data surface fitting that has the accuracy of a cubic polynomial. ACM. Transactions on mathematical software. V.22, 362-371p. 1996

BURT, C.M.; CLEMMENS, A.J.; STRELKOFF, T.S.; SOLOMON, K.H.; BLIESNER, R.D.; HARDY, L.A.; HOWELL, T.A. Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. J. of irrig. And Drain. Engrg.,ASCE, v.123,n.6,423-442p. nov/dec.1997