

Universidade Federal do Triângulo Mineiro  
Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas  
Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica

Julio Cesar Martins Deamo

Efeito de um dispositivo mecânico de controle de rotação no coeficiente de uniformidade de Christiansen de um aspersor de impacto

Uberaba

2014



JULIO CESAR MARTINS DEAMO

Efeito de um dispositivo mecânico de controle de rotação no coeficiente de uniformidade de Christiansen de um aspersor de impacto

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Inovação Tecnológica área de concentração “Sistemas de Abastecimento de água”, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rezende dos Santos Anjo

Co-Orientador: Prof. Dr. André Luís Teixeira Fernandes

UBERABA  
2014

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do  
Triângulo Mineiro**

D323e Deamo, Julio Cesar Martins  
Efeito de um dispositivo mecânico de controle de rotação no coeficiente de uniformidade de Christiansen de um aspersor de impacto / Julio Cesar Martins Deamo. -- 2014.  
57 f. : il., fig., graf., tab.

Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) --  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2014  
Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rezende dos Santos Anjo  
Coorientador: Prof. Dr. André Luís Teixeira Fernandes

1. Aspersores de impacto. 2. Coeficiente de uniformidade. 3. Irrigação por aspersores. I. Anjo, Luiz Fernando Rezende dos Santos. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 631.347.3

JULIO CESAR MARTINS DEAMO

AVALIAÇÃO DO EFEITO DE UM DISPOSITIVO MECÂNICO DE CONTROLE  
DE ROTAÇÃO NO COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN  
DE UM ASPERSOR DE IMPACTO

Trabalho de conclusão apresentado ao  
Programa de Mestrado Profissional em  
Inovação Tecnológica da Universidade  
Federal do Triângulo Mineiro, como requisito  
para obtenção do título de mestre.

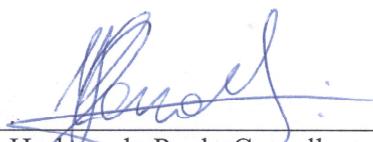
Uberaba, 27 de junho de 2014

Banca Examinadora:



---

Prof. Dr. Luiz Fernando Resende dos Santos Anjo  
Orientador – PMPIT - UFTM



---

Prof. Dr. Hudson de Paula Carvalho  
Membro titular – UFU



---

Prof. Dr. Marcelo Bacci da Silva  
Membro Titular – UFTM

A minha esposa Christina, pelo amor, dedicação e apoio incondicional e a toda minha família, em especial à meus pais Euri e Fátima, que sempre foram alicerce durante toda minha jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por ser presente em minha vida e guiar-me em todos os passos, levando-me pelo caminho da paz e do bem.

Agradeço aos meus pais por serem base de minha educação e esteio de minha vida, pelo apoio incondicional às minhas decisões, mesmo naquelas vezes em que não foram acertadas, sempre estiveram ao meu lado orientando-me e amparando-me nos momentos difíceis e também nos momentos de alegria.

Agradeço à minha amada esposa Christina por fazer parte de minha vida e junto comigo lutar para construirmos um futuro em comum, suportando fardos tão grandes quanto os meus, deixando muitas vezes de lado suas vontades e desejos em prol de minha realização profissional.

Aos meus irmãos Juarez, André, Lilian e Renata pela admiração e entusiasmo de sempre e acima de tudo pelo carinho e cumplicidade cultivado em nossa vida. Aos meus sobrinhos Gustavo, Diogo, João Victor, Maria Eduarda, Enzo, Duda, Samuel e Felipe que em sua imensa inocência foram combustíveis para os momentos de dificuldade.

Aos meus amigos Raphael, Alberto, Marcos, Edson, Luis Fabiano, Silvânio e Márcio, pelo companheirismo e pelo apoio à viabilização desse trabalho.

Aos meus colegas do mestrado profissional em Inovação Tecnológica por compartilhar momentos inesquecíveis, em especial à Luciana e Diovani.

Ao amigo Guilherme Moreira pelo companheirismo, ideias e pela execução dos desenhos do projeto.

Ao colega Diego pelo apoio na realização do trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – Campus Uberaba, pela oportunidade, disponibilização de espaço e equipamentos.

Ao Prof. Dr. Luiz Fernando Rezende dos Santos Anjo, pela amizade, orientação e por acreditar no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Barreto e ao Prof. Dr. Othon Carlos da Cruz, pela amizade, por todos os ensinamentos e principalmente por serem pessoas íntegras e empenhadas nas atribuições do exercício da docência. À Banca Examinadora pelas contribuições.

A todos os demais que não foram citados, mas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de um dispositivo mecânico de controle de rotação, no coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) do aspersor de impacto Rain Bird modelo 46H, e determinar se houve alguma alteração significativa no CUC e em qual bocal e pressão isso ocorreu. O dispositivo mecânico desenvolvido para controlar a rotação do aspersor funciona através da ação de um sistema ajustável com esfera e mola de compressão. O trabalho foi realizado nas dependências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba – MG. Utilizou-se para execução do trabalho 01 aspersor Rain Bird modelo 46H, equipado com bocal secundário de 2,18mm de diâmetro fabricado em latão, 4 bocais principais de diferentes diâmetros (3,97mm, 4,37mm; 4,76mm e 5,16mm) fabricados em material plástico, foram realizadas 3 repetições em duas pressões de serviço (200kPa e 300kPa) e duas situações (com e sem dispositivo), totalizando 48 observações. As pressões foram escolhidas de tal forma a permitir a realização dos testes dentro do galpão disponibilizado, uma vez que em pressões maiores havia a incidência do jato no teto do galpão de modo a interferir nos resultados do trabalho. O aspersor foi instalado a uma altura de 70 cm acima do solo sendo o tubo de subida de PVC rígido com diâmetro de 20 mm, no qual foi instalado uma tomada de pressão para monitoramento da pressão de serviço através de um manômetro digital do tipo Tubo de Bourdon previamente calibrado. Os volumes precipitados foram coletados em uma única linha de coletores, instalados de forma a simular uma malha de 16 x 16 metros com coletores espaçados de 1 metro, instalados a 20 cm acima do solo e distribuídos de forma radial. Para gerar a malha de dados e calcular os coeficientes de uniformidade de Christiansen foi utilizado software Catch 3D<sup>®</sup>. Após a análise dos dados, pode-se concluir que o uso do dispositivo apresentou melhora significativa no coeficiente de uniformidade de Christiansen apenas entre os bocais de 3,97mm e 5,16mm, sendo que o bocal de 3,97mm foi o que apresentou pior desempenho em todas situações. A pressão de serviço de 300 kPa foi a que apresentou melhor perfil de distribuição, sendo portanto recomendado o uso do dispositivo em pressões iguais ou superiores a essa.

Palavras-chave: Aspersores de impacto, coeficiente de uniformidade, irrigação.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of a mechanical device of rotation control in the coefficient of the uniformity of Christiansen (CUC) of the impact sprinkler Rain Bird model 46H and to determine if there has been any meaningful alteration in the CUC and also in which nozzle and pressure it has happened. The mechanical device developed to control the rotation of the sprinkler works through the action of an adjustable system with ball and a spring compression. The research was accomplished in the site of the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba – MG. For the execution of this research it has been used 01 sprinkler Rain Bird model 46H, equipped with secondary nozzle of 2,18mm diameter made of brass, 4 main nozzles of different diameters (3,97mm, 4,37mm; 4,76mm e 5,16mm) made of plastic material, there have been accomplished 3 repetitions in two pressures of service (200kPa and 300kPa) and two situations (with and without device), totalizing 48 observations. The pressures were chosen in such a way to allow the accomplishment of the tests into the hangar available, since that in higher pressures there was the incidence of the jet in the ceiling of the hangar which interfered in the results of the research. The sprinkler was installed at the height of 70 cm above the floor and the rising tube was made of rigid PVC with 20mm diameter, in which was installed an outlet pressure to monitor the pressure of the service through a digital manometer kind a Bourdon Tube previously calibrated. The precipitated volumes were collected in a unique line of collectors installed in order to simulate a mesh of 16 x 16 meters with collectors interspaced of 1 meter, installed 20 cm above the floor and distributed radially. To generate the data mesh and calculate the coefficient of the Christiansen uniformity it was used a Catch 3D® software. After the data analysis, it can be concluded that the use of the device presented a meaningful improvement in the coefficient of Christiansen uniformity only between the nozzles of 3,97mm and 5,16mm, since the nozzle of 3,97mm was the one to present the worst performance in every situation. The service pressure of 300kPa was the one to present the best profile of distribution, and therefore recommended the use of the device in equal pressures or upper to that one.

Keywords: impact sprinklers, coefficient of uniformity, irrigation.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Aspensor Rain Bird modelo 46H utilizado no experimento .....	21
FIGURA 2 – Detalhes do dispositivo .....	21
FIGURA 3 – Alteração no aspensor proposta nesse trabalho .....	22
FIGURA 4 – Alteração no aspensor .....	22
FIGURA 5 – Detalhes do corpo fixo .....	23
FIGURA 6 – Detalhes do disco divisor .....	24
FIGURA 7 – Detalhes da esfera e da mola de retração .....	24
FIGURA 8 – Aspensor Rain Bird modelo 46H desmontado .....	25
FIGURA 9 – Vista explodida do dispositivo .....	25
FIGURA 10 – Manômetro digital.....	26
FIGURA 11 – Montagem do aspensor, campânula e coletores.....	26
FIGURA 12 – Montagem do experimento.....	27
FIGURA 13 – Montagem dos coletores.....	28
FIGURA 14 – Rebatimento dos coletores para uma única linha (adaptação da norma NBR ISO 7749-1) .....	28
FIGURA 15 – Leitura dos volumes coletados.....	30
FIGURA 16 – Perfil bocal 4,37mm 200kPa com dispositivo.....	32
FIGURA 17 – Perfil bocal 4,37mm 200kPa sem dispositivo.....	32
FIGURA 18 – Perfil bocal 5,16mm 300kPa com dispositivo.....	33
FIGURA 19 – Perfil bocal 5,16mm 300kPa sem dispositivo.....	33
FIGURA 20 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 8x8. ....	35
FIGURA 21 – Perfil tridimensional bocal 4,76mm 300kPa espaçamento 8x8. ....	35
FIGURA 22 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 9x9. ....	37
FIGURA 23 – Perfil tridimensional bocal 4,76mm 300kPa espaçamento 9x9. ....	37

FIGURA 24 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 10x10. ....	38
FIGURA 25 – Perfil tridimensional bocal 5,15mm 300kPa espaçamento 10x10. ....	39
FIGURA 26 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 11x11.....	40
FIGURA 27 – Perfil tridimensional bocal 5,15mm 300kPa espaçamento 11x11.....	41
FIGURA 28 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 12x12. ....	42
FIGURA 29 – Perfil tridimensional bocal 5,15mm 200kPa espaçamento 12x12 com dispositivo.....	43
FIGURA 30 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 13x13. ....	44
FIGURA 31 – Perfil tridimensional bocal 5,15mm 300kPa espaçamento 13x13 sem dispositivo.....	45
FIGURA 32 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 14x14 .....	46
FIGURA 33 – Perfil tridimensional bocal 5,15mm 300kPa espaçamento 14x14 sem dispositivo.....	47
FIGURA 34 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 15x15 .....	48
FIGURA 35 – Perfil tridimensional bocal 5,15mm 300kPa espaçamento 15x15 sem dispositivo.....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (Keller 2009).....	18
Tabela 2. Posicionamento dos coletores na linha em relação ao aspersor .....	29
Tabela 3. Média dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) .....	31
Tabela 4. Análise de variância CUC espaçamento 8x8 .....	34
Tabela 5. Análise de variância CUC espaçamento 9x9 .....	36
Tabela 6: Análise de variância CUC espaçamento 10x10 .....	38
Tabela 7. Análise de variância CUC espaçamento 11x11.....	39
Tabela 8. Análise de variância CUC espaçamento 12x12 .....	41
Tabela 9. Análise de variância CUC espaçamento 13x13 .....	43
Tabela 10. Análise de variância CUC espaçamento 14x14 .....	45
Tabela 11. Análise de variância CUC espaçamento 15x15 .....	47

## SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT .....	9
LISTA DE TABELAS .....	12
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1. AGRICULTURA IRRIGADA.....	13
2.2. IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO .....	14
2.3. MANEJO DA IRRIGAÇÃO.....	15
2.4. AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO .....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5. CONCLUSÕES.....	50
6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	51
7. REFERÊNCIAS .....	52
8. ANEXOS.....	55

## 1. INTRODUÇÃO

Nos sistemas de produção agrícola de forma geral, existem fatores que são indispensáveis para melhora qualitativa e quantitativa do produto final que será comercializado. A irrigação pode ser considerada um destes fatores, pois é por meio de um manejo adequado da água que se consegue viabilizar técnica e economicamente a produção, tendo em vista que permite uma melhora no controle fitossanitário, maior eficiência no uso dessa água e da energia elétrica e possibilidade de agregação de valor ao produto final.

O bom manejo de irrigação é de fundamental importância para obter bons resultados e a associação da irrigação a técnicas de manejo da cultura, tais como adubação correta, tratamentos culturais, adequado espaçamento da cultura, manejo e conservação do solo, dentre outros fatores, contribui para uma otimização da produção.

O uso da irrigação é objeto de constantes estudos e consequente ampliação em sua abrangência, não só em âmbito nacional. Apesar de haver uma grande parcela de produtores rurais que ainda não se conscientizaram da importância do manejo da irrigação, tem aumentado o número de pessoas que veem a necessidade de utilizar os recursos naturais de maneira consciente e sustentável.

Os sistemas de irrigação têm como principais objetivos, aplicar quantidade adequada de água no momento e forma corretas, de maneira a suprir as necessidades fisiológicas da planta. Para que se consiga atender esses objetivos básicos, existem diversos métodos de irrigação, sendo cada qual indicado para situações específicas.

No Brasil, juntamente com a irrigação de superfície, a irrigação por aspersão tem sido largamente utilizada. Isso se deve a vários fatores, dentre os quais citam-se a facilidade de implantação, adaptabilidade a várias condições de terreno, clima, culturas, boa uniformidade de distribuição da água quando comparado com outros métodos, permite a aplicação de produtos químicos via água de irrigação, bem como se apresenta como solução versátil em situações em que haja culturas implantadas ou em fase de implantação. O método de irrigação por aspersão, consiste em distribuir água na forma de chuva artificial, através da ação do aspersor.

O aspersor é o principal componente desse método de irrigação, e pode ser

de impacto ou não. Sua escolha leva em conta fatores como a cultura, o tipo de solo, o clima, entre outros. Algumas características dos aspersores influenciam diretamente em sua uniformidade de distribuição. As principais a serem citadas são o ângulo de inclinação do aspersor, a pressão de serviço, a altura de operação, a rotação, a vazão, dentre outras.

A uniformidade de distribuição de água é um fator de suma importância para as culturas irrigadas, tendo em vista que sistemas que apresentem baixos coeficientes de uniformidade de distribuição, provavelmente apresentarão desenvolvimento desuniforme da cultura, o que pode prejudicar o manejo causando perdas de qualidade e diminuindo a produtividade.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de um dispositivo mecânico de controle de rotação, no coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) do aspersor de impacto Rain Bird modelo 46H, e determinar se houve alguma alteração significativa no CUC e em qual bocal e pressão isso ocorreu.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. AGRICULTURA IRRIGADA

De acordo com Barreto (1997), a irrigação vem sendo utilizada há milênios. A sua história começou com o Egito antigo, há aproximadamente 5000 anos. Era uma questão de sobrevivência, e ainda continua sendo, pois, com o crescimento demográfico, deve-se buscar a produção de alimentos com o acréscimo das áreas irrigadas. De acordo com Rezende et al. (1998), a irrigação é uma operação agrícola que tem como finalidade básica colocar água à disposição da planta mantendo o solo com umidade adequada.

Apesar de corresponder a uma pequena parcela do total cultivado, a área irrigada mundial contribui com 42 % da produção total. No Brasil, em particular, a área irrigada corresponde a 18 % da área cultivada, mas contribui com 42 % da produção total (Christofidis, 2002).

Coelho et al. (2005) afirmam que a eficiência média de irrigação a nível nacional está estimada em 60 %, significando que, para cada milímetro (10.000 litros) de água necessário às plantas por hectare, são necessários 16.667 litros, dos quais as plantas transpiram 97 %, portanto, um retorno de mais de 9.700 litros para a atmosfera, na forma de vapor ou de água pura. Os 6.667 litros tendem a evaporar da superfície do solo ou percolar e preencher os lençóis subterrâneos, que podem retornar ou não ao mesmo curso d'água de onde foi retirada. No cultivo do milho, do total de água absorvida pela planta, uma quantidade bem reduzida (cerca de 1%) é retida pela mesma (EMBRAPA, 2003).

Gonçalves et al. (2006) comentam que o aumento da renda demanda a expansão das áreas de produção agrícola, que podem ser atendidas por meio da ocupação de áreas não cultivadas e aumento da produtividade, através da adoção de tecnologias, como a irrigação. O contínuo crescimento da população mundial exige uma agricultura competitiva e tecnificada, que possibilite a produção de alimentos de melhor qualidade e maior quantidade (Bernardo, 2008)

A agricultura irrigada ocupa em torno de 275 milhões de hectares, aproximadamente 18% da área agricultável no mundo. Mesmo sendo pequena em

relação ao total cultivado, a área irrigada produz alimentação para mais da metade da população da Terra. Sendo assim, nota-se o seu importante papel tanto na produção quanto na economia mundial (Coelho et al., 2005).

De acordo com Mantovani et al. (2009), a agricultura irrigada é uma importante estratégia utilizada para otimização da produção mundial de alimentos, pois proporciona desenvolvimento sustentável no campo além de gerar empregos e renda de forma estável, levando desenvolvimento à regiões em que não seria possível a realização da agricultura se não por intermédio da irrigação. No Estado de Minas Gerais podemos citar o perímetro irrigado do Jaíba no Norte do estado em que a água do Rio São Francisco torna uma região bastante afetada pela seca em um oásis verde em que são produzidos os mais variados tipos de frutas, hortaliças e até cana-de-açúcar. Isso gera um progresso imenso para a região, gerando empregos não só no campo como também nas cooperativas de beneficiamento, empresas especializadas em produtos agrícolas e no próprio comércio da cidade que, através da renda dos trabalhadores pode se movimentar e manter viva a balança economia local.

## 2.2. IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

A irrigação é uma prática agrícola de fornecimento de água às culturas, onde e quando as dotações pluviométricas, ou qualquer outra forma natural de abastecimento, não são suficientes para suprir as necessidades hídricas das plantas. Constitui-se numa atividade atualmente imprescindível para qualquer agricultura rentável, em quase todas as regiões e climas do nosso planeta (Gomes, 1994).

Irrigação por aspersão é o método de irrigação em que a água é aspergida sobre a superfície do terreno, assemelhando-se a uma chuva, por causa do fracionamento do jato d'água em gotas. Para tal efeito a água é conduzida e aplicada às áreas por meio de equipamentos, normalmente compreendendo moto bombas, tubulações e aspersores das mais diversas capacidades e características de fabricação (Bernardo et al., 2008).

No Brasil, o sistema de irrigação por aspersão convencional tem sido bastante utilizado para a irrigação de hortaliças, especialmente em pequenas áreas de produção, e percebe-se atualmente, um aumento de sua utilização na irrigação de

parques e jardins e gramados de campos esportivos (Souza et al., 2008).

Coelho et al. (2005), afirmam que, no caso da irrigação por aspersão, os sistemas de aspersão convencional de alta pressão do tipo canhão são os de mais baixa eficiência (50% - 60%). Os sistemas de baixa e média pressão, tanto portáteis como móveis ("side-roll"), apresentam eficiência entre 60% e 75%.

São vários os tipos utilizados de irrigação por aspersão, dentre eles cabe ressaltar o sistema convencional, pois é o mais utilizado em pequenas e médias propriedades, com vários aspersores que funcionam ao mesmo tempo em uma mesma linha lateral Mantovani et al. (2009). Cesar et al. (2005), afirmam que a irrigação por aspersão tem contribuído acentuadamente para o aumento da área irrigada.

Segundo Biscaro (2009), um sistema de irrigação por aspersão convencional é composto, em geral, por aspersores, acessórios, tubulações (linhas laterais, linhas de derivação, linha principal, linha de recalque, linha de sucção) e conjunto moto bomba.

Segundo a Norma ISO 7749-1 (2000), aspersor rotativo é um dispositivo que, pelo seu movimento de rotação ao redor do seu eixo vertical, distribui água sobre uma área circular ou sobre parte da área circular.

De acordo com Lima; Ferreira e Christofidis, apud Coelho et al. (2005) a irrigação utilizada de forma racional pode promover uma economia de aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumida. Do valor relativo à energia, a economia de 20% seria devido à não aplicação excessiva da água e 10% devido ao redimensionamento e otimização dos equipamentos utilizados.

### 2.3. MANEJO DA IRRIGAÇÃO

O manejo adequado da irrigação é uma prática que adota critérios na aplicação da água como o momento e as quantidades ideais, assim, as plantas têm suas necessidades hídricas supridas e ainda um uso mais racional da água, de energia elétrica e até mesmo dos insumos, gerando um impacto ambiental menor (Duarte, 2010).

De acordo com Faria et al (2009) os sistemas de irrigação por aspersão devem aplicar água da maneira mais uniforme possível, visto que a desuniformidade de aplicação de água diminui o retorno econômico e aumenta o impacto ambiental

da irrigação, em função da redução na produtividade das culturas irrigadas e do desperdício de água, de energia e de fertilizantes.

A adoção de técnicas racionais de manejo conservacionista do solo e da água é de fundamental importância para a sustentabilidade, de tal forma que se possa, economicamente, manter, ao longo do tempo, esses recursos com quantidade e qualidade suficientes para a manutenção de níveis satisfatórios de produtividade Wutke et al.(2000).

Coelho et al. (2005), afirmam que o manejo da irrigação contempla a aplicação de água no momento correto e na quantidade demandada pela cultura para aquele momento. O manejo da irrigação deve ser adequado aos sistemas de irrigação de forma a se obter elevadas eficiências.

De acordo com Frigo (2012), atualmente, a irrigação envolve produtividade e rentabilidade, com eficiência no uso da água, energia, insumos e respeito ao meio ambiente. Baseando-se nesses conceitos, as melhorias nos sistemas modernos de irrigação foram grandes, mas a falta de manejo adequado pode levar tudo a perder, seja pela aplicação de água em excesso ou pela sua falta, antes ou depois do momento adequado em cada fase da cultura (Mantovani, 2009).

Para que um sistema de irrigação funcione de maneira eficiente e uniforme, seja ele por aspersão, localizada ou de superfície, deve-se realizar o manejo correto da quantidade e da frequência de aplicação de água, para que não haja excesso ou deficiência hídrica no solo e na cultura (Biscaro, 2009).

#### 2.4. AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

É recomendável, após a instalação de um sistema de irrigação, proceder-se testes de campo, com o objetivo de se verificar a adequação da irrigação, recomendando, quando necessário, ajustes na operação e, principalmente, no manejo (Souza et al., 2008).

Segundo Playán et al. (2006), a combinação dos fatores climáticos complica a avaliação da uniformidade da irrigação. Além disso, a irrigação por aspersão possui alguns cuidados bastante específicos e pertinentes que vão desde a escolha do material para a irrigação até a experiência do profissional que trabalha com o sistema.

Segundo a norma ISO-7749-2 da INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR

STANDARTIZATION, (1990), apud Barreto (1997), para teste de aspersor, o mesmo deve ser instalado em uma área livre de obstáculo que possa interceptar o jato, devendo essa área ser plana ou apresentar declividade uniforme máxima de 1%. Os coletores devem ser cilíndricos com diâmetro superior a 8,5cm, possuírem bordo superior em bisel; serem idênticos e não possuírem deformações. Além disso, devem ser instalados em haste firme e à altura de não menos de 15 cm acima do solo, permitindo uma variação máxima entre dois coletores não mais que 2cm. A duração mínima do ensaio deve ser de uma hora. As condições climáticas devem ser registradas durante todo o teste em intervalos de 15 minutos; a velocidade do vento não deve exceder  $0,4\text{m s}^{-1}$ . A disposição dos coletores no campo deve ser em malha e o espaçamento entre coletores não deve exceder 2m. Quando os testes forem realizados na ausência de vento ou em ambientes fechados os coletores podem ser dispostos em uma única linha ao longo do raio de alcance do aspersor.

Villas Boas (1994), comparando o método de amostragem radial com o método de amostragem em malha verificou que ambos são estatisticamente equivalentes, podendo-se recomendar a utilização do método de amostragem radial para análise da uniformidade de distribuição de água por ser considerado de instalação fácil e rápida.

Faria et al. (2009), afirmam que a uniformidade em sistemas convencionais de aspersão depende de fatores como o tipo de aspersor e suas condições operacionais, a disposição e o espaçamento entre aspersores no campo, a velocidade e a direção do vento durante o período de aplicação de água.

As características de distribuição de água dos aspersores dependem do modelo de aspersor considerado e das suas condições operacionais como: altura de instalação, diâmetros dos bocais, pressão de serviço, ângulo de saída do jato e velocidade de rotação, além das condições climáticas durante sua operação (King et al., 2011).

Ao avaliar o efeito de alguns desses fatores sobre a uniformidade de aplicação de água de sistemas convencionais de aspersão, equipados com canhões hidráulicos, Azevedo et al. (2000), observaram que a velocidade do vento foi o fator que mais influenciou na uniformidade de aplicação da água, seguida pela pressão de operação do aspersor, espaçamento entre aspersores na linha lateral, espaçamento entre linhas laterais, direção do vento em relação à linha lateral e velocidade de rotação do aspersor.

Segundo Bernardo et al. (2005), a uniformidade pode ser expressa por índices ou coeficientes, sendo o mais utilizado o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC). São também utilizados em menor escala o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e o Coeficiente Estatístico de Uniformidade (CUE).

Segundo Rezende et al. (1998), Christiansen (1942), foi o primeiro pesquisador a estudar a uniformidade de distribuição em aspersão, quantificando-a através de um índice estatístico; denominado coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). Este índice faz uso do desvio médio absoluto, para expressar a dispersão das lâminas e pode ser obtido pela equação 1.

$$CUC = 100 * \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n * \bar{X}} \right) \quad (1)$$

em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, %.

$X_i$  = precipitação no pluviômetro de ordem i, mm.

$\bar{X}$  = precipitação média, mm, e

$n$  = número de observações.

Keller (2009), propôs a seguinte classificação para o CUC, ao estipular o valor mínimo aceitável para irrigação por aspersão, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (Keller 2009)

<b>Classes</b>	<b>Uniformidade (%)</b>
Excelente	>90
Bom	85 - 90
Mínimo	>78
Inaceitável	<78

De acordo com Pereira (2001), espaçamentos grandes proporcionam uma irrigação menos uniforme com maiores custos energéticos, já que dessa forma necessita-se de aspersores que trabalhem com altas pressões.

Wilcox e Mcdougald, apud Carvalho (1991) e Barreto (1997), estudando a

influência de diferentes perfis, espaçamento e pressão de operação do aspersor na uniformidade de distribuição de água, concluíram que de modo geral, o melhor perfil de distribuição é o que apresenta decréscimo uniforme nas lâminas de água do aspersor para as bordas.

O coeficiente de uniformidade de distribuição de água, segundo Olitta (1977), é afetado pelo espaçamento dos aspersores, relação entre pressão e diâmetro do bocal e condições de vento. Segundo Olitta (1977) e Bernardo et al. (2008) é importante se estabelecer a pressão ideal de funcionamento do aspersor. Ainda segundo esses autores, para pressões baixas, a velocidade de saída da água é menor, e, portanto, o atrito com o ar não é suficiente para dispersar o jato em gotas menores. Para pressões altas, a água emitida adquire alta velocidade, sobre a qual o ar oferece maior resistência em dispersá-la. A pressão adequada, associada a um espaçamento ideal entre aspersores, fornece uma distribuição mais uniforme.

Bilanski & Kidder apud Coelho et al (1998) desenvolveram um trabalho clássico sobre os fatores que afetam a distribuição de água, a partir de um aspersor rotativo do tipo impacto. O estudo foi conduzido em condições de laboratório (ensaio com disposição radial de emissores) para eliminar interferências climáticas indesejáveis; os fatores estudados foram o defletor-martelo e a velocidade de rotação dos emissores. Com relação ao primeiro, observaram diminuição da quantidade de água precipitada no ponto de máximo alcance e, com relação ao segundo fator, pesquisando o intervalo de tempo de uma rotação compreendido entre 3 e 350 segundos, observaram redução de alcance máximo do jato de 13,12m para 9,25m.

Ainda de acordo com Coelho et al (1998) a velocidade de rotação do aspersor influencia a distribuição espacial de água e a estimativa de produtividade da cultura de batata, sendo que a velocidade ideal de giro depende do espaçamento entre aspersores.

De acordo com Bernardo et al. (2008), a forma geométrica do perfil radial de distribuição de água de um aspersor sofre alteração em função do tipo de bocal, pressão de serviço, uso de braço defletor ou uso de múltiplos bocais.

Hart 1961 apud Coelho et al (1998) menciona a existência de dois tipos básicos de ensaio de distribuição espacial da água, para testes de desempenho de aspersores, em que o primeiro é um ensaio com vários aspersores operando simultaneamente, dentro do espaçamento em estudo. As precipitações obtidas nos

diversos coletores da área amostrada são consideradas diretamente nos cálculos de algum tipo de coeficiente de uniformidade; o segundo tipo de ensaio consiste na coleta de dados de um único aspersor trabalhando na área; as precipitações obtidas nos coletores são posteriormente sobrepostas segundo uma lógica matricial, podendo simular diversos espaçamentos entre os emissores. O ensaio de um único aspersor operando é mais versátil e econômico de ser conduzido em testes de rotina.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado no interior de um galpão de granja desativada na Unidade I do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba. O mesmo se localiza a 800m de altitude, com latitude de 19° 39' 19" S e longitude de 47° 57' 27" W. O clima do local, segundo classificação de Köppen é do tipo tropical quente e úmido, com inverno frio e seco (Aw), com precipitação e temperatura média anual de 1500 mm e 21°C, respectivamente.

Utilizou-se o aspersor Rain Bird modelo 46H, fabricado em material plástico de alta resistência, (Figura 1) com 4 bocais principais também fabricados com o mesmo material e com medidas 3,97mm, 4,37mm; 4,76mm e 5,16mm. O bocal secundário utilizado foi do tipo orifício com raia em latão na medida de 2,18mm. As molas utilizadas são as originais fornecidas pelo fabricante, confeccionadas em aço inoxidável, sendo que, nestas não houve qualquer intervenção. Maiores informações sobre o aspersor em questão podem ser conseguidas por meio do informativo do fabricante contido no Anexo A.

FIGURA 1 – Aspensor Rain Bird modelo 46H utilizado no experimento



Fonte: Arquivo do autor, 2013

Foi desenvolvido exclusivamente para esse modelo de aspensor um dispositivo mecânico de controle de rotação que se adapta ao corpo fixo do aspensor de modo a acomodar perfeitamente a mola e os anéis de vedação originais (Figura 2). A estrutura física do aspensor sofreu pouca alteração, a única intervenção realizada foi a usinagem do sextavado de fixação de modo a deixá-lo cilíndrico para permitir a montagem do mecanismo (Figura 3 e 4).

FIGURA 2 – Detalhes do dispositivo



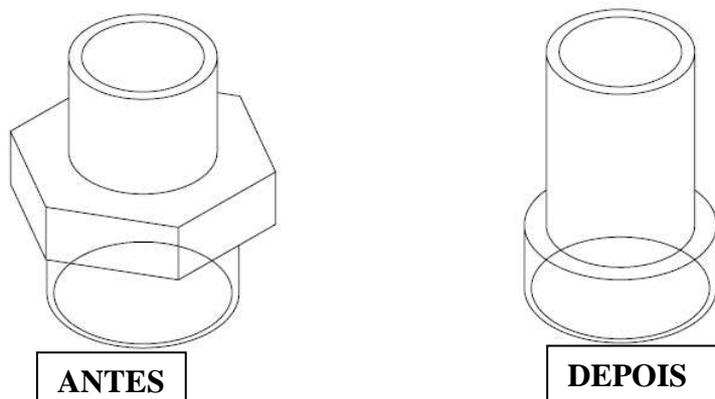
Fonte: Arquivo do autor, 2013

FIGURA 3 – Alteração no aspersor proposta nesse trabalho



Fonte: Arquivo do autor, 2013

FIGURA 4 – Alteração no aspersor

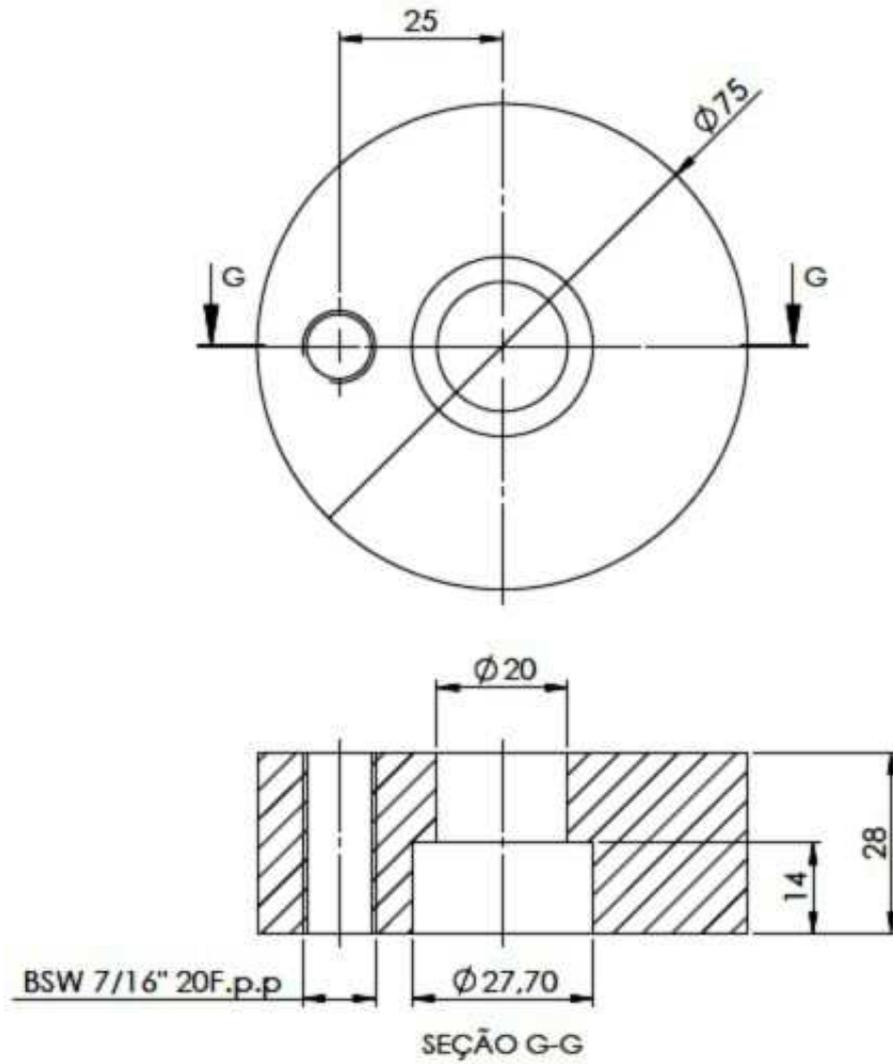


Fonte: Arquivo do autor, 2013

Esse dispositivo foi inteiramente fabricado em PVC rígido e constitui-se de um corpo fixo (Figura 5) e um disco divisor com 12 divisões equidistantes a  $30^\circ$ , sendo estas fabricadas com ângulo de  $100^\circ$  e 2,5mm de profundidade (Figura 6), esfera de posicionamento com  $3/8$  de polegada de diâmetro, mola de retração em aço ABNT 1080 com diâmetro do arame 1mm e passo entre espiras 1,2mm (Figura 7), parafuso de ajuste sextavado  $7/16''$  UNF e parafuso de allen de fixação  $3/16''$  UNC. Para a montagem do mecanismo, foi necessário desmontar o aspersor para adaptação e testes do mesmo (Figuras 8 e 9). Foram utilizadas no processo de usinagem, além do torno mecânico horizontal, a fresadora ferramenteira equipada com equipamento divisor, morsa, jogo de pinças, ferramentas de corte, furadeira de coluna,

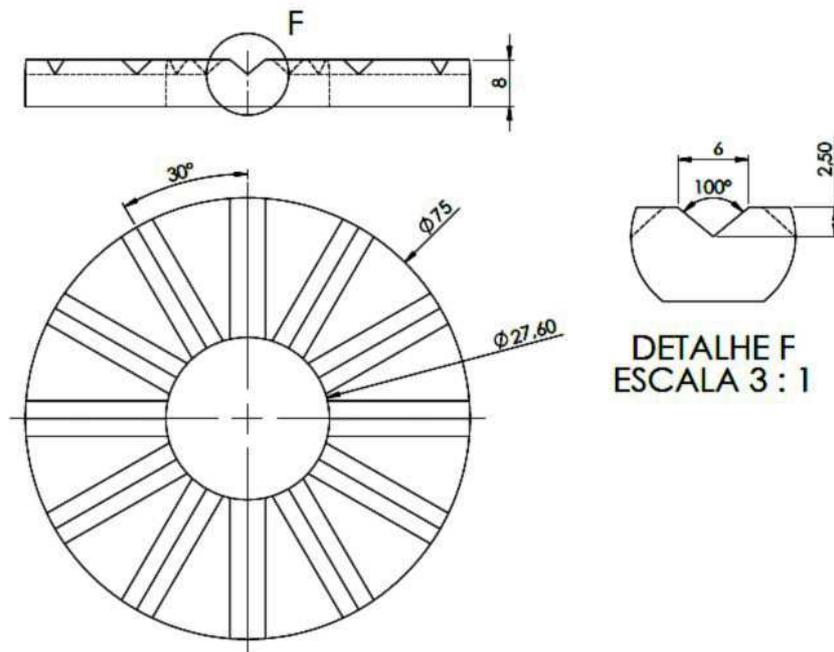
esmerilhadora e bancada de madeira.

FIGURA 5 – Detalhes do corpo fixo



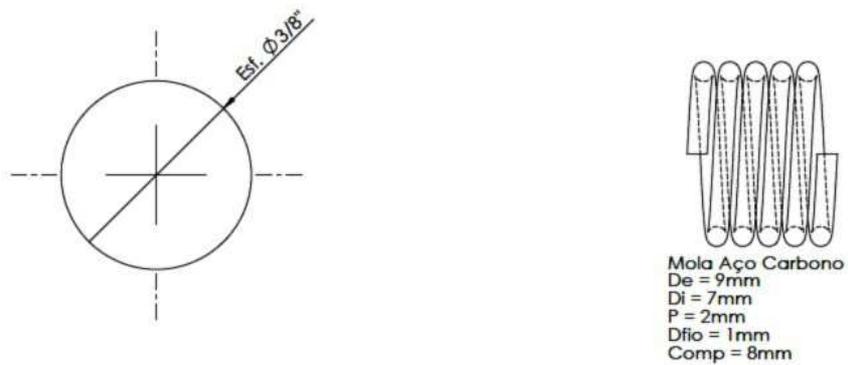
Fonte: Arquivo do autor, 2013

FIGURA 6 – Detalhes do disco divisor



Fonte: Arquivo do autor, 2013

FIGURA 7 – Detalhes da esfera e da mola de retração



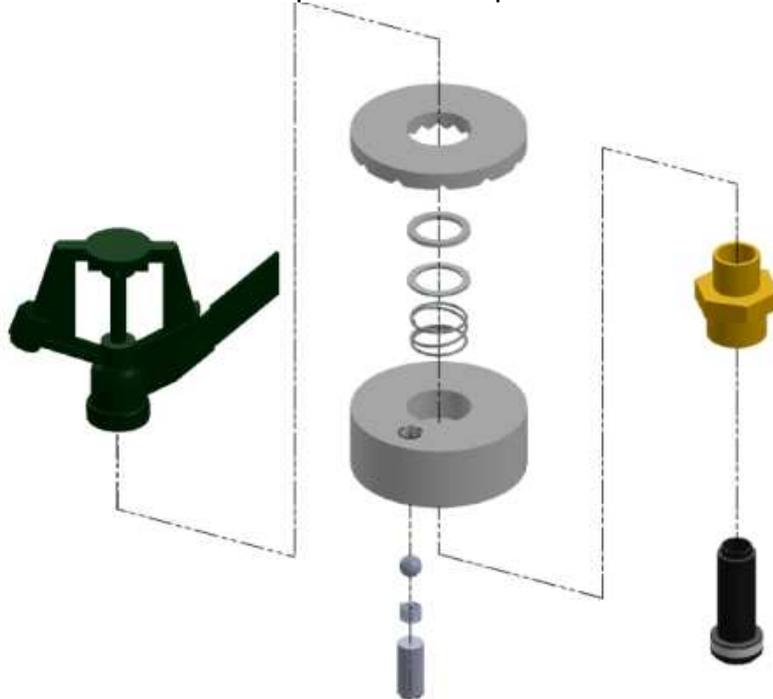
Fonte: Arquivo do autor, 2013

FIGURA 8 – Aspersor Rain Bird modelo 46H desmontado



Fonte: Arquivo do autor, 2013

FIGURA 9 – Vista explodida do dispositivo



Fonte: Arquivo do autor, 2014

Os bocais foram testados operando em duas pressões, 200 e 300 kPa. A pressão foi controlada durante todo o ensaio por um manômetro digital tipo Tubo de Bourdon, graduado em  $\text{kgf cm}^{-2}$  (Figura 10) e conectado perpendicularmente ao tubo de subida conforme a norma NBR ISO 7749-1 (2000), a qual determina que a conexão do manômetro seja realizada a uma distância maior ou igual a 20cm abaixo do orifício do bocal, sendo que o manômetro deve ser instalado no mesmo nível do

bocal para se promover as leituras.

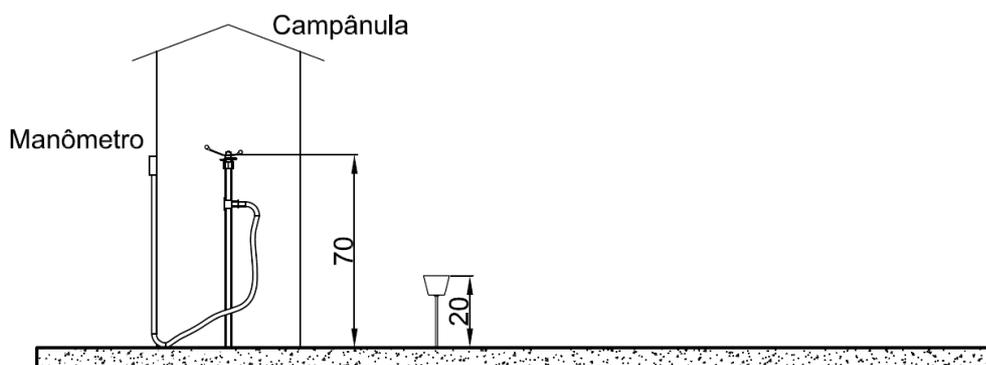
FIGURA 10 – Manômetro digital



Fonte: Arquivo do autor, 2013

O aspersor foi instalado a uma altura de 70 cm acima do solo sendo o tubo de subida de PVC rígido com diâmetro de 20 mm. Foi atendida a especificação da norma NBR ISO 7749-1 (2000), que determina que o aspersor deve ser instalado a uma altura mínima de 20 vezes o diâmetro do tubo de subida ao qual o aspersor está instalado. Essa mesma norma determina que a distância entre o orifício e o bordo superior dos coletores mais próximos do aspersor não deve ser inferior a 50 cm. O aspersor foi instalado dentro de uma campânula (Figura 11 e 12), evitando-se com isso o molhamento de todo o ambiente, já que ensaios foram realizados em ambiente fechado.

FIGURA 11 – Montagem do aspersor, campânula e coletores



Fonte: Arquivo do autor, 2013

FIGURA 12 – Montagem do experimento

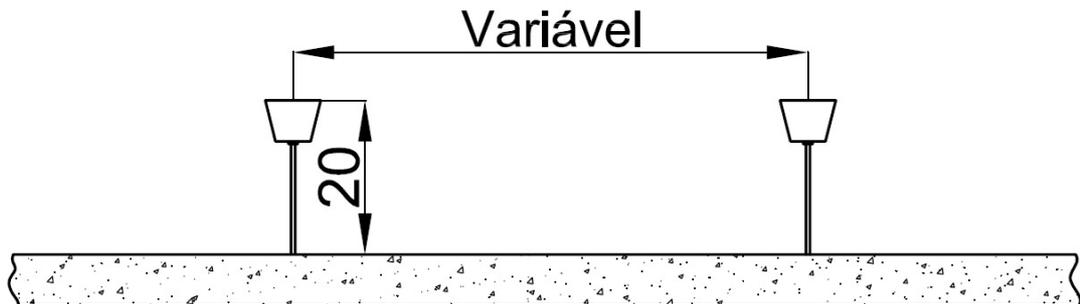


Fonte: Arquivo do autor, 2013

A tubulação adutora utilizada no experimento apresentava um diâmetro nominal de 50mm com uma redução para 25mm no trecho final a aproximadamente 1 metro de distância da campânula. O ajuste da pressão de serviço do aspersor foi realizado mediante o uso de um registro de gaveta montado logo após a saída da bomba.

O conjunto moto bomba utilizado foi da marca Schneider, modelo BC-92SGB 1.1/4 mono estágio acionada por um motor com potência de 3cv, acoplado a um reservatório plástico de 1000 litros. Os coletores utilizados foram de plástico com as seguintes dimensões: 8cm de diâmetro do bordo superior e 8 cm de altura. Esses foram montados em uma haste de alumínio devidamente fixada no piso de concreto do galpão, sendo que a medida da altura do bordo superior do coletor até o solo foi de 20cm (Figura 13).

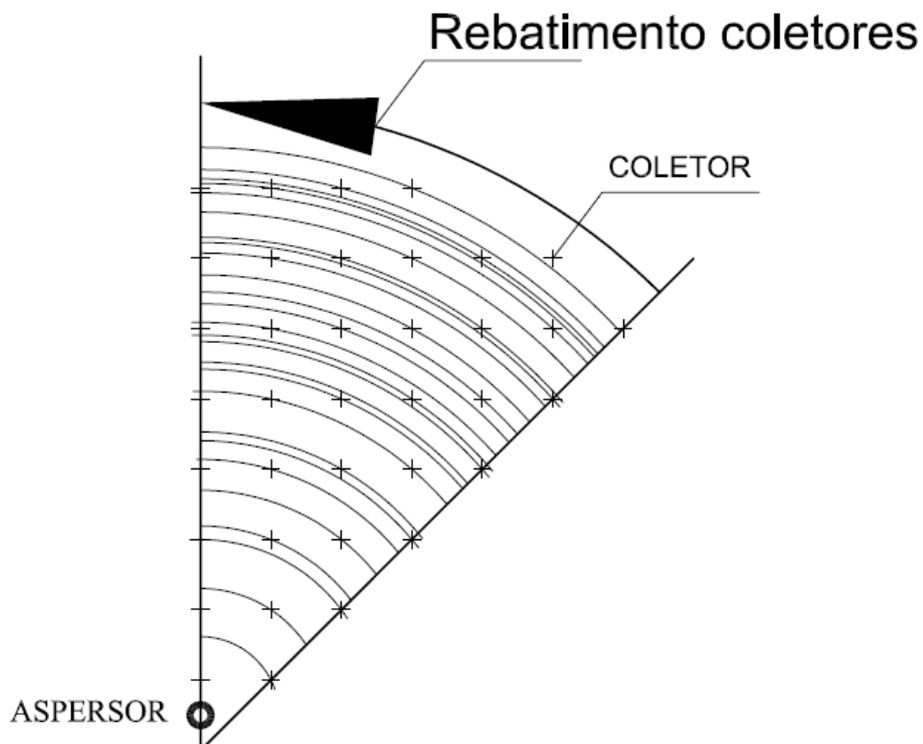
FIGURA 13 – Montagem dos coletores



Fonte: Arquivo do autor, 2013

Foi utilizado na distribuição dos coletores o método radial (Figura 14), de acordo com a norma NBR ISO 7749-1 (2000). O espaçamento entre coletores foi de 1m, instalados em uma única linha que continha todos os coletores de 1/8 de uma malha de 16 por 16 coletores, totalizando 108 coletores (Tabela 2). A duração de cada ensaio foi de 1 hora, sendo realizada a cada 15 minutos a verificação da pressão de serviço bem como a leitura da rotação do aspersor.

FIGURA 14 – Rebatimento dos coletores para uma única linha (adaptação da norma NBR ISO 7749-1)



Fonte: Arquivo do autor, 2013

**Tabela 2.** Posicionamento dos coletores na linha em relação ao aspersor

Posição	Distância	Posição	Distância	Posição	Distância	Posição	Distância
1	0,5	28	6,1	55	10,01	82	13,46
2	1,12	29	6,18	56	10,11	83	13,54
3	1,5	30	6,26	57	10,31	84	13,65
4	1,8	31	6,5	58	10,4	85	13,76
5	2,06	32	6,58	59	10,55	86	13,87
6	2,5	33	6,73	60	10,69	87	14,08
7	2,69	34	6,8	61	10,92	88	14,15
8	3,04	35	7,02	62	11,01	89	14,33
9	3,2	36	7,16	63	11,1	90	14,43
10	3,35	37	7,43	64	11,24	91	14,5
11	3,5	38	7,5	65	11,41	92	14,6
12	3,64	39	7,76	66	11,5	93	14,64
13	3,91	40	7,93	67	11,63	94	14,77
14	4,03	41	8,02	68	11,72	95	15,01
15	4,27	42	8,08	69	11,88	96	15,21
16	4,5	43	8,2	70	12,01	97	15,31
17	4,61	44	8,32	71	12,09	98	15,4
18	4,72	45	8,5	72	12,18	99	15,5
19	4,92	46	8,73	73	12,26	100	15,63
20	5,02	47	8,85	74	12,38	101	15,79
21	5,22	48	9,01	75	12,5	102	15,88
22	5,32	49	9,18	76	12,62	103	15,98
23	5,41	50	9,39	77	12,78	104	16,07
24	5,5	51	9,55	78	12,97	105	16,19
25	5,59	52	9,71	79	13,09	106	16,29
26	5,85	53	9,86	80	13,2	107	16,38
27	6,02	54	9,96	81	13,31	108	16,5

Fonte: Arquivo do autor, 2013

Os volumes precipitados pelo aspersor foram coletados e medidos em mililitros, por meio de uma proveta graduada com traços equidistantes entre si, sendo o valor entre dois traços consecutivos equivalente a 0,25mL de lâmina coletada. Ao término de cada hora de ensaio, os coletores eram retirados das hastes e colocados sobre a bancada rigorosamente na posição em que ocupavam na malha e somente a partir desse momento era realizada a leitura do volume coletado durante o ensaio (Figura 15).

FIGURA 15 – Leitura dos volumes coletados



Fonte: Arquivo do autor, 2013

Para simular a malha de coletores, foi utilizado o software Catch 3D®, versão 3.50b (ALLEN; MERKLEY, 2004). A malha foi gerada de modo a representar um conjunto de aspersores arranjados de forma quadrangular e com espaçamentos variados e inferiores a 70% do diâmetro molhado por um único aspersor funcionando isoladamente, conforme a norma NBR ISO 7749-1 (2000).

Os coeficientes de uniformidade de Christiansen foram calculados por esse mesmo aplicativo computacional utilizando-se como parâmetro o espaçamento tomado em número inteiro. Para esses cálculos utilizou-se a média de três repetições do ensaio para cada medida de bocal, operando em cada uma das duas pressões. Esse procedimento foi utilizado para avaliar o aspersor com e sem a utilização do dispositivo.

Após a coleta e processamento dos dados, os mesmos foram submetidos ao teste de estatística Scott-Knott com significância de 5%, por meio do software SISVAR® versão 5.3 Build 77 (FERREIRA 2011). Para gerar o perfil tridimensional foi utilizado o software Surfer®, versão 7 (Golden Software, 1999).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3, pode-se observar os valores médios de coeficiente de uniformidade de Christiansen para o experimento, levando-se em conta o espaçamento de 16 x 16 metros.

Tabela 3. Média dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC)

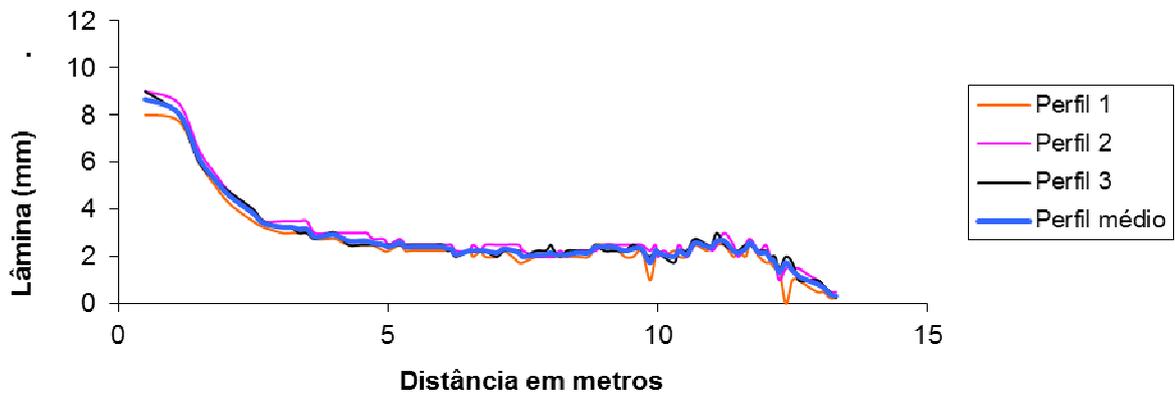
CUC Médio pressão 200kPa			CUC Médio pressão 300kPa		
Bocal	Dispositivo		Bocal	Dispositivo	
	Com	Sem		Com	Sem
3,97	67.48841	69.2338	3,97	75.00686	73.04291
4,37	74.51922	72.85411	4,37	77.93675	74.09851
4,76	71.3529	71.73793	4,76	74.70093	74.99836
5,16	73.01396	72.40247	5,16	78.04823	75.80208

Fonte: Arquivo do autor, 2013

De acordo com os dados contidos na tabela 3, pode-se observar que o bocal de 4,37mm foi o que obteve maior CUC para a pressão de 200kPa, tanto com como sem o uso do dispositivo de controle de rotação. Na pressão de 300 kPa, o bocal que apresentou melhor CUC foi o de 5,16mm.

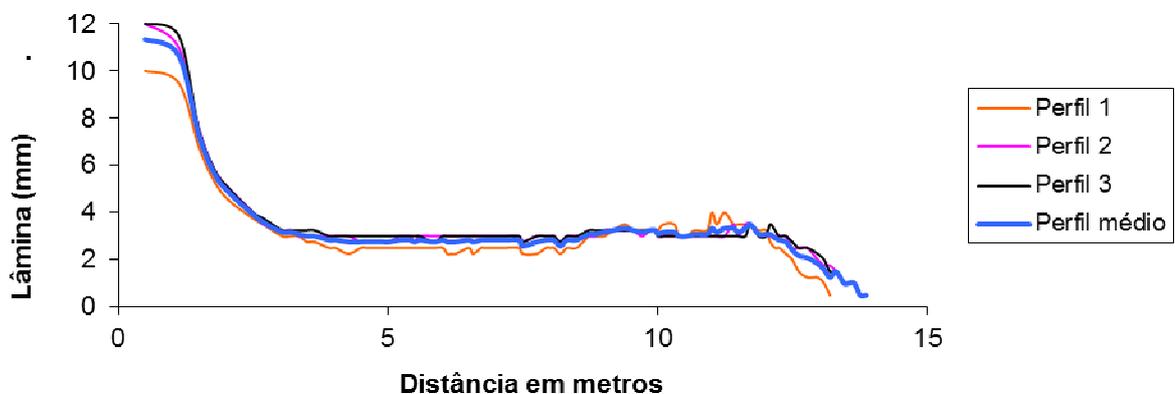
Os gráficos das figuras 16 a 19, detalham o comportamento dos perfis de distribuição em cada repetição em comparação com os valores médios obtidos.

FIGURA 16 – Perfil bocal 4,37mm 200kPa com dispositivo.



Fonte: Arquivo do autor, 2013

FIGURA 17 – Perfil bocal 4,37mm 200kPa sem dispositivo.

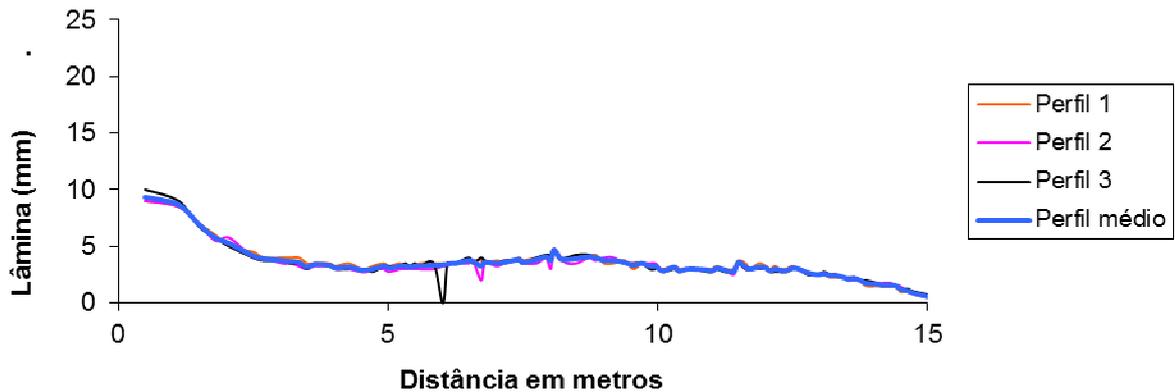


Fonte: Arquivo do autor, 2013

A análise do perfil de distribuição de água apresentado na Tabela 3, permite observar que nos ensaios utilizando o dispositivo obteve-se resultado melhor (74,52% contra 72,85% sem o dispositivo), pode-se observar que o uso do dispositivo ocasionou uma maior estabilidade entre as repetições e também diminuiu a diferença da lâmina nos coletores mais próximos ao aspersor, provavelmente devido à menor quantidade de voltas do mesmo durante a avaliação causada pelo dispositivo, diminuindo a influência do bocal secundário. Isso comprova o que foi descrito por Azevedo et al. (2000), os

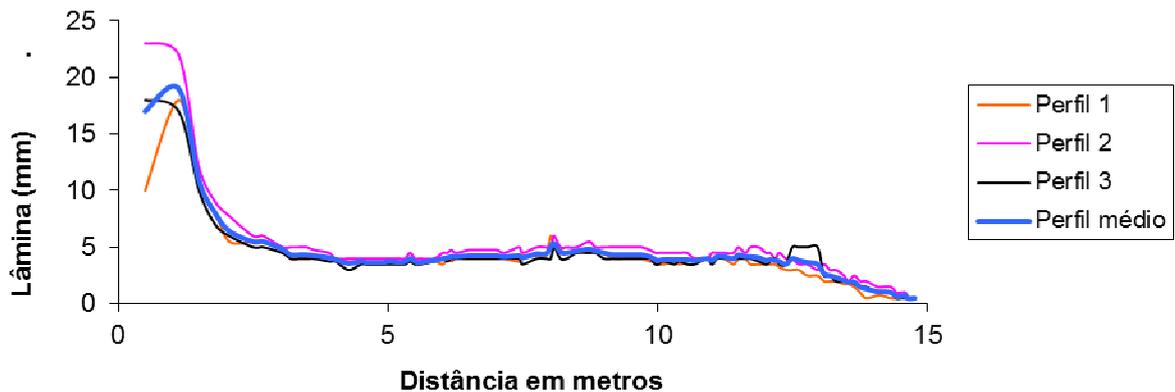
quais afirmam que a pressão e a velocidade de rotação influenciam no coeficiente de uniformidade de Christiansen.

FIGURA 18 – Perfil bocal 5,16mm 300kPa com dispositivo.



Fonte: Arquivo do autor, 2013

FIGURA 19 – Perfil bocal 5,16mm 300kPa sem dispositivo.



Fonte: Arquivo do autor, 2013

Em pressões maiores (figuras 18 e 19), o uso do dispositivo, além de melhorar o CUC, também apresentou uma maior uniformidade entre repetições, além de evitar o excesso de água nos coletores próximos ao aspersor ocasionado pela ação do bocal secundário. O dispositivo se mostrou mais eficaz nessas condições, comprovando o que foi descrito por Azevedo et al. (2000).

Para processamento dos dados, os mesmos foram concentrados em uma única tabela (Anexo C) e convertidos para o formato d-base, sendo posteriormente trabalhados através da utilização do software SISVAR® versão 5.3 Build 77 (FERREIRA 2011), no qual foi gerada a análise estatística através do teste de Scott Knott com um nível de significância de 5%, sendo que foram obtidos os resultados descritos e analisados nas Tabelas 4 a 11.

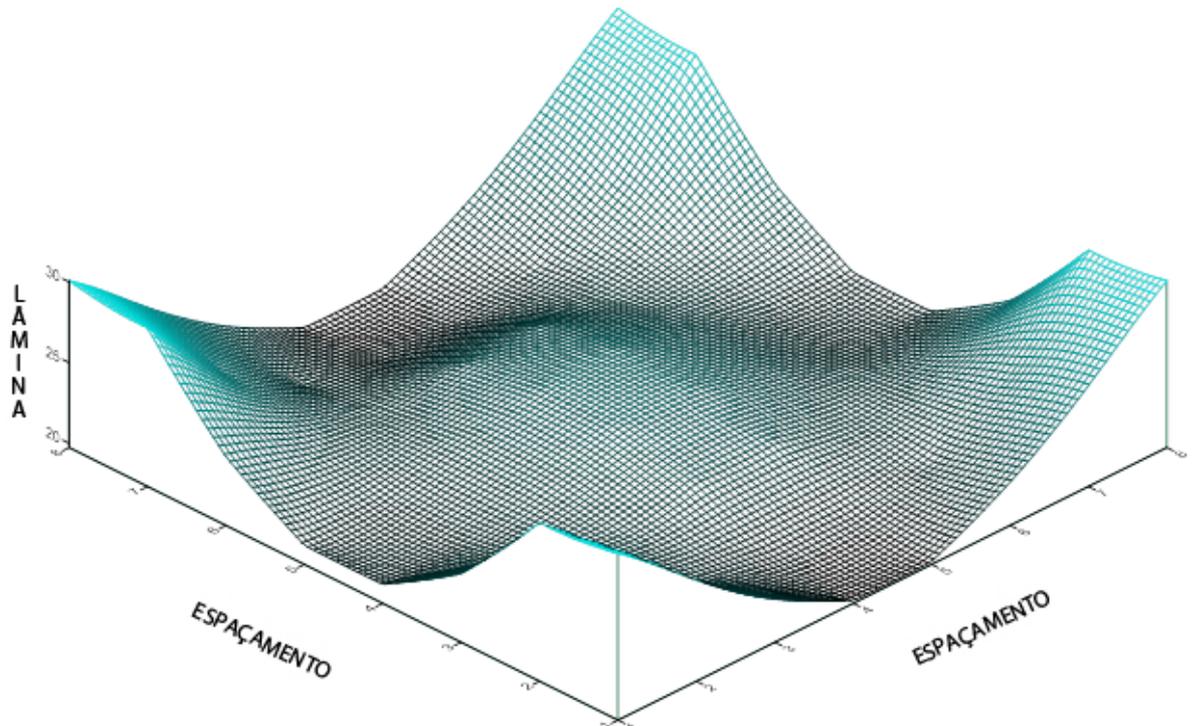
Tabela 4. Análise de variância CUC espaçamento 8x8

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ASPERSOR	1	21.333333	21.333333	3.356	0.0750
BOCAL	3	265.416667	88.472222	13.919	0.0000*
PRESSAO	1	4.083333	4.083333	0.642	0.4279
PRESSAO*ASPERSOR	1	8.333333	8.333333	1.311	0.2595
PRESSAO*BOCAL	3	60.750000	20.250000	3.186	0.0349*
ASPERSOR*RPM	1	36.160606	36.160606	5.689	0.0223*
Erro	37	235.172727	6.356020		
Total corrigido		47	631.250000		
CV (%) =	2.77				
Média geral:	90.8750000	Número de observações: 48			

\*Apresentaram significância no teste Scott-Knott a 5%

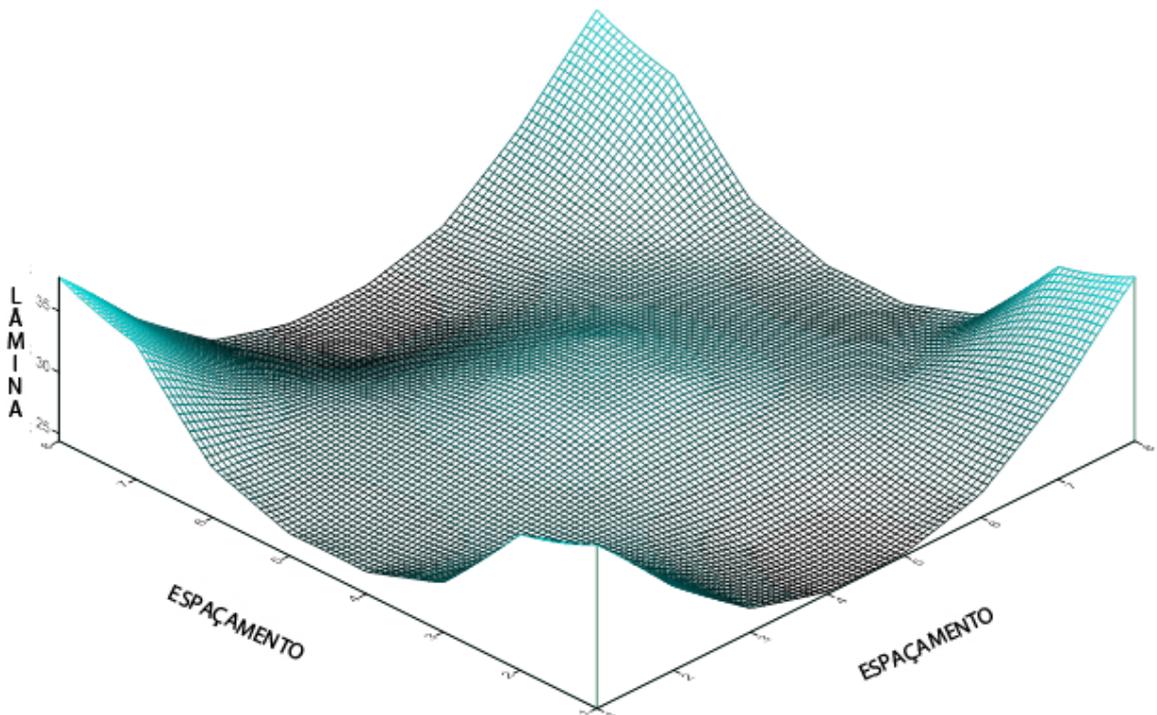
A análise da tabela 4 possibilita concluir que houve significância entre os bocais, na interação entre pressão versus bocal e também na interação pressão versus RPM, sendo que o bocal que apresentou pior desempenho foi o de 3,97mm com CUC de 87% (figura 20) e a melhor pressão foi a de 300kPa com CUC de 91,16%. Na interação entre a pressão e bocal, houve variações significativas apenas no bocal de 4,76mm (figura 21) em que houve piora no CUC obtido de 94,66% sem o dispositivo e 91,16% com o dispositivo. Na interação entre pressão e RPM houve significância somente para os dados obtidos com o aspersion utilizando o dispositivo, cujo CUC calculado foi de 88,46% contra 91,11% sem o dispositivo. Esses resultados comprovam os dados de COELHO et al (1998) que afirmam que para espaçamentos menores uma maior velocidade de rotação é favorável e o uso do dispositivo diminui a rotação do aspersion.

FIGURA 20 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 8x8.



Fonte: Arquivo do autor, 2014

FIGURA 21 – Perfil tridimensional bocal 4,76mm 300kPa espaçamento 8x8.



Fonte: Arquivo do autor, 2014

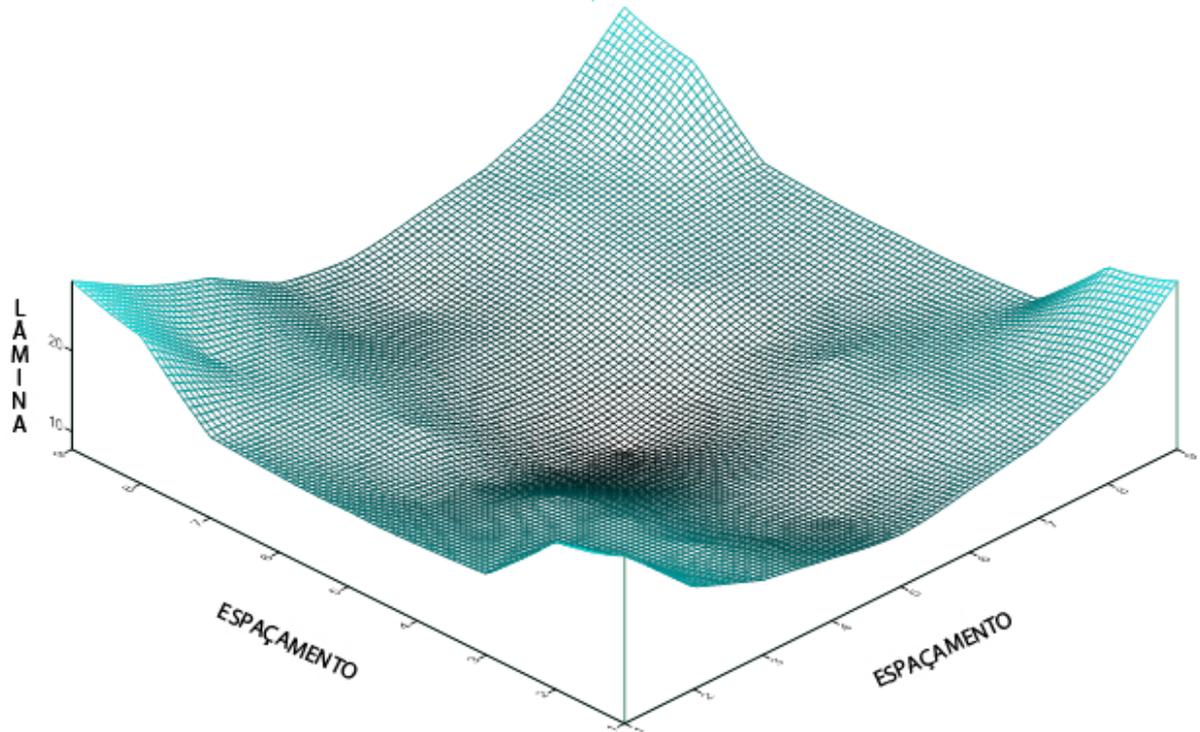
Tabela 5. Análise de variância CUC espaçamento 9x9

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ASPERSOR	1	4.083333	4.083333	0.279	0.6002
BOCAL	3	688.250000	229.416667	15.700	0.0000*
PRESSAO	1	80.083333	80.083333	5.481	0.0247*
PRESSAO*ASPERSOR	1	80.083333	80.083333	5.481	0.0247*
PRESSAO*BOCAL	3	42.250000	14.083333	0.964	0.4201
ASPERSOR*RPM	1	64.510606	64.510606	4.415	0.0425*
Erro	37	540.656061	14.612326		
Total corrigido	47	1499.916667			
CV (%) =	4.40				
Média geral:	86.9583333 Número de observações: 48				

\*Apresentaram significância no teste Scott-Knott a 5%

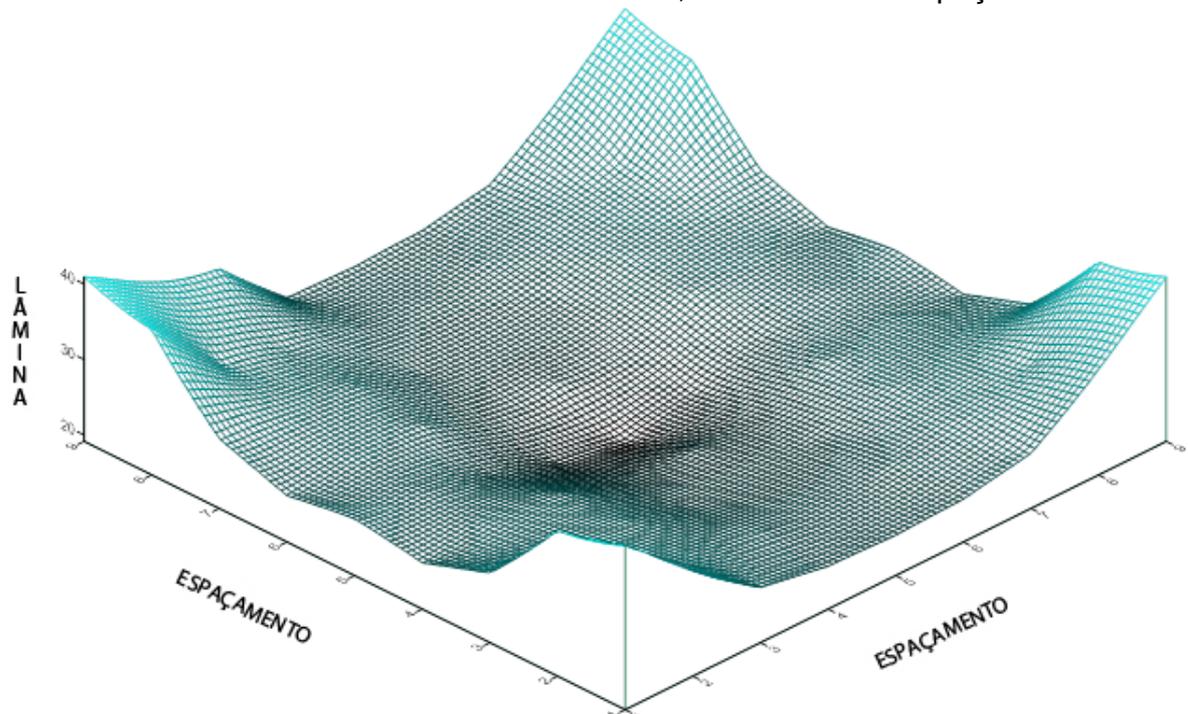
A análise da tabela 5 permite concluir que houve significância entre os bocais, pressões, na interação entre pressão versus bocal, na interação pressão versus aspersion e também na interação pressão versus RPM sendo que o bocal que apresentou pior desempenho foi o de 3,97mm com CUC de 80,58% (figura 22) e a melhor pressão foi a de 300kPa com CUC de 88,25%. Na interação entre a pressão e aspersion houve significância para o aspersion sem o dispositivo na pressão de 300 kPa, cujo CUC foi de 89,83% contra 84,66% utilizando o dispositivo. Na interação entre a pressão e bocal, houve variações significativas apenas no bocal de 4,76mm (figura 23) em que houve piora no CUC obtido de 92,5% sem o dispositivo e 88% com o dispositivo. Na interação entre pressão e RPM houve significância somente para os dados obtidos com o aspersion utilizando o dispositivo, cujo CUC calculado foi de 83,8% contra 86,44% sem o dispositivo. Esses resultados comprovam os dados de COELHO et al (1998) que afirmam que para espaçamentos menores uma maior velocidade de rotação é favorável e o uso do dispositivo diminui a rotação do aspersion.

FIGURA 22 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 9x9.



Fonte: Arquivo do autor, 2014

FIGURA 23 – Perfil tridimensional bocal 4,76mm 300kPa espaçamento 9x9.



Fonte: Arquivo do autor, 2014

Tabela 6: Análise de variância CUC espaçamento 10x10

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ASPERSOR	1	3.520833	3.520833	0.293	0.5915
BOCAL	3	531.562500	177.187500	14.753	0.0000*
PRESSAO	1	180.187500	180.187500	15.003	0.0004*
PRESSAO*ASPERSOR	1	22.687500	22.687500	1.889	0.1776
PRESSAO*BOCAL	3	46.729167	15.576389	1.297	0.2899
ASPERSOR*RPM	1	26.906439	26.906439	2.240	0.1429
Erro	37	444.385227	12.010412		
Total corrigido		47	1255.979167		

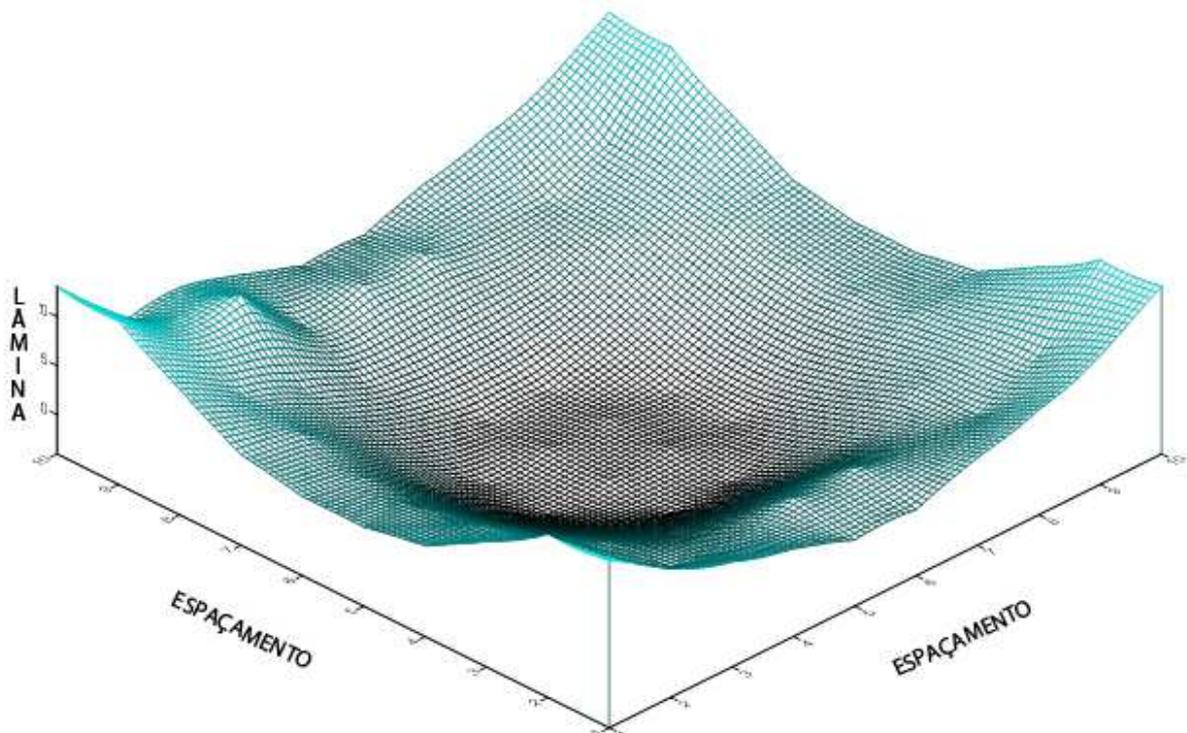
CV (%) = 4.25

Média geral: 81.5208333 Número de observações: 48

\*Apresentaram significância no teste Scott-Knott a 5%

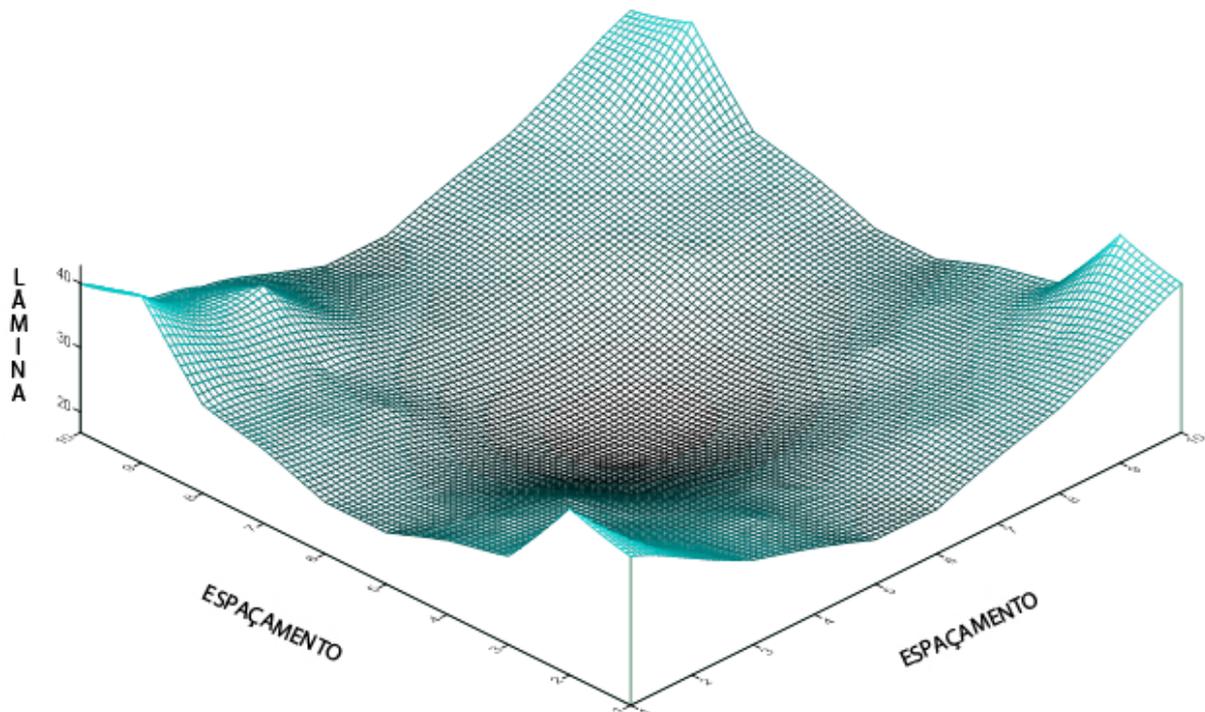
Ao se analisar a tabela 6 pode-se concluir que houve significância apenas entre os bocais e pressões sendo que o bocal que apresentou pior desempenho foi o de 3,97mm com CUC de 76,08% (figura 24) e a melhor pressão foi a de 300kPa com CUC de 83,45% (figura 25). Esses resultados comprovam os dados de COELHO et al (1998) que afirmam que a pressão de operação do aspersor interfere na distribuição de água.

FIGURA 24 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 10x10.



Fonte: Arquivo do autor, 2014

FIGURA 25 – Perfil tridimensional bocal 5,15mm 300kPa espaçamento 10x10.



Fonte: Arquivo do autor, 2014

Tabela 7. Análise de variância CUC espaçamento 11x11

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ASPERSOR	1	147.000000	147.000000	10.416	0.0026*
BOCAL	3	406.166667	135.388889	9.593	0.0001*
PRESSAO	1	5.333333	5.333333	0.378	0.5425
PRESSAO*ASPERSOR	1	3.000000	3.000000	0.213	0.6475
PRESSAO*BOCAL	3	56.500000	18.833333	1.334	0.2779
ASPERSOR*RPM	1	106.814141	106.814141	7.568	0.0091*
Erro	37	522.185859	14.113131		
Total corrigido	47	1247.000000			

CV (%) = 4.57

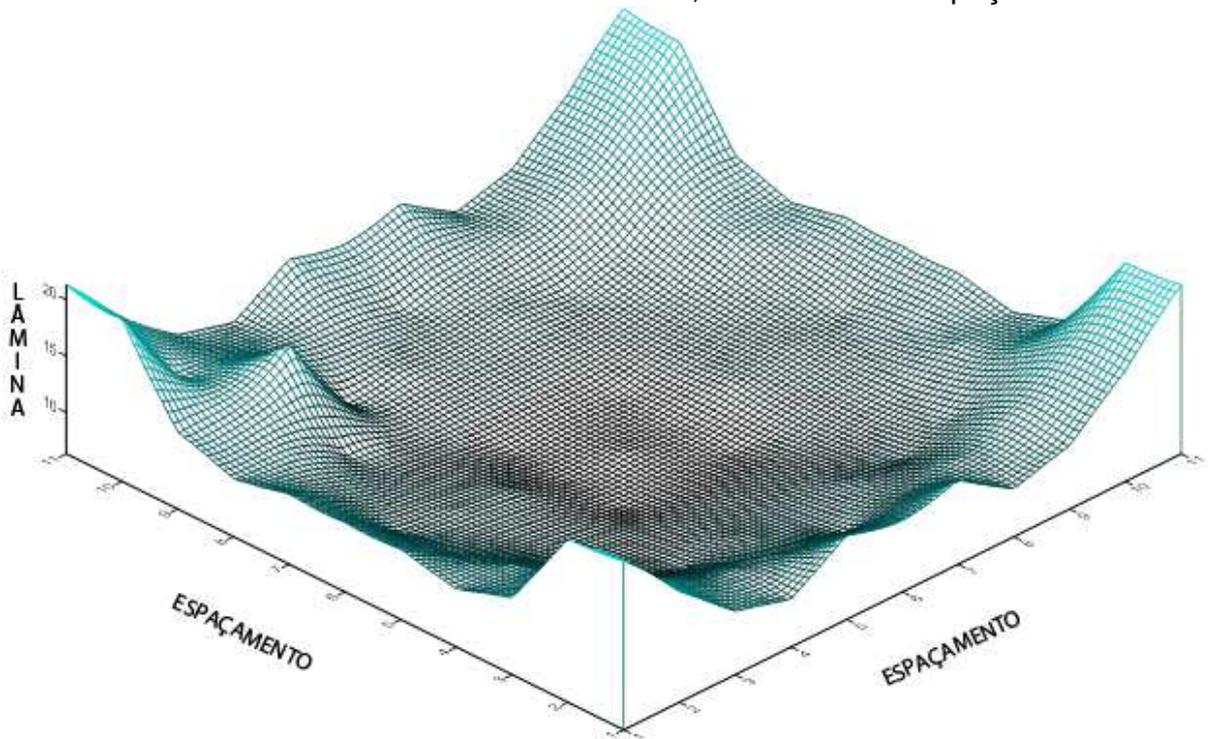
Média geral: 82.2500000 Número de observações: 48

\*Apresentaram significância no teste Scott-Knott a 5%

Ao se analisar a tabela 7 é possível concluir que houve significância apenas entre os aspersores, bocais e na interação entre aspersor e RPM sendo que o bocal que apresentou pior desempenho foi o de 3,97mm com CUC de 77,33% (figura 26). Na interação entre aspersor e RPM houve significância somente para os dados obtidos com o aspersor utilizando o dispositivo, cujo CUC calculado foi de 78,26%

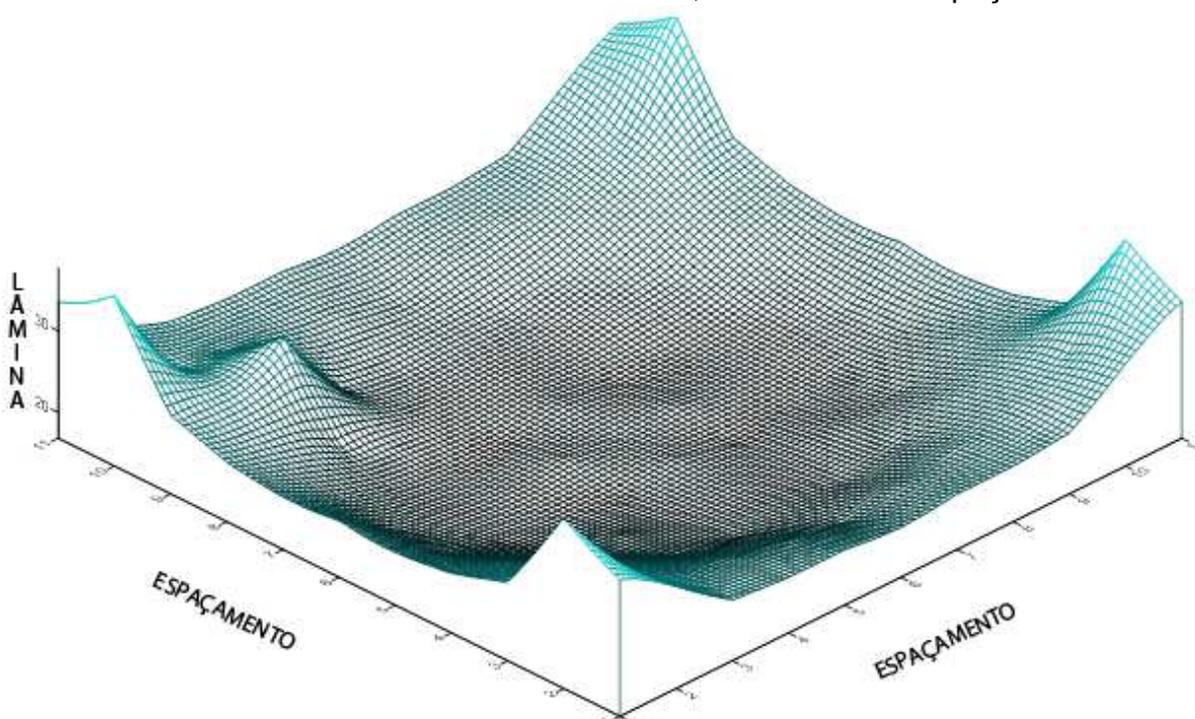
contra 83,83% sem o dispositivo (figura 27). Esses resultados comprovam os dados de COELHO et al (1998) que afirmam que para espaçamentos menores uma maior velocidade de rotação é favorável e o uso do dispositivo diminui a rotação do aspersor.

FIGURA 26 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 11x11.



Fonte: Arquivo do autor, 2014

FIGURA 27 – Perfil tridimensional bocal 5,15mm 300kPa espaçamento 11x11



Fonte: Arquivo do autor, 2014

Tabela 8. Análise de variância CUC espaçamento 12x12

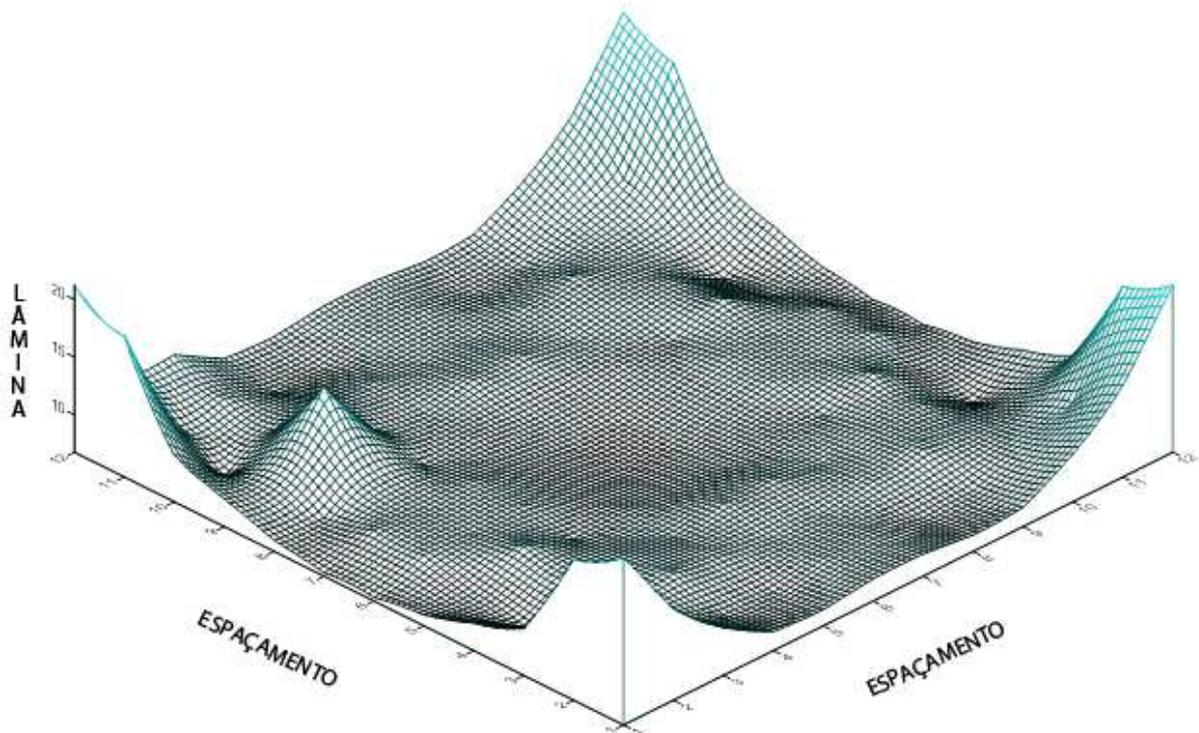
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ASPERSOR	1	136.687500	136.687500	11.307	0.0018*
BOCAL	3	657.895833	219.298611	18.141	0.0000*
PRESSAO	1	3.520833	3.520833	0.291	0.5927
PRESSAO*ASPERSOR	1	196.020833	196.020833	16.215	0.0003*
PRESSAO*BOCAL	3	49.729167	16.576389	1.371	0.2666
ASPERSOR*RPM	1	159.849874	159.849874	13.223	0.0008*
Erro	37	447.275126	12.088517		
Total corrigido	47	1650.979167			
CV (%) =	4.00				
Média geral:	86.9791667				Número de observações: 48

\*Apresentaram significância no teste Scott-Knott a 5%

A análise da tabela 8 permite concluir que houve significância entre os aspersores, bocais, na interação pressão versus aspersor e na interação entre aspersor e RPM sendo que o bocal que apresentou pior desempenho foi o de 3,97mm com CUC de 80,58% (figura 28). O aspersor que apresentou melhor desempenho foi aquele que não estava utilizando o dispositivo de controle de

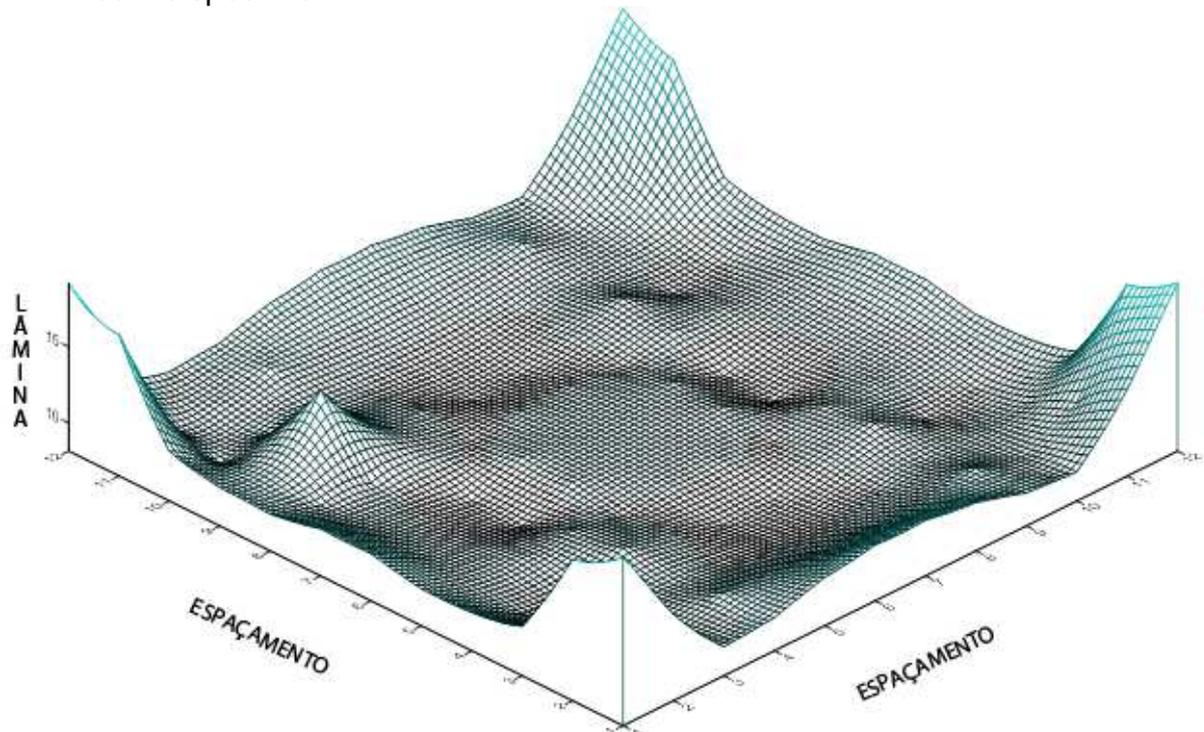
rotação com um CUC de 88,66%. Na interação entre pressão e aspersor houve significância no aspersor que utilizava o dispositivo de controle de rotação, sendo que melhorou o CUC de 83% sem o dispositivo para 87,58% com o dispositivo (figura 29). Na pressão de 200kPa e na pressão de 300kPa piorou o CUC de 90,41% sem o dispositivo para 86,91% com o dispositivo. Na interação entre aspersor e RPM houve significância somente para os dados obtidos com o aspersor utilizando o dispositivo, cujo CUC calculado foi de 82,26% contra 88,27% sem o dispositivo. Como pode ser visto, esses resultados comprovam os dados de COELHO et al (1998) que afirmam que para espaçamentos menores uma maior velocidade de rotação é favorável e o uso do dispositivo diminui a rotação do aspersor.

FIGURA 28 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 12x12.



Fonte: Arquivo do autor, 2014

FIGURA 29 – Perfil tridimensional bocal 5,15mm 200kPa espaçamento 12x12 com dispositivo.



Fonte: Arquivo do autor, 2014

Tabela 9. Análise de variância CUC espaçamento 13x13

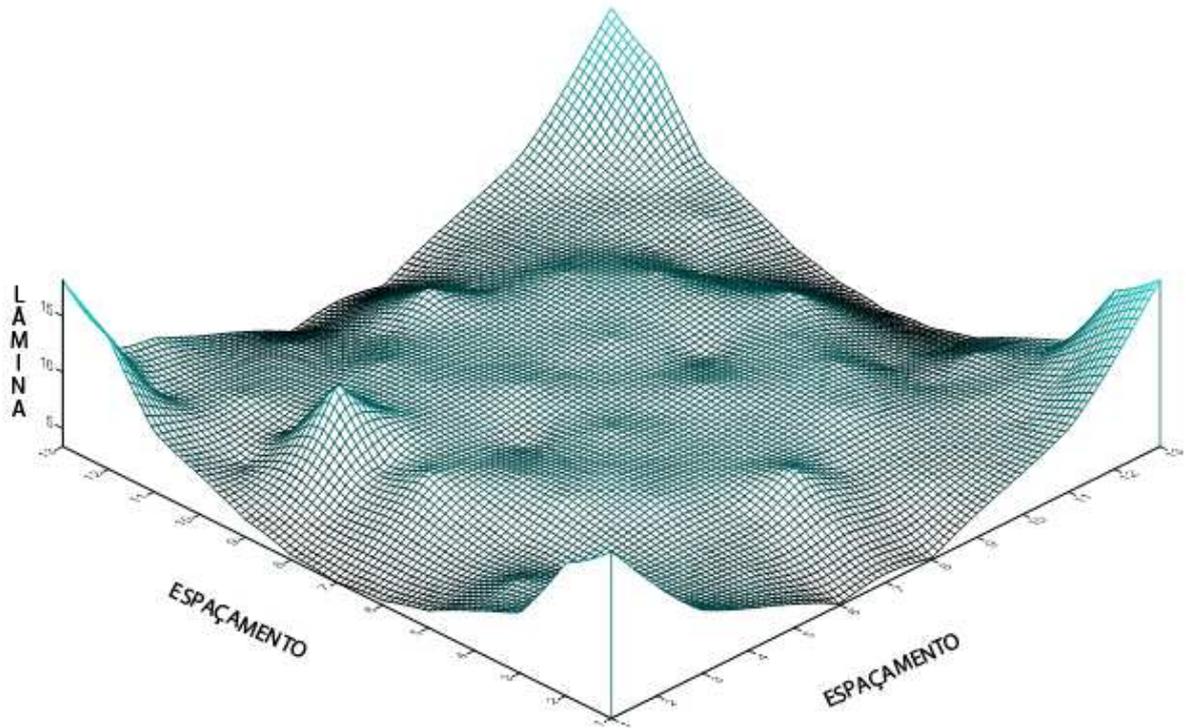
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ASPERSOR	1	6.020833	6.020833	0.352	0.5567
BOCAL	3	650.562500	216.854167	12.669	0.0000*
PRESSAO	1	143.520833	143.520833	8.385	0.0063*
PRESSAO*ASPERSOR	1	77.520833	77.520833	4.529	0.0401*
PRESSAO*BOCAL	3	58.562500	19.520833	1.140	0.3455
ASPERSOR*RPM	1	2.282197	2.282197	0.133	0.7171
Erro	37	633.342803	17.117373		
Total corrigido		47	1571.812500		
CV (%) =	4.96				
Média geral:	83.4375000 Número de observações: 48				

\*Apresentaram significância no teste Scott-Knott a 5%

Ao se analisar a tabela 9 pode-se concluir que houve significância entre os bocais, pressão e na interação pressão versus aspersion sendo que o bocal que apresentou pior desempenho foi o de 3,97mm com CUC de 77,25% (figura 30) sendo que a melhor pressão foi de 300kPa com um CUC de 85,16% (figura 31). Na interação entre pressão e aspersion houve significância no aspersion que não utilizava

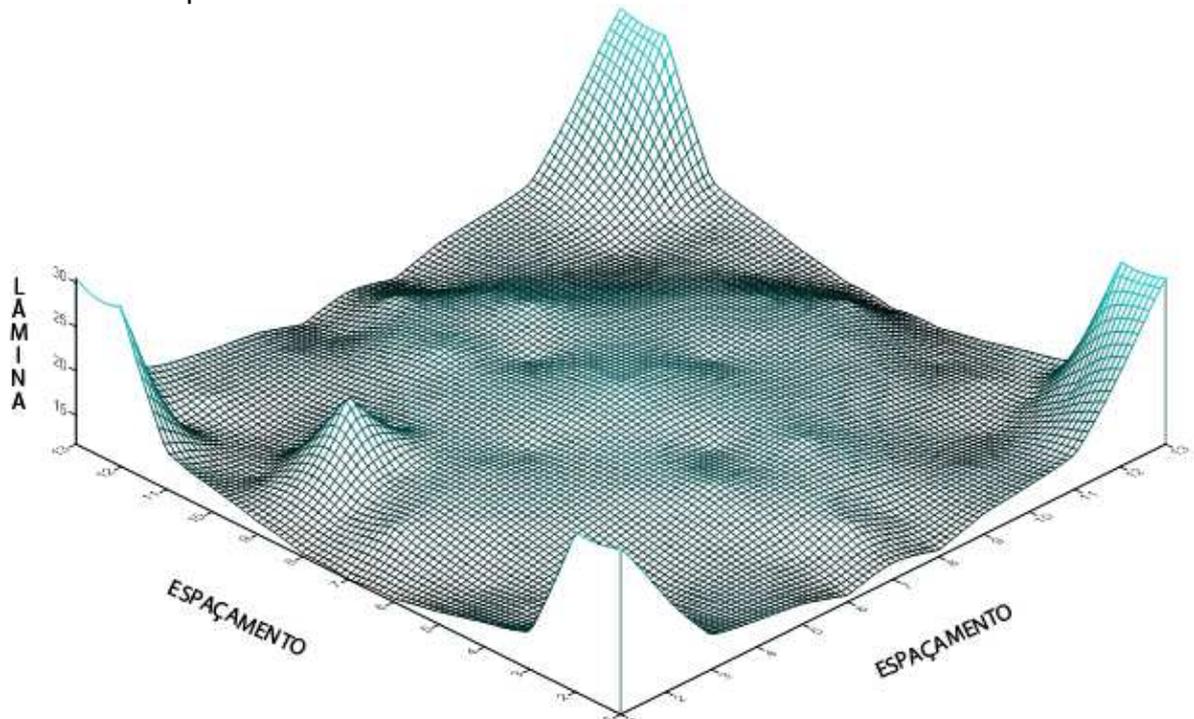
o dispositivo de controle de rotação, sendo que piorou o CUC de 86,08% sem o dispositivo para 80,08% com o dispositivo na pressão de 300kPa. Como pode ser visto, esses resultados comprovam os dados de COELHO et al (1998) que afirmam que para espaçamentos menores uma maior velocidade de rotação é favorável e o uso do dispositivo diminui a rotação do aspersor.

FIGURA 30 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 13x13.



Fonte: Arquivo do autor, 2014

FIGURA 31 – Perfil tridimensional bocal 5,15mm 300kPa espaçamento 13x13 sem dispositivo.



Fonte: Arquivo do autor, 2014.

Tabela 10. Análise de variância CUC espaçamento 14x14

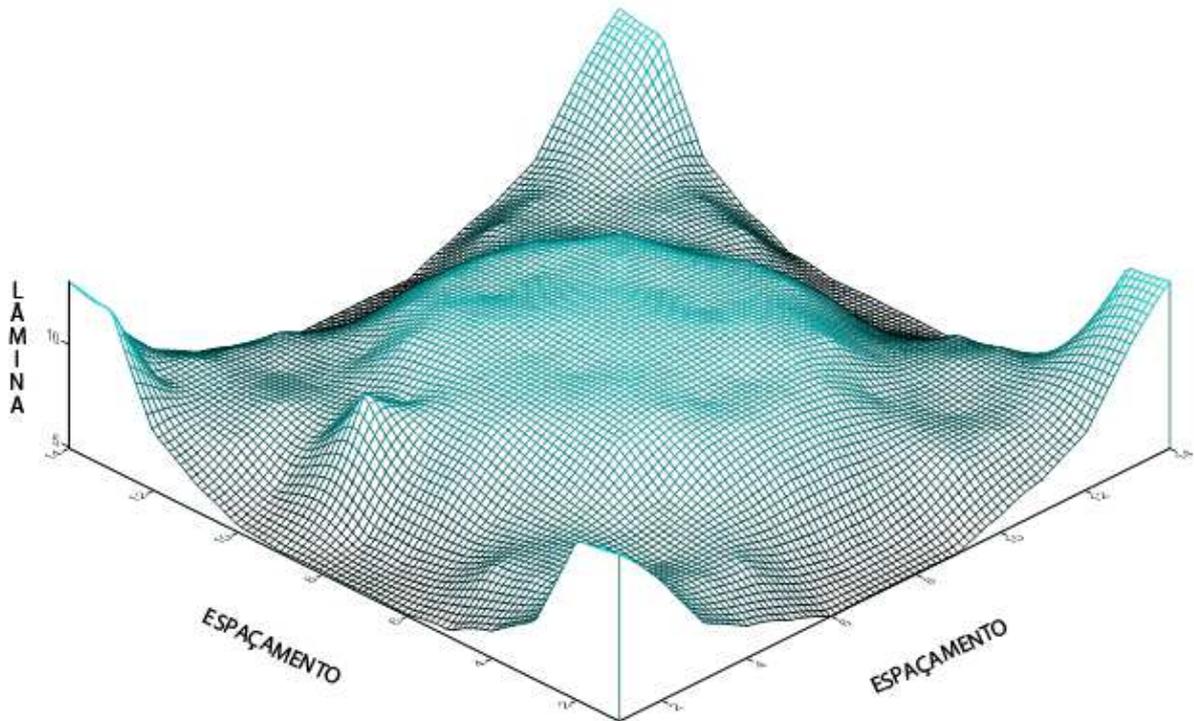
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ASPERSOR	1	15.187500	15.187500	1.811	0.1866
BOCAL	3	296.729167	98.909722	11.794	0.0000*
PRESSAO	1	229.687500	229.687500	27.388	0.0000*
PRESSAO*ASPERSOR	1	6.020833	6.020833	0.718	0.4023
PRESSAO*BOCAL	3	34.395833	11.465278	1.367	0.2679
ASPERSOR*RPM	1	-9.338	-9.338	-1.113	0.9975
Erro	37	310.296338	8.386388		
Total corrigido	47	882.979167			
CV (%) =	3.71				
Média geral:	78.0208 Número de observações: 48				

\*Apresentaram significância no teste Scott-Knott a 5%

Ao se analisar a tabela é possível observar que houve significância somente entre os bocais e a pressão sendo que o bocal que apresentou pior desempenho foi o de 3,97mm com CUC de 73,83% (figura 32) e a melhor pressão foi de 300kPa com um CUC de 80,20% (figura 33). Como pode ser visto, esses resultados comprovam os dados de Azevedo et al. (2000) que afirmam que a pressão de operação do

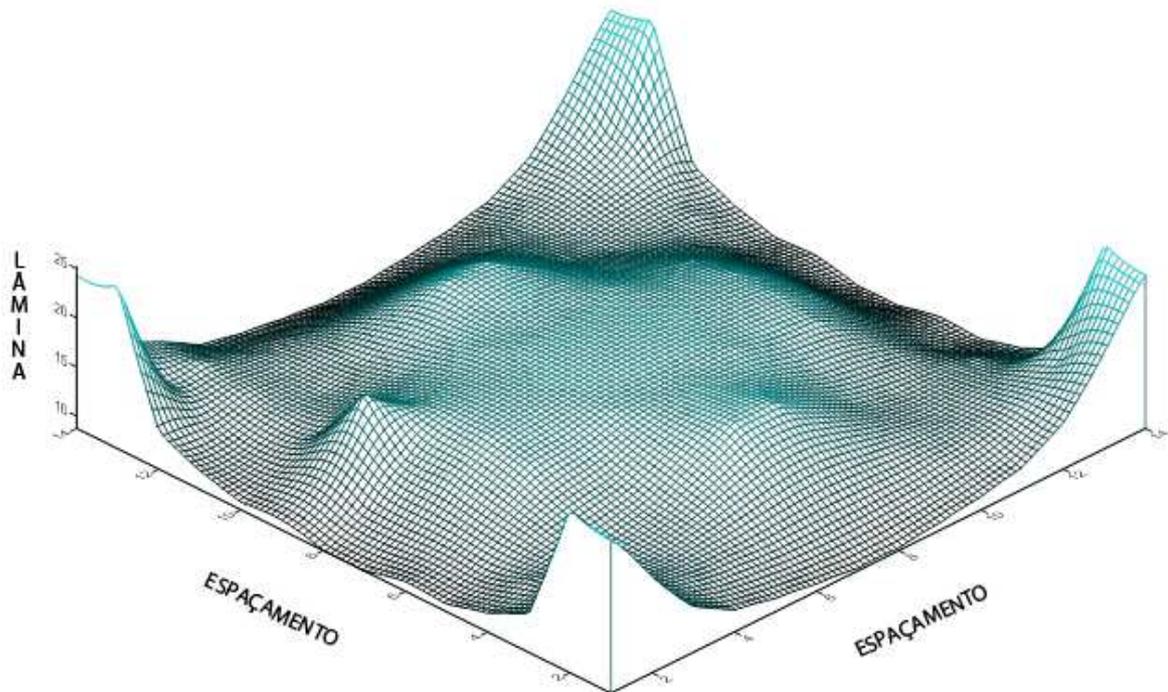
aspersor e a velocidade de rotação são os fatores que mais influenciam na uniformidade de aplicação da água.

FIGURA 32 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 14x14



Fonte: Arquivo do autor, 2014

FIGURA 33 – Perfil tridimensional bocal 5,15mm 300kPa espaçamento 14x14 sem dispositivo.



Fonte: Arquivo do autor, 2014.

Tabela 11. Análise de variância CUC espaçamento 15x15

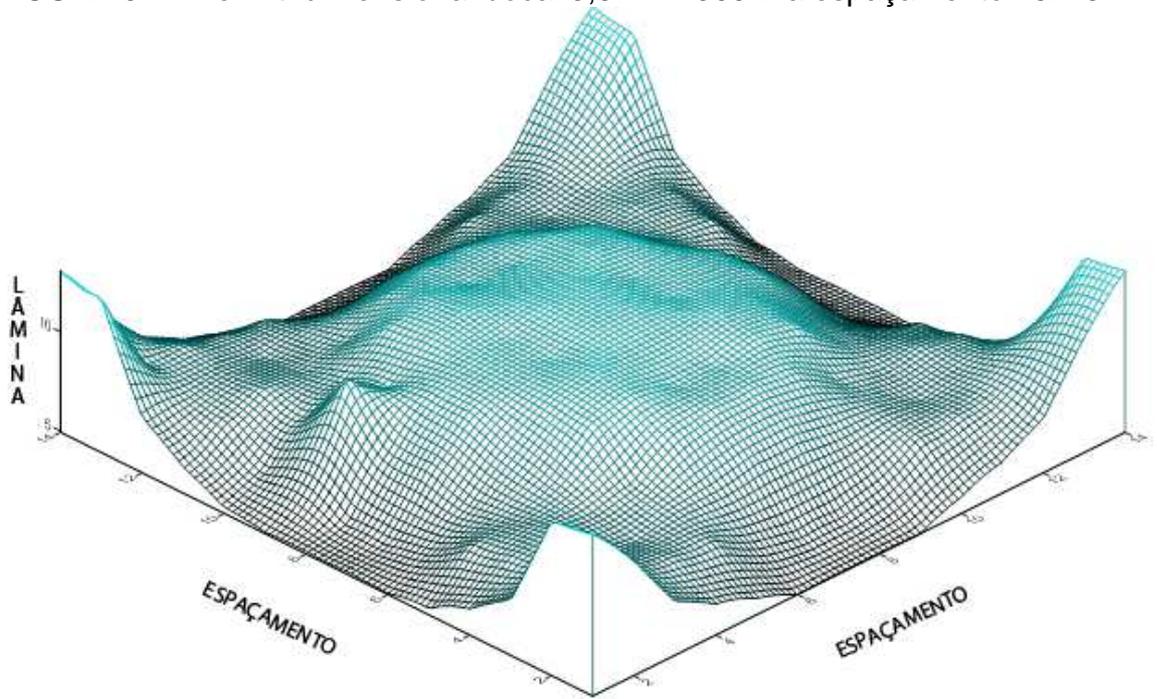
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ASPERSOR	1	7.520833	7.520833	1.011	0.3211
BOCAL	3	167.229167	55.743056	7.496	0.0005*
PRESSAO	1	67.687500	67.687500	9.102	0.0046*
PRESSAO*ASPERSOR	1	2.520833	2.520833	0.339	0.5640
PRESSAO*BOCAL	3	7.729167	2.576389	0.346	0.7919
ASPERSOR*RPM	1	7.966035	7.966035	1.071	0.3074
Erro	37	275.158965	7.436729		
Total corrigido	47	535.812500			
CV (%) =	3.61				
Média geral:	75.4375000				Número de observações: 48

\*Apresentaram significância no teste Scott-Knott a 5%

Ao se analisar a tabela 11 pode-se concluir que houve significância somente entre os bocais e a pressão sendo que o bocal que apresentou pior desempenho foi o de 3,97mm com CUC de 72,25% (figura 34) e a melhor pressão foi de 300kPa com um CUC de 76,62% (figura 35). Como pode ser visto, esses resultados comprovam os dados de Azevedo et al. (2000) que afirmam que a pressão de operação do

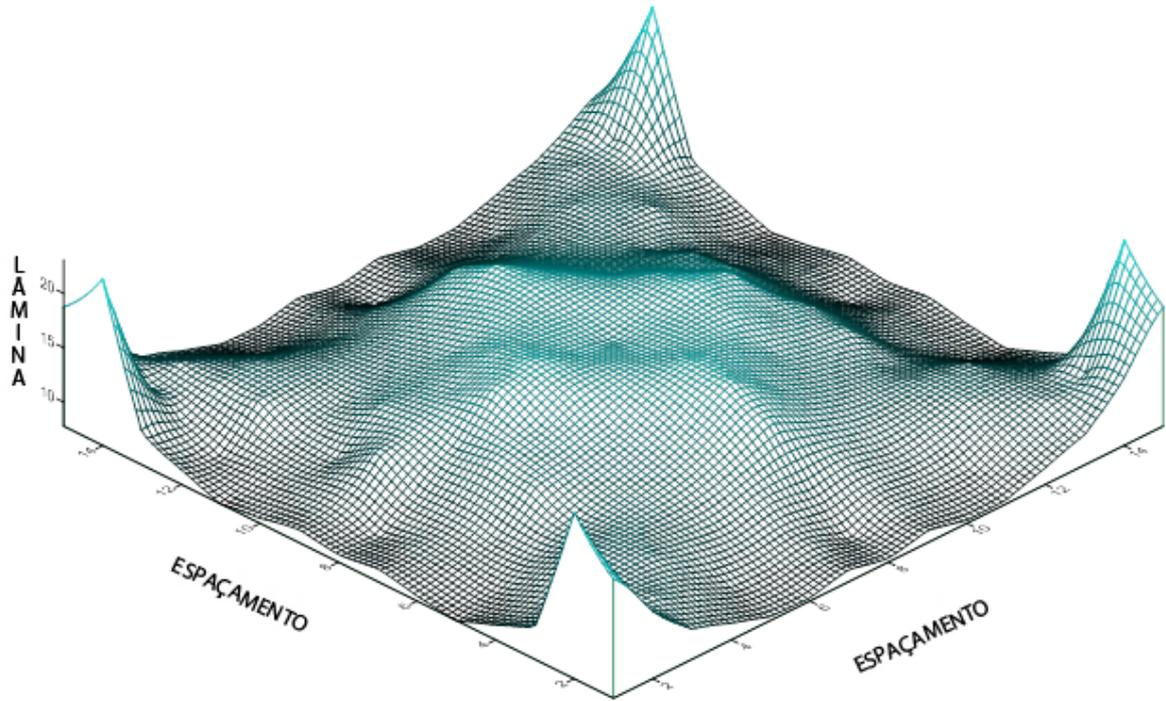
aspersor e a velocidade de rotação são os fatores que mais influenciam na uniformidade de aplicação da água.

FIGURA 34 – Perfil tridimensional bocal 3,97mm 300kPa espaçamento 15x15



Fonte: Arquivo do autor, 2014.

FIGURA 35 – Perfil tridimensional bocal 5,15mm 300kPa espaçamento 15x15 sem dispositivo.



Fonte: Arquivo do autor, 2014.

## 5. CONCLUSÕES

Nas condições em que foram realizadas as avaliações do aspersor e seus respectivos bocais, os resultados encontrados nos permitem as seguintes conclusões:

Para todas as condições, o bocal que apresentou o pior desempenho foi o de menor diâmetro, 3,97mm.

Para a maioria das condições, a melhor pressão de operação foi a de 300kPa e o bocal que apresentou melhor desempenho em todas as condições foi o de 5,16mm, apesar de apresentar diferença estatística apenas em relação ao aspersor de 3,97mm.

Para a maioria dos casos o dispositivo mecânico de controle de rotação melhorou o CUC do aspersor.

Para a maioria dos casos a melhor pressão de operação foi a de 300 KPa.

## **6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS**

Na pressão de 300kPa o perfil de distribuição não foi consideravelmente afetado, por isso é recomendada uma reavaliação do aspersor com diferentes pressões maiores que 300kPa.

Também recomenda-se uma avaliação do dispositivo operando em diferentes condições de velocidade de vento em ambiente controlado, para verificar se o dispositivo afeta de alguma forma o CUC para essas situações.

## 7. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G., MERKLEY, G. P. **Sprinkler application uniformity and efficiency calculation software** (Catch 3d, v.3.50b). Logan: Utah State University. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR/ISO 7749-1**. Equipamentos de irrigação agrícola -Aspersores rotativos - Parte 1: Requisitos para projetos e operação. Rio de Janeiro, Brasil, 2000. 12p.

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.

BARRETO, A. C. **Efeito da forma do orifício do bocal de um aspersor de baixa pressão no coeficiente de uniformidade de Christiansen**. Lavras: UFLA, 1997. 45 p. (Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola).

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa:editora UFV, 2008. 625 p.

BISCARO, G. A. **Sistemas de irrigação por aspersão**. Dourados, MS: editora UFGD, 2009. 134 p.

BRASIL, Ministério da Integração Nacional. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **A irrigação no Brasil**. Disponível em: <[http://www.codevasf.gov.br/programas\\_acoes/irrigacao/a-irrigacao-e-o-nosso-pais](http://www.codevasf.gov.br/programas_acoes/irrigacao/a-irrigacao-e-o-nosso-pais)>. Acesso em: 02 fev. 2014.

CARVALHO, J. A. **Tamanho de gotas e uniformidade de distribuição de água de dois aspersores de média pressão**. Viçosa: UFV, 1991. 73p. (Tese – Mestrado em Irrigação e Drenagem).

CESAR, J. H. F.; ROCHA, F. A.; da SILVA, A.M., de MELLO, C. R. **Desempenho hidráulico e diâmetro de gotas de um canhão do tipo turbina**. Irriga, Botucatu, v. 10, n.2, p. 193-204, maio-julho, 2005.

CHRISTIANSEN, E.J. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942. 42p.(Bullettin,670).

CHRISTOFIDIS, D. **Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos**. Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília: ABID, n.54, p. 46-55, 2002.

COELHO, R. D.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A. **Simulação da produtividade de batata em função da regulagem do aspersor (sistema portátil)**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.3, p.273-277, 1998 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. **Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água.** Bahia Agrícola. Bahia, v.7, n.1, p. 57-60, set. 2005.

DUARTE, L. F. C. **Sistema Automatizado Georreferenciado Sem Fio para Irrigação Localizada Auxiliado por Sensor de Umidade do Solo.** 2010. 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas.

EMBRAPA MILHO E SORGO, Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. **Circular Técnica 22.** 1. ed. Sete Lagoas. Editora Embrapa, p. 65-88, 2003.

FARIA, L. C.; COLOMBO, A.; OLIVEIRA, H. F. E.; PRADO, G. do. **Simulação da uniformidade da irrigação de sistemas convencionais de aspersão operando sob diferentes condições de vento.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.29, n.1, p.19-27, jan./mar. 2009

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system.** Ciência e Agrotecnologia (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FRIGO, J., P. **Controle do processo da irrigação no sistema de aspersão convencional em Palotina-PR.** CASCAVEL: UNIOESTE, 2012. 58p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Agrícola.

GOLDEN SOFTWARE, **Surfer version 7.0,** Golden, 1999, Software.

GONÇALVES, R. A. B.; MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M.; SOUZA, L. O. C. de, **Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada: avaliação da uniformidade de aplicação de água.** Brazilian Journal of Irrigation and Drainage, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 402 - 414, jul – set. 2006.

GOMES, H.P. **Engenharia de Irrigação: Hidráulica dos Sistemas Pressurizados, Aspersão e Gotejamento.** João Pessoa: Universidade Federal do Paraíba, 1994. 344p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D.; **Sprinkle and Trickle Irrigation.** Chapman-Hall, Publishers, 1990, Utah State University, Copyright to 2009. 314p.

KING, B.A.; TARKALSON, D.D.; BJORNEBERG, D.L.; TABERNA, J.P. Planting System Effect on Yield Response of Russet Norkotah to Irrigation and Nitrogen under High Intensity Sprinkler Irrigation. **American Journal of Potato Research,** v. 88, n. 2, p. 121-134, 2011.

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

OLITTA, A. F. L. **Os métodos de irrigação.** São Paulo, Ed. Nobel, 1977, 267p

PEREIRA, G. M. **Simulação das perdas de água por evaporação e uniformidade de distribuição na irrigação por aspersão**. Viçosa: UFV, 1995. 95p. (Tese – Doutorado em Irrigação e Drenagem).

PEREIRA, G. M. **Irrigação por aspersão convencional**. UFLA –FAEPE, 2001, 89p. (Textos Acadêmicos).

PLAYÁN, E.; ZAPATA, N.; FACI, J. M.; TOLOSA, D.; LACUEVA, J. L.; PELEGRÍN, J.; SALVADOR, R.; SÁNCHEZ, I.; LAFITA, A.; **Assessing sprinkler irrigation uniformity using a ballistic simulation model**. Agricultural Water Management. v.84, p. 89 – 100, 2006.

REZENDE, R.; FRIZZONE, J.A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L. de. **Influência do espaçamento entre aspersores na uniformidade de distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.3, p.257-261, 1998 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.

SOUZA, E. A. M.; SOUZA, P.C.; VILAS BOAS, M. A. **Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional fixo e gotejamento em vila rural**. Irriga, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 47-62, janeiro-março, 2008

VILLAS BOAS, M.A. **Análise de métodos de amostragem da distribuição espacial de água de aspersores rotativos**. Lavras: UFLA, 1994. 121p. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem).

WUTKE, E.B.; ARRUDA, F.B.; FANCELLI, A.L.; PEREIRA, J.C.N.A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G.M.B. **Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 621-633, 2000.

## 8. ANEXOS

### ANEXO A – Catálogo do fabricante.



#### 46H

3/4" (20mm) Círculo Total, Aspersor de Impacto em Plástico

Acoplamento: NPT rosca macho de 3/4 polegada em plástico  
 Ângulo da Trajetória: 23°  
 Pressão de operação: 3.0-5.5 bar  
 Vazão: 1.12-3.68 m³/h  
 Raio: 14.2-18.1 metros

#### CARACTERÍSTICAS

- Corpo e Braço em Plástico Delrin™
- Eixo de sustentação e molas em Aço Inoxidável
- Anéis de vedação em Teflon™ resistentes a ação de produtos químicos
- Opção de bocais em latão e plástico com raios
- Duplo encaixe para bocais
- Dois anos de garantia

#### BENEFÍCIOS

- Anéis de vedação em Teflon™ permitem o uso de bocais menores e baixas pressões
- Resistente a ação do meio ambiente e produtos químicos
- Oferece várias opções de vazão
- Feito para durar



#### DADOS DE DESEMPENHO

46H

Bocal Principal Tipo Orifício em Plástico com Aletas Internas (SBN-3P)  
 Bocal Secundário com Tampão (Altura do Jato: 2.1m)

Pressão no Bocal	ABERTURA DO BOCAL														
	3.97 mm (5/32")			4.37 mm (11/64")			4.76 mm (3/16")			5.16 mm (13/64")			5.56 mm (7/32")		
	Raio (m)	Vazão (lps)	Vazão (m³/h)	Raio (m)	Vazão (lps)	Vazão (m³/h)	Raio (m)	Vazão (lps)	Vazão (m³/h)	Raio (m)	Vazão (lps)	Vazão (m³/h)	Raio (m)	Vazão (lps)	Vazão (m³/h)
3.0	14.2	0.31	1.12	14.6	0.38	1.38	15.7	0.43	1.55	16.5	0.50	1.81	15.9	0.57	2.05
3.5	14.5	0.33	1.18	15.0	0.40	1.45	16.0	0.47	1.68	17.0	0.54	1.93	16.5	0.60	2.17
4.0	15.0	0.35	1.25	15.5	0.42	1.51	16.3	0.50	1.80	17.5	0.57	2.06	17.0	0.65	2.33
4.5	15.2	0.37	1.33	15.7	0.45	1.63	16.7	0.53	1.90	18.0	0.61	2.18	17.5	0.68	2.45
5.0	15.4	0.39	1.40	16.0	0.48	1.73	17.1	0.56	2.00	18.5	0.64	2.30	17.9	0.71	2.55
5.5	15.7	0.41	1.48	16.2	0.51	1.84	17.5	0.58	2.10	18.8	0.67	2.41	18.1	0.74	2.66

Bocal Principal Tipo Orifício em Plástico com Aletas Internas (SBN-3P)  
 Bocal Secundário de Curto Alcance (LAN-1) (Altura do Jato: 2.1m)

Pressão no Bocal	ABERTURA DO BOCAL														
	3.97 mm x 2.18 mm (5/32" x 3/32") 7°			4.37 mm x 2.18 mm (11/64" x 3/32") 7°			4.76 mm x 3.18 mm (3/16" x 1/8") 7°			5.16 mm x 3.18 mm (13/64" x 1/8") 20°			5.56 mm x 3.18 mm (7/32" x 1/8") 20°		
	Raio (m)	Vazão (lps)	Vazão (m³/h)	Raio (m)	Vazão (lps)	Vazão (m³/h)	Raio (m)	Vazão (lps)	Vazão (m³/h)	Raio (m)	Vazão (lps)	Vazão (m³/h)	Raio (m)	Vazão (lps)	Vazão (m³/h)
3.0	14.2	0.41	1.47	14.6	0.47	1.69	15.7	0.63	2.27	16.5	0.71	2.56	15.9	0.79	2.84
3.5	14.5	0.44	1.59	15.0	0.51	1.82	16.0	0.68	2.45	17.0	0.76	2.75	16.5	0.85	3.05
4.0	15.0	0.47	1.68	15.5	0.54	1.93	16.3	0.72	2.60	17.5	0.81	2.92	17.0	0.90	3.24
4.5	15.2	0.49	1.77	15.7	0.56	2.03	16.7	0.76	2.73	18.0	0.86	3.08	17.5	0.94	3.40
5.0	15.4	0.52	1.87	16.0	0.59	2.12	17.1	0.79	2.85	18.5	0.89	3.21	17.9	0.99	3.55
5.5	15.7	0.54	1.96	16.2	0.61	2.20	17.5	0.82	2.95	18.8	0.93	3.33	18.1	1.02	3.68

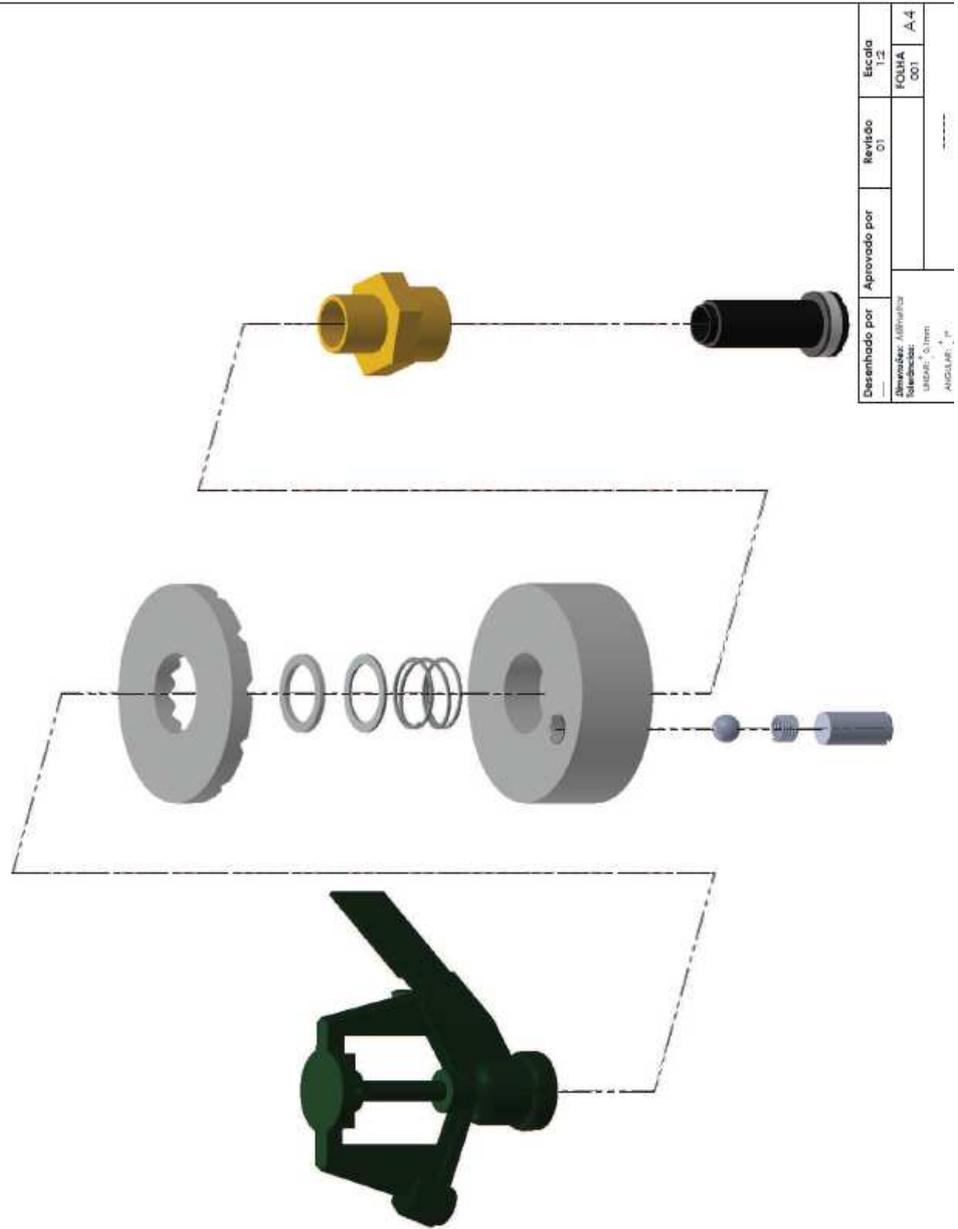
#### INFORMAÇÃO DE PEDIDOS E NÚMERO DAS PARTES

Exemplo de Pedido	ESCOLHA O ASPERSOR NA TABELA 1	ESCOLHA O TAMANHO DO BOCAL NA TABELA 2	JUNTE OS DOIS VALORES PARA CRIAR O NÚMERO DA PARTE
Para pedir um aspersor 46H com um Bocal Principal Tipo Orifício de 4.37mm em Latão e Bocal Secundário de Curto Alcance de 2.38mm ângulo baixo 7°, o número da parte seria:	L46031-	06-11	L46031-06-11

Tabela 1	NÚMERO DA PARTE: PRIMEIRA METADE
<b>ASPERSOR SOMENTE/ PLUG</b>	
Aspersor sem o Bocal	L46000
Aspersor sem o Bocal + Tampão	L46020
<b>ASPERSOR COM BOCAL INSTALADO</b>	
Aspersor com SBN-3 e Tampão	L46021-
Aspersor com SBN-3P e Tampão	L46025-
<b>ASPERSOR COM COMBINAÇÃO DE BOCAIS INSTALADOS</b>	
Aspersor com SBN-3 e LAN-1	L46031-
Aspersor com SBN-3V e LAN-1	L46032-
Aspersor com SBN-3P e LAN-1	L46030-

Tabela 2	NÚMERO DA PARTE: SEGUNDA METADE							
BOCAL	2.38 mm	3.18 mm	3.97 mm	4.37 mm	4.76 mm	5.16 mm	5.56 mm	
Bocal Tipo Orifício em Latão (105842-)	SBN-3	-	-	10	11	12	13	14
Bocal Tipo Orifício com Raio em Latão (105131-)	SBN-3V	-	-	10	11	12	13	14
Bocal Tipo Orifício em Plástico com raios (71-P00002-)	SBN-3P	-	-	10	11	12	13	14
Bocal de Curto Alcance, ângulo baixo 7° em Latão (100225-)	LAN-1-7	06	08	-	-	-	-	-
Bocal de Curto Alcance, ângulo baixo 20° em Latão (100226-)	LAN-1-20	06	08	-	-	-	-	-
Tampão Plástico (71-P00001) Tampão em Latão (100225)	Os números de Bocais em <b>Negrito</b> refletem as escolhas mais comuns.							

ANEXO B – Detalhamento dispositivo.



Desenhado por	Aprovado por	Revisão	Escala
Desenhado por: ABR/2012		01	1:2
Revisão:			FOLHA
UNID: 0,1mm			001
ANGULO: 1°			A4

## ANEXO C – Dados para processamento estatístico.

Aspersor	Bocal	Pressão	Repetição	Tempo p/rot	Cuc 8	Cuc 9	Cuc 10	Cuc 11	Cuc 12	Cuc 13	Cuc 14	Cuc 15
1	1	1	1	00:56,2	87,7	81,4	76,2	77,1	82	79,8	74,8	73,4
1	1	1	2	00:55,3	85,7	80,3	73,8	73,6	80,7	77,3	71,7	70,2
1	1	1	3	00:53,9	83,6	78,3	70,7	71,7	78,7	76	69,2	67,4
1	2	1	1	00:47,1	92,6	87,2	81,2	87,3	89,7	83,9	78,6	80
1	2	1	2	00:44,6	91,9	87,3	81,4	85,4	91,1	84,9	79,1	79,1
1	2	1	3	00:46,6	91,7	87,8	80,6	85,2	90,2	83,9	78,5	70,3
1	3	1	1	00:32,1	91,4	87,5	77,6	77,7	88,1	83,2	73,3	69,3
1	3	1	2	00:32,7	92,8	90	82,9	85	93	85,3	79,3	77,4
1	3	1	3	00:33,0	92	90,3	82,3	86,6	91,9	84,7	79,1	77,9
1	4	1	1	00:28,4	87,9	87,2	81,5	80,2	87	83,4	75,6	73,9
1	4	1	2	00:26,9	92,5	92	86	81,7	89,2	89,6	81,1	76,7
1	4	1	3	00:28,3	91,6	91,9	84,8	80,8	89,2	87,9	79,8	75,1
1	1	2	1	01:06,9	80,7	73,1	68,5	66,8	68,1	69,4	71	69,6
1	1	2	2	01:08,3	81,9	75	71,6	69,2	71,3	72,8	73,2	71,1
1	1	2	3	01:07,8	82,6	75,4	72,2	70,4	71,2	72,4	73,7	72,2
1	2	2	1	01:00,4	85,2	80,8	79	76,7	78,6	79,7	78,2	76,2
1	2	2	2	01:01,4	84,5	81,2	78,3	78,2	81,2	80,7	78,5	75,3
1	2	2	3	01:00,5	93,6	91,5	86,7	85,9	90,8	88,4	82,8	81,2
1	3	2	1	00:43,7	92,4	91,5	85,1	80,5	87,1	88,7	79,6	74,5
1	3	2	2	00:44,8	94,6	93,5	87,8	83	87,2	91,2	83,1	78,2
1	3	2	3	00:42,8	95,1	93,4	88,7	83,4	85,5	91,8	85,5	79,4
1	4	2	1	00:37,0	97	95,2	90	87,8	91,9	92,4	85,8	72,2
1	4	2	2	00:37,8	95,5	94,2	90,2	87,7	90,5	91,5	85,7	81,2
1	4	2	3	00:37,2	96,3	94,6	90,7	88,7	91,6	92	86	81,6
2	1	1	1	01:13,7	87,7	81,4	76,2	77,1	82	79,8	74,8	73,4
2	1	1	2	01:13,8	86,2	75,8	75,1	84,8	77,3	68,3	66,7	70,1
2	1	1	3	01:12,6	89,6	78,5	76,4	85,8	82	74,6	70,8	71,8
2	2	1	1	01:07,5	92,5	85,5	77,7	84,3	88,8	80,8	73,9	73,7
2	2	1	2	01:06,1	91,9	89,9	84,4	84	91,4	84,9	79,4	77
2	2	1	3	01:12,4	91,5	90,2	83,9	83,8	91,3	85,1	79,6	77,2
2	3	1	1	00:43,2	92,4	86,3	77,8	81,5	89	82,8	75,3	73,9
2	3	1	2	00:43,5	91,3	82	77,3	86	87,1	78	74,3	74,6
2	3	1	3	00:42,4	92,1	88,9	81	81,1	90,3	85,3	78,3	75,2
2	4	1	1	00:42,2	90,3	86,6	80,8	83,8	90,3	82,1	76,1	74
2	4	1	2	00:43,9	93	86,8	80,1	85,6	89,3	81	76,3	75,7
2	4	1	3	00:43,3	91,2	82,8	80,2	89,5	86,1	77,6	74,1	75,6
2	1	2	1	01:03,1	91,8	90,3	83,9	83,4	91,3	86,2	80,1	76,9
2	1	2	2	01:02,0	92,7	90	84,7	84,7	91,8	85,6	79,8	77,3
2	1	2	3	00:58,9	91,4	89,3	82,9	82,7	90,5	85,2	79	75,3
2	2	2	1	00:52,7	91,3	89,8	82,9	82,9	90,8	85	79,2	77
2	2	2	2	00:51,8	91,6	90,2	83,6	83	90,6	85,4	79,5	76,7
2	2	2	3	00:51,9	91,4	91,4	85,4	83,3	90,4	87,1	80,5	77,4
2	3	2	1	00:37,3	92,4	89,3	83,6	83,1	91	86	79,1	76,1
2	3	2	2	00:39,1	92,4	86,9	82,7	88,6	89	81,8	77,8	77,9
2	3	2	3	00:36,0	93,8	91	86	83,5	90,1	88,6	80,6	77,7
2	4	2	1	00:33,3	93,5	90	84,7	85	90,5	85,9	80,8	79
2	4	2	2	00:31,0	93,1	90,3	85,6	84,4	89,8	87,7	81,4	78,5
2	4	2	3	00:31,7	91,9	91	84,8	81,8	87,9	87,5	81	76,7