

**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
PRÓ REITORIA DE ENSINO, PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
CAMPUS DE ERECHIM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

RONALDO DAL PRÁ

**ANÁLISE DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM UM SISTEMA DE
IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL**

ERECHIM - RS

2018

RONALDO DAL PRÁ

**ANÁLISE DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM UM SISTEMA DE
IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL**

**Trabalho de conclusão de curso,
apresentado a Disciplina Trabalho de
Graduação, como parte das exigências
para conclusão do Curso de
Graduação em Engenharia Agrícola e
obtenção do título de Engenheiro
Agrícola.**

**Orientadora: Prof.^a Dra. Raquel Paula
Lorensi**

Erechim – RS

2018
RONALDO DAL PRÁ

**ANÁLISE DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM UM SISTEMA DE
IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL**

**Trabalho de conclusão de curso,
apresentado a Disciplina Trabalho de
Graduação, como parte das exigências
para conclusão do Curso de
Graduação em Engenharia Agrícola e
obtenção do título de Engenheiro
Agrícola.**

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Paulo Sergio Gomes da
Rocha
URI - Erechim

Prof. Dr. Jardes Bragagnolo
URI - Erechim

Prof.^a Dra. Raquel Paula Lorensi
URI - Erechim

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, e bênçãos conquistadas ao longo deste aprendizado, agradeço a minha família e minha namorada por todo o apoio e dedicação a mim disponibilizados, por em nenhum momento ter desistido ou desacreditado em minha capacidade de completar este desafio.

Agradeço aos meus professores e colegas, em especial a minha orientadora Raquel Lorensi, pelos ensinamentos pontuais e dedicação.

RESUMO

O uso da água na agricultura representa, a nível mundial, cerca de 70% de toda a água doce. Sendo assim a eficiência dos sistemas de irrigação devem ser cada vez maiores. Para que um sistema de irrigação seja eficiente é necessário que se faça avaliações periódicas da uniformidade de aplicação de água, com a finalidade de observar se as condições de operação e desempenho previstas inicialmente durante a fase de projeto se confirmam em campo. O presente estudo teve como objetivo geral avaliar o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para um sistema de irrigação por aspersão convencional em ambiente experimental. Cada teste consistiu na coleta de 100 amostras de lâminas de água distribuídas em quatro quadrantes, com coletores igualmente espaçados. Após a realização das coletas determinou-se o CUC, sendo este o modelo mais difundido para a avaliação de sistemas de irrigação por aspersão convencional. Dentre os fatores que influenciam o CUC destacam-se a velocidade do vento, com valores de 0,07 a 0,29 m s⁻¹, e seus respectivos CUC de 92,39 e 93,92%. Quanto a temperatura e a umidade relativa do ar, ambas estiveram dentro das características da estação do ano em que os testes foram realizados. Sendo assim pôde-se observar através deste estudo excelentes coeficientes nos testes realizados com baixa incidência de vento, em horários com temperaturas amenas e elevada umidade relativa do ar.

Palavras-chave: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen. Velocidade do vento. Eficiência.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dados obtidos na Estação Experimental durante no período de testes do CUC com o aspersor NY 30.....	17
Tabela 2 - Dados da temperatura média e umidade relativa média do ar nos respectivos dias de coleta dos dados.	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Área da Estação Experimental de irrigação por aspersão convencional.	12
Figura 2 - Área total irrigada com a malha de copos coletores entorno do aspersor.....	13
Figura 3 - <i>Layout</i> do sistema de irrigação por aspersão convencional com 1 aspersor.....	14
Figura 4 - Aspersor modelo NY 30 da marca Agropolo.....	17

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	OBJETIVOS	9
2.1	OBJETIVO GERAL	9
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3	REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	9
4	METODOLOGIA.....	12
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
6	CONCLUSÃO	19
	REFERÊNCIAS	19
	APÊNDICE	22
	ANEXO.....	23

1 INTRODUÇÃO

O uso da água na agricultura representa, a nível mundial, cerca de 70% de toda a água doce, enquanto a indústria utiliza 23% e o abastecimento humano, 7% (SANTOS,1998). Isto demonstra a necessidade dos irrigantes, seus principais usuários, em usá-la com a maior eficiência possível, face às reservas de água utilizável estarem cada vez mais escassas, especialmente nas regiões onde são mal distribuídas temporalmente, como na região semiárida do Nordeste brasileiro.

A irrigação é uma técnica milenar que tem como finalidade disponibilizar água às plantas para que estas possam produzir de forma adequada, e fazendo com que as plantas se tornem mais uniformes. As técnicas de irrigação, ao longo dos séculos, vêm sendo muito aprimoradas, pois, quanto mais eficiente o sistema de irrigação menor será o seu consumo de água, luz e outros fatores que fazem com que aumentem os custos de sua implantação, e muitas vezes não se tornarem viáveis.

Para que um sistema de irrigação seja eficiente se faz necessário que este apresente alta uniformidade de aplicação de água, o que leva à necessidade da verificação a eficiência através de avaliações periódicas, com a finalidade de observar se as condições de operação e desempenho previstas inicialmente durante a fase de projeto se confirmam em campo (CAMPÊLO et al., 2014). Porém, os irrigantes não costumam realizar tais práticas e acabam não utilizando da forma adequada a tecnologia que lhes é disponibilizada, por falta de conhecimento e até mesmo por falta de orientação técnica (SILVA & SILVA, 2005).

O sistema de irrigação por aspersão vem crescendo significativamente em regiões com relevo mais acentuado, onde dificulta a montagem de pivôs de irrigação (STONE, 2016). Conforme o autor, a irrigação vem como um dos fatores principais na produção agrícola, pois com ela está se obtendo produções mais significativas, mas para isso a irrigação deve ser planejada e dimensionada, para atender as necessidades da cultura.

Para que não haja perdas neste sistema a montagem deve ser feita de forma eficiente, pois o fator água, é considerado o mais importante para que o sistema funcione. A água está se tornando cada vez mais escassa, por diversos fatores, entre eles a quantidade a ser utilizada (SILVA et al., 2016).

A partir da necessidade de se avaliar a eficiência de aplicação do sistema de irrigação alguns métodos foram desenvolvidos com o objetivo de se quantificar essa

eficiência, dos quais pode-se citar o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), um dos mais utilizados para a determinação da uniformidade de aplicação de água de um sistema de irrigação por aspersão, sendo importante e decisivo no planejamento e na operação desses sistemas (BERNARDO et al., 2009).

Na irrigação por aspersão convencional o sistema precisa ser avaliado após a implantação do projeto, visando verificar se o seu desempenho está de acordo com o que foi pré-estabelecido no projeto, possibilitando se caso necessário, a realização de ajustes para melhorar a sua performance e, periodicamente, com o objetivo de avaliar a qualidade da manutenção e do manejo do sistema.

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de distribuição de água de um aspersor em irrigação por aspersão convencional na Estação Experimental da URI Campus II de Erechim, RS.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para uma irrigação por aspersão convencional em área experimental.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a uniformidade de aplicação em relação ao vento;
- Analisar a uniformidade de aplicação em relação à temperatura e umidade relativa.

3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Dentre os métodos de irrigação os sistemas de aspersão são os mais populares em todo o mundo. Na Austrália, no Brasil e nos Estados Unidos por exemplo, os aspersores possuem uma porcentagem de utilização de 50% do total de terras irrigadas (USDA, 2009; IBGE, 2009).

Segundo Bernardo et al. (2009), instabilidades climáticas com consequências diretas na distribuição de chuvas têm levado os produtores rurais a adotarem a

irrigação como tecnologia indispensável ao desenvolvimento normal das culturas de interesse agrônômico.

Porém, infelizmente em meios rurais ainda é comum encontrar sistemas de irrigação implantados sem a utilização de critérios técnicos mínimos para a aplicação uniforme da irrigação. Os problemas encontrados em tais sistemas no país são: equipamentos desativados pela falta de água; sistemas de bombeamento mal dimensionados onde não fornecem a vazão e pressão suficientes para um bom desempenho; equipamentos que aplicam volumes de água diferentes dos necessários para a cultura, o que gera um grande desperdício de água e energia; e equipamentos completamente deteriorados (CAMARGO, 2016).

Segundo Camargo (2016), as avaliações dos sistemas de irrigação tem por sua finalidade diagnosticar e ajustar os volumes de água que se deseja aplicar com o equipamento em funcionamento.

Entre os vários sistemas de irrigação, a aspersão convencional tem sido utilizada em pequenas e médias propriedades devido a sua ampla aplicabilidade. Neste sistema de irrigação, a água é aspergida sobre as plantas, simulando uma chuva natural (BERNARDO et al., 2009).

Geralmente os aspersores são rotativos por impacto ou apresentam outro mecanismo para a disposição da água e apresentam dois bocais, um de alcance mais longo e o outro com um alcance menor e o raio de alcance pode variar de 12m a 40m (BERNARDO et al., 2009).

Os aspersores de média pressão trabalham a uma pressão de 20 a 40 mca. Estes são os mais utilizados em irrigação portátil e semi portátil, pois, eles se adaptam a qualquer tipo de cultura e de solo (BERNARDO et al., 2006).

Na irrigação por aspersão o sistema deve ser avaliado após a sua implantação e esporadicamente (FRIZZONE, 1992). Segundo o mesmo autor esta avaliação tem a função de verificar se o sistema está trabalhando conforme previsto no projeto. Para avaliar estes sistemas são utilizados o coeficiente de uniformidade de distribuição e a eficiência de aplicação de água.

A uniformidade é influenciada por uma série de fatores, dentre eles destacasse: a pressão de serviço, o diâmetro dos bocais a geometria e rugosidade dos orifícios, a inclinação e velocidade de lançamento do jato, a altura do emissor em relação ao solo e a estabilidade da haste de sustentação do emissor (CAMARGO, 2016).

Para Bernardo et al., (2009), muitos coeficientes são usados para expressar a variabilidade de distribuição da água aplicada por um sistema de irrigação por aspersão, na superfície do solo. Um deles foi proposto por Christiansen em 1942 e adota o desvio médio absoluto como medida de dispersão, ou seja, é o coeficiente de uniformidade de aplicação (CUC).

Christiansen (1942) 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; estabeleceu o parâmetro conhecido como coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC).

Frizzone (1992) cita que o coeficiente de uniformidade expressa a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo em relação à lâmina média aplicada, por meio de medidas de dispersão expressas na forma adimensional. A baixa eficiência de aplicação da irrigação por aspersão está relacionada com a não-uniformidade de distribuição de água e com as perdas de água por evaporação e/ou arrastamento pelo vento.

A avaliação da operação dos sistemas de irrigação está ligada a diversos parâmetros no desempenho, definidas em determinações de campo, como vazão, tempo de irrigação e uniformidade de aplicação de água, nos quais são considerados fundamentais para tomadas de decisões em relação ao diagnóstico do sistema. Porém, aos produtores é considerada uma tarefa de pouca importância, mesmo quando disponibilizam de tecnologia, mas lhes faltam orientação e conhecimento (SILVA & SILVA, 2005).

A uniformidade de distribuição de água é essencial em qualquer método de irrigação, pois afeta a eficiência do uso da água e como consequência, a quantidade e a qualidade da produção. Santos et al., (2003) sustentam que a uniformidade influenciará o custo da irrigação, assim como o desempenho da cultura. Áreas irrigadas que apresentam baixa uniformidade de aplicação de água favorecerão o desenvolvimento desuniforme das plantas cultivadas, pois algumas recebem mais água que outras.

Merriam & Keller (1978) afirmam que, para culturas de alto rendimento econômico, com sistema radicular raso, a irrigação por aspersão deve apresentar alta uniformidade de distribuição. O CUC deve ser superior a 88%. Para cultivos com

sistema radicular médio, o CUC pode variar entre 80 e 88%. Em culturas com sistema radicular profundo, o CUC pode variar entre 70 e 80%.

4 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido na Estação Experimental de Irrigação Por Aspersão Convencional do Departamento de Ciências Agrárias, da Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Erechim, RS, que está localizada em uma altitude de 711 m e, coordenadas geográficas de 27°36' 41,13" S e 52°13'52,23" W (Figura 1). O referido trabalho foi conduzido entre os meses de maio e junho de 2018.

Figura 1- Área da Estação Experimental de irrigação por aspersão convencional.



Fonte: Google earth Pro

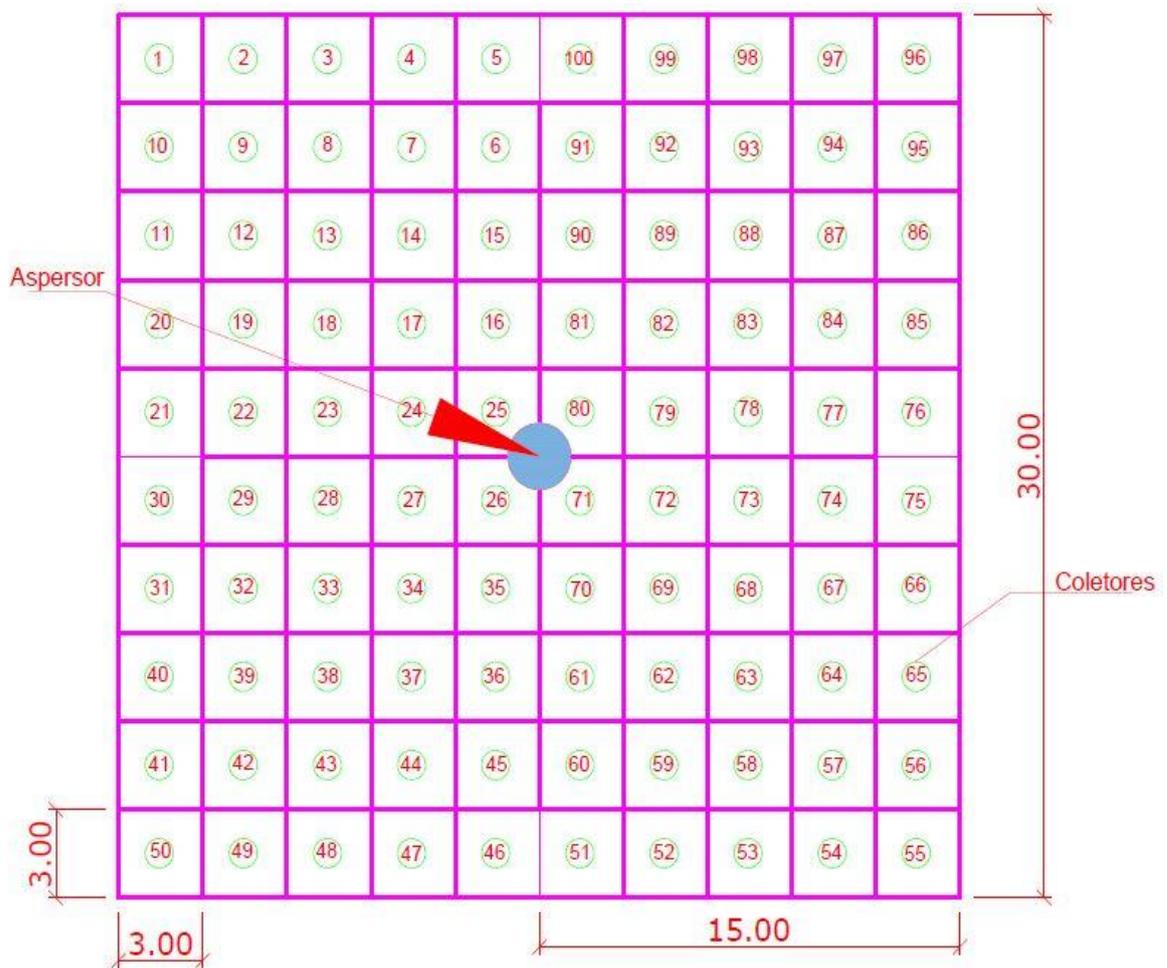
A metodologia empregada para o desenvolvimento do trabalho consistiu em um único aspersor, modelo NY 30 da marca Agropolo, que foi instalado no centro da área, (Figura 2) os coletores foram dispostos em quatro quadrantes e 3 m entre si, ao redor do aspersor,(Figura 3) seguindo proposta de Mantovani et al., (2006), e para os cálculos de uniformidade e distribuição de água (CUC), foi necessária a sobreposição das lâminas de irrigação.

Desta forma como apresentado na Figura 2, o aspersor foi instalado a 2,05 metros de altura e com espaçamento de 30x30m, de modo a atender as recomendações de irrigação na cultura do milho. A área total irrigada compreendeu 900 m² como apresentado no *layout* da Figura 3.

Figura 2 - Área total irrigada com a malha de copos coletores entorno do aspersor.



Figura 3 - *Layout* do sistema de irrigação por aspersão convencional com 1 aspersor.



O diâmetro do bocal utilizado foi de 5,00 x 4,6 mm, longo verde, com vazão do aspersor variando de 2,32 a 2,40 m h⁻¹ na pressão de 20 a 23 mca.

Figura 4 - **Aspersor modelo NY 30 da marca Agropolo.**



Fonte: Ronaldo Dal Prá

Foi utilizado para a linha de sucção, recalque e linha principal tubulações com diâmetro de 50 mm, totalizando 67 metros, e para as linhas laterais tubulações com diâmetro de 32mm, totalizando 14 metros (Apêndice A).

Em relação à coleta de dados, foi medida a vazão dos bocais que representa a mesma para todas as amostras. Para cada coleta teve duração de 1 hora medindo-se a velocidade do vento no começo e no final do tempo decorrido com o auxílio de um anemômetro, e a temperatura e umidade relativa do ar buscou-se no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Para descrever a uniformidade de irrigação utilizou-se o coeficiente de Christiansen (CUC) que é considerado por muitos autores, como Frizzone (1992) e Bernardo et al., (2009), o principal parâmetro para a sua descrição. Diante disso, a equação 1 representa o CUC, a qual analisa a eficiência de um sistema de irrigação.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}|}{n * \bar{x}} \right) \quad \text{Equação (1)}$$

CUC = Coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

x_i = Precipitação obtida no coletor de ordem i (ml);

\bar{x} = Precipitação média dos coletores (ml);

n = Número de amostras coletadas.

Foram realizadas as coletas das lâminas de irrigação e também a pressão de serviço no ponto mais baixo e mais alto dentro do sistema de irrigação.

Depois de coletados os dados em campo, que ocorreu durante 30 dias, em horários com a menor incidência de vento (início da manhã ou final da tarde) foi possível avaliar o CUC do sistema.

Para a irrigação usou-se água superficial, a qual foi feito o pedido de outorga do direito de uso da água junto ao DRH/SEMA. Este pedido foi realizado por meio de um trabalho de graduação do curso de Agronomia da URI/Erechim no ano de 2017, obtendo-se o número de protocolo nº 2017/006.182.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 apresentou-se as quatro leituras obtidas com 1 aspersor instalado na Estação Experimental, verificando-se que entre as leituras a que obteve melhor CUC foi o último teste realizado no dia 31/05/18 que apresentou 93,92% de uniformidade. Já a menor uniformidade medida foi a do terceiro teste, realizado no dia 23/05/18 com 92,39%.

Tabela 1- Dados obtidos na Estação Experimental durante no período de testes do CUC com o aspersor NY 30.

Data	Hora		Vel. Vento (m s ⁻¹)	P.S.* Aspersor (mca)	P.S.* (MB*) (mca)	Diâmetro do bocal (mm)	Nº de aspersor	Nº de coletor	CUC* (%)
	Início	Final							
14/05/18	17:27	18:27	0,22	20	40	5,0 x 4,6	1	100	93,06
16/05/18	17:35	18:35	0,12	20	40	5,0 x 4,6	1	100	93,72
23/05/18	16:24	17:24	0,29	20	40	5,0 x 4,6	1	100	92,39
31/05/18	07:55	08:55	0,07	20	40	5,0 x 4,6	1	100	93,92
Média									93,27

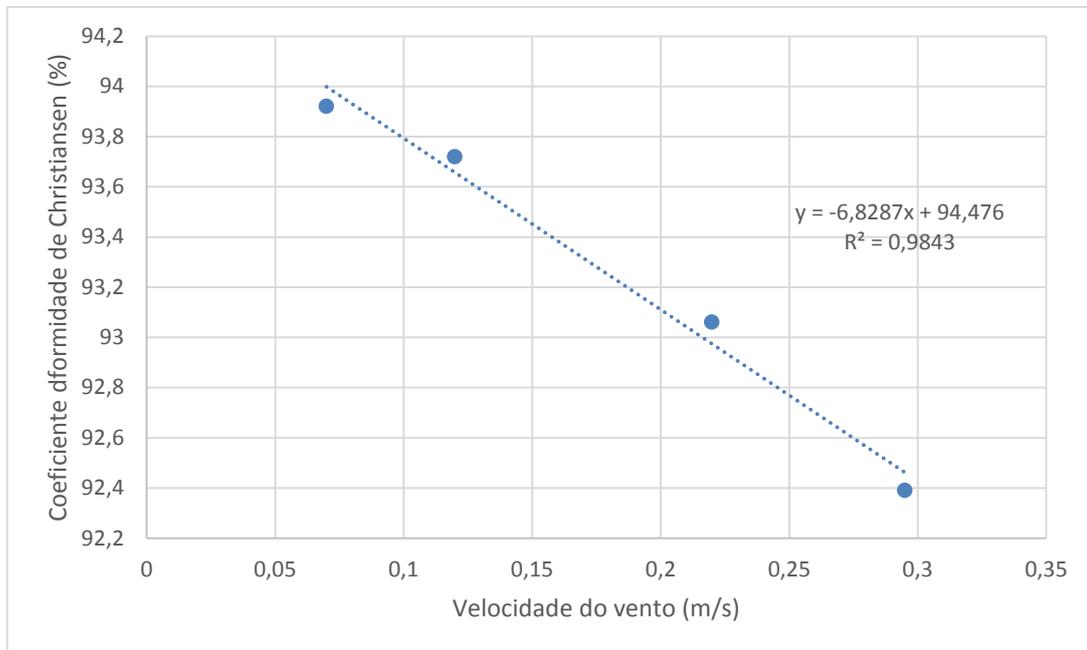
*PS= Pressão de serviço MB = moto bomba *CUC= Coeficiente de uniformidade de Christiansen

O teste do 31/05/18 foi realizado no início da manhã quando houve um registro de vento (0,07m s⁻¹). Os outros três testes foram realizados no final da tarde, buscando sempre a melhor condição climática, justificando a proximidade das uniformidades encontradas para ventos que variaram entre 0,12 e 0,29 m s⁻¹. Estando de acordo com Azevedo et al., (2000), que apresentaram resultados indicando que a velocidade do vento interfere diretamente para a diminuição do coeficiente, ou seja, quanto maior a velocidade do vento menor o CUC. Neste estudo foi possível classificar o vento como calmaria conforme a Escala de Beaufort (Anexo A).

Ainda na tabela 1 pode-se perceber que o sistema apresenta equilíbrio das pressões em 20 mca. A pressão de serviço ficou dentro da faixa do catálogo do aspersor (Anexo B). Este parâmetro promove maior pulverização do jato, reduzindo o diâmetro de alcance e aumentando a deposição de água próximo do aspersor. Quando as pressões estão muito baixas ocorrem os maiores diâmetros de gotas, com isso tem-se o maior alcance do jato e a maior deposição na periferia da área molhada (FRIZZONE, 2008).

O gráfico 1 apresenta o resultado do ajuste matemático polinomial de segunda ordem com coeficiente de determinação (R²) de 0,98, representando que 98% dos resultados obtidos estão sobre a reta, evidenciando a sua confiabilidade.

Gráfico 1 - Relação entre CUC (%) versus velocidade do vento (m s^{-1}), para o aspersor NY 30.



Existem outros fatores que podem influenciar durante as coletas, tais como a, temperatura e umidade relativa do ar (ANDRADE & BRITO, 2006). Quanto a estes fatores descritos na tabela 2, obteve-se as informações no site do INMET (INMET, 2018) verificando que ambas não tiveram influência direta sobre os resultados do coeficiente, visto que seus respectivos valores não causaram elevada evaporação superficial, isto devido a estação de inverno, a qual apresenta baixa evaporação, comparando com as demais estações do ano (MATZENAUER, RADIN e ALMEIDA, 2011), apresentando assim temperaturas amenas e umidade relativa do ar com porcentagens altas na maioria dos dias monitorados.

Tabela 2 - Dados da temperatura média e umidade relativa média do ar nos respectivos dias de coleta dos dados.

Data	Temperatura (°C)	Umidade (%)	CUC (%)
14/05/18	22,4	54	93,06
16/05/18	17,9	85	93,72
23/05/18	12,0	73	92,39
31/05/18	13,0	90	93,92

Fonte: INMET, 2018.

Este resultado vai ao encontro de Mantovani et. al., (2009); Frizzone & Dourado Neto (2003); Bernardo (1995); Keller & Bliesner (1990), Cristhiansen (1942) onde a maior parte das irrigações por aspersão requer um CUC com valor mínimo de 80% para ser considerado aceitável porém, para culturas de alto valor agregado como o milho requer valores superiores a 88%.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos em condição de experimento revelaram que o sistema avaliado se mostrou excelente na uniformidade de distribuição de água tendo em vista os coeficientes de uniformidade CUC encontrados, onde o menor foi de 92,39% e o maior 93,92%, com média de 93,27%.

A velocidade do vento teve influência direta dos horários escolhidos para a realização dos testes. A associação de temperaturas amenas com a umidade relativa do ar elevada, na maioria dos testes, minimiza os efeitos da evaporação superficial durante a aplicação.

REFERÊNCIAS

- AGROPOLO. **Este irriga o Brasil**. Disponível em: <<https://www.agropolo.com.br/ny-30>>. Acesso em: 21 Jun. 2018.
- ANDRADE, C. L. T; BRITO, R. A. L. **Métodos de irrigação e quimigação**. Embrapa milho e sorgo, Circular técnica, versão eletrônica, 2 ed., p. 1-17, 2006. Disponível em: <http://ww.cnpms.embrapa.br>. Acesso em: 21 Jun. 2018.
- 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**, Campina Grande, v.4, n.2, p.152-158, 2000.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2009. 625p.
- CAMARGO, C.D. **Avaliação de equipamentos de irrigação (4h)**. Fortaleza, INOVAGRI/IFCE, 2016. 28p.
- CAMPÊLO, André Rufino et al. Avaliação de sistemas de irrigação por aspersão em malha em áreas cultivadas com capim-braquiária. **Agrotec**, v. 35, n. 1, p.1-12. 2014. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpb.br/index.php/at/article/view/9869/10693>>. Acesso em: 12 jul. 2018.
- CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942. 124p.
- FRIZZONE, J.A. **Irrigação por aspersão**. Piracicaba: ESALQ – Departamento de Engenharia Rural, 1992. 53p. Série Didática, 3.
- FRIZZONE, J.A. **Irrigação por aspersão convencional**. Piracicaba: ESALQ – Departamento de Engenharia Rural, 2008.
- FRIZZONE J.A.; DOURADO NETO, D. **Avaliação de sistemas de irrigação**. In: Jarbas Honório de Miranda & Regina Célia de Matos Pires (Eds.) **Irrigação**. Piracicaba, FUNEP. Vol. 2. 703p. 2003. (Série Engenharia Agrícola).
- IBGE. **Censo agropecuário – Instituto brasileiro de geografia e estatística**. Rio de Janeiro. 2009.
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Consulta Dados da Estação Automática: Erechim (RS)**. 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTgyOA==>. Acesso em: 03 jul. 2018.

KELLER J.; BLIESNER R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York, Van Nostrand Reinhold. 1990. 652p.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2006. 318 p.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. 355p.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, R. D. **Atlas Climático: Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2011. 185 p.

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

SILVA, V.P. da; FOLEGATTI, M.V.; DUARTE, S.N. **Irrigação por aspersão e localizada**. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/curso1.htm>>. Acesso em: 2018

SILVA, C.A.; SILVA, C.J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, n.8, dez. 2005.

SANTOS, J.R.M. dos. Irrigar é preciso. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v.18, n.3. p.29-34, 1998.

SANTOS, R.A.; HERNANDEZ, F.B.T.; FERREIRA, E.J.S.; VANZELA, L.S.; LIMA, R.C. **Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em sub-superfície instalado na cultura de pupunheiras** (*Bactris gasipaes* H. B. K.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, n. 32, 2003, Goiânia.

STONE, L.F. **Irrigação por aspersão**. 2016. AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_37_1311200215102.html. Acesso em: 2018

USDA. **Farm and ranch irrigation survey – special studies part 1- censos of agriculture**. 2009. v 3.

APÊNDICE

Apêndice A – Quadro dos itens do sistema de irrigação implantado em campo.

Itens	Unidade	Modelo/bitola	Quantidade
Potência do conjunto moto bomba	cv	2	1
Diâmetro da linha de sucção	mm	50	
Diâmetro da linha de recalque	mm	50	
Diâmetro da linha principal	mm	50	
Diâmetro da linha lateral	mm	32	
Aspersor	uni.	NY 30 ER	1
Diâmetro do bocal	mm	5,0 x 4,6	1
Diâmetro irrigado	m	29,40	
Espaçamento entre aspersor do sistema irrigação	m	30x30	
Comprimento da linha de sucção	m	50	1,5
Comprimento da linha de recalque	m	50	76
Comprimento da linha principal	m	50	76
Comprimento da linha lateral	m	32	14
Tê	mm	50	1
Curva de PVC 90°	mm	50	1
Curva de PVC 90°	mm	32	2
Registros PVC	mm	32	1
Registro PVC	mm	50	1
Registro de gaveta	mm	50	1
Válvula de retenção	mm	50	1
Filtro de disco	mm	50	1
Manômetro	uni.	80 psi	2
Redução	mm	50x32	1
Adaptador	mm	32x1	4
Tampão	mm	50	1
Luva	mm	32	3
Ponteira com rosca	mm	32	2

ANEXO

Anexo A – Escala de Beaufort

Força	Designação	Velocidade km/h	Influência nos objetos em Terra.
0	CALMARIA	0 a 1	A fumaça sobe verticalmente.
1	BAFAGEM	2 a 6	A direção da bafagem é indicada pela fumaça, mas a grimpia ainda não reage.
2	ARAGEM	7 a 12	Sente-se o vento no rosto, movem-se as folhas das árvores e a grimpia começa a funcionar.
3	FRACO	13 a 18	As folhas das árvores se agitam e as bandeiras se desfraldam.
4	MODERADO	19 a 26	Poeira e pequenos papéis soltos são levantados. Movem-se os galhos das árvores.
5	FRESCO	27 a 35	Movem-se as pequenas árvores. Nos lagos a água começa a ondular.
6	MUITO FRESCO	36 a 44	Assobios na fiação aérea. Movem-se os maiores galhos das árvores. Guarda-Chuva usado com dificuldade.
7	FORTE	45 a 54	Movem-se as grandes árvores. É difícil andar contra o vento.
8	MUITO FORTE	55 a 65	Quebram-se os galhos das árvores. É difícil andar contra o vento.
9	DURO	66 a 77	Danos nas partes salientes das árvores. Impossível andar contra o vento.
10	MUITO DURO	78 a 90	Arranca árvores e causa danos na estrutura dos prédios.
11	TEMPESTUOSO	91 a 104	Muito raramente observado em terra.
12	FURACÃO	Acima de 105	Grandes estragos.

Fonte: <http://mangueerestinganailhadocardoso.blogspot.com.br/p/para-ir-campo.html>

Anexo B - Características operacionais do aspersor Agropolo NY 30.

Características Operacionais do aspersor Agropolo NY-30											
	bocais diâm. nominal (mm)	código	pressão (mca)	diâmetro alcance (m)	altura máx. do jato (m)	vazão (m³/h)	espaçamento entre aspersores (m)				
							6x12	12x12	12x18	18x18	18x24
							intensidade de aplicação (mm/h)				
Tampão Preto	ø X 4,60	3027 - ER 4491 - ERL	30	21,20	2,20	1,25	17,36				
			35	21,20	2,30	1,35	18,75				
			40	21,20	2,40	1,44	20,00				
			45	21,00	2,40	1,53	21,25				
Curto Vermelho	4,00 X 4,60	4488 - ER 4503 - ERL	20	26,80	3,50	1,79	12,43				
			25	27,00	3,70	2,00	13,89				
			30	27,20	3,90	2,19	15,21				
			35	27,60	4,10	2,34	16,25				
			40	28,00	4,30	2,53	17,57				
			45	28,00	4,40	2,68	18,61				
Longo Verde	5,00 X 4,60	2822 - ER 2851 - ERL	20	29,40	3,50	2,17	15,07	10,05			
			25	31,00	3,70	2,43	16,88	11,25	7,50		
			30	31,80	4,00	2,66	18,47	12,31	8,21		
			35	32,40	4,10	2,87	19,93	13,29	8,86		
			40	32,40	4,30	3,07	21,32	14,21	9,48		
			45	32,40	4,40	3,26	22,64	15,09	10,06		
Longo Vermelho	6,20 X 4,60	2835 - ER 2864 - ERL	20	30,40	3,50	2,88	20,00	13,33	8,89		
			25	31,60	3,80	3,22	22,36	14,91	9,94		
			30	33,40	4,00	3,53	24,51	16,34	10,90		
			35	35,20	4,20	3,81	26,46	17,64	11,76	8,82	
			40	36,00	4,50	4,07		18,84	12,56	9,42	
			45	36,80	4,60	4,32		20,00	13,33		
Longo Azul	7,10 X 4,60	2848 - ER 2877 - ERL	20	31,00	3,50	3,27	22,71	15,14			
			25	32,00	3,80	3,66	25,42	16,94	11,30		
			30	34,00	4,10	4,01		18,56	12,38		
			35	36,00	4,30	4,33		20,05	13,36	10,02	
			40	37,20	4,60	4,63		21,44	14,29	10,72	
			45	38,40	4,60	4,91		22,73	15,15	11,37	

Obs.: dados obtidos em ensaios realizados pelo método radial no Laboratório de Irrigação e Drenagem da ESALQ/USP.

Fonte: Agropolo, 2018.