

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**GÜNTER NATHAN WILDE CALLEGARO**

**AVALIAÇÃO DE EMISSORES DO TIPO SPRAY DE PLACA FIXA E  
SPRAY DE PLACA OSCILANTE EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR  
ASPERSÃO DO TIPO PIVÔ CENTRAL**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS**

**2017**

**GÜNTER NATHAN WILDE CALLEGARO**

**AVALIAÇÃO DE EMISSORES DO TIPO SPRAY DE PLACA FIXA E  
SPRAY DE PLACA OSCILANTE EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR  
ASPERSÃO DO TIPO PIVÔ CENTRAL**

**Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Viçosa como parte das exigências para a  
obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo.**

**Modalidade: trabalho científico**

**Orientador: Everardo Chartuni  
Mantovani**

**Coorientadores: Rodrigo Dal Sasso  
Lourenço e Luan Peroni Venancio**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS**

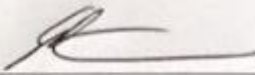
**2017**

**GÜNTER NATHAN WILDE CALLEGARO**

**AVALIAÇÃO DE EMISSORES DO TIPO SPRAY DE PLACA FIXA E  
SPRAY DE PLACA OSCILANTE EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR  
ASPERSÃO DO TIPO PIVÔ CENTRAL**

**Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Viçosa como parte das exigências para a  
obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo. Modalidade: trabalho  
científico.**

**Aprovado: 20/11/2017**



---

**Prof. Everardo Chartuni Mantovani**  
Orientador  
UFV

## Resumo

A busca por aumento na produção de alimentos com sustentabilidade tem sido notável nos últimos anos. A agricultura irrigada tem e terá papel fundamental na busca desse objetivo. Para o uso racional e sustentável de recursos hídricos, são necessários a utilização de sistemas de irrigação eficientes aliados a um bom programa de manejo. Objetivou-se nesse trabalho avaliar a uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação por aspersão do tipo pivô central com o uso de emissores do tipo spray de placa fixa (Super Spray) e tipo spray de placa oscilante (i-Wob). Estimou-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e a variação de lâmina coletada dos emissores em diferentes cenários. O emissor i-Wob apresenta uma distribuição de lâmina mais constante em relação ao Super Spray ao longo de todo o equipamento, resultando assim em uma melhor uniformidade de distribuição de água. Os CUCs calculados para Super Spray tiveram a média de 91, 89 e 90% enquanto para o i-Wob tiveram a média de 92, 93 e 93% para horários matutinos, vespertinos e noturnos respectivamente. O correto dimensionamento e escolha de emissores é de extrema importância para uma irrigação de alta eficiência. Ambos emissores demonstraram satisfatórios com relação a distribuição e uniformidade, sendo o i-Wob superior nos diferentes testes.

**Palavras chave:** Uniformidade, CUC, i-Wob, Super Spray.

## **Abstract**

The global aiming for increasing food production with sustainability has been remarkable in recent years. Irrigation plays a key role for the achievement of these goals and it is growing every year. For the rational and sustainable use of water resources, it is necessary to use efficient systems combined with well-managed irrigations. The purpose of this study was to evaluate the uniformity of water distribution in central pivot irrigation using rotating spray plate sprinklers (RSPS) and fixed spray plate sprinklers (FSPS). The coefficient of uniformity of Christiansen (CUC) and the variation of the water distribution from the nozzles in different field conditions were estimated for a central pivot. The RSPS sprinklers have a more constant water distribution throughout the pivot when compared to the FSPS sprinklers, resulting in a better uniformity. The CUCs calculated for FSPS had an average of 91, 89 and 90% while for RSPS had an average of 92, 93 and 93% for morning, evening and nighttime, respectively. The correct choice of sprinklers and nozzles are extreme relevant for efficient irrigation. Both sprinklers showed satisfactory in relation to the distribution and uniformity, being RSPS the superior in the different tests.

**Key words:** Uniformity, CUC, i-Wob, Super Spray.

## **Sumário**

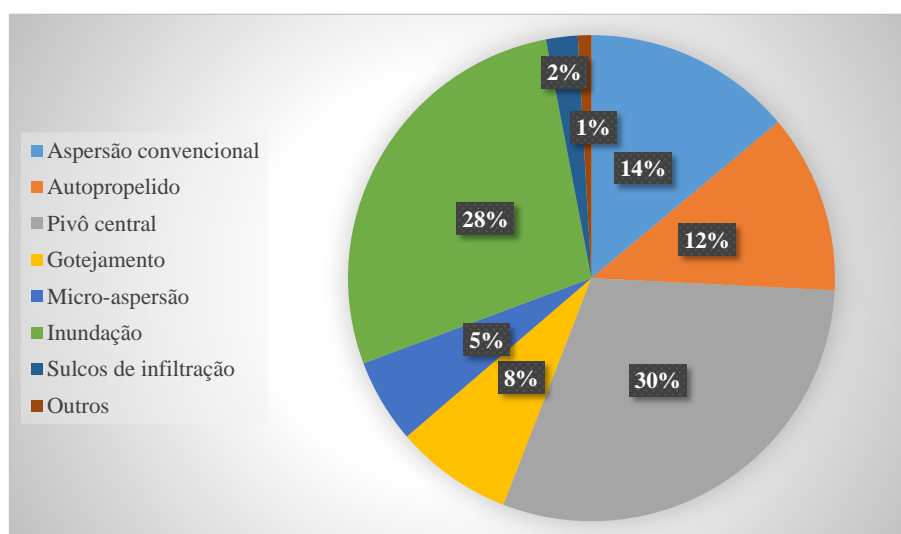
Introdução.....	6
Material e métodos .....	10
Resultados e Discussões .....	13
Conclusão .....	18
Referências Bibliográficas.....	19

## Introdução

O contínuo crescimento da população mundial vem exigindo uma agricultura competitiva e tecnificada, que possibilite a produção de alimentos de melhor qualidade e em maior quantidade. Estimativas mundiais de produção indicam que os 260 milhões de hectares irrigados, que correspondem a 17% da área cultivada produzem 40% da safra (MANTOVANI et al., 2009). Manejos e técnicas conservacionistas devem sempre ser visadas, a fim de conseguir manter os recursos naturais disponíveis em níveis satisfatórios de conservação.

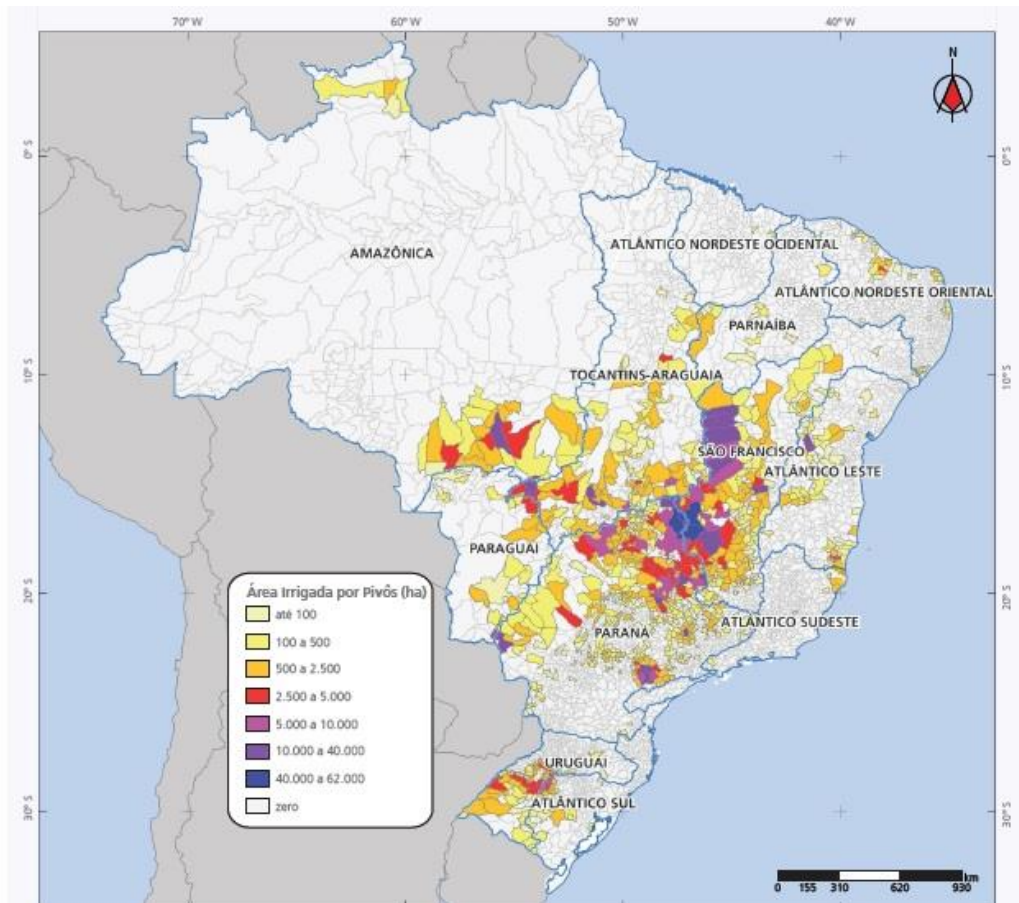
A irrigação brasileira tem crescido a taxas médias anuais entre 4,4% e 7,3% desde a década de 1960. Partindo de 462 mil hectares equipados para irrigação em 1960, ultrapassamos a marca de 1 milhão de hectares na década de 1970 e de 3 milhões de hectares na década de 1990. Estima-se que em 2014 foi superada a marca de 6,1 milhões de hectares sob irrigação (ANA, 2016). Um estudo recente da FEALQ (2014) mostrou que o Brasil tem um potencial de irrigar mais de 61 milhões de hectares, sendo 38 milhões com solo e relevo classificados com alta e média aptidão. Toda essa área passível de irrigação, terá uma contribuição positiva se precedida de sistemas de irrigação eficientes e bem manejados.

O pivô central é um equipamento de fácil operação, reduzido custo por unidade de área e fácil automação. No Brasil, o uso desse sistema é de grande importância. Segundo a ANA (2016), a qual é responsável pelas outorgas do uso de recursos hídricos, 30,1% das outorgas é destinada ao sistema de irrigação por pivô central (Figura 1).



**Figura 1.** Proporção da área irrigada por sistemas de irrigação em outorgas federais válidas - Fonte: ANA (2016).

O estudo relacionado ao uso de outorgas por pivôs centrais identificou 19.892 equipamentos, ocupando 1,275 milhão de hectares em 2014 com um crescimento de 43,3% em relação ao Censo Agropecuário de 2006. Esses pivôs estão distribuídos em 965 municípios (Figura 2) em 21 unidades federativas com maiores concentrações nos estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia e São Paulo.



**Figura 2.** Área irrigada por pivô centrais no Brasil.  
Fonte: ANA (2016).

O interesse em conservação de recursos hídricos vem crescendo como resultado de todo o aumento de demanda sobre as escassas fontes de água, assim, sistemas de irrigação adequadamente projetados podem minimizar as perdas de águas fornecidas às plantas (MCLEAN et al., 2000). A crescente demanda mundial por água e alimentos, acompanhada de recursos hídricos, energia e insumos agrícolas torna evidente que se deve priorizar a utilização de sistemas de irrigação eficientes na produção agrícola (O'SHAUGHNESSY et al., 2013).

Em um novo conceito, a irrigação evoluiu de simples aplicação de água na agricultura para um importante instrumento de aumento de produção, produtividade e rentabilidade, diminuição de riscos de investimento, porém, em função do volume de água necessário, é



preciso fazer o uso de sistemas de irrigação que possibilitem alta eficiência no uso de água (MANTOVANI et al., 2009). No Brasil, existe a necessidade de aperfeiçoar a eficiência no manejo da irrigação, da drenagem agrícola, da efetiva aplicação dos tradicionais instrumentos de gestão da água além da otimização do uso dos equipamentos, elevar o índice de área total sob produção em cada safra reduzindo-se as áreas ociosas, para possibilitar o combate à fome e atuar na segurança alimentar (CHRISTOFIDIS, 2006). A eficiência de irrigação é um conceito amplo e complexo, pois nela consideramos não somente aspectos hidráulicos, mas principalmente elementos de manejo.

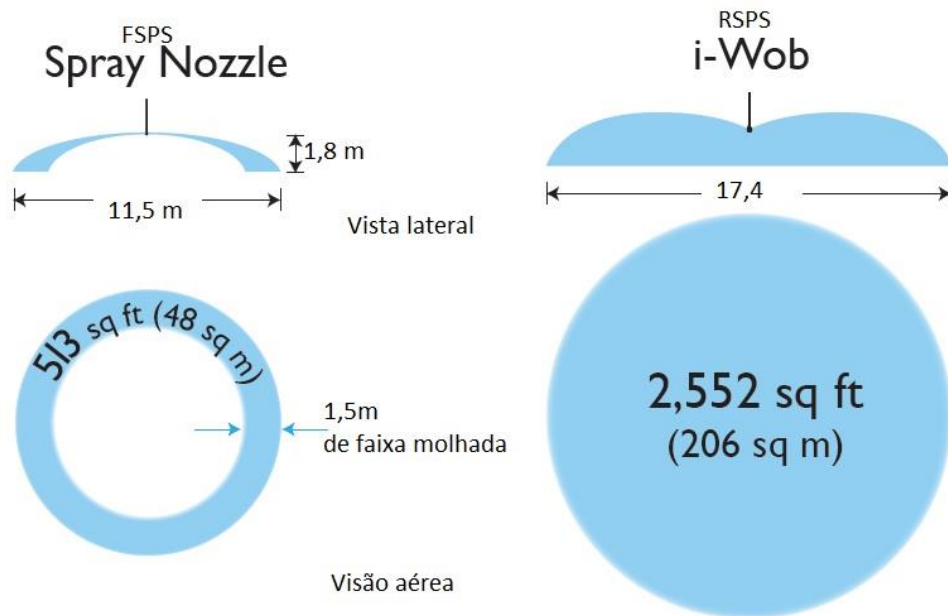
Em geral, a água aplicada por sistemas de irrigação por aspersão que não chegam no solo são conhecidas como perdas por evaporação e arraste. As perdas por evaporação dependem basicamente da umidade relativa do ar, temperatura do ar e água, altura do emissor em relação ao solo, pressão de trabalho e diâmetro de gota; as perdas por arraste dependem da velocidade do vento, diâmetro de gota e distância que elas têm que percorrer antes de chegar na superfície do solo ou no dossel da planta (TARJUELO et al., 2009).

A uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão não depende apenas dos fatores hidráulicos da instalação, mas também dos fatores climáticos no momento da irrigação. Se a uniformidade do sistema está baixa, significa que a água não está sendo bem distribuída na área, assim, determinados locais ficam com déficit ao passo que outros locais ficam com excesso de água. O déficit hídrico acarreta em reduções na produtividade devido ao estresse da cultura. O excesso de água compromete a fitossanidade da cultura, lixivia nutrientes para camadas mais profundas no solo e pode ocasionar escoamento superficial, potencializando as erosões.

Afim de avaliar a uniformidade de aplicação de água na irrigação, Christiansen (1942) desenvolveu o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). Esse autor foi o primeiro pesquisador que estudou a uniformidade de distribuição da água para aspersores rotativos, determinando o efeito da pressão de serviço, do espaçamento, da rotação e da velocidade do vento sobre a distribuição da água. Em pivô central, a uniformidade de distribuição é essencial, visto que o sistema é móvel e os mesmos emissores irrigarão grandes áreas. O dimensionamento do sistema e a escolha de emissores influenciam diretamente na uniformidade de distribuição de água.

Os emissores mais populares utilizados em pivô central de baixa pressão são os emissores tipo spray de placa fixa (FSPS) e tipo spray de placa oscilante (RSPS) (JIAO et al., 2017). No FSPS a placa defletora é fixa, colada ao corpo do emissor de forma que a água bate nas ranhuras e é pulverizada em forma de pequenas gotas. No RSPS a placa defletora é móvel

em torno de um eixo central, de tal maneira que no momento do impacto da água com as ranhuras a placa movimenta-se de forma rotacional. A diferença estrutural entre os emissores acarretará em diferentes características de aplicação de água (Figura 3).



**Figura 3.** Característica de distribuição de emissores i-Wob e Super Spray. Nesse exemplo os emissores estão com uma mesma condição: vazão ( $3495 \text{ L h}^{-1}$ ), pressão de serviço (20 psi) e vento ( $0 \text{ m s}^{-1}$ ).

Adaptado de catálogo Senninger® (<http://www.senninger.com/pt/product/i-wob-up3>).

Com a concentração de faixa molhada em uma área de quase 4 vezes menor, o emissor FSPS tende a ter uma uniformidade de distribuição inferior ao emissor RSPS, além de aumentar o risco de ocorrência de escoamento superficial. Estudos anteriores caracterizaram a distribuição de água dos emissores de placa fixa e placa oscilante em condições de laboratório (JIAO et al., 2017). Usando uma máquina própria para teste de emissores em laboratório, mediu-se coeficientes de uniformidade de 80% e 90% para FSPS e RSPS respectivamente (PLAYÁN et al., 2004).

Diante do exposto, observa-se a essencialidade de uma busca por sistemas mais eficientes que minimizem os efeitos das Perdas por Evaporação e Arraste (PEA) e melhorem a uniformidade de distribuição de água, aumentando assim a eficiência do sistema, reduzindo o consumo de água e energia, além de uma maior preservação ambiental e rentabilidade da atividade. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo de avaliar a uniformidade de distribuição de água através do CUC em um sistema de pivô central utilizando emissores do tipo spray de placa fixa (Super Spray) e spray de placa oscilante (i-Wob), no campo em diferentes cenários.

## Material e métodos

Os testes foram realizados na Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão (UEPE) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (DFT/UFV), localizada no município de Coimbra – MG, no período de 01/08/2017 à 30/09/2017. A área conta com um pivô central da extinta ASBRASIL modelo PA3 Light de seguintes características: área irrigável de 2,21 hectares; emissores espaçados em 2,13 m; tubos de descidas em mangueira flexível e emissores à uma altura de 2 m em relação à superfície do solo. O sistema possui uma bomba KSB 32-160 com motor elétrico de 7,5 cv, rotação de 3500 rpm e diâmetro de rotor de 148 mm, gerando uma vazão média do sistema de aproximadamente  $19 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . A altura manométrica total do sistema é de 29,7 m.c.a. O pivô central foi avaliado com percentímetro regulado em 100%, com velocidade de  $111,6 \text{ m h}^{-1}$  e tempo de volta de 3 horas e 12 minutos.

Para a realização do teste, foram instalados emissores de placa fixa da marca Senninger modelo Super Spray UP3 com válvulas reguladoras de pressão PSR 2 de 10 psi Senninger e após a coleta de dados para esse emissor, foi realizada a troca dos emissores para o modelo de placa oscilante Senninger i-Wob UP3, também acompanhado por válvulas reguladoras de pressão PSR 2 de 10 psi. Os bocais dos emissores i-Wob UP3 e Super Spray UP3 foram dimensionadas utilizando a vazão em função do espaçamento utilizando as equações 1 e 2.

$$q_r = Q_{r-1} - Q_r \quad (1)$$

Onde

$q_r$  - vazão do emissor ( $\text{L s}^{-1}$ ).

$r_{-1}$  - ponto localizado a uma distância  $r$  menos o espaçamento entre emissores (m).

$Q_{r-1}$  - vazão da lateral que passa no ponto  $r_{-1}$  ( $\text{L s}^{-1}$ ).

$Q_r$  - vazão logo após o ponto  $r$  ( $\text{L s}^{-1}$ ), descrito na Equação 2.

$$Q_r = Q_0 \left( 1 - \frac{r^2}{R^2} \right) \quad (2)$$

Onde:

$Q_r$  - vazão logo após o ponto  $r$  ( $\text{L s}^{-1}$ );

$Q_0$  - vazão do sistema no ponto pivô ( $\text{L s}^{-1}$ );

r - distância do emissor ao ponto pivô (m); e,

R - raio irrigado (m).

Utilizando as equações acima descritas, foi possível determinar a vazão de cada bocal, como observa-se a listagem no Quadro 1 e 2. A vazão calculada em cada ponto nem sempre é compatível com a vazão de um emissor comercial, assim, deve-se escolher o emissor de vazão comercial que mais se aproxima da vazão calculada. Isso fará com que a uniformidade de distribuição das lâminas aplicadas esteja sempre abaixo de 100% (SILVA; AZEVEDO, 1998).

**Quadro 1 e 2.** Detalhes técnicos do pivô central e dos emissores.

Listagem dos Bocais Iwob			Listagem dos Bocais Super Spray		
Distância do Centro (m)	Vazão (L/h)	Vazão (m³/h)	Distância do Centro (m)	Vazão (L/h)	Vazão (m³/h)
3,2	-		3,2	-	-
5,3	-		5,3	-	-
7,5	-		7,5	79	0,079
9,62	182	0,182	9,62	102	0,102
11,64	182	0,182	11,64	125	0,125
13,89	182	0,182	13,89	152	0,152
16,09	182	0,182	16,09	152	0,152
18,14	182	0,182	18,14	182	0,182
20,19	213	0,213	20,19	213	0,213
22,41	248	0,248	22,41	248	0,248
24,51	248	0,248	24,51	248	0,248
26,66	286	0,286	26,66	286	0,286
28,71	325	0,325	28,71	325	0,325
30,91	325	0,325	30,91	325	0,325
32,96	368	0,368	32,96	368	0,368
35,16	368	0,368	35,16	368	0,368
37,21	411	0,411	37,21	411	0,411
39,41	411	0,411	39,41	411	0,411
41,46	459	0,459	41,46	459	0,459
43,71	459	0,459	43,71	459	0,459
45,81	509	0,509	45,81	509	0,509
48,01	509	0,509	48,01	509	0,509
50,11	561	0,561	50,11	561	0,561
52,21	561	0,561	52,21	561	0,561
54,34	618	0,618	54,34	618	0,618
56,88	618	0,618	56,88	618	0,618
58,58	736	0,736	58,58	736	0,736
60,78	736	0,736	60,78	736	0,736
62,8	675	0,675	62,8	675	0,675
64,99	736	0,736	64,99	736	0,736
67,01	736	0,736	67,01	736	0,736
69,14	799	0,799	69,14	799	0,799
71,24	799	0,799	71,24	799	0,799
73,34	799	0,799	73,34	799	0,799
75,47	865	0,865	75,47	865	0,865
77,53	865	0,865	77,53	865	0,865
79,62	865	0,865	79,62	865	0,865
82,42	933	0,933	82,42	933	0,933
83,94	933	0,933	83,94	933	0,933
		18,884			18,77

Para se obter uma comparação entre emissores e entender a influência dos fatores climáticos sobre a uniformidade de aplicação, foram realizados testes em diferentes horários: matutino, vespertino e noturno. A partir das lâminas coletadas calculou-se o CUC (Equação 3) e comparado os respectivos fatores climáticos para cada teste.

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n S_i \left| Li - \frac{\sum_{i=1}^n LiSi}{\sum_{i=1}^n S_i} \right|}{\sum_{i=1}^n LiSi} \right)$$

Onde:

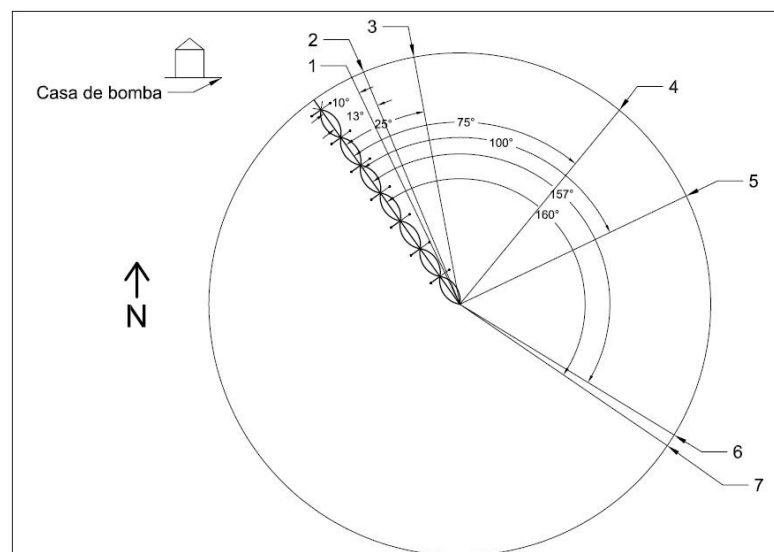
CUC – coeficiente de uniformidade de distribuição de água de Christiansen, (%);

$S_i$  – número de ordem do coletor em relação ao centro do pivô;

$L_i$  – lâmina coletada (mm); e,

$n$  – n-ésimo coletor.

Para a coleta das lâminas aplicadas pelo equipamento, foram utilizados o kit de coletores da Fabrimar®, com diâmetro de 79 mm e uma área de coleta de aproximadamente 49 cm<sup>2</sup>, com o auxílio de uma proveta graduada de 50 ml. Os coletores foram dispostos em faixas, espaçados de 3 em 3 m, formando faixas com 84 m de comprimento com 28 coletores cada, por limitações experimentais as faixas de coletores foram dispostas cobrindo meia volta do pivô central, formando ângulos de 10°, 13°, 25°, 75°, 100°, 157°, 160° em relação à posição inicial do pivô central. No total foram utilizados 196 coletores na área como dispostas na Figura 4.



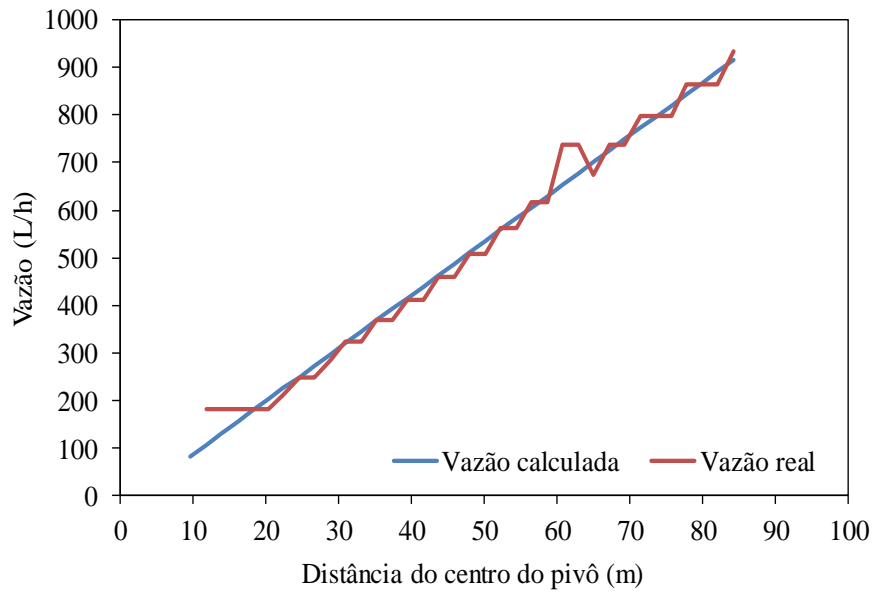
**Figura 4.** Disposição de linhas de coletores no pivô central.

Além das lâminas coletadas, mediou-se a pressão de entrada e saída com o uso de um manômetro na saída da bomba e um outro no último emissor. Para a medida dos dados climáticos durante as avaliações, utilizou-se uma estação meteorológica automática instalada próxima ao experimento, modelo Davis® Adventure Pro Plus 2 que registrou e aferiu a precipitação, temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar, durante o período de teste em intervalos de 10 minutos.

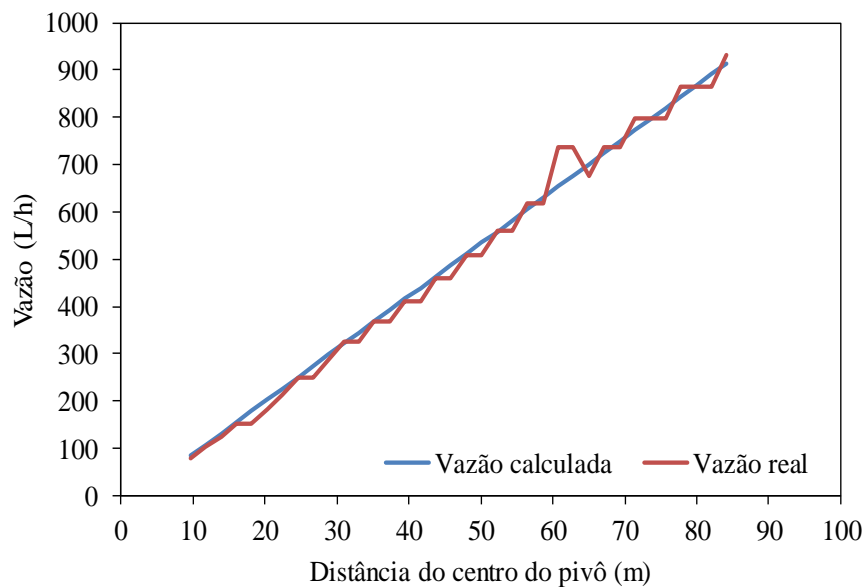
## **Resultados e Discussão**

### *Vazão dos bocais*

A vazão calculada para cada bocal e a vazão real dos emissores i-Wob e Super Spray em função dos distanciamentos do centro do pivô central encontram na Figura 5 e 6, respectivamente. Observa-se em ambos os emissores o aumento da vazão bocal a medida que se distancia do centro do equipamento, devido ao aumento de área e a necessidade de manutenção da lâmina de irrigação. Para ambos os emissores, foi possível ter vazões próximas a calculada, com exceção à distância de 60 m, que é o local onde finaliza-se o lance e inicia-se o vão em balanço. Nesse local o distanciamento entre saídas de emissores (2,13 m) é alterado em função da estrutura, levando a essa maior variação entre as vazões. Uma ótima uniformidade de aplicação de água está atrelada a uma escolha correta dos bocais, visto a variação de vazão que se tem ao longo do equipamento. Para essa listagem o coeficiente de variação (CV) foi de 4,62% (descartando os dois primeiros emissores) e 5,03% para i-Wob e Super Spray respectivamente.



**Figura 5.** Vazão calculada e vazão real dos bocais i-Wob em função da distância do centro do o pivô central.



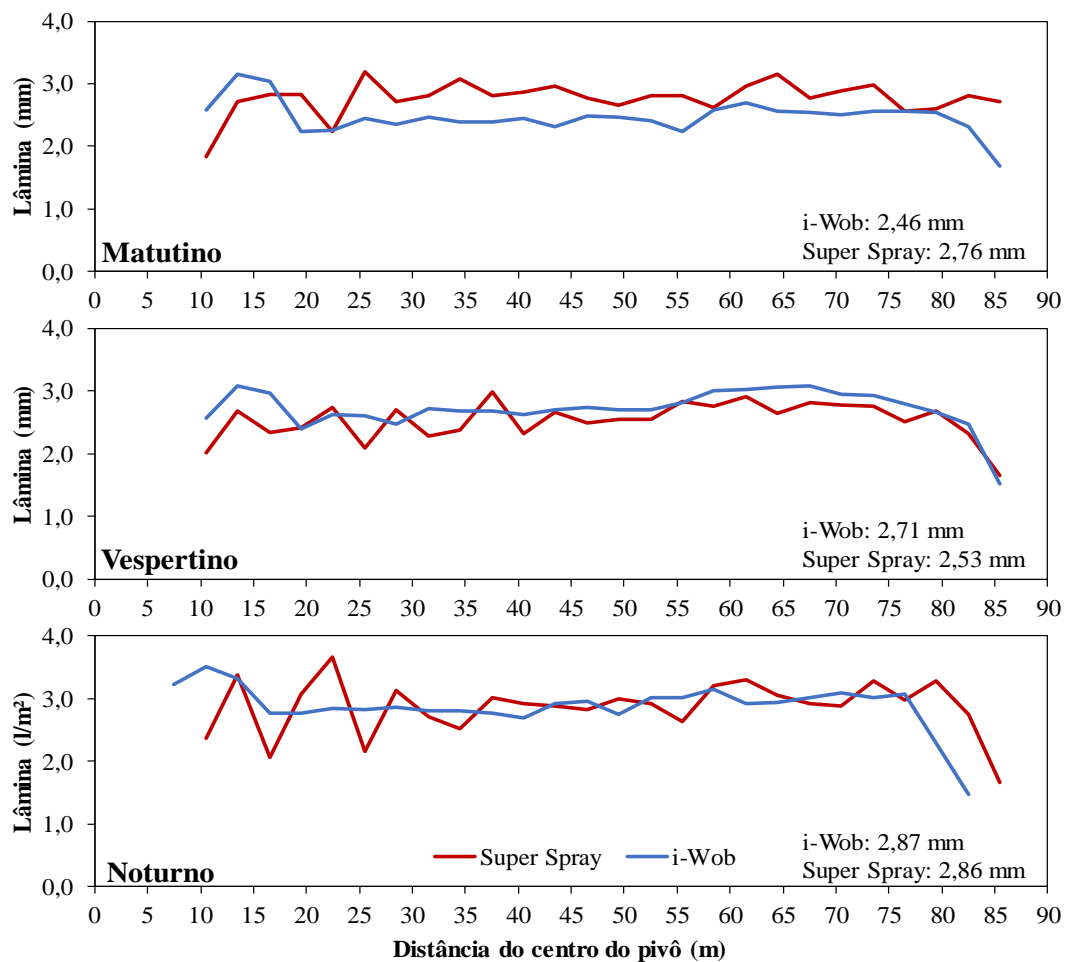
**Figura 6.** Vazão calculada e vazão real dos bocais Super Spray em função da distância do centro do o pivô central.

### *Lâminas de irrigação*

A pressão manteve constante durante todo o tempo de teste, registrando valores na saída do conjunto motobomba de 64 psi e no tubo de descida do ponto mais alto do pivô de 58 psi. As lâminas de irrigação distribuídas ao longo do raio do equipamento em função do tipo de emissor e do período do dia, encontram-se na Figura 7. Observa-se maiores variações de lâmina no emissor do tipo Super Spray em todos os períodos analisados, enquanto que o emissor i-

Wob mostrou uma menor variação, o que implica em uma melhor uniformidade de distribuição de água do sistema. A maior variação de lâmina nos emissores Super Spray pode ser explicada pelo fato desse tipo de emissor ter o tamanho de gotas inferiores ao do i-Wob, sendo mais susceptível as ações do vento e radiação, favorecendo assim as perdas por evaporação e arraste.

O emissor i-Wob apresentou uma lâmina alta nos primeiros emissores e uma lâmina baixa no final do equipamento. A maior lâmina no início é função da vazão comercial do bico escolhido para a posição ser muito superior à calculada. Já a lâmina baixa no final ocorre devido não haver sobreposição adequada. Para ambos os emissores, a maior lâmina foi obtida no período noturno, resultados estes que corroboram com os Colombo et al. (2015). Durante a noite a radiação é nula e a velocidade do vento muito baixa em dias normais, assim, esses dois fatores que são os principais responsáveis pela perda de água por deriva e arraste perdem seu potencial de ação. Isso justifica muito irrigantes optarem por realizarem suas irrigações nos períodos noturnos, somado a isso também o custo mais barato da energia nesse período.



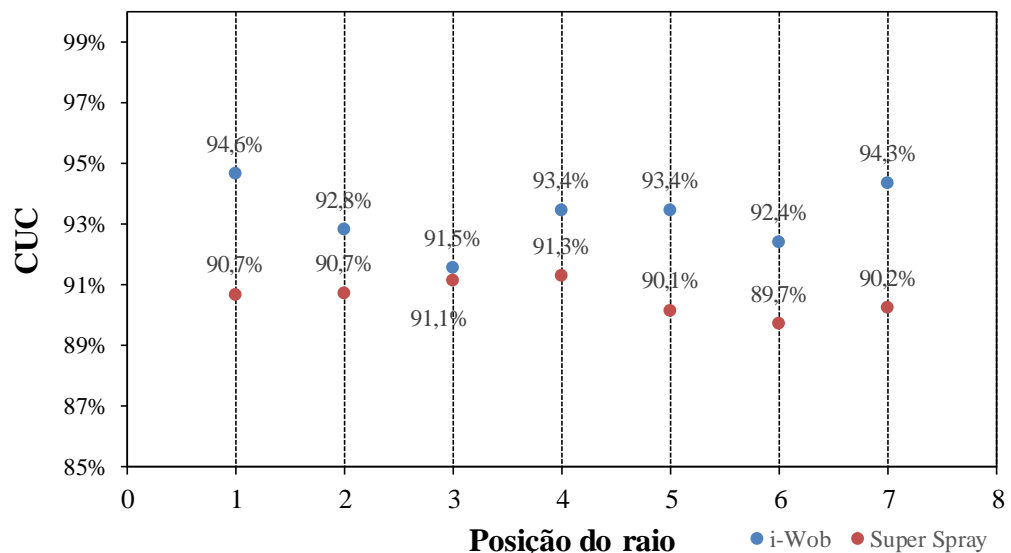
**Figura 7.** Distribuição de lâminas de irrigação de emissores Super Spray e i-Wob para diferentes períodos do dia em função da distância do centro do pivô.



### *Coeficiente de Uniformidade de Christiansen*

O CUC é o coeficiente de uniformidade mais utilizado para aferição da distribuição de água em sistemas de irrigação. É importante destacar que para o sistema de pivô central nunca será possível obter um valor de CUC igual a 100%, ou seja, uma lâmina de aplicação de água 100% uniforme. Isso ocorre, pois, a vazão dos bicos calculada nem sempre pode ser atingida pela vazão real, já que o mercado não dispõe de bico para todas as vazões calculadas, mas sim bicos com vazões pré-definidas que se aproximam da vazão calculada. Diante disso, o valor de CUC, será sempre menor que o valor de CUC teórico, que corresponde aquele obtido com as laminas derivadas das vazões dos bocais comerciais, sem influência alguma das condições climáticas. O CUC teórico para o emissor i-Wob e Super Spray, foram de 96,78 e 96,42%, respectivamente.

Durante o período noturno, com velocidade do vento próxima de zero, os valores de CUC para o emissor i-Wob obtiveram resultados superiores aos do Super Spray em todos os raios de coleta (Figura 8). Um dos motivos de o i-Wob ter seu preço de mercado muito elevado é seu alto potencial de uniformidade, que implica em menor consumo de água e energia. Podemos observar também que os valores de CUC do i-Wob aproximam-se mais dos valores do CUC teórico.

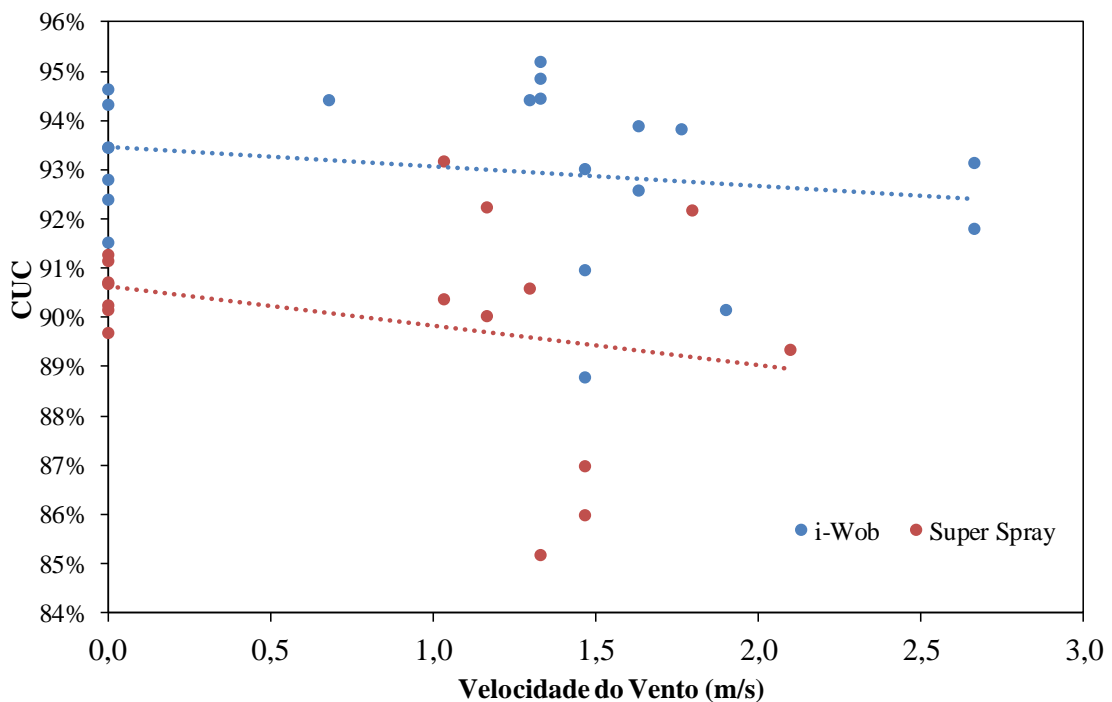


**Figura 8.** Coeficiente de Uniformidade de Christiansen obtidos para os emissores Super Spray e i-Wob em período noturno.

Não foi possível encontrar um ajuste para a relação CUC e velocidade do vento, porém, observou-se uma tendência de decréscimo do valor de CUC com o aumento da velocidade do vento (Figura 9). Esse ajuste é dificultado pois a direção do vento pode influenciar positiva ou

negativamente o valor de CUC. De acordo com Faria et al (2016), vários estudos têm demonstrado que o vento é o fator que causa maior influência negativa na aplicação de água de sistemas de irrigação por aspersão.

Apesar do comportamento semelhante, os valores de CUC do i-Wob são em média superiores aos do Super Spray. Porém vale destacar que na prática, ventos abaixo de  $3 \text{ m s}^{-1}$  são considerados de baixa influência na uniformidade, assim, espera-se que em ventos com maiores velocidades a discrepância entre a uniformidade de emissores seja ainda maior.



**Figura 9.** Variação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) para os emissores i-Wob e Super Spray em diferentes condições de vento.

Os emissores i-Wob apresentaram valores de CUC superiores aos emissores Super Spray em todos os períodos analisados (Tabela 1), mesmo com velocidade do vento média superior durante a avaliação ( $1,94 > 1,73$  e  $1,29 > 1,24$ ). Diante disso, pode-se dizer que sistema de irrigação por pivô central equipados com emissores i-Wob serão mais eficientes que sistemas com emissores do tipo Super Spray, contribuindo assim para uma agricultura irrigada mais eficiente.

**Tabela 1.** Valores médios do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e velocidade do vento (VV) para diferentes períodos do dia para os emissores Super Spray e i-Wob.

Medida	Tipo de Emissor					
	Super Spray			i-Wob		
	Matutino	Vespertino	Noturno	Matutino	Vespertino	Noturno
VV ( $\text{m s}^{-1}$ )	1,73	1,24	*	1,94	1,29	*
CUC (%)	90,69	89,11	90,54	92,82	93,06	93,21

\*Valores muito pequenos não registrados pela estação meteorológica

### Conclusão

Nos concluímos com base no CUC que os emissores i-Wob são mais eficientes na distribuição de água do que os emissores Super spray em sistema de irrigação por pivô central independente do período do dia.

O valor de CUC dos emissores i-Wob foi superior em 3% aos dos emissores de placa fixa.

Apesar de os emissores de placa oscilante terem um desempenho superior, se as características de solo da área a ser irrigada não forem limitantes, seria razoável a escolha de emissores de placa fixa considerando a grande diferença de preço e a quantidade de emissores a serem utilizadas. No entanto se a cultura a ser irrigada tiver alto valor econômico ou ser muito sensível, os emissores de placa oscilante são mais indicados pois além de melhorar a distribuição na área proporcionando melhor desenvolvimento vegetal, ainda reduzem o consumo de água (energia) gerando uma maior rentabilidade econômica na atividade.

### Referências Bibliográficas

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil – 2014**: relatório síntese. Brasília: ANA, 2016. 33 p.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkley: University of California, 1942. 124 p.

CHRISTOFIDIS, D. **Água: gênese, gênero e sustentabilidade alimentar no Brasil. 2006**. Disponível em: <  
<http://www.comiteibicui.com.br/artigos/Agua%20Genesis,%20genero%20e%20sustentabilidade%20alimentar%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

COLOMBO, A.; FARIA, L. C.; SILVA JÚNIOR, J. J. D.; SANT'ANA, J. A. D. V.; BESKOW, S.; NÖRENBERG, B. G. Modelagem das perdas de água por evaporação e arraste de sprays de placa oscilante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 719-726, 2015.

FARIA, L. C.; BESKOW, S.; COLOMBO, A.; NÖRENBERG, B. G.; RETTORE NETO, O.; SIMÕES, M. C. Influence of the wind on water application uniformity of a mechanical lateral move irrigation equipment using rotating plate sprinklers. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p. 83-88, 2016.

FEALQ - Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. **Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil**. 2014. Disponível em:<  
<http://www.mi.gov.br/documents/1610141/3732769/An%C3%A1lise+Territorial+-+Relat%C3%B3rio+T%C3%A9cnico+Final.pdf/39ec0b08-3517-47e8-acbd-269803e3cf97>.  
 Acesso em: 09 nov. 2017.

JIAO, J.; WANG, Y.; HAN, L.; SU, D. Comparison of Water Distribution Characteristics for Two Kinds of Sprinklers Used for Center Pivot Irrigation Systems. **Applied Sciences**, v. 7, n. 421, p. 17, 2017.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. eds. Viçosa: Editora UFV, 2012. 355p.

MCLEAN, R. K.; SRI RANJAN, R.; KLASSEN, G. Spray evaporation losses from sprinkler irrigation systems. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 42, n. 1, p. 8, 2000.

O'SHAUGHNESSY, S. A.; URREGO, Y. F.; EVETT, S. R.; COLAIZZI, P. D.; HOWELL, T. A. Assessing application uniformity of a variable rate irrigation system in a windy location. **Applied engineering in agriculture**, v. 29, n. 4, p. 497-510, 2013.

PLAYÁN, E.; GARRIDO, S.; FACI, J. M.; GALÁN, A. Characterizing pivot sprinklers using an experimental irrigation machine. **Agric. Water Manag.**, v. 70, p. 177-193, 2004.

SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A. Dimensionamento da lateral de irrigação do pivô-central. **EMBRAPA**, v. 71, p. 54, 1998.

TARJUELO, J. M.; JUAN, J. A. DE; ORTI, J. N. Characterisation of evaporation and drift losses with centre pivots. **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 1541-1546, 2009.