

PROGNÓSTICO DE COEFICIENTES DE UNIFORMIDADE EM ASPERSOR NDJ 5022 EM DIFERENTES ARRANJOS

Leoncio Gonçalves Rodrigues¹, Aparecida Rodrigues Nery², Luis Nery Rodrigues³, Francisco Rondinely Rodrigues Sousa⁴, José Vanduir Barreira Junior⁵

RESUMO: Um bom desempenho de um sistema de irrigação por aspersão está intrinsicamente ligado à forma pela qual a água é distribuída, vários aspectos como tipo de aspersor, pressão de serviço, vazão e arranjo dos aspersores afetam a eficiência de aplicação. O presente trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia (IFCE) Campus Crato e teve como objetivo avaliar isoladamente o aspersor NDJ 5022 e assim determinar os coeficientes CUC, CUD e CUE sob diferentes arranjos mediante aplicação de um prognóstico. A sobreposição das lâminas em arranjo triangular resultou em melhores coeficientes se comparados ao quadrangular, sendo que para o primeiro, os respectivos coeficientes foram 89,06; 83,28 e 86,12 % enquanto que para o segundo 85,31; 76,76 e 81,35%.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência, Aspersão, Manejo.

PROGNOSTIC OF UNIFORMITY COEFFICIENTS IN SPRINKLER NDJ 5022 UNDER DIFFERENT ARRANGEMENTS.

ABSTRACT: Good performance of a sprinkler irrigation system is intrinsically linked to the way water is distributed, various aspects such as sprinkler type, working pressure, flow rate and arrangement of sprinklers affect application efficiency. The present work was developed at the Federal Institute of Science and Technology (IFCE) Campus Crato and aimed to evaluate separately the sprinkler NDJ 5022 and thus determine the CUC, CUD and CUE coefficients under different arrangements by applying a prognosis. The overlapping of the

¹Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Gerente de Produção vegetal, Fazenda Águas da Tamanduá, PB. CEP 63185-000, Farias Brito, CE. Fone (83) 98196-0445. e-mail: leonmeid@gmail.com;

²Doutora, Professora do IFPA – Castanhil. Email: cydanery@gmail.com;

³Doutor, Professor do IFCE – Tauá. Email: luis.lunero@gmail.com;

⁴Engenheiro Agrônomo, IFCE – Crato. Email: rondynelle_17@hotmail.com;

⁵Tecnólogo em irrigação e drenagem. Secretária de Agricultura de Mauriti-CE. vanduijunior_agropec@hotmail.com.

blades in triangular arrangement resulted in better coefficients when compared to the quadratic one. For the first one, the respective coefficients were 89.06; 83.28 and 86.12% while for the second 85.31; 76.76 and 81.35%.

KEYWORDS: Efficiency, Sprinkling, Management.

INTRODUÇÃO

A irrigação por aspersão caracteriza-se por simular uma precipitação, com o objetivo de suprir a demanda hídrica das culturas. Aplicação de água via aspersão apresenta uma série de vantagens como a boa eficiência de aplicação de água, custo benefício, adaptabilidade e versatilidade (BERNARDO, SOARES, MANTOVANI, 2006). Um bom sistema de irrigação por aspersão deve garantir uma aplicação homogênea de água no solo, para que não haja restrição ou excesso hídrico em nenhum ponto da área irrigada.

O dimensionamento do projeto de irrigação por aspersão parte da escolha do aspersor, cujo objetivo é saber qual aspersor utilizar com seu respectivo arranjo, o que pode definir o sucesso ou não de um sistema de irrigação por aspersão. Segundo Gomes (2013), a igualdade de distribuição de água refere-se altura de precipitação aspergida sobre uma superfície a ser irrigada. A eficiência de aplicação está relacionada com diversos fatores. Dentre estes fatores, o arranjo dos aspersores afeta diretamente a uniformidade de distribuição (RODRIGUES, et al. 2015).

Segundo Perboni et al. (2014), os sistemas de irrigação por aspersão apresentam perdas de eficiência de aplicação de água, havendo a necessidade de se verificar se há uma distribuição de água próxima da calculada. Deste modo um aspersor possui a eficiência de aplicação indissociável com seu arranjo. Para Jardim *et al.* (2018), os arranjos espaciais de sobreposição devem ser estudados para obter uma maior uniformidade de aplicação. A eficiência pode ser mensurada por coeficientes de uniformidade, os principais coeficientes são: o coeficiente de uniformidade Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e coeficiente de uniformidade estatístico (CUE).

Avaliação de um sistema de irrigação é o meio pelo qual se pode conhecer a eficiência de um sistema já instalado, por outro lado em sistemas que ainda serão implantados mesmo garantindo os aspectos técnicos como vazão, pressão, fatores como arranjo interferem na eficiência de aplicação d'água. Assim escolher o melhor espaçamento e arranjo é uma tarefa que pode trazer grandes benefícios como melhor custo benefício e maior eficiência de

irrigação. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar isoladamente o aspersor NDJ 5022 e assim determinar: o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) sobre o arranjo quadrangular e triangular e obter um prognóstico dos coeficientes de uniformidade. Assim como propor um algoritmo que permita a obtenção de prognóstico para qualquer aspersor, a partir de sua avaliação individual, e deste modo contribuir com roteiro que venha auxiliar a melhor implantação ou manutenção de sistemas irrigados.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma área de cultivo de Sorgo (*Sorghum Bicolor*) localizada no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia (IFCE), Campus Crato, CE. Cartograficamente referenciado por 7° 12' latitude sul e 39° 26' longitude oeste. O clima da região é o Aw, conforme classificação de Köppen com precipitação média anual de 1086 mm e temperatura média de 25°C. A avaliação foi realizada no dia 16 de março de 2018 das 9:00 às 10:00 h, com coletores dispostos ao redor do aspersor, os coletores foram espaçados em 2 x 2 m, formando uma malha com 100 coletores em torno do aspersor. Os coletores foram instalados sobre uma altura de 0,7 m em relação ao nível do solo, cada coletor apresentava área de secção de 44,179 cm².

A medição da lâmina foi realizada com auxílio de uma proveta em mililitro e a pressão com auxílio de um manômetro. O aspersor utilizado foi o NaanDaanJain 5022 que operou sob pressão de 1.4 kgf.cm⁻² por tempo de 60 minutos, no período da manhã sob condição de ausência de vento. Com o tubo de subida de PVC de diâmetro interno de 0,032 m, instalou-se o aspersor a 2 m em relação ao solo e em sua base adicionou-se um manômetro para medição da pressão. A Figura 1 ilustra a distribuição dos coletores (a) e a instalação do manômetro (b).

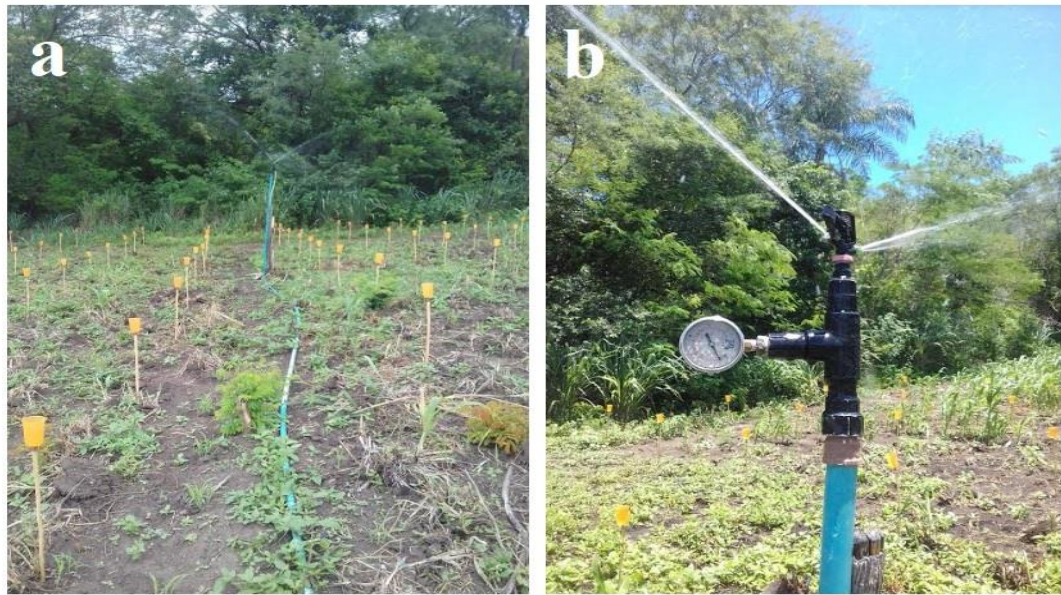


Figura 1. Distribuição de coletores (a) e instalação do manômetro (b)

Para determinação da intensidade de aplicação do aspersor foi utilizada a Equação 1.

$$I = \frac{Q \times 3600}{E1 \times E2} \quad (1)$$

Em que:

Q - é a vazão do aspersor $L s^{-1}$;

I - Intensidade de aplicação $mm h^{-1}$;

$E1 \times E2$ - Espaçamentos do aspersor em m.

A lâmina coletada em mililitros foi posteriormente convertida para milímetros através da Equação 2 .

$$La = \frac{Vol}{A} \times 10 \quad (2)$$

Em que:

La - Lâmina coletada no coletor mm;

Vol - Volume coletado no coletor em cm^3 ;

A - Área do coletor em cm^2 ;

10 é um fator de conversão de cm para mm.

Para a sobreposição das lâminas, considerou-se espaçamento de 12x12 m em arranjo quadrangular e 12x10,4 m em arranjo triangular, sendo utilizado o mesmo espaçamento de coletores 2x2 m da avaliação do aspersor, totalizando um número de coletores de 36 e 30 para cada arranjo respectivamente. Para sobreposição das lâminas foi utilizado o Excel®, para o qual foram criados quatro conjuntos de dados A, B, C e D cujos valores foram obtidos da avaliação do aspersor. A partir das lâminas sobrepostas foram obtidos os valores que permitiriam realizar os prognósticos dos coeficientes CUC, CUD e CUE para os arranjos. Para elaboração de gráficos do perfil de distribuição foi utilizado o software Surfer®.

O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) foi determinado pelo método proposto por Christiansen (1942), enquanto que o Coeficiente de Distribuição (CUD) e o Coeficiente de uniformidade estatístico foram obtidos pelo método citado por Bernardo (2006). O CUC, CUD e CUE foram calculados pelas equações 3, 4 e 5 respectivamente.

$$CUC = \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Li - Lm|}{N * Lm} \right\} x 100 \quad (3)$$

$$CUD = \frac{Lq}{Lm} x 100 \quad (4)$$

$$CUE = 100x \left\{ 1 - \frac{Sd}{Lm} \right\} \quad (5)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (Li - Lm)^2}{N - 1}} \quad (5.1)$$

Em que:

CUC - Coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

Li - Lâmina coletada no coletor no ponto *i*, em mm, para $i=1, \dots, n$;

Lm - Lâmina média, em mm;

N - Número de coletores;

CUD - Coeficiente de uniformidade de distribuição, em %;

Lq - Lâmina média de 25% do total de coletores com menores lâminas, em mm;

CU - Coeficiente de uniformidade estatístico, em %;

Sd: desvio padrão, em mm.

A eficiência de aplicação foi estimada segundo método proposto por Merriam & Keller (1978) apud Bernardo, Soares & Mantovani (2006), expresso pela Equação 6. A Equação 7 permite estimar a pulverização de água pelo vento.

$$EAp = 0.9 * CUD \quad (6)$$

$$PV = 100 - EAp \quad (7)$$

Em que:

EAp – Eficiência de aplicação de água, em %;

CUD - Coeficiente de uniformidade de distribuição, em %.

PV – Pulverização pelo vento, em %.

Para interpretação dos coeficientes avaliados foram utilizados os limites propostos por Mantovani (2001), apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Coeficientes de classificação das uniformidades de aplicação de água

CLASSIFICAÇÃO	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)
Excelente	>90	>84	90-100
Bom	80-90	68-84	80-90
Razoável	70-80	52-68	70-80
Ruim	60-70	36-52	60-70
Inaceitável	<60	<36	<60

Fonte: Mantovani (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as lâminas coletadas nos coletores, observou-se uma aplicação máxima de 2,4 mm h⁻¹ próximo ao centro de disposição dos coletores e mínima de 0,4 mm a periferia deste, com lâmina média aplicada de 0,9. Nakamura, Junior & Zimback (2011), destacam a importância de mapas de isolinhas por fornecerem uma melhor visualização da sobreposição e distribuição de água. A Figura 2 ilustra a distribuição da lâmina através de um gráfico de isolinhas X,Y,Z, em que cada quadricula do plano x,y representa a posição um coletor, o perfil de distribuição como explícito na imagem apresenta uma redução da lâmina a medida que o jato de água aspergido se distancia do bocal do aspersor.

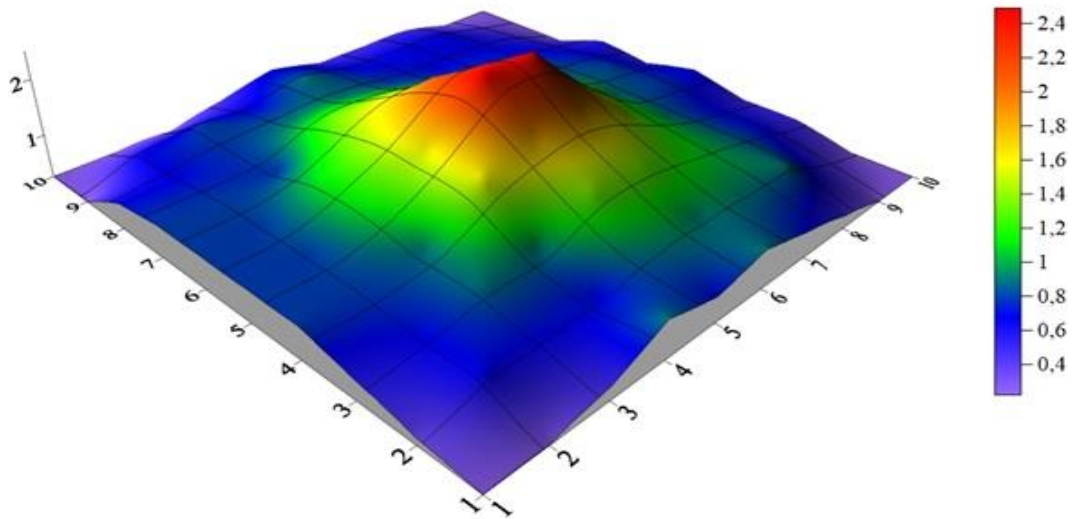


Figura 2. Perfil de distribuição do aspersor NDJ 5022.

A sobreposição das lâminas tem como objetivo corrigir a distribuição decrescente a partir do centro da área de aspersão. Com base nas lâminas do aspersor e as sobreposições das mesmas simulando os arranjos quadrulares e triangulares elaboraram-se os perfis de distribuições para os respectivos arranjos. Na Figura 3 (a, b) são ilustrados os perfis de distribuição para os arranjos quadrangular e triangular, respectivamente.

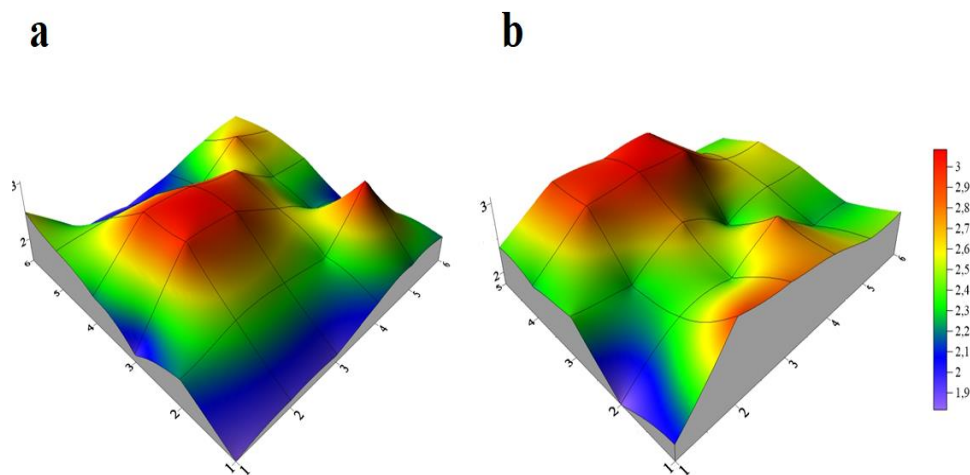


Figura 3. Perfil de distribuição de arranjos Quadrangular (a) e Triangular (b).

Para a sobreposição em arranjo quadrangular a lâmina média aplicada $2,41 \text{ mm h}^{-1}$ enquanto que em arranjo triangular se obteve $2,74 \text{ mm h}^{-1}$, a lâmina média dos 25% menores valores de cada arranjo foi respectivamente $1,8$ e $2,24 \text{ mm h}^{-1}$. A eficiência de aplicação para

o primeiro arranjo foi de 74,75% enquanto que para o segundo 81,90 %. De acordo com Nakamura, Junior & Zimback (2011), a decisão de qual arranjo utilizar deve atender a demanda hídrica da cultura, de modo a escolher um arranjo que seja racional e sustentável. Pela eficiência de aplicação obtida pode-se dizer que o arranjo triangular proporciona um uso mais racional e sustentável da água.

As eficiências de aplicação demonstram que o arranjo adotado afeta a distribuição de água e a eficiência de aplicação, mesmo adotando o mesmo espaçamento entre os aspersores. Para o arranjo quadricular e triangular obteve-se uma respectivamente uma perda por deriva de 25,25 e 18,18%, deste modo tornou-se evidente que sob o segundo arranjo há uma redução da perda de água por deriva enquanto o primeiro se comparado com segundo há um incremento de 7,07 %. A Figura 4 apresenta através de um gráfico de barra os resultados para os coeficientes determinados para ambos os arranjos.

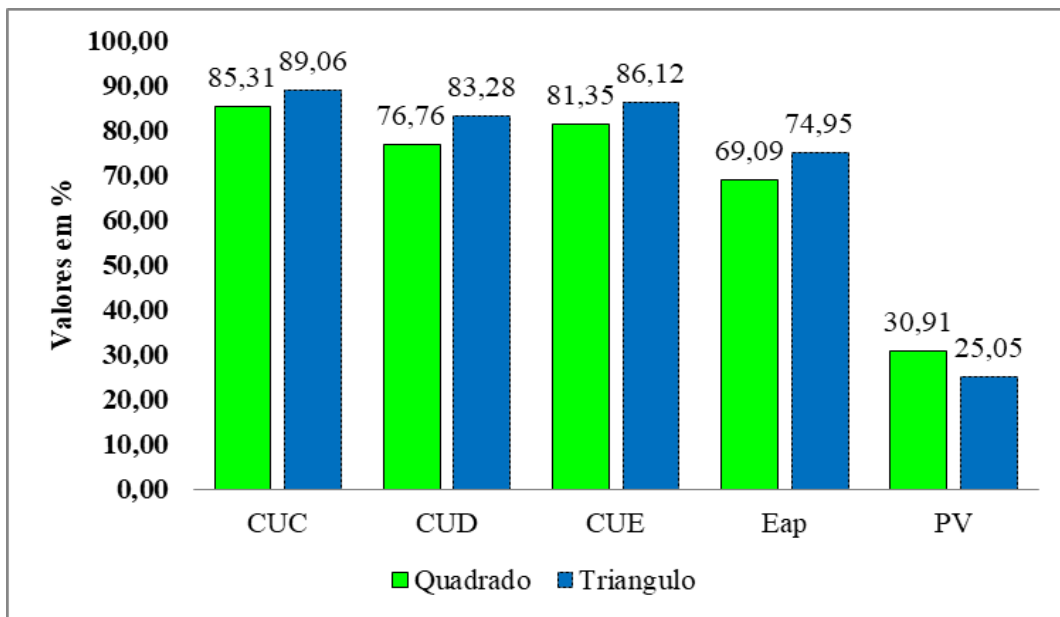


Figura 4 . Coeficientes de uniformidade (CUC,CUD e CUE), eficiência de aplicação (Eap) e pulverização pelo vento (PV).

De acordo com os resultados expressos graficamente, verifica-se que em todos os aspectos o arranjo triangular se sobressaiu sobre o arranjo quadricular, apresentando coeficientes mais satisfatórios. Sob o arranjo quadricular o CUC, CUD e CUE foram respectivamente 85,31; 76,76 e 81,35 % enquanto que para o arranjo triangular foram 89,06; 83,28 e 86,12 %. Santos *et al.* (2017), obtiveram avaliando o desempenho do aspersor da marca Duro D1215, CUC e CUD respectivos de 80,15 e 65,2 % aplicando a mesma

metodologia. Desta maneira torna-se evidente que a sobreposição das lâminas apresenta valores condizentes com a realidade.

Comparando os resultados entre ambos arranjos observa-se que em arranjo triangular os coeficientes apresentam um melhor desempenho na ordem de 3,75; 6,52 e 4,77 %, em termos absolutos, sendo que no tocante a eficiência de aplicação houve um incremento de 5,17 % em entre o arranjo triangular para o quadricular, e um decremento para pulverização pelo vento de 5,86 %.

Jardim *et al.* (2018), em ensaios de uniformidade de distribuição de água sob diferentes arranjos de sobreposição, concluíram que a lâmina de água aplicada por um aspersor se comporta de diferentes formas dependendo do arranjo utilizado. Tal confirmação pode ser verificada nos resultados para o arranjo triangular e quadricular.

Pelas discussões expostas, pode-se verificar que o prognóstico de coeficientes auxilia no manejo e instalação de sistemas, ao possibilitar uma visualização dos coeficientes que pode obter-se caso o sistema seja bem manejado e implantado. Deste modo atinge objetivo deste trabalho ao apresentar um algoritmo que permite a reprodução dos resultados aqui obtidos, a fim de contribuir para o desenvolvimento da agricultura irrigada do nordeste.

CONCLUSÕES

O arranjo triangular apresenta um incremento nos coeficientes de uniformidade, eficiência de aplicação e uma redução no que se refere à deriva pelo vento. Os coeficientes para arranjo triangular e quadricular foram respectivamente 89,06; 83,28 e 86,12 % enquanto que para o segundo 85,31; 76,76 e 81,35% para o CUC, CUD e CUE. A eficiência de aplicação em arranjo triangular foi de 74,95 % e quadricular de 69,09%. O arranjo correto contribui para uma redução do tempo de irrigação e economia de água e energia, ficando claro que o prognóstico da avaliação de um aspersor permite o melhor entendimento de seu funcionamento, levando a uma melhor tomada de decisão seja para fins de manejo ou implantação de sistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2006. 625 p.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station. Bulletin 670, 1942. 128 p.

GOMES FILHO, R. R. **Hidráulica aplicada a ciências agrárias**. Goiania: America, 2013. 253p.

JARDIM, C. C. S.; MOTOMIYA, A. V. A.; ARMANDO, E. J.; SANTOS, R. O.; OLIVEIRA, R. A. **Distribuição da lâmina de água em aspersão em diferentes arranjos de sobreposição**. Convibra, 2018.

MANTOVANI, E. C. A. **Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.

NAKAMURA, R.; JUNIOR, R. A. F.; ZIMBACK, C. R. L. GEOSTATÍSTICA APLICADA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ENTRE ASPERSORES. **Simpósio de geoestatística aplicado a ciências agrárias – 2011**, [s.1], 2011.

PERBONI, A. ; JOSÉ, J. V.; ULLMAN, M. N.; SOCCOL, O. J.; FRIZONE, A.; BIOSISTEMAS, D. D. E. de; USP, E.; DIAS, A. P. **Geoestatísticas e simulações condicionais aplicadas a ensaios de uniformidade de aspersão convencional.**, 2014.

RODRIGUES, L.G.; BEZERRA, A. E.; GOMES, A. C. P.; PEREIRA, A. J.; OLIVEIRA, W. C. UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM DISPOSIÇÃO TRIANGULAR E QUADRICULAR. **Anais do Iii Inovagri International Meeting - 2015**, [s.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/simposios/III-INOVAGRI-2015/01.09.2015/a046.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

SANTOS, J. B. S.; SILVA. S.S.; SALOMÃO, L. C.; PAZETE, W. O.; COSTA, J. V.; PIRES, T. H. Avaliação de uniformidade de distribuição de água na irrigação por aspersão convencional com diferentes pressões e sobreposições. **Congresso Estadual de Iniciação Científica e Tecnológica do IF Goiano – 2017,IV**, Goiás, 2017.