



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO DE AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO
UTILIZANDO A COMBINAÇÃO DE PRESSÃO/INDUÇÃO DE AR E DE
SURFACTANTE**

LEONARDO ZIMMER NASCIMENTO

BRASÍLIA - DF
Dezembro de 2011



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO DE AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO
UTILIZANDO A COMBINAÇÃO DE PRESSÃO/INDUÇÃO DE AR E DE
SURFACTANTE**

LEONARDO ZIMMER NASCIMENTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Banca Examinadora da Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária como
exigência final para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Faggion

BRASÍLIA - DF

Dezembro de 2011



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO DE AGRONOMIA

**AValiação de um sistema de irrigação por microaspersão
utilizando a combinação de pressão/indução de ar e de
surfactante**

LEONARDO ZIMMER NASCIMENTO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADO À BANCA
EXAMINADORA DA FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA COMO EXIGÊNCIA FINAL PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
BACHAREL EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA.

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

FRANCISCO FAGGION, Dr. Universidade de Brasília
Prof. da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB
(ORIENTADOR)

IVANO ALESSANDRO DEVILLA, Dr. Universidade de Brasília
Prof. da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB
(EXAMINADOR)

ELAINE CAETANO SANTOS, Eng. Agrônoma
(EXAMINADOR)

BRASÍLIA - DF

Dezembro de 2011

FICHA CATALOGRÁFICA

NASCIMENTO, LEONARDO ZIMMER. **AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO UTILIZANDO A COMBINAÇÃO DE PRESSÃO/INDUÇÃO DE AR E DE SURFACTANTE**. Brasília, 2011. Orientação de Francisco Faggion. Trabalho de Conclusão de Curso Agronomia – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. 27 p.: il.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NASCIMENTO, L. Z. **Avaliação de um sistema de irrigação por microaspersão utilizando a combinação de pressão/indução de ar e de surfactante**. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília; 2011. 27 p. Monografia de Conclusão de Curso.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Leonardo Zimmer Nascimento

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (GRADUAÇÃO):
**AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO
UTILIZANDO A COMBINAÇÃO DE PRESSÃO/INDUÇÃO DE AR E DE
SURFACTANTE**

GRAU: Engenheiro Agrônomo; Ano: 2011

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam-se os outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito dos autores.

Leonardo Zimmer Nascimento

BRASÍLIA - DF

Dezembro de 2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, aos amigos, ao Professor e Orientador Francisco Faggion, ao Professor Carlos Alberto da Silva Oliveira pelo apoio, paciência e dedicação durante a realização da pesquisa e a todos os colegas de curso, que de alguma maneira contribuíram para minha formação e para a realização deste trabalho.

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível.”

(São Francisco de Assis)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS	II
LISTA DE ANEXOS	III
RESUMO	IV
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS	03
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	04
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
6. CONCLUSÃO.....	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
8. ANEXOS.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição do volume total de água captado por setor	4
Figura 2. Evolução das áreas irrigadas no Brasil.....	5
Figura 3. Esquema de um indutor de ar venturi	7
Figura 4. Aspecto de uma gota d'água com inserções (bolhas) de ar	8
Figura 5. Croqui do sistema de irrigação desenvolvido	12
Figura 6. Detalhe do conjunto motobomba de 551,62 watts.	12
Figura 7. Detalhe do manômetro com faixa de pressão de 0 à 686,47 kPa.....	13
Figura 8. Detalhe do aparelho venturi modelo 584 MIC $\frac{3}{4}$ BSPT.	13
Figura 9. Detalhe do microaspersor da <i>Rain bird</i> modelo QN-05 preto “E”	14
Figura 10. Detalhe da proveta de PVC graduadas à 250 mL	14
Figura 11. Conjunto de teste constando de reservatórios, motobomba, mangueiras, registros, indutor de ar do tipo venturi e manômetro	16
Figura 12. Conjunto de teste constando de microaspersor, superfície coletora com seis telhas de plástico transparente, calha coletora e provetas graduadas	17
Figura 13. Volume coletado de líquido aspergido à determinada distância em função das pressões de trabalho usadas e da concentração de Agral (A1 = 0,000%)	22
Figura 14. Volume coletado de líquido aspergido à determinada distância em função das pressões de trabalho usadas e da concentração de Agral (A3 = 0,050%)	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo das análises de variância para a variável dependente posição de coleta de água do emissor, distanciadas entre si de 0,0935 m, a partir da extremidade (10) até a posição central do emissor (1), em dois lados de coleta, e em função das duas variáveis independentes: Pressão no emissor crescente/indução de ar decrescente (PI) e concentração de Agral (A). Média de três repetições.....18

Tabela 2. Volume coletado de água (mL) nas posições 1 a 10, do lado esquerdo do emissor, em função dos tratamentos de pressão crescente/indução de ar decrescente (PI), em kPa, e das concentrações de Agral trabalhadas (A1, A2, A3, A4 e A5, em %) com seus respectivos desvios padrões. Média de três repetições20

Tabela 3. Volume coletado de água (mL) nas posições 1 a 10, do lado direito do emissor, em função dos tratamentos de pressão crescente/indução de ar decrescente (PI), em kPa, e das concentrações de Agral trabalhadas (A1, A2, A3, A4 e A5, em %) com seus respectivos desvios padrões. Média de três repetições21

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Catálogo de microaspersores da <i>Rain Bird</i>	27
--	----

RESUMO

A irrigação por microaspersão possui alta eficiência de aplicação, requer baixa pressão, é de fácil operação e utiliza água retirada diretamente dos mananciais. Este trabalho visou desenvolver e avaliar um conjunto de teste pressurizado para aplicação de água por microaspersão, combinando o efeito de indução de ar às gotas, utilizando o efeito venturi, e de diferentes concentrações de um surfactante. Foi utilizado um conjunto motobomba com um indutor de ar na saída possibilitando ao microaspersor funcionar com a mistura de água e ar. Foi adicionado à água um surfactante capaz de prolongar a presença de ar nas gotas. O experimento foi conduzido na Fazenda Água Limpa pertencente à Universidade de Brasília, Brasília, DF. Foram utilizadas quatro pressões de trabalho com indução de ar decrescente (103,4; 137,9; 172,3 e 206,8 kPa) e cinco doses do surfactante agral (0,0; 0,025; 0,050; 0,075 e 0,1%). A análise estatística foi feita considerando os tratamentos distribuídos em blocos inteiramente casualizados. Concluí-se que: O conjunto de aplicação desenvolvido mostrou-se capaz de induzir ar e gerar gotas de líquido com ar em seu interior; Houve considerável indução de ar em toda faixa de pressão trabalhada; O surfactante provoca a redução do raio de aplicação da água; Há necessidade de mais trabalhos de pesquisa, especialmente para desenvolver microaspersores com indução individual, a exemplo das pontas de pulverização.

PALAVRAS-CHAVE: eficiência da irrigação; indução de ar; surfactante

1. INTRODUÇÃO

A água, que é essencial a vida, é um elemento necessário a diversas atividades humanas, além de constituir componente fundamental da paisagem e meio ambiente. Recurso de valor inestimável, ela apresenta utilidade múltiplas e torna-se indispensável à vida, por isso é de fundamental importância a discussão das relações entre homem e a água, uma vez que a sobrevivência das gerações futuras depende diretamente das decisões que hoje estão sendo tomadas. A pouca disponibilidade dos recursos hídricos e o crescimento populacional faz com que o homem procure técnicas avançadas para produção do seu alimento (LIMA et al., 2003).

A irrigação tem por finalidade o fornecimento controlado de água para as plantas em quantidade suficiente e no momento adequado, assegurando a produção, produtividade e a qualidade dos alimentos agropecuários. Normalmente ela complementa a precipitação natural, e também, pode ser utilizada para distribuição de produtos químicos diversos. A utilização da irrigação localizada por microaspersão tem aumentado devido ao baixo consumo de água. Mesmo assim, apresenta perdas no momento da aplicação especialmente por evaporação e deriva o que afeta a eficiência do uso da água.

A eficiência da aplicação da água no ar refere-se à relação entre o volume de água que sai do emissor e entra no ar e o volume que sai do ar e entra no solo através da sua superfície. A temperatura do ar, a umidade relativa, o vento, o tamanho da gota aspergida e o tempo de exposição à evaporação influenciam nesta eficiência. Podem-se obter altos índices de eficiência de aplicação da água no ar com o dimensionamento adequado do emissor, aumento do tamanho da gota e o manejo racional da água de irrigação.

Sendo assim, se toda a água aplicada no ar chegar à superfície do solo, em condições de ser aproveitada pela planta, a eficiência de aplicação será igual a 1,0 ou 100%. Os sistemas de irrigação localizada como gotejamento e microaspersão são os de mais alta eficiência de aplicação, requerem baixa pressão e apresentam facilidade de operação. Alguns resultados de pesquisa mostram que a eficiência de aplicação em sistemas pressurizados pode variar de 60% a 90%.

Portanto, a eficiência da agricultura irrigada está aquém do ideal, reduzindo substancialmente os benefícios decorrentes dos investimentos realizados na aplicação de

água. As produtividades médias alcançadas, a eficiência de utilização da água, o emprego de insumos modernos, a capacitação da mão-de-obra e a integração dos projetos com as cadeias produtivas são passíveis de melhoria substancial, podendo resultar em redução do consumo de água, economia de energia e geração de novos empregos (BRASIL, 2006).

Recentemente foram lançadas no mercado mundial pontas de pulverização com duas entradas, uma de líquido pressurizado e outra de ar, succionado pela passagem do líquido em alta velocidade em um venturi. São conhecidas por pontas com indução de ar que geram gotas com ar em seu interior. Como consequência ocorre o aumento no tamanho das gotas, redução da velocidade de deslocamento, a diminuição do impacto com a superfície do solo e redução da deriva em relação às pontas convencionais.

Devido à escassez e a quantidade necessária de água para a produção, a sua utilização para fins agropecuários tem sido questionada, forçando agricultores, sociedade em geral e governos a se organizarem para que o consumo seja reduzido de forma a que mais pessoas tenham acesso a esse recurso. Parece promissora a perspectiva de utilização de sistemas pressurizados por microaspersão com indução de ar visando o uso mais eficiente da água. Promissora também é a utilização de surfactante na água de irrigação por aumentar o tamanho da gota. Entretanto, o incipiente conhecimento das variáveis envolvidas exige o melhor estudo e quantificação tanto do processo de indução quanto de concentrações de surfactante visando reduzir as perdas por deriva em emissores pressurizados.

O principal ganho esperado com o desenvolvimento do sistema irrigado pressurizado por microaspersão é a redução do consumo de água devido à redução das perdas por deriva e evaporação. Como consequência há a possibilidade de diminuição dos conflitos gerados pela escassez de água e aumento da produção de alimentos, o que contribui para o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver e avaliar um conjunto de teste pressurizado para aplicação de água por microaspersão, combinando o efeito da pressão/indução de ar às gotas, utilizando o princípio de venturi, e de diferentes concentrações de um surfactante.

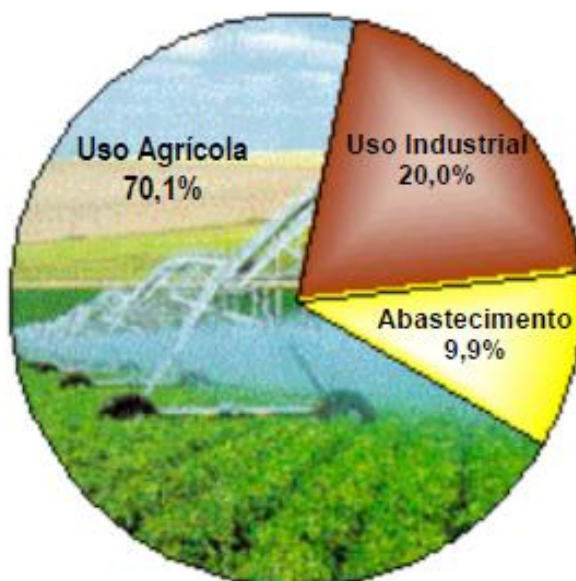
Os objetivos específicos foram:

- Desenvolvimento de um conjunto de teste pressurizado para aplicação de água por microaspersão que induza ar as gotas geradas;
- Determinação da faixa de pressão de trabalho em que ocorre indução de ar;
- Avaliação do conjunto de teste pressurizado desenvolvido quanto à eficácia da indução de ar;
- Estudo da influência do surfactante adicionado à água na redução do raio de aplicação e a consequente deriva das gotas e;
- Verificação da influência da pressão de trabalho na deposição de líquido.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produção agrícola é uma atividade de alta intensidade de uso da água e utiliza cerca de 70% de toda a água captada dos rios, lagos e aquíferos do mundo (Figura 1). Para a produção de uma tonelada de grãos são necessárias, aproximadamente, mil toneladas de água (1.000m^3), no mínimo, pois esse valor não considera as perdas devido à ineficiência dos sistemas de irrigação. A irrigação permite a obtenção de até três safras por ano em uma mesma área, o que faz com que essa prática tenha grande importância para a produção mundial de alimentos. As terras irrigadas, que atualmente representam aproximadamente 16% das terras cultivadas no mundo, são responsáveis pela produção de cerca de 40% dos alimentos (SETTI et al., 2001).

Figura 1. Distribuição do volume total de água captado por setor.

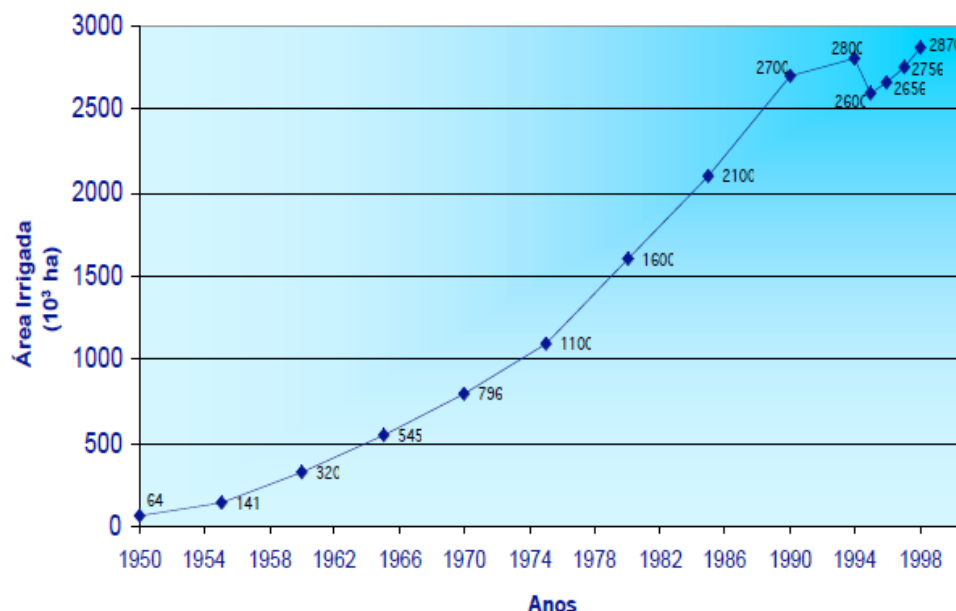


Fonte: Setti et al. (2001).

Ainda de acordo com Setti et al. (2001), sendo o setor de agricultura irrigada o maior usuário dos recursos hídricos e, devido ao seu crescimento acelerado no Brasil (Figura 2), a sua evolução deve ser mais bem monitorada para que novos conflitos pelo

uso da água sejam evitados mediante a implantação Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, como previsto na Lei nº 9.433, de 1997.

Figura 2. Evolução das áreas irrigadas no Brasil.



Fonte: LIMA et al. (2003).

A utilização da irrigação localizada tem sido preferida pelos agricultores em decorrência das suas vantagens em relação aos demais sistemas de irrigação, apesar de o seu custo de implantação ser maior inicialmente. Neste sistema, além do aumento da eficiência da aplicação de água, podem-se aplicar fertilizantes via água com baixos custos operacional e de manutenção (BORGES et al., 2009).

As perdas por evaporação e deriva (PED) são influenciadas pelas condições operacionais dos emissores e pelas variáveis meteorológicas locais. Quanto maior a pressão de serviço maior será o grau de pulverização das gotas emitidas e, consequentemente, maior será a susceptibilidade ao arraste pelo vento. Inversamente, quanto menor o bocal do emissor, menores serão as gotas, aumentando a possibilidade de arraste e evaporação durante o percurso entre o emissor e o solo (CONCEIÇÃO, 2005).

Ainda segundo Conceição (2005) essas perdas podem ser minimizadas durante a irrigação regulando-se os emissores para operarem dentro da faixa de pressão

recomendada pelo fabricante; utilizando-se equipamentos apropriados para condições de vento, com bocais maiores e menor ângulo de inclinação; e efetuando-se a aplicação de água durante os períodos de menor incidência de ventos e menor demanda atmosférica.

Silva & Silva (2005) descrevem que as perdas de água nos sistemas por microaspersão são, normalmente, maiores do que na irrigação por gotejamento. Isso ocorre devido à maior superfície molhada de solo e porque, na microaspersão, a água é lançada ao ar. Mesmo operando próximo a superfície do solo, os microaspersores têm sua uniformidade afetada significativamente pelo vento, resultando em arraste das gotas numa determinada direção. Sendo que quanto maior a distância percorrida pela gota maior o tempo de exposição à evaporação.

As moléculas de um líquido estão sujeitas as forças de adesão (ou adsorção, propriedade de um fluido ou íon em aderir às paredes de um corpo sólido) e de coesão (propriedade das moléculas de um fluido de atraírem-se). As forças de adesão possibilitam ao líquido aderir a outras substâncias enquanto as forças de coesão possibilitam ao líquido resistir a forças realizadas sobre ele e a manter a sua forma. Quando uma molécula está rodeada por outras moléculas do mesmo líquido as forças de coesão entre estas moléculas são iguais e a molécula é atraída igualmente em todas as direções. Entretanto, a atração ou forças de coesão entre as moléculas na interface entre dois líquidos que não se misturam (água e óleo) ou um líquido e um gás (água e ar) não são iguais em todas as direções e são atraídas mais fortemente para o interior do líquido. Isto resulta na formação de uma camada superficial capaz de resistir a tensões de cisalhamento externas (OLIVEIRA, 2008).

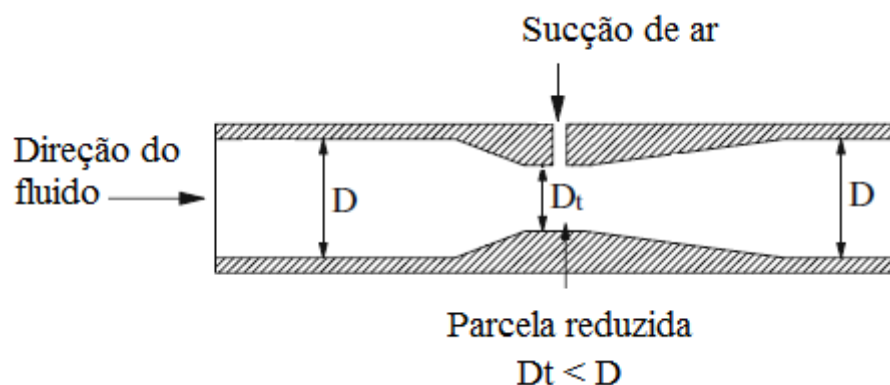
A tensão superficial da água destilada baixa rapidamente com o aumento do surfactante agral, atingindo o valor mínimo de $30,5 \text{ mN m}^{-1}$ antes mesmo da concentração atingir 0,1%. Aumentando a concentração, a tensão superficial permanece próximo desse valor e a curva do coeficiente de micelização estabiliza próximo ao valor máximo de 100%, de acordo com Montório (2001).

O efeito do vento aumenta com a elevação do emissor em relação ao solo, o que também aumenta o tempo relativo à trajetória das gotas, tornando-as mais suscetíveis à evaporação. Quanto maior a demanda hídrica da atmosfera maiores serão as perdas durante a aplicação. A demanda hídrica aumenta com o aumento da radiação solar, da temperatura do ar, da velocidade do vento e com a redução da umidade relativa do ar (CONCEIÇÃO, 2002).

Bernardo et al. (2006) relatam que em razão dos problemas de entupimento dos gotejadores surgiram os microaspersores, os quais normalmente trabalham com pressão de 5 a 30 m.c.a. e com vazão de 20 a 140 L h⁻¹, existindo vários tipos no comércio. Quando comparados àqueles, os microaspersores são menos sensíveis ao entupimento e se adaptam muito bem à irrigação em casa de vegetação e na fruticultura. Na microaspersão, a água é aplicada diretamente sobre a região radicular, com pequena intensidade e alta frequência.

Estudando Hidrodinâmica e transferência de massa em ejetores líquido-gás com escoamento descendente, Teixeira (1999) menciona que os sistemas de autoaspiração de ar são utilizados para promover a oxigenação da água. Trata-se de um método que se baseia nos princípios do tubo de venturi e se utiliza de um ejetor para misturar o oxigênio do ar com a água. Os ejetores são equipamentos capazes de transformar a energia de pressão do fluido primário em energia de velocidade que, por sua vez, poderá atingir um nível crítico que induz à formação de vácuo na seção de contração do venturi (Figura 3), realizando a sucção do ar atmosférico através de um vaso paralelo ao escoamento.

Figura 3. Esquema de um indutor de ar venturi.



Fonte: Baylar et al. (2009).

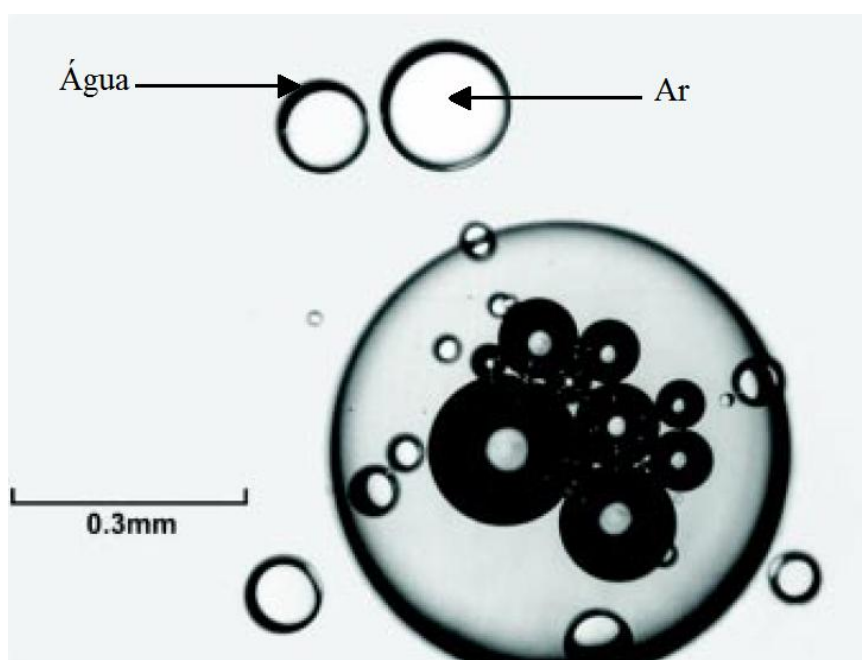
Faggion (2002) verificou que as gotas com ar viajam a uma velocidade menor que as gotas inteiras. Isso diminui a força de impacto com a superfície da planta cultivada e do solo. Para as plantas cultivadas, esse fenômeno permite a utilização da aspersão com gotas grandes em culturas sensíveis, enquanto no solo, há menor risco de formação de crosta superficial e de erosão.

Com o objetivo de avaliar o desempenho balístico na simulação da distribuição de água aplicada por microaspersores operando sob condição de vento, Conceição (2002) menciona que a microaspersão apresenta características hidráulicas e de operação mais próximas à aspersão do que o gotejamento, apesar de normalmente ser considerada como um método de irrigação localizada.

Estudando modelos matemáticos, Lorenzini (2006) relata que um modelo baseado na aproximação dinâmica obteve resultados similares a outros mais complicados e sua aplicação demonstrou que talvez até o momento o atrito com o ar tenha sido erroneamente desconsiderado para avaliar a evaporação das gotas. Além disso, esse autor destaca que testes experimentais provam que a temperatura do ar tem efeito significativo na evaporação das gotas.

Faggion (2002) mostra que as pontas de pulverização com indução de ar geram menor número de gotas, porém de tamanho maior e, mesmo com a presença de ar em seu interior (Figura 4), sua massa é maior que as gotas geradas por pontas convencionais equivalentes. Com isso, nas mesmas condições operacionais as gotas geradas por pontas com indução de ar sofrem menor efeito de deriva e sua evaporação é menor devido a sua superfície específica.

Figura 4. Aspecto de uma gota d'água com inserções (bolhas) de ar.



Fonte: Faggion & Antuniassi (2003).

Estudando a distribuição de água em microaspersores, Conceição (2002) encontrou perdas por deriva e evaporação na presença de vento entre 17,1% e 30,2% superior ao volume total aplicado sem vento. Esse autor considera a geometria interna dos rotores dos microaspersores o fator que mais influenciou o desempenho do modelo balístico em relação aos diferentes bocais analisados.

Faggion & Antuniassi (2003) descrevem que durante o processo de aplicação de líquido por pontas de pulverização com indução de ar, adjuvantes presentes nas caldas ajudam a manter a estrutura das gotas com bolhas de ar em seu interior pelo período de tempo suficiente para atingir o alvo.

Na pulverização, Matuo (1990) relaciona a temperatura, a umidade relativa, o vento e a pressão barométrica como características que influenciam na trajetória da gota em direção ao alvo. Em condições tropicais de alta temperatura, o fenômeno da evaporação das gotas é bastante problemático, agravando-se em dias muito secos, com baixa umidade relativa do ar, situação muito comum no Brasil. Neste caso as gotas pequenas e médias muitas vezes se extinguem no percurso para o alvo e acabam não o atingindo, desaparecendo antes do contato.

Evangelista (2006) estudando o desempenho de um sistema de irrigação tipo pivô central ajustou um modelo de regressão onde as variáveis climáticas: velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar influenciam significativamente a eficiência de aplicação, com destaque para a velocidade do vento isoladamente, tendo apresentado interação dupla e tripla.

Existem poucos dados sobre as perdas por deriva em sistemas irrigados por aspersão convencional e por microaspersão que utilizem a indução ou mistura de ar na água de irrigação.

O relatório de avaliação do programa plurianual de 2006 do Ministério da Integração Nacional, que trata da Eficiência na Agricultura Irrigada, relata que uma das lacunas importantes na agricultura irrigada, tanto pública quanto privada é o desenvolvimento das diversas tecnologias já existentes, adaptadas a cada caso específico. De forma ampla a eficiência é muito baixa nas dimensões utilização de água, tecnologia de produção, colheita, pós-colheita, mercado e comercialização.

Os sistemas de irrigação localizada como gotejamento e microaspersão são os de mais alta eficiência de aplicação, requerem baixa pressão, apresentam facilidade de operação e bom controle sobre a umidade e aeração do solo. A área molhada sob irrigação, nesse caso deve estar entre 33 e 67%, sendo que, em regiões de precipitação

considerável (acima de 1200 mm), valores de perímetro molhado (Pm) inferiores a 33% são aceitáveis para solos de textura média a fina, ou seja, solos siltosos e argilosos. Por outro lado, o Pm deve ser mantido inferior a 67% de forma a evitar umedecimento desnecessário entre as linhas de plantio, facilitando as práticas culturais (AZEVEDO, 2003).

Ainda de acordo com Azevêdo (2003), a microaspersão se adapta melhor aos solos arenosos, que aparentemente assegura maior área molhada à planta. Os microaspersores podem ser dispostos próximos às plantas ou entre as plantas na fileira.

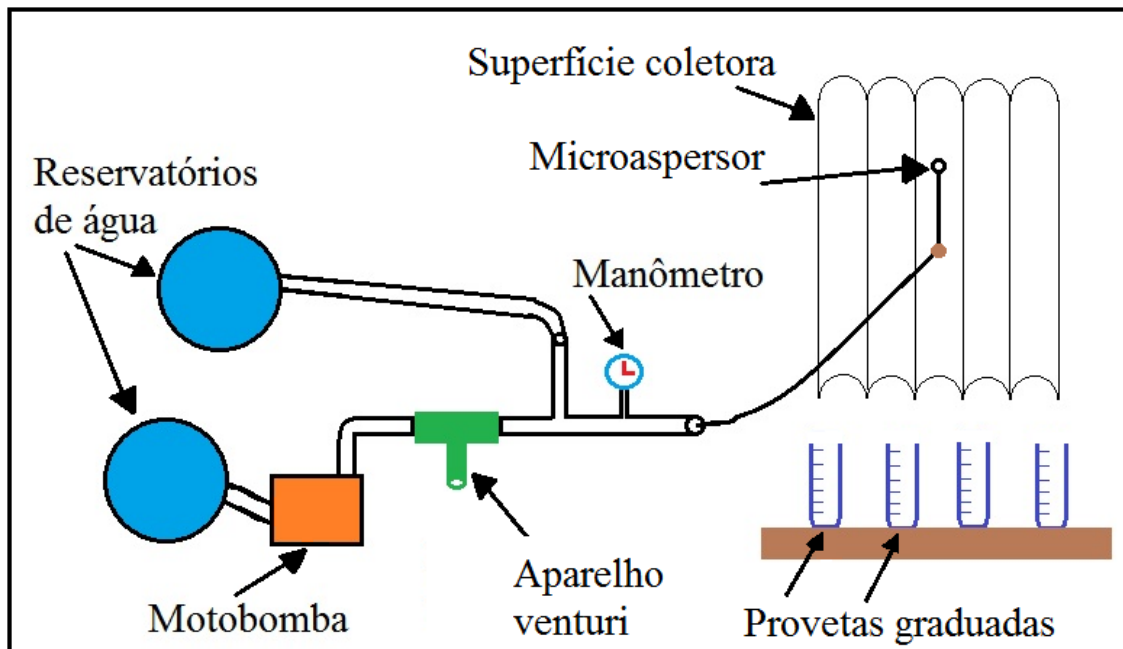
4. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do conjunto de testes foi realizado no Laboratório de Hidráulica Aplicada ao Agroambiente, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária e sua instalação na Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília.

Primeiramente foram avaliados alguns tipos de emissores de irrigação localizada disponíveis no mercado de Brasília, DF, segundo suas características, princípios de funcionamento e eficiência na aplicação da água e segundo o método de irrigação.

Em seguida, para a montagem do sistema de irrigação proposto (Figura 5), foram utilizados os seguintes materiais: Dois reservatórios com capacidade para 1000 L, conjunto motobomba de 551,62 watts (Figura 6), 4 m de tubulação azul de PVC com diâmetro de 25 mm, 4 m de mangueira de silicone com diâmetro de 30 mm, 6 m de mangueira de polietileno preta com diâmetro de 15 mm, um manômetro com faixa de pressão de 0 à 686,47 kPa (Figura 7), um aparelho venturi modelo 584 MIC $\frac{3}{4}$ BSPT (Figura 8), dois registros de esfera com união possuindo 40 mm de diâmetro, dois registros de gaveta de 25 mm, sete luvas LR marrom soldáveis de 25 x 25 mm, dois “tês” marrons LLR de 25 x 25 x 25 mm, dois joelhos LR marrom de 25 x 25 mm, duas peças de união soldável marrom de 40 mm, duas luvas LR marrom de 40 mm, dois adaptadores com flange para caixa d’água de 40 x 40 mm, 2 m de tubo alimentador de PVC preta com diâmetro de 0,76 mm, um microaspersor da *Rain bird* modelo QN-05 preto com diâmetro de 0,76 mm modelo E (Figura 9), seis telhas de plástico transparente e vinte e cinco provetas de PVC graduadas à 250 mL (Figura 10).

Figura 5. Croqui do sistema de irrigação desenvolvido.



Fonte: Leonardo Zimmer Nascimento.

Figura 6. Detalhe do conjunto motobomba de 551,62 watts.



Fonte: Leonardo Zimmer Nascimento.

Figura 7. Detalhe do manômetro com faixa de pressão de 0 à 686,47 kPa.



Fonte: Leonardo Zimmer Nascimento.

Figura 8. Detalhe do aparelho venturi modelo 584 MIC $\frac{3}{4}$ BSPT.



Fonte: Leonardo Zimmer Nascimento.

Figura 9. Detalhe do microaspersor da *Rain bird* modelo QN-05 preto “E”.



Fonte: Francisco Faggion.

Figura 10. Detalhe da proveta de PVC graduadas à 250 mL.



Fonte: Leonardo Zimmer Nascimento.

O aparelho venturi foi utilizado com o objetivo de induzir ar ao sistema. Já o microaspersor faria a dispersão do líquido. Para o recolhimento do líquido aspergido foi construída uma superfície coletora composta pelas seis telhas de plástico transparente, as quais conduziriam o líquido para as provetas graduadas. Esta superfície coletora apresentou dimensões de 2,60 x 2,65 m, distância entre ondulações de 0,0935 m e foi instalado com a declividade de 20%. O microaspersor foi posicionado no centro e a altura de 0,6 m da superfície coletora. Foi determinado que o tempo de coleta do líquido aspergido em cada tratamento seria de 5 minutos.

As determinações das pressões de trabalho utilizadas nesse sistema de irrigação estiveram relacionadas com o funcionamento do indutor de ar venturi e com o funcionamento do microaspersor. Como a vazão do conjunto motobomba é maior do que a vazão de trabalho do microaspersor foi colocado um retorno para distribuir melhor o excesso de vazão.

O sistema foi testada inicialmente dentro de uma faixa de pressão entre 34,5 a 275,8 kPa. O indutor de ar venturi não funcionou à uma pressão acima de 206,8 kPa e o raio de alcance do microaspersor reduzia ao se submeter a uma pressão abaixo de 103,4 kPa. Por isso esse sistema foi submetido a uma faixa de pressão entre 103,4 a 206,8 kPa.

O aumento da pressão foi conseguido por meio da redução da vazão de bombeamento, segundo a curva característica da bomba. Com a redução da vazão de bombeamento ocorreu simultaneamente a redução na indução de ar à água, através do venturi. Assim, o conjunto de teste possibilitou tratamentos que combinaram simultaneamente pressão da água crescente no emissor e indução de ar decrescente (PI).

Construído o conjunto de teste, foram feitos ensaios laboratoriais para avaliar o funcionamento e a eficácia na indução de ar utilizando o sistema desenvolvido.

O delineamento experimental utilizado para os testes de laboratório foi o de delineamento inteiramente ao acaso (DIC), em um esquema fatorial 4 x 5, no qual os fatores foram: Pressões de operação (103,4; 137,9; 172,3 e 206,8 kPa) e concentrações de surfactante agral (0,0; 0,025; 0,050; 0,075 e 0,1%) em três repetições. Os dados obtidos foram organizados e analisados para a comparação entre as médias dos tratamentos por meio da análise de variância.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema elaborado apresentou resultado satisfatório no que diz respeito à indução de ar, ao funcionamento do microaspersor e a coleta de água pelas provetas (Figuras 11 e 12).

Figura 11. Conjunto de teste constando de reservatórios, motobomba, mangueiras, registros, indutor de ar do tipo venturi e manômetro.



Fonte: Francisco Faggion.

Figura 12. Conjunto de teste constando de microaspersor, superfície coletora com seis telhas de plástico transparente, calha coletora e provetas graduadas.



Fonte: Francisco Faggion.

Inferiu-se que o sistema elaborado possibilitou a indução de ar nas gotas aspergidas por dois fatores. Primeiro pelo fato do aparelho venturi ter funcionado dentro da faixa de pressão usada no experimento (103,4 à 206,8 kPa). Segundo porque foi feita uma verificação para saber se o ar chegava até o microaspersor, sem a interferência de um possível vazamento. Constatou-se que não havia vazamentos no sistema e que o ar induzido saía pela saída da mangueira do microaspersor. Tal fato foi confirmado ao retirar o microaspersor da mangueira, enquanto o sistema estava funcionando: Era possível notar a formação de pequenas bolhas de ar.

Também foi detectada a formação de espuma nas provetas coletoras nos tratamentos utilizando o surfactante. Semelhante situação ocorreu no trabalho de Faggion (2002), onde ele cita que na maioria dos seus tratamentos foram observados três níveis de fluido dentro da proveta: líquido, mistura de líquido com ar e espuma. Da

mesma forma que ocorreu no trabalho desse autor, a leitura do volume da mistura de líquido com ar foi feita na base do anel que separa a espuma da mistura.

Cabe ressaltar que em todas as faixas de pressão trabalhadas, o raio de alcance do microaspersor não foi alterado. Como a área molhada do microaspersor era menor do que a área de superfície das telhas coletoras, não houve coleta de água em todas as provetas, sendo que das 25 utilizadas, somente 20 tiveram água coletada em todos os tratamentos submetidos.

As análises de variância (Tabela 1) mostraram que existe interação entre concentração de Agral (A) e Pressão crescente/Indução de ar decrescente (PI), principalmente, nas posições da extremidade e central, influenciando na obtenção do volume coletado nestas posições. Estas posições receberam os menores e maiores volumes de água, respectivamente. Tal resultado confirma a hipótese de que tanto a Pressão/Indução quanto a dose de Agral podem reduzir a distância de alcance da gota ou raio de aplicação do aspersor, com diminuição da deriva provocada pelo aumento da resistência do ar em relação às gotas, que são forçadas a caírem mais próximo do emissor.

Tabela 1. Resumo das análises de variância para a variável dependente posição de coleta de água do emissor, distanciadas entre si de 0,0935 m, a partir da extremidade (10) até a posição central do emissor (1), em dois lados de coleta, e em função das duas variáveis independentes: Pressão no emissor crescente/indução de ar decrescente (PI) e concentração de Agral (A). Média de três repetições.

	Posição de coleta de água																			
	Lado esquerdo										Lado direito									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PI	ns	ns	ns	*	*	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	ns
A	**	**	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**	ns	*	ns	ns	ns	**	**	ns	**
PIxA	*	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	*	**	**	ns	ns	ns	*	*	*	**	**	**
CV (%)	284	74	33	21	19	18	12	9	8	11	8	17	14	11	13	18	20	25	53	206

* significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1 % de probabilidade; ns = não significativo.

Os volumes de água coletados tanto do lado esquerdo (Tabela 2) quanto do lado direito do emissor (Tabela 3) ajudam a esclarecer melhor o comportamento dos tratamentos utilizados e suas interações.

Em termos de aumento da concentração do surfactante foi observado sistematicamente, maiores médias de volume de água nas posições de coleta centrais de 1 a 5, em ambos os lados. Isto evidencia o efeito da redução da tensão superficial sobre o tamanho da gota que passou a encontrar maior resistência do ar e caiu mais próxima do centro. O que é confirmado pelos dados obtidos nas posições 6 a 10 da extremidade de ambos os lados.

Essa variação do volume de líquido coletado nas posições centrais e nas extremidades da superfície coletora está de acordo com Matthews (2000), onde ele descreve que um determinado volume de gotas pequenas cobre uma superfície total maior que o mesmo volume de líquido de gotas grandes, o que gera comportamento distinto das gotas.

A redução do raio de aplicação ocorreu mesmo com as menores concentrações do surfactante. Isso concorda com Montório (2001) cujo afirma que o surfactante agral reduz a tensão superficial mesmo em baixas concentrações.

Em termos de aumento de pressão/redução de ar, que têm efeitos combinados ou aditivos, e possibilitam jogar a gota de água mais longe, observou-se maiores médias de volume de água coletado, em todas as posições, exceto a posição 1 do lado direito, provavelmente devido a algum erro experimental. O efeito isolado da pressão ajuda a explicar sozinho tal fato tendo em vista que a vazão do emissor aumenta com a pressão que chega até ele e também às gotas podem ser aspergidas a maiores distâncias. Todavia, com estes dados das duas Tabelas não foi possível desdobrar o efeito isolado da redução de ar.

Ainda, analisando isoladamente os efeitos do aumento da pressão/redução da indução de ar, na concentração de agral 0%, observou-se considerável efeito deste tratamento no intervalo de pressões estudadas, ou seja, os volumes de água aumentaram na posição central e reduziram na posição da extremidade.

O efeito isolado do ar deverá ser estudado e esclarecido em análise a ser realizada na sequência deste trabalho.

Tabela 2. Volume coletado de água (mL) nas posições 1 a 10, do lado esquerdo do emissor, em função dos tratamentos de pressão crescente/indução de ar decrescente (PI), em kPa, e das concentrações de Agral trabalhadas (A_1 , A_2 , A_3 , A_4 e A_5 , em %) com seus respectivos desvios padrões. Média de três repetições.

Posição	PI	$A_1=0,000$	$A_2=0,025$	$A_3=0,050$	$A_4=0,075$	$A_5=0,100$	Média
1	103,4	176±7,2	137±39,0	135,3±25	179,7±16,3	172,7±5,8	160,1
	137,9	104±23,6	205,7±22,2	133,7±13,1	154,3±7,4	192,7±26,4	158,1
	172,3	225±18,0	164,7±17,2	228,7±21,0	196,7±3,1	214±5,3	205,8
	206,3	246,7±5,8	155,3±35,6	212,7±4,2	212,3±2,5	208,7±7,6	207,1
	Média	187,9	165,7	177,6	185,8	197,0	
2	103,4	92,3±2,1	88,3±7,6	98,3±2,9	102,3±4	106,3±3,2	97,5
	137,9	96,3±4	115,3±17,9	126,7±3,1	119±4,6	115,7±21,5	114,6
	172,3	100,7±9,2	127,7±2,1	144,3±0,6	145,3±4,5	145±4,6	132,6
	206,3	120±25,2	138±6	153,3±3,1	160,3±3,2	171,3±9	148,6
	Média	102,3	117,3	130,7	131,8	134,6	
3	103,4	80±3,5	96,3±12,7	93,7±10,7	102±5,3	106,3±0,6	95,7
	137,9	94,7±11,4	105±18	128,3±9,5	120±1	113±8,2	112,2
	172,3	98,7±16,3	131,3±13,6	144,3±8,5	138,3±5,9	133,7±9,3	129,3
	206,3	99,3±6,4	132,7±20	153,7±3,8	161,7±9,6	143,7±2,9	138,2
	Média	93,2	116,3	130,0	130,5	124,2	
4	103,4	66±12,2	90,3±32,7	80,3±12,6	81,7±4,9	85,3±4,5	80,7
	137,9	95,7±3,2	85,3±13,3	96,7±7	98,3±2,1	99±9,6	95,0
	172,3	95,3±23,9	110,3±7,2	122±2	121±1	108,3±3,8	111,4
	206,3	88,7±12,2	99,3±17,2	146±6,9	140±9,2	121,7±8,1	119,1
	Média	86,4	96,3	111,3	110,3	103,6	
5	103,4	49±2,6	67,7±29,8	56,7±6,1	53,3±3,1	58±6	56,9
	137,9	53,7±20,6	58,7±9,9	59,3±3,1	63,7±3,2	67,7±10,7	60,6
	172,3	82,7±26,9	73,3±4,2	83,7±10,8	86,7±4,2	69,7±0,6	79,2
	206,3	78,7±20,8	67,7±12,5	99,7±13,6	90,7±11,9	81,3±2,3	83,6
	Média	66,0	66,8	74,8	73,6	69,2	
6	103,4	38,3±2,9	42±19,3	37,3±4,6	37,7±3,2	39,7±4,5	39,0
	137,9	58±1,7	37,3±6,1	40,3±0,6	44±3,5	47,3±10,3	45,4
	172,3	61,7±22,2	50,3±2,5	58,3±13,6	60±4	48±2	55,7
	206,3	57,3±16,3	45,7±9,7	62,7±10,3	60,3±8,5	55±1	56,2
	Média	53,8	43,8	49,7	50,5	47,5	
7	103,4	30±0	25,3±12,9	22,7±2,3	24±1	24,3±4	25,3
	137,9	48±3	23,7±3,2	26±0	28±2	29,3±8,3	31,0
	172,3	45,7±17,1	31±1	37,3±10,1	39±2,6	30,7±1,2	36,7
	206,3	48±14	28,7±8,1	37,3±4,2	37±4,4	34,7±1,2	37,1
	Média	42,9	27,2	30,8	32,0	29,8	
8	103,4	25±1	8,7±15	13,3±1,5	14,3±0,6	14±2	15,1
	137,9	36,3±1,5	16±0	16±0	16,3±0,6	14±12,2	19,7
	172,3	28±11,1	19,7±0,6	23±7,8	23,7±2,1	18,3±1,5	22,5
	206,3	35,3±13,3	12,7±11	21,7±2,1	21,7±2,9	21,7±2,1	22,6
	Média	31,2	14,3	18,5	19,0	17,0	
9	103,4	20±0	5,3±9,2	0,0	0,0	0,0	5,1
	137,9	23,7±0,6	0,0	0,0	0,0	9±7,8	6,5
	172,3	4±6,9	0,0	6,7±11,5	14,3±1,5	0,0	5,0
	206,3	26±8,7	0,0	8,3±7,6	4,7±8,1	13±1	10,4
	Média	18,4	1,3	3,8	4,8	5,5	
10	103,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	137,9	7,3±0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
	172,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	206,3	10,7±0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
	Média	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	

Tabela 3. Volume coletado de água (mL) nas posições 1 a 10, do lado direito do emissor, em função dos tratamentos de pressão crescente/indução de ar decrescente (PI), em kPa e das concentrações de Agral trabalhadas (A_1 , A_2 , A_3 , A_4 e A_5 , em %) com seus respectivos desvios padrões. Média de três repetições.

Posição	PI	$A_1=0,000$	$A_2=0,025$	$A_3=0,050$	$A_4=0,075$	$A_5=0,100$	Média
1	103,4	245±8,7	225,7±42,1	250±0	248,7±2,3	250±0	243,9
	137,9	250±0	243,3±11,5	250±0	250±0	234,3±8,7	245,5
	172,3	176,3±37,6	250±0	238,3±20,2	250±0	249,3±1,2	232,8
	206,3	196,3±24,8	221,3±49,7	250±0	250±0	250±0	233,5
	Média	216,9	235,1	247,1	249,7	245,9	
2	103,4	112,7±11,7	80,7±17,9	107,7±14,2	117,3±5	111,3±5,1	105,9
	137,9	97,3±4,2	109,3±14,7	116±3,6	129±13,2	117,3±11,2	113,8
	172,3	108,3±37,8	137±13,5	122,7±8,1	145±3,6	137±10,4	130,0
	206,3	143,7±33,2	171±68,4	145±7	150,7±2,5	151,3±1,5	152,3
	Média	115,5	124,5	122,8	135,5	129,3	
3	103,4	84,7±9	86±17,4	102±7,2	112,7±4,6	105,3±4,9	98,1
	137,9	107±10,4	115,7±18,8	130,7±4,6	129±8,2	122±4	120,9
	172,3	117±37,3	130,7±7,6	128,3±20,7	140,3±7,8	135±8,7	130,3
	206,3	136,7±36,3	181,7±37,7	157±6,1	157,3±9,5	153±3	157,1
	Média	111,3	128,5	129,5	134,8	128,8	
4	103,4	74,7±8,1	79,3±12,2	71,7±13,7	85,7±4	80,7±3,1	78,4
	137,9	95,7±3,2	105,7±15	112,3±6,5	99±3,6	113,3±5,8	105,2
	172,3	116,7±20,8	105,7±13,1	114,7±21,6	127±6,2	126±7,2	118,0
	206,3	116,7±19,4	142±5,3	138±19,1	142±20,3	140,3±8,5	135,8
	Média	100,9	108,2	109,2	113,4	115,1	
5	103,4	57±4,6	58±2	52,3±7,5	59,3±1,2	55±1	56,3
	137,9	73,3±2,3	77,7±7,5	75,3±7,6	67,3±5	90,7±15,1	76,9
	172,3	104,7±5	77,3±10,8	87,3±15,1	99±3,6	97±7,5	93,1
	206,3	91,3±15,6	116,7±17	102±10,4	100,7±15,4	111±11,5	104,3
	Média	81,6	82,4	79,3	81,6	88,4	
6	103,4	40,7±8,4	46±5,6	38,7±3,1	38,3±1,5	35,7±0,6	39,9
	137,9	47,3±8,1	54±2	53,3±7,6	44±3,6	60,7±11,7	51,9
	172,3	87±7	48,7±7,6	58,7±6,5	63,3±3,1	61,3±2,3	63,8
	206,3	68,3±24	80,7±23,9	62,3±5,5	61,3±8,3	68,7±7,2	68,3
	Média	60,8	57,3	53,3	51,8	56,6	
7	103,4	31,±4,5	33,7±11,6	24,7±3,1	24,3±0,6	23,3±1,2	27,5
	137,9	35±3	35,3±1,2	34,3±4,9	29,7±2,5	39,3±6,7	34,7
	172,3	67,3±9,9	32±5,3	38,3±4,5	42,3±2,1	40,7±2,9	44,1
	206,3	47,7±18,7	53±16,6	40,7±3,2	39,7±4,5	45,3±4,2	45,3
	Média	45,4	38,5	34,5	34,0	37,2	
8	103,4	19,3±3,1	25,7±17,6	15±1	14,3±0,6	13,7±0,6	17,6
	137,9	18±2	21,3±3,1	21,7±2,9	17,3±1,5	24,3±4,9	20,5
	172,3	54±7,2	20±3,5	25,7±3,8	27±2,6	25,3±1,2	30,4
	206,3	33±10,8	34,7±9,9	25,3±2,1	24±2,6	30±3	29,4
	Média	31,1	25,4	21,9	20,7	23,3	
9	103,4	0,0	14±24,2	0,0	0,0	0,0	2,8
	137,9	0,0	13,3±3,1	12,7±3,1	0,0	14±1,7	8,0
	172,3	36,7±6,1	10,7±9,2	15,7±1,5	16,3±2,3	14,3±0,6	18,7
	206,3	22±6	21±7,8	15,3±1,2	14,7±1,2	18,7±2,3	18,3
	Média	14,7	14,8	10,9	7,8	11,8	
10	103,4	0,0	8±13,9	0,0	0,0	0,0	1,6
	137,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	172,3	16,7±1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3
	206,3	12±12	5,3±9,2	0,0	0,0	0,0	3,5
	Média	7,2	3,3	0,0	0,0	0,0	

As figuras a seguir apenas reforçam que houve uma concentração de água nos pontos mais próximos do aspersor e uma redução de água coletada nos pontos mais distantes em função dos tratamentos crescentes de surfactante agral e dos tratamentos de Pressão crescente/Indução decrescente de ar.

Figura 13. Volume coletado de líquido aspergido à determinada distância em função das pressões de trabalho usadas e da concentração de Agral (**A1** = 0,000%).

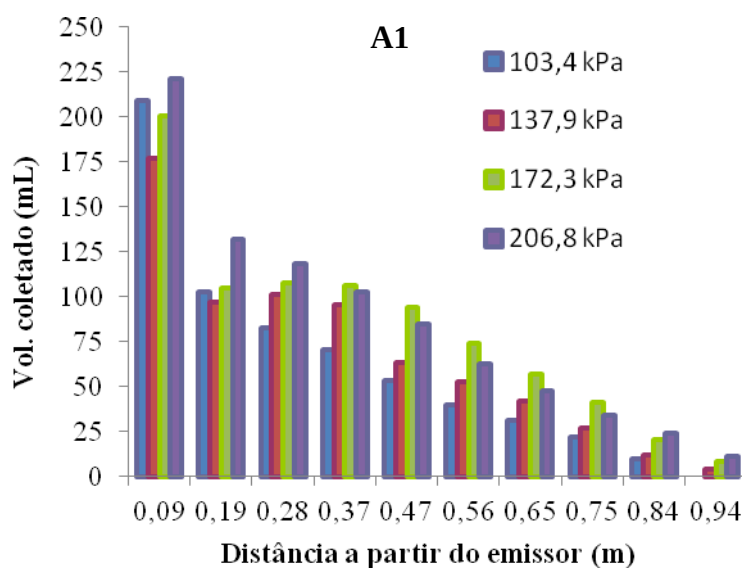
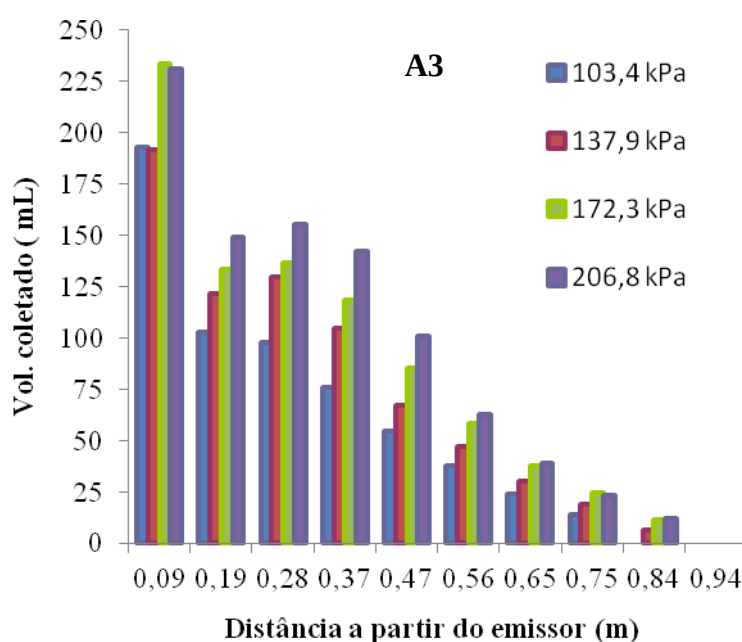


Figura 14. Volume coletado de líquido aspergido à determinada distância em função das pressões de trabalho usadas e da concentração de Agral (**A3** = 0,050%).



6. CONCLUSÕES

O conjunto de teste mostrou-se capaz de induzir ar e gerar gotas de água com ar em seu interior.

O surfactante adicionado à água provocou a redução do raio de aplicação da água aspergida, e, portanto, a possibilidade de deriva das gotas.

O aumento da pressão com redução da indução de ar proporcionou maior raio de aplicação da água.

Há necessidade de mais trabalhos de pesquisa, especialmente para quantificar o ar induzido e verificar o seu efeito pelo sistema desenvolvido e a necessidade de desenvolver microaspersores com indução de ar individual, a exemplo das pontas de pulverização com indução de ar.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, C.L.L. Sistema de Produção de Citros para o Nordeste: Recursos Hídricos e Irrigação. Versão eletrônica. EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. Dezembro 2003 (Sistemas de produção, 16). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/CitrosNordeste/irrigacao.htm>>. Acesso em 27 de Set. 2011.

BAYLAR, A. Unsal, M.; Ozkan, F. Hydraulic structures in water aeration processes. Water, Air and Soil Pollution, v.203, p.1-14, 2009.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.A. **Manual de Irrigação**. 8ª ed. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 2006. 625p.

BORGES, A.N.; SILVA, A.L.; BATISTA, D.C.; MOREIRA, F.R.B.; FLORI, J.E.; OLIVEIRA, J.E.M.; ARAÚJO, J.L.P.; PINTO, J.M.; CASTRO, J.M.C.; MOURA, M.S.B.; AZOUBEL, P.M.; CUNHA, T.J.F.; SILVA, S.O.; CORDEIRO, Z.J.M. Sistema de Produção de Bananeira Irrigada: Irrigação. Versão eletrônica. EMBRAPA SEMIÁRIDO. Julho 2009 (Sistema de Produção, 4). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananeiraIrigada/irrigacao.htm>>. Acesso em 10 de Dez. 2011.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Programa Plurianual 1037. Eficiência na Agricultura Irrigada. **Relatório**. 2006.

CONCEIÇÃO, M.A.F. Simulação da distribuição de água em microaspersores sob condição de vento. 121 f. **Tese** (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

CONCEIÇÃO, M.A.F. Uvas Sem Semente Cultivares BRS Morena, BRS Clara e BRS Linda - Irrigação: Sistemas e manejo. Versão eletrônica. EMBRAPA UVA E VINHO. Dezembro 2005 (Sistema de Produção, 8). Disponível em:

<<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvasSemSementes/irrigacao.htm>>

Acesso em 24 Set. 2009.

EVANGELISTA, W. Influência de variáveis climáticas e hidráulicas no desempenho de um pivô central em Cristalina, Goiás. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília. 2006.

FAGGION, F. Desenvolvimento de métodos para estimar a quantidade de ar incluído às gotas por pontas de pulverização com indução de ar. **Tese** (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu. 71p. 2002.

FAGGION, F.; ANTUNIASSI, U.R. Ar na aplicação. **Revista Cultivar Máquinas**. Versão eletrônica. Edição n. 26. Dez. 2003 Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/m26_ar_aplicacao.pdf>. Acesso em 11 Dez. 2011.

LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A.; CHRISTOFIDIS, D.O. **O uso da irrigação no Brasil**. Versão eletrônica. Mar. 2003. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/irrigacao_000fl7vsa7f02wyiv80isprr5frxoq4.pdf>. Acesso em 10 Dez. 2011.

LORENZINI, G. **Water droplet dynamics and evaporation in an irrigation spray**. St. Joseph: Transactions of the ASABE. v. 49, n.2, p.545-549. 2006.

MATTHEWS, G. A. Pesticide application methods. 3.ed. London: Blackwell Science, 2000. 432p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: Funep. 1990. 139p.

MONTÓRIO, G.A. **Eficiência dos surfactantes de uso agrícola na redução da tensão superficial.** Botucatu, 2001. 70p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

OLIVEIRA, C.A.S. **Uso sustentável dos recursos hídricos do agroambiente para a produção de alimentos. Hidráulica, irrigação e qualidade de água.** Brasília, 2008. 91p. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília.

SETTI, A.A.; LIMA, J.E.F.W.; CHAVES, A.; PEREIRA, I.C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos.** 3ª ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL: Agência Nacional de Águas - ANA, 2001. v. 6000. 328 p.

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

TEIXEIRA, M.B.F. **Hidrodinâmica e transferência de massa em ejetores líquido-gás com escoamento descendente.** Campinas: UNICAMP, 1999. 146p. Dissertação Mestrado.

8. ANEXOS

Anexo 1. Catálogo de microaspersores da *Rain Bird*.

Micro-Quick™ Sprays

Performance Data

U.S. Units

MODEL (nominal nozzle diam.) MODELO (diâ nominal de boquilha) MODELO (diâ nominal do bocal)			A 	B 	C 	D 	E 	F 	G 		
	PRES. PRES. PRES.	FLOW GASTO VAZÃO	Diam Diâ Diâm	Length Comprim. Long.	Width Largura Ancho	Rad Raio Rad	Diam Diâ Diâm	Diam Diâ Diâm	Diam Diâ Diâm	Length Comprim. Long.	Width Largura Ancho
NOZZLE BOQUILLA BOCAL	psi pol. quadr. psi	gph por h. gph	ft p pés	ft p pés	ft p pés	ft p pés	ft p pés	ft p pés	ft p pés	ft p pés	ft p pés
QN-05 Black Negro Preto (0.76mm/0.030")	10	3.8	8.5	8.0	7.5	4.0	8.0	3.0	10.0	9.0	6.0
	15	4.6	9.5	10.0	8.5	4.5	9.5	3.0	11.0	10.0	6.5
	20	5.4	10.5	11.0	9.0	5.0	11.0	3.0	12.0	11.0	7.0
	25	6.0	11.0	11.5	9.5	5.3	11.0	3.0	12.5	12.0	7.5
	30	6.6	11.5	12.0	10.0	5.5	11.0	3.0	13.0	13.0	8.0
QN-08 Orange Naranja Laranja (0.89mm/0.035")	10	5.5	13.0	10.0	7.5	4.5	9.5	3.0	12.5	12.0	7.0
	15	6.7	13.5	11.5	8.5	5.0	11.0	3.0	13.5	13.5	8.0
	20	7.8	14.0	12.5	9.5	5.5	12.5	3.0	14.0	15.0	9.0
	25	8.7	14.5	12.5	9.5	6.0	13.5	3.0	14.0	16.5	10.0
	30	9.6	15.0	13.0	10.0	6.5	14.5	3.0	14.5	18.0	10.5
QN-12 Blue Azul Azul (1.02mm/0.040")	10	8.0	17.0	11.0	9.5	4.5	11.0	3.0	14.5	15.0	8.0
	15	9.9	17.5	13.0	10.0	5.3	12.5	3.0	15.5	16.5	9.0
	20	11.4	18.0	14.5	10.5	6.0	13.5	3.0	16.0	18.0	9.5
	25	12.7	18.0	15.0	11.5	6.5	15.8	3.0	17.0	20.5	10.5
	30	13.9	18.0	15.5	12.0	7.0	18.0	3.0	17.5	23.0	11.0
QN-14 Violet Violeta Violeta (1.14mm/0.45")	10	10.1	19.0	13.0	10.0	5.0	12.0	3.0	16.5	15.5	8.5
	15	12.3	20.0	16.0	11.5	5.5	14.0	3.0	17.5	17.5	9.5
	20	14.3	20.5	17.0	12.0	6.0	15.5	3.0	18.5	19.5	10.0
	25	15.9	20.5	18.0	12.5	6.0	18.0	3.0	19.5	22.0	11.0
	30	17.5	21.0	19.0	13.0	7.0	20.5	3.0	20.5	24.0	11.5
QN-17 Green Verde Verde (1.27mm/0.50")	10	12.1	21.0	15.0	10.5	6.0	13.0	3.0	17.0	16.0	9.0
	15	14.3	22.0	15.0	12.0	6.0	15.0	3.0	18.5	18.5	10.0
	20	16.6	22.5	19.0	12.5	6.0	17.0	3.0	20.0	20.5	10.5
	25	18.6	23.0	20.0	13.0	6.5	20.0	3.0	21.5	23.0	11.0
	30	20.4	23.5	21.0	13.5	7.0	23.0	3.0	23.0	25.0	12.0
QN-24 Red Rojo Vermelho (1.40mm/0.60")	10	17.1	23.0	16.0	11.5	6.5	15.0	3.0	18.0	18.5	11.0
	15	21.3	25.5	18.0	12.5	7.0	17.0	3.0	20.0	20.5	12.0
	20	24.5	28.0	19.5	13.0	7.5	19.0	3.0	21.5	22.0	13.0
	25	27.3	28.0	21.0	13.5	7.5	24.0	3.0	23.5	24.0	13.5
	30	29.7	28.0	22.0	14.0	7.5	25.0	3.0	25.0	25.5	14.0
QN-33 White Blanco Branco (1.52mm/0.70")	10	24.3	25.0	18.0	11.0	7.5	17.5	3.0	19.0	21.0	13.0
	15	27.0	26.0	21.0	13.0	8.3	19.2	3.0	21.0	22.5	14.0
	20	31.3	27.0	23.0	14.5	9.0	21.0	3.0	23.0	23.5	14.5
	25	35.3	28.0	24.0	15.0	9.4	23.0	3.0	25.0	25.0	15.5
	30	38.6	28.0	25.0	15.5	9.5	25.0	3.0	27.0	26.0	16.0