

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ**

**JOSE ELDIONE SANTOS DE SOUZA**

**AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DE BAIXO CUSTO  
(BUBBLER ADAPTADO) PARA A AGRICULTURA FAMILIAR**

**Mazagão - AP**

**2022**

**JOSE ELDIONE SANTOS DE SOUZA**

**AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DE BAIXO CUSTO  
(BUBBLER ADAPTADO) PARA A AGRICULTURA FAMILIAR**

Monografia de conclusão de curso apresentada ao Curso de Licenciatura em Educação do Campo - Ciências Agrárias e Biologia, da Universidade Federal do Amapá, *Campus Mazagão*, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado.

**Orientador:**

Prof. Dr. Flávio da Silva Costa

**Mazagão - AP**

**2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca do Campus de Mazagão da Universidade Federal do Amapá  
Elaborada por Raildo de Sousa Machado, CRB2/1501

---

S729a Souza, José Eldione Santos de  
Avaliação hidráulica de um sistema de irrigação de baixo custo (bubblers adaptado) para a agricultura familiar / José Eldione Santos de Souza. – 2022.  
1 recurso eletrônico. 36 folhas : ilustradas (coloridas).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Educação do Campo – Ciências Agrárias e Biologia) – Campus de Mazagão, Universidade Federal do Amapá, Mazagão, 2022.

Orientador: Professor Doutor Flávio da Silva Costa.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

Inclui referências.

1. Agricultura familiar. 2. Irrigação agrícola. 3. Estruturas hidráulicas. 4. Sistema de irrigação bubbler. I. Costa, Flávio da Silva, orientador. II. Título.

Classificação Decimal de Dewey, 23. edição, 627.8

---

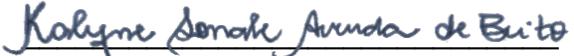
SOUZA, José Eldione Santos de. **Avaliação hidráulica de um sistema de irrigação de baixo custo (bubblers adaptado) para a agricultura familiar**. Orientador: Flávio da Silva Costa. 2022. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Educação do Campo Ciências Agrárias e Biologia) – Campus de Mazagão, Universidade Federal do Amapá, Mazagão, 2022.

**JOSE ELDIONE SANTOS DE SOUZA**

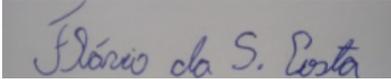
**AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DE BAIXO CUSTO  
(BUBBLER ADAPTADO) PARA A AGRICULTURA FAMILIAR**

Monografia de conclusão de curso apresentada ao Curso de Licenciatura em Educação do Campo - Ciências Agrárias e Biologia, da Universidade Federal do Amapá, *Campus* Mazagão, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado.

Aprovada em 14 de fevereiro de 2022.

  
Profa. Dra. Kalyne Sonale Arruda de Brito  
**(Examinadora)**  
Universidade Federal do Amapá

  
Prof. Dr. Ivomberg Dourado Magalhães  
**(Examinador)**  
Universidade Federal de Alagoas

  
Prof. Dr. Flávio da Silva Costa  
**(Orientador)**  
Universidade Federal do Amapá

**Mazagão – AP**

**2022**

A Deus, por estar sempre presente em minha vida, aos meus pais Sebastião Marques de Souza e Maria de Nazaré dos Santos, aos meus filhos Lucas Pinheiro de Souza e Maria Vitória Flexa de Souza e a minha esposa Daniela Flexa Martins, pelo apoio, incentivos e por todas as alegrias, cumplicidade e pelos esforços ao longo dessa minha caminhada.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, a minha família, em especial meus pais Sebastião Marques de Souza e Maria de Nazaré dos Santos, aos meus filhos Lucas Pinheiro de Souza e Maria Vitória Flexa de Souza e a minha esposa Daniela Flexa Martins, por sempre terem me apoiado durante minha trajetória na graduação.

À instituição de ensino UNIFAP e ao Curso de Licenciatura em Educação do Campo – Ciências Agrárias e Biologia, do *Campus* Mazagão da Universidade Federal do Amapá pela oportunidade de cursar minha graduação.

Ao meu orientador, professor doutor Flávio da Silva Costa, pela paciência, maestria e disponibilidade para me repassar os ensinamentos necessário para que eu pudesse escrever e apresentar meu TCC.

A todos os meus professores do Curso de Licenciatura em Educação do Campo – Ciências Agrárias e Biologia, do *Campus* Mazagão da Universidade Federal do Amapá, em especial a Flávio da Silva Costa, Mellissa Sousa Sobrinho, Marlo dos Reis, Débora Mate Mendes, Kalyne Sonale Arruda de Brito, Alder de Sousa Dias e Galdino Xavier de Paula Filho, que contribuíram para minha graduação.

Aos meus colegas do curso que contribuíram direta ou indiretamente com esse trabalho, em especial Daniela Flexa Martins, Lenize Santos da Silva, Wolfman Soares da Fonseca, Janilson Morais de Leão e Raimunda Morais de Leão, pelo apoio e não terem negado esforços para me ajudar nos momentos em que precisei, meu muito obrigado.

“Erradicar a pobreza, a fome e alcançar sustentabilidade ambiental nas próximas décadas dependerá criticamente da agricultura familiar.”

**José Craziano**

## RESUMO

A agricultura familiar brasileira tem importância significativa no desenvolvimento do país, é a base para as famílias originárias que reside no campo. No entanto, faz-se necessário desenvolver tecnologias alternativas para melhorar os sistemas de produção para a agricultura familiar por meio do desenvolvimento de técnicas e manejo para melhorar os tratamentos culturais, manejo do solo e da água. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o desempenho hidráulico do sistema de irrigação bubbler sob baixa pressão, como tecnologia alternativa para a agricultura familiar. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado num esquema fatorial com a aplicação de 4 pressões manométricas (0,55; 0,7; 0,85 e 1 m.c.a) e 5 declividades longitudinais dos microtubos ao longo das linhas laterais (0; 2,5; 5; 7,5 e 10 mm/m), com 4 repetições. O desempenho hidráulico do sistema *bubbler* foi avaliado pelos indicadores: vazão média dos emissores, coeficiente de uniformidade de Christiansen, coeficiente de uniformidade de distribuição, eficiência de aplicação de água e coeficiente de variação da vazão. O sistema *bubbler* adaptado alcançou níveis de desempenho considerados satisfatórios para a irrigação localizada, quando submetido às pressões de serviço entre 0,7 e 1 m.c.a. As declividades longitudinais gradativas empregadas aos emissores de água ao longo da linha lateral do sistema bubbler corrigiram as perdas de carga, aumentando a eficiência de aplicação de água.

**Palavras-chave:** Desempenho hidráulico. Eficiência de aplicação. Coeficiente de uniformidade de Christiansen. Coeficiente de uniformidade de distribuição. Coeficiente de variação da vazão.

## ABSTRACT

Brazilian family farming has significant importance in the development of the country, it is the basis for the original families who live in the countryside. However, it is necessary to develop alternative technologies to improve production systems for family farming through the development of techniques and management to improve cultural practices, soil and water management. In this context, the objective was to evaluate the hydraulic performance of the bubbler irrigation system under low pressure, as an alternative technology for family farming. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme with the application of 4 gauge pressures (0.55; 0.7; 0.85 and 1 m.c.a.) and 5 longitudinal slopes of the microtubes along the lateral lines (0; 2.5; 5; 7.5 and 10 mm/m), with 4 repetitions. The hydraulic performance of the bubbler system was evaluated by the indicators: average flow of the emitters, Christiansen uniformity coefficient, distribution uniformity coefficient, water application efficiency and flow coefficient of variation. The adapted bubbler system reached performance levels considered satisfactory for localized irrigation, when submitted to service pressures between 0.7 and 1 m.c.a. The gradual longitudinal slopes applied to the water emitters along the lateral line of the bubbler system corrected the head losses, increasing the efficiency of water application.

**Keywords:** Hydraulic performance. Application efficiency. Christiansen uniformity coefficient. Distribution uniformity coefficient. Flow variation coefficient.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Página
<b>Esquema 1.</b> Descrição esquemática dos componentes utilizados da unidade experimental	20
<b>Fotografia 1</b> – Área experimental e detalhes das ripas perfuradas utilizadas para sustentação dos microtubos do sistema <i>bubbler</i> adaptado.	21
<b>Gráfico 1</b> – Vazão média dos emissores do sistema de irrigação bubbler sob as pressões de serviço 0,55 (A), 0,7 (B), 0,85 (C) e 1 m.c.a. (D) e desníveis longitudinais da altura dos emissores por toda a extensão das linhas laterais.	26
<b>Gráfico 2</b> – Coeficiente de uniformidade de Christiansen do sistema de irrigação bubbler sob as pressões de serviço 0,55 (A), 0,7 (B), 0,85 (C) e 1 m.c.a. (D) e desníveis longitudinais da altura dos emissores por toda a extensão das linhas laterais.	27
<b>Gráfico 3</b> – Coeficiente de uniformidade de distribuição do sistema de irrigação bubbler sob as pressões de serviço 0,55 (A), 0,7 (B), 0,85 (C) e 1 m.c.a. (D) e desníveis longitudinais da altura dos emissores por toda a extensão das linhas laterais.	29
<b>Gráfico 4</b> – Eficiência de aplicação de água (EA) do sistema de irrigação bubbler sob as pressões de serviço 0,55 (A), 0,7 (B), 0,85 (C) e 1 m.c.a. (D) e desníveis longitudinais da altura dos emissores por toda a extensão das linhas laterais.	30
<b>Gráfico 5</b> – Coeficiente de variação da vazão do sistema de irrigação bubbler sob as pressões de serviço 0,55 (A), 0,7 (B), 0,85 (C) e 1 m.c.a. (D) e desníveis longitudinais da altura dos emissores por toda a extensão das linhas laterais.	32

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1</b> – Valores utilizados para classificação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) para irrigação localizada.	<b>23</b>
<b>Tabela 2</b> – Valores utilizados para classificação da eficiência de aplicação de água (EA) e coeficiente de variação da vazão (CVQ) para irrigação localizada.	<b>24</b>
<b>Tabela 3</b> – Resumo da análise de variância para os indicadores de desempenho do sistema de irrigação do tipo <i>bubbler</i> .	<b>25</b>

## SUMÁRIO

	Página
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO..... 12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS..... 14</b>
2.1	GERAL..... 14
2.1	ESPECÍFICOS..... 14
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA..... 15</b>
3.1	IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO..... 15
3.2	MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO..... 16
3.2.1	SUPERFICIAL..... 16
3.2.2	ASPERSÃO..... 16
3.2.3	LOCALIZADA (MICROIRRIGAÇÃO)..... 17
<b>3.2.3.1</b>	<b>Gotejamento..... 17</b>
<b>3.2.3.2</b>	<b>Microaspersão..... 18</b>
<b>3.2.3.3</b>	<b>Sistema bubbler..... 18</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS..... 20</b>
4.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL..... 20
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL..... 21
4.3	VARIÁVEIS ANALISADAS..... 21
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA..... 24
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 25</b>
5.1	VAZÃO (Q)..... 25
5.2	COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN (CUC)..... 26
5.3	COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO (CUD)..... 28
5.4	EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO (EA)..... 30
5.5	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DA VAZÃO (CVQ)..... 31
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 33</b>
	<b>REFERÊNCIAS..... 34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura familiar brasileira tem importância significativa no desenvolvimento do país, sendo a base para as famílias originárias que reside no campo, mantém a soberania alimentar e ambiental com o uso consciente dos recursos naturais, mantendo o equilíbrio e resgatando o conhecimento deixado pelos antepassados, garantindo ao longo dos anos a permanência dos presentes e futuras gerações. Apesar de ser uma atividade milenar, pouco se tem de investimento por parte dos governos para o seu desenvolvimento e impulsionamento deste setor (MATTEI, 2014).

A perspectiva e os desafios para agricultura familiar têm ganhado dimensão política e social no Brasil, graças à luta dos povos e comunidades tradicionais, engajados nos movimentos de luta e resistência pelo desenvolvimento sustentável do campo. Schneider (2003) afirma que essa discussão ganhou força a partir do momento que contou com o apoio da classe acadêmica, principalmente dos estudiosos que se dedicam a desenvolver a agricultura e o meio rural, principalmente com o desenvolvimento de técnicas adequadas de tratos culturais, manejo do solo e da água.

O uso de irrigação é essencial para o desenvolvimento e produtividade da agricultura, em especial aos agricultores familiares, que buscam o ápice da produção e organização em suas propriedades, deixando de ser meros consumidores e passando a fornecedores da sua produção para os mercados (COELHO *et al.*, 2017). A utilização dos sistemas de baixo custo vem crescendo e viabilizando o trabalho dos agricultores de acordo com a sua realidade local podendo assim ser realizados por sistema de gravidade ou por conjuntos de motobomba movidos a diesel, gasolina ou eletricidade (COELHO *et al.*, 2012).

O custo de um sistema de irrigação para a agricultura familiar tem foco principal na abordagem dos valores, entretanto é necessário observar que o custo de um sistema envolve tudo o que for necessário para aplicação de água a todas as plantas de uma área cultivada (COELHO *et al.*, 2012). No caso específico do sistema de irrigação do tipo Bubbler, indicado para o cultivo de frutíferas e hortaliças, o custo médio por hectare pode ser considerado baixo quando comparado aos sistemas pressurizados convencionais, devido a exigência de baixa pressão de serviço, ou

carga hidráulica, e utilizar a gravidade para o seu funcionamento, dispensando sistemas de bombeamento (KELLER, 1990).

O sistema de irrigação do tipo Bubbler com funcionamento por fluxo de gravidade opera, geralmente, por pressões baixas quanto a 1 metro de coluna de água (m.c.a) (9,81 kPa) e sem uso de sistemas de filtragem elaborados (REYNOLDS *et al.*, 1995). Contudo, há carência de procedimentos simplificados para instalação de projetos que lhe garantam alta uniformização e distribuição de água, visto que por se tratar de um sistema que possui emissor de água não-regulado, ou seja, sem compensação da pressão ao longo das linhas de irrigação, como ocorre nos gotejadores autocompensantes, comumente, apresentam baixa eficiência de aplicação de água.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Avaliar o desempenho hidráulico do sistema de irrigação bubbler sob baixa pressão, como tecnologia alternativa para a agricultura familiar.

### 2.2 ESPECÍFICOS

a) Averiguar se as pressões manométricas e/ou as declividades longitudinais nas linhas laterais proporcionam ao sistema bubbler adaptado desempenho considerado satisfatório para o método localizado;

b) Verificar se a declividade gradativa longitudinal dos emissores de água ao longo da linha lateral do sistema de irrigação melhora seus indicadores de qualidade;

c) Encontrar a melhor relação pressão manométrica versus declividade longitudinal que se adeque a um sistema de irrigação do tipo bubbler composto por material não recomendado para uso na irrigação convencional.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO

A utilização da irrigação na agricultura iniciou pelo continente asiático há 6.000 anos a.C. às margens dos rios Nilo, Tigre, Eufrates, rio Amarelo na China e Ganges na Índia. Neste período os agricultores implantavam as culturas pensando em aproveitar a umidade do solo para melhorar a produção. Mello e Silva (2008) e Giacoia Neto (2008) apontam que a construção do primeiro sistema montado de irrigação ocorreu no Egito, através de diques, represas e canais, utilizando a água do rio.

Com o passar dos anos, ocorreram grandes avanços que permitiram a ampliação dos sistemas de irrigação, visando a autonomia dos agricultores fazendo com que houvesse um aumento nas aplicações adequadas e técnicas nas propriedades, correspondendo a 18% da área cultivada no mundo, ofertando 40% de produtos como alimentos e fibras, trazendo grandes contribuições na produção e economia familiar, garantindo o sucesso e comprovando a efetividade da utilização deste método na agricultura (TESTEZLAF; MATSURA; CARDOSO, 2002).

Christofidis (1999) afirma que o Brasil tem potencial para irrigar 16,1 milhões de hectares em todo o seu território, e que a agricultura irrigada brasileira gera, em média, 1,5 emprego direto por hectare. Mantendo-se estes índices, a agricultura irrigada empregaria cerca de 24 milhões de pessoas no país, sem contar os empregos gerados nos setores que se beneficiariam indiretamente com o processamento dos produtos agrícolas.

O potencial da irrigação no Brasil está ligado, em grande parte, aos 8% de toda a reserva de água superficial doce do mundo que encontra no país; com 80% do total na região Amazônica, restando 20% para o abastecimento das demais áreas que são as mais populosas do território. Nesse contexto, mesmo com todo esse potencial para a irrigação, a água precisa ser usada de forma racional para não gerar conflitos futuros nas várias regiões do país. Lima, Ferreira e Christofidis (1999) destacam que:

Mais de 60% das derivações dos cursos d'água brasileiros são para fins de irrigação. Por ser o principal concorrente pelo uso da água, deve-se estimular um manejo racional da irrigação e a otimização dos equipamentos elétricos utilizados, com a finalidade de tornar a utilização da água e da energia elétrica mais eficientes.

Conforme dados apresentados anteriormente, os métodos de irrigação e as culturas diferem quanto à utilização da água. Todos os métodos possuem algumas condições que limitam o seu uso, mas, como é possível observar, geralmente o método que usa a água de forma mais eficiente é a irrigação localizada. (...) Hoje, diante dos conflitos entre os diferentes usuários, da preocupação ambiental e da cobrança pelo uso da água prevista na Lei das Águas (Lei 9.433 de janeiro de 1997), existe a tendência de que este método de irrigação continue ampliando sua participação no cenário nacional.

## 3.2 MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO

### 3.2.1 SUPERFICIAL

O método de irrigação superficial, também conhecido como irrigação por gravidade, é a forma de aplicar água nas plantas sem a necessidade da utilização de conjunto motobomba. A distribuição ocorre diretamente na superfície do solo por gravidade de uma fonte que fica na parte mais alta do terreno, através da água do rio, córrego, lagoa ou represa (COELHO *et al.*, 2017).

Esse método de irrigação pode ser considerado um dos mais antigos do mundo. As primeiras civilizações já utilizavam este meio de irrigar as plantas a partir do momento em que os agricultores perceberam a necessidade de molhar o solo para se obter uma melhor produção. Os sistemas mais conhecidos no método superficial é a irrigação por sulco e inundação (TESTEZLAF, 2017).

A irrigação por sulco ocorre quando a água é aplicada em sulco no solo, sendo utilizado em qualquer cultura, de preferência às culturas de grãos como feijão, milho e hortaliças que possui um menor espaçamento (COELHO *et al.*, 2017). A irrigação por inundação é mais utilizada na cultura do arroz, onde toda a parte superficial do solo fica inundado de forma temporária ou permanente, diferentemente dos sistemas mais difundidos da atualidade, principalmente aqueles que apresentam um alto valor econômico desde a implantação como no funcionamento: pivô central (mecanizada) e sistemas convencionais (TESTEZLAF, 2017).

### 3.2.2 ASPERSÃO

A irrigação por aspersão é o método de aplicar água em forma de chuva por aspersores sobre as plantas e solo, reduzindo a temperatura e o descarte de resíduos, aumentando a umidade relativa. A água pode ser bombeada a partir de uma fonte e

distribuída por uma rede de tubulações ou jatos de água em pequenas gotas sob pressão (TESTEZLAF, 2017). Os sistemas mais importantes na irrigação por aspersão é o convencional (portátil, fixo – portátil e fixo – permanente) e o mecanizado (lateral rolante, pivô central, sistema lateral, montagem direta e autopropelido). O sistema de irrigação convencional fixo é aquele onde o equipamento cobre a área toda, apresentando melhor uniformidade de irrigação, reduz a mão-de-obra, mas o investimento é alto, sendo considerado elevado para o modelo da agricultura familiar (COELHO *et al.*, 2017; TESTEZLAF, 2017).

### 3.2.3 LOCALIZADO (MICROIRRIGAÇÃO)

No método de irrigação localizada a água é aplicada em pequenas vazões sob a copa e próxima do sistema radicular das plantas cultivadas, diferenciando-se do sistema por aspersão por não desperdiçar a água aplicada no espaço entre as linhas do plantio onde não existem raízes das plantas, utilizando menor quantidade de água. No método de irrigação localizada, os principais são por gotejamento e por microaspersão (PEREIRA, 2014).

#### 3.2.3.1 Gotejamento

A irrigação por gotejadores é caracterizada por aplicar pequenos volumes de água, em gotas, com frequência constante, lenta e com baixa pressão, diminuindo as possibilidades de perdas e apresentando um ótimo resultado na eficiência da distribuição quando comparado com os sistemas de aspersão e superfícies. Existem várias formas de aplicações por gotejamento, sendo mais utilizados em fruteiras cultivadas, hortaliças e paisagismo (COELHO *et al.*, 2017). Este sistema aplica água na forma de um bulbo molhado, onde somente uma pequena área saturada fica exposta na superfície do solo (TESTEZLAF, 2017).

A irrigação por gotejamento utiliza bombeamento, tubulações, cabeçal de controle e os gotejadores utilizados nas linhas, levando em consideração a seleção correta dos equipamentos. Dentre alguns gotejadores, podemos citar os principais: microtubos capilares, gotejadores de longo percurso integrado, gotejador tipo orifício e tubos emissores (COSTA *et al.*, 2010).

### 3.2.3.2 Microaspersão

O sistema de irrigação por microaspersão aplica água em menor quantidade por pequenos aspersores na forma localizada em um raio que varia de acordo com a pressão e distância da fonte de distribuição, este sistema é bastante utilizado na fruticultura em espécies que varia de acordo com o espaçamento e pode ser utilizados em hortaliças (COELHO, *et al.*, 2017).

No Brasil este método de irrigação vem se expandindo, sendo muito utilizado no cultivo de citros, bananeiras, mangueiras, entre outras espécies frutíferas, apresentando os mesmos padrões do sistema por gotejamento, podendo ser classificado em microaspersor rotativo e microaspersor estacionário, instalado em diversas formas, mas todos mantêm a uniformidade de distribuição de água aplicada nas culturas desejadas (TESTEZLAF, 2017).

### 3.2.3.3 Sistema bubbler

O sistema de irrigação bubbler é composto, basicamente, por uma fonte de água elevada o mínimo necessário para distribuir água gravitacionalmente pelas tubulações principal, de derivação e laterais e microtubos emissores, podendo ser utilizado fio espagete de PVC (COELHO *et al.*, 2017). De acordo com Delorme *et al.* (2017), os microtubos aplicam água na superfície do solo com uma vazão superior aos gotejadores de superfície ou subsuperfície, mas, geralmente, inferior a 225 litros por hora, o que os tornam mais adequados para irrigação de pomares com amplas zonas radiculares ou para situações em que se exija expressiva quantidade de água num curto período de tempo.

O bubbler apresenta custo mais baixo quando comparado aos métodos de irrigação convencional de microaspersão ou gotejamento (KELLER, 1990; SOUZA; PÉREZ; BOTREL, 2006). Além disso, fatores como rusticidade, durabilidade, funcionamento com baixa pressão de serviço e necessidade de pouca mão-de-obra após a sua implantação, tornam o sistema bubbler viável economicamente para uso na agricultura familiar, bastando-se ter o cuidado com entupimentos, que podem ser resolvidos com um filtro construído com tela metálica com malha menor que o diâmetro de saída dos microtubos, instalada na flange da fonte hídrica (COELHO *et al.*, 2012).

Estudos comprovam que o sistema bubbler obteve desempenho hidráulico superior frente a vários sistemas de irrigação recomendados para a agricultura familiar (SILVA *et al.*, 2011); pode, ainda, ser utilizado para a fertirrigação, sem que seus indicadores de desempenho se alterem facilmente, mesmo na aplicação do esgoto doméstico como fertilizante (CARMO *et al.*, 2014); e proporcionou bons índices de produtividade quando utilizados em diversos cultivos (SANTOS *et al.*, 2014; MANSOUR *et al.*, 2015; AHMED *et al.*, 2018; SAMIA *et al.*, 2022).

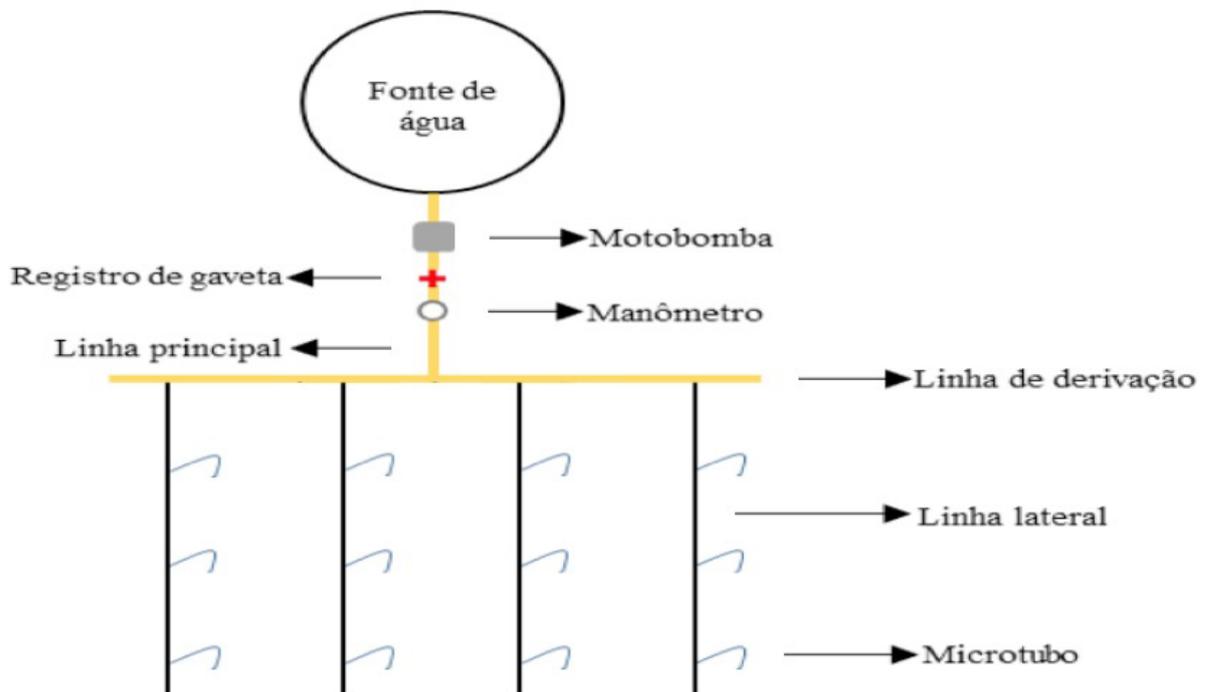
Contudo, a instalação adequada do sistema bubbler para obtenção de alta uniformidade de distribuição da água ainda é um obstáculo para o pequeno produtor, visto que o procedimento padrão para a sua instalação é orientado por um software norte-americano (DIDAN *et al.*, 1995; YITAYEW *et al.*, 1999), que exige informações de caráter técnico para o seu correto funcionamento. Além disso, Reynolds *et al.* (1995) afirmam que para fornecimento uniforme de água no sistema bubbler, os microtubos ao longo das linhas laterais devem possuir diferentes diâmetros a fim de compensação das perdas de cargas geradas pelos materiais utilizados, o que pode comprometer a correta instalação caso não existam no mercado local os tubos e microtubos com os diâmetros requisitados. Tais exigências dificultam o uso do software em localidades onde os pequenos produtores utilizam, comumente, materiais alternativos para a irrigação, como tubos de esgoto e mangueiras plásticas, havendo, nesses casos, a necessidade do desenvolvimento de metodologias simplificadas que aumentem a eficiência de aplicação da água nessas condições.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi realizada no *Campus Mazagão* da Universidade Federal do Amapá, Mazagão, Amapá. O experimento ocupou uma área de 200 m<sup>2</sup> (25 x 8 m), onde foram distribuídos uma fonte de água (caixa d'água de 1000 L); tubulações principal de 50 mm e derivação de 40 mm, ambas constituídas de tubos de PVC utilizados para esgoto doméstico; motobomba de 0,5 CV, um registro de gaveta (40 mm); dois "T" de 40 mm, um manômetro + adaptador para o "T" de 40 mm, quatro linhas laterais constituídas de mangueiras de polietileno reciclado (15 mm  $\varnothing$  interno), com 25 m de comprimento cada e espaçadas a 2 m entre si; e quarenta e oito microtubos de polietileno (5 mm  $\varnothing$  interno), utilizados na microaspersão (Esquema 1).

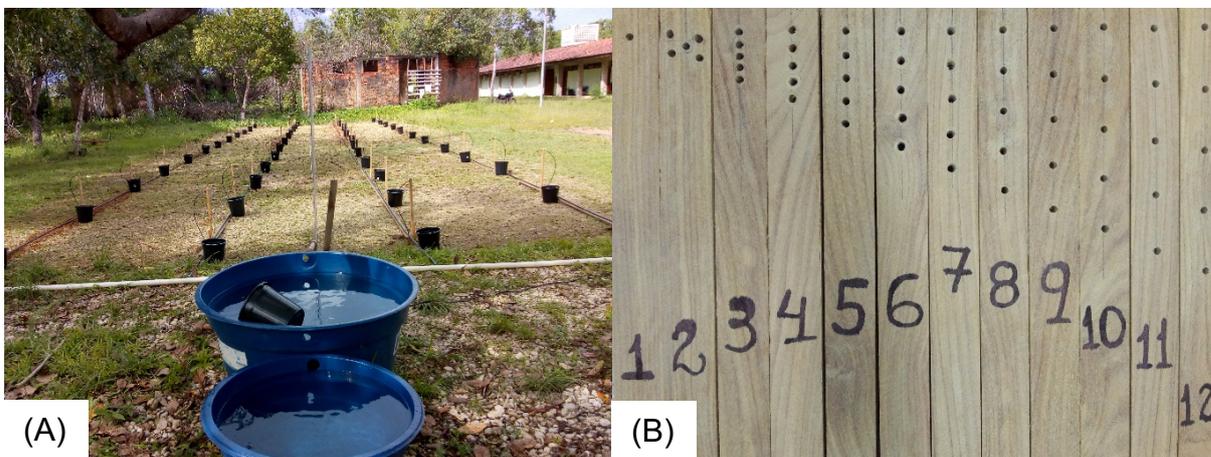
**Esquema 1.** Descrição esquemática dos componentes utilizados na unidade experimental.



Foram instalados 12 microtubos ao longo da linha lateral e espaçados 2 m entre si. Os microtubos tinham 60 cm de comprimento, dos quais 5 mm foram introduzidos nas mangueiras, sem uso de conector, direcionados verticalmente e acoplados 5 cm

num furo de 6 mm feito na parte superior de ripas de madeira cravadas no solo para manter fixa a altura da saída da água (Fotografia 1).

**Fotografia 1.** Área experimental (A) e detalhes das ripas perfuradas utilizadas para sustentação dos microtubos do sistema *bubbler* adaptado (B).



Fonte: Arquivo pessoal.

#### 4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado num esquema fatorial com a aplicação de 4 pressões manométricas (0,55 (P1); 0,7 (P2); 0,85 (P3) e 1 m.c.a (P4)) e 5 declividades longitudinais dos microtubos ao longo das linhas laterais (0; 2,5; 5; 7,5 e 10 mm/m), com 4 repetições.

O controle das pressões manométricas foi realizado com base em um manômetro analógico instalado na tubulação principal, logo após o registro de gaveta que regula o fluxo de água e, conseqüentemente, a pressão no sistema.

A depressão longitudinal dos microtubos correspondeu à redução gradativa da altura dos microtubos ao longo da linha de irrigação, tendo como referência os quatro emissores mais próximos da linha de derivação. Estes emissores foram instalados a um metro do início da linha lateral e a 50 cm acima do nível da tubulação principal, onde encontrava-se o manômetro, os quais foram nivelados por meio de um nível de mangueira cristal, seguindo metodologia usada por Souza *et al.* (2005).

#### 4.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

O desempenho hidráulico do sistema *bubbler* foi avaliado após serem quantificadas as médias de três repetições das vazões dos 48 emissores (l/h), com o

auxílio de uma proveta graduada de 1.000 mL e um cronômetro digital, calculando-se os seguintes indicadores: vazão média dos emissores ( $Q_e$ , Eq. 1), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC, Eq. 2), proposto por Christiansen (1942), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD, Eq. 3), seguindo a recomendação de Merriam e Keller (1978), a eficiência de aplicação de água (EA, Eq. 4), de acordo com Vermeiren e Jobling (1997), e o coeficiente de variação da vazão (CVQ, Eq. 5), seguindo metodologia utilizada por Carmo *et al.* (2016).

$Q = \frac{VT}{NE}$	Eq. 1
<p>em que:</p> <p><math>Q_i</math> = Vazão média dos emissores, L h<sup>-1</sup>;</p> <p>VT = volume total de água coletado por hora e por linha lateral, L h<sup>-1</sup>, e</p> <p>NE = número de emissores por linha lateral.</p>	

$CUC = 100 * \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^N  Q_i - Q_m }{n * Q_m} \right)$	Eq. 2
<p>em que:</p> <p>CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;</p> <p><math>Q_i</math> = vazão do <i>i</i>-ésimo emissor, L h<sup>-1</sup>;</p> <p><math>Q_m</math> = vazão média da linha lateral, L h<sup>-1</sup>, e</p> <p><i>n</i> = número de emissores amostrados por linha lateral.</p>	

$CUD = \frac{q_{25\%}}{qm} * 100$	Eq. 3
<p>em que:</p> <p>CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição, %;</p> <p><math>Q_{25\%}</math> = média das 25% menores vazões da linha lateral, L h<sup>-1</sup>, e</p> <p><math>Q_m</math> = vazão média da linha lateral, L h<sup>-1</sup>.</p>	

$EA = 0,95 * CUD$	Eq. 4
<p>em que:</p> <p>EA = eficiência de aplicação, %.</p>	

0,95 = fator que estabelece a relação entre o total de água aplicado e o total consumido pelas plantas, recomendado por Vermeiren e Jobling (1997) para sistema localizado.

$$CVQ = \left( \frac{S_q}{Q_m} \right) * 100$$

Eq. 5

em que:

CVQ = coeficiente de variação de vazão, %;

Sq = desvio padrão das vazões dos emissores amostrados por linha, L h<sup>-1</sup>; e

Qm = vazão média dos emissores por linha, L h<sup>-1</sup>.

Os resultados dos coeficientes de uniformidade de Christiansen e de distribuição foram interpretados seguindo a classificação proposta por Mantovani (2001) (Tabela 1), a eficiência de aplicação de água de acordo com Bernardo *et al.* (2006) e o coeficiente de variação da vazão com base na recomendação da ASAE (2003) (Tabela 2).

**Tabela 1.** Valores utilizados para classificação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) para irrigação localizada.

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

Fonte: Mantovani (2001)

**Tabela 2.** Valores utilizados para classificação da eficiência de aplicação de água (EA) e coeficiente de variação da vazão (CVQ) para irrigação localizada.

EA (%)	Classificação	CVQ (%)	Classificação
$\geq 95$	Ideal	$\leq 10$	Bom
80 - 95	Aceitável	10 - 20	Razoável
< 80	Inaceitável	> 20	Inaceitável

**Fonte:** Bernardo et al. (2006) e CVQ (ASAE, 2003).

#### 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos ao teste F, a 5% de probabilidade, e discutidos mediante aplicação de regressões lineares e quadráticas, quando significativos, utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pressões manométricas de 0,55 (P1), 0,7 (P2), 0,85 (P3) e 1 m.c.a. (P4) e os desníveis longitudinais dos emissores até 10 mm/m ao longo das linhas laterais do sistema de irrigação do tipo "bubbler", influenciaram significativamente ( $p < 0,01$ ), tanto de modo individual como em interação, a vazão do emissor (Q), o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), a Eficiência de Aplicação da Água (EA), e o Coeficiente de Variação da Vazão (CVQ) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para os indicadores de desempenho do sistema de irrigação do tipo *bubbler*.

FV	GL	Quadrado médio				
		Q (l/h)	CUC (%)	CUD (%)	EA (%)	CVQ (%)
Pressões (P)	3	1268,721**	1960,543**	3702,393**	3340,904**	2518,465**
Desníveis (D)	4	31,554**	93,028**	312,076**	281,653**	121,356**
P x D	12	4,619**	204,392**	281,970**	254,522**	272,349**
Erro	60	0,151	6,057	15,813	14,273	7,337
CV (%)		1,82	2,93	5,05	5,05	13,64

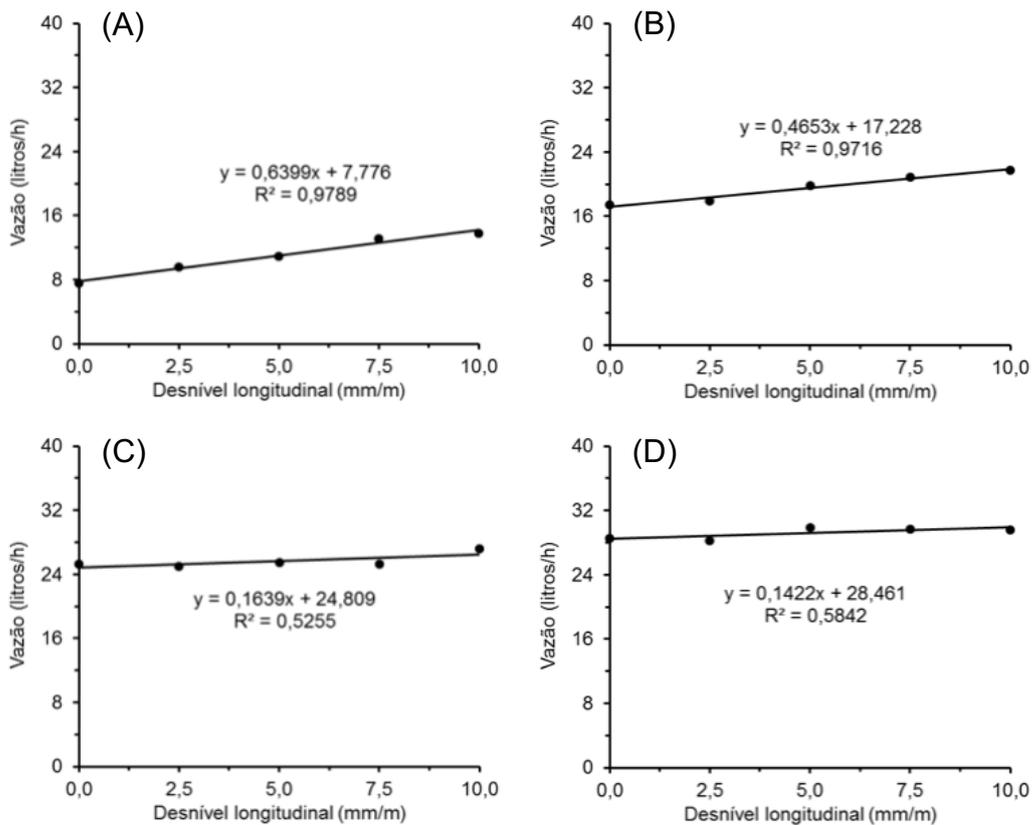
\*\* : significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F. Q: Vazão; CUC: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen; CUD: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição; EA: Eficiência de Aplicação; e CVQ: Coeficiente de Variação da Vazão.

### 5.1 VAZÃO (Q)

A vazão (Q) dos emissores do sistema bubbler aumentou com a elevação das pressões de serviço aplicadas e com o acréscimo dos desníveis longitudinais (DL). No entanto, quanto maior a pressão aplicada, menor foi a diferença da Q (l/h) entre os emissores submetidos ao máximo DL (10 mm/m) e os que encontravam-se nivelados (0 mm/m), quantificando-se, respectivamente, diferença de 6,399 l/h na P1 (82,29%), 4,653 l/h na P2 (27,01%), 1,639 l/h na P3 (6,61%) e 1,422 l/h na P4 (5%) (Gráfico 1), constatando-se menor variação da vazão quando a pressão de serviço aumentava. Essa baixa variação da Q nas maiores pressões é um indicador desejável para um

sistema de irrigação, pois indicam que alterações pouco expressivas no DL dos emissores, numa possível condição de campo, impactará de maneira menos significativa na vazão média do sistema.

**Gráfico 1.** Vazão média dos emissores do sistema de irrigação bubbler sob as pressões de serviço 0,55 (A), 0,7 (B), 0,85 (C) e 1 m.c.a. (D) e desníveis longitudinais da altura dos emissores por toda a extensão das linhas laterais.

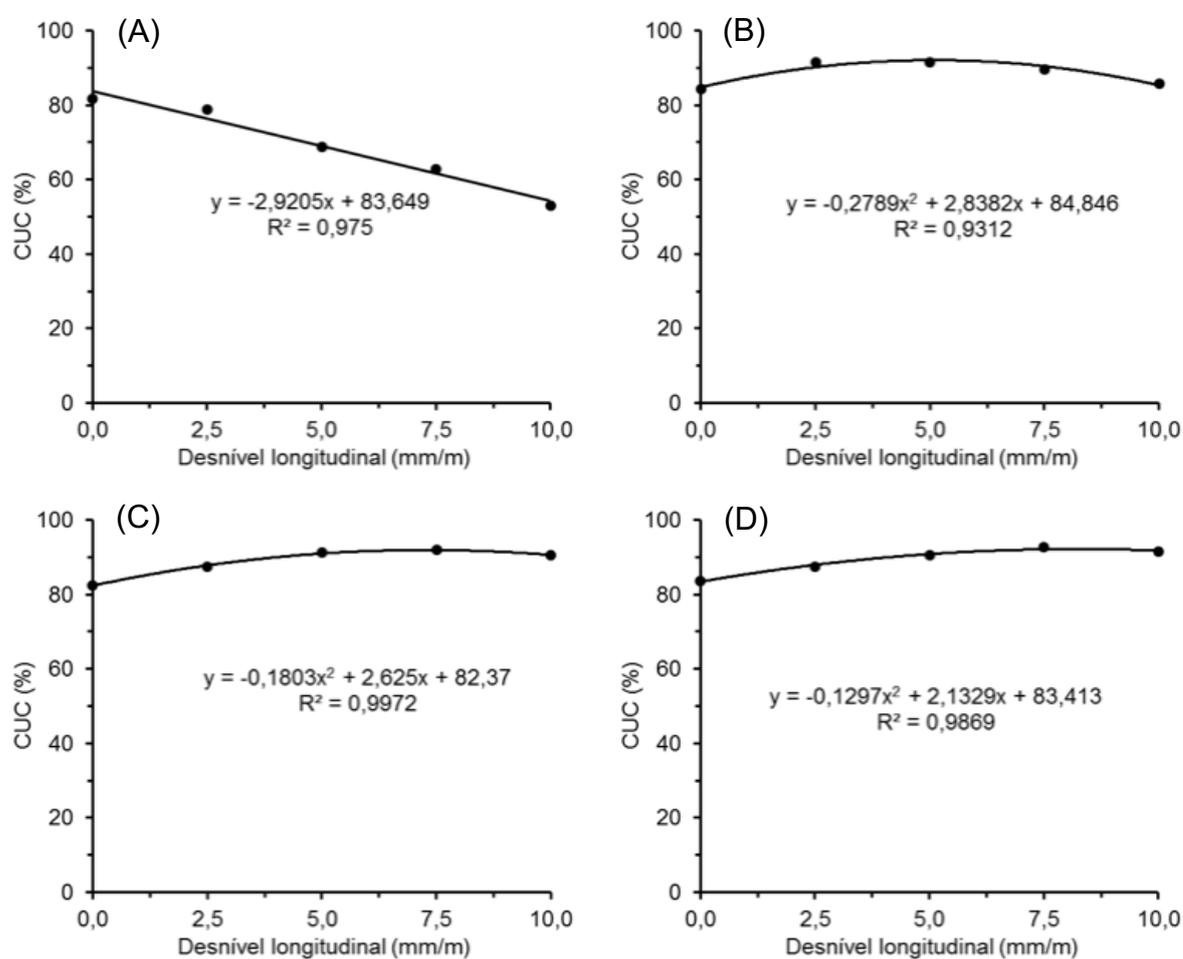


## 5.2 COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN (CUC)

O sistema *bubbler* com os emissores nivelados (0 mm/m) apresentou Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) superiores a 80% nas diferentes pressões analisadas (Gráfico 2). Quando foram aplicados os desníveis longitudinais (DL) o sistema sob a pressão de 0,55 m.c.a. (P1) reduziu linearmente o sua uniformidade até atingir 54,44% no DL de 10 mm/m; diferentemente das demais pressões analisadas que promoveriam os maiores CUC em desníveis intermediários aos testados, com pontos máximos de 92,07% sob a pressão 0,7 m.c.a. (P2) em 5,09 mm/m de DL, 91,92% sob 0,85 m.c.a. (P3) em 7,28 mm/m, e 92,18% sob 1 m.c.a. em

8,222 mm/m. Tais resultados ficaram abaixo dos 96,6% alcançados por Souza et al. (2005), ao utilizarem o software "BUBBLER" (método padrão) no dimensionamento do sistema. Contudo, deve-se destacar que o material utilizado pelos autores na montagem do sistema bubbler são os recomendados para uso na irrigação, o que deve ter reduzido as perdas de carga e aumentando o CUC.

**Gráfico 2.** Coeficiente de uniformidade de Christiansen do sistema de irrigação bubbler sob as pressões de serviço 0,55 (A), 0,7 (B), 0,85 (C) e 1 m.c.a. (D) e desníveis longitudinais da altura dos emissores por toda a extensão das linhas laterais.



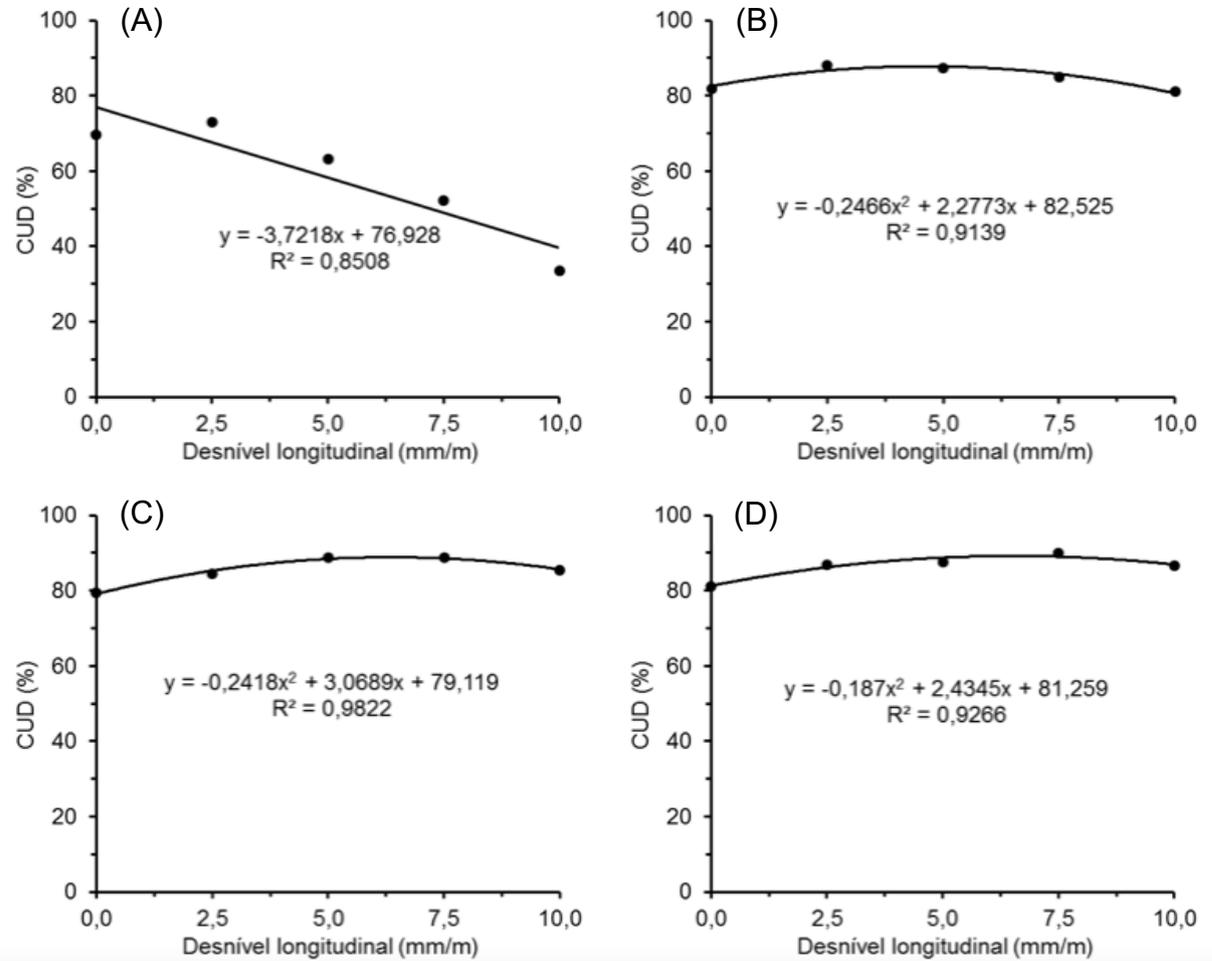
É importante destacar que o sistema bubbler, do presente estudo, trabalhando sob baixa pressão de serviço (0,55 m.c.a.), alcançou "Bom" desempenho no CUC na sua melhor configuração (0 mm/m = 83,65%), de acordo a classificação Mantovani (2001); porém, os desníveis associados aplicados às pressões entre 0,7 e 1 m.c.a. corrigiram as perdas de carga da linha lateral e elevaram os resultados do CUC aos patamares de sistemas de irrigação localizados convencionais de alto desempenho,

como gotejadores e microaspersores, alcançando desempenho "Excelente". Carmo *et al.* (2016) enfatizam a importância da escolha de configurações com máximo CUC para o sistema de irrigação bubbler, pois este indicador tende a reduzir com o passar do tempo, comprovado em seu estudo quando o CUC reduziu de 91,6% para 86,9% após 168 horas de funcionamento de um sistema bubbler.

### 5.3 COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO (CUD)

De forma semelhante ao CUC, o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) teve desempenhos "Bom" na aplicação da P1 sem DL dos emissores de água (76,93%) e "Excelente" nas P2, P3 e P4 para os DL estimados de 4,617 mm/m (87,78%), 6,346 mm/m (88,86%) e 6,509 mm/m (89,18%), respectivamente (Gráfico 3). Ademais, notou-se que apenas a P1 regrediu na sua classificação de desempenho até o conceito "Ruim" (36 a 52%), com a aplicação do DL de 10 mm/m (39,71%), enquanto as demais pressões mantiveram-se dentro do considerado "Bom" ou "Excelente", independentemente do desnível aplicado (MANTOVANI, 2001).

**Gráfico 3.** Coeficiente de uniformidade de distribuição do sistema de irrigação bubbler sob as pressões de serviço 0,55 (A), 0,7 (B), 0,85 (C) e 1 m.c.a. (D) e desníveis longitudinais da altura dos emissores por toda a extensão das linhas laterais.

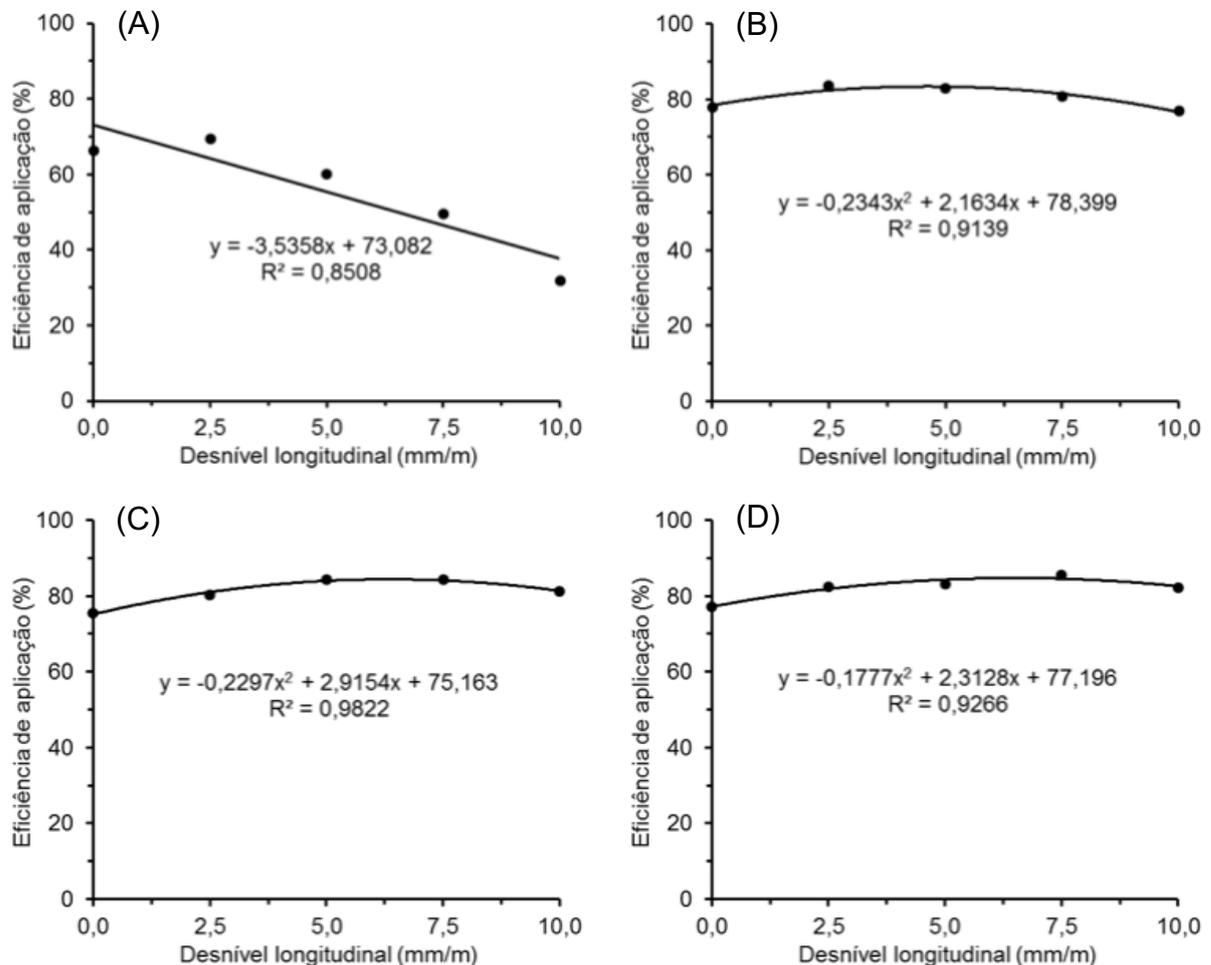


Os bons resultados de CUC e CUD alcançados no intervalo de pressões manométricas entre 0,7 e 1 m.c.a. em interação com os diferentes desníveis até 10 mm/m aplicados ao longo das linhas laterais, indicam que o sistema de irrigação bubbler, confeccionado com material alternativo, não necessita de alta precisão na instalação em campo para alcançar resultados satisfatórios em pequenas áreas de cultivo. Além disso, estes resultados contrariam Reynolds *et al.* (1995) e Souza *et al.* (2005), quando afirmam que o sistema bubbler exige pressão mínima de 1 m.c.a. para obtenção de boa uniformidade de distribuição de água.

#### 5.4 EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO (EA)

As pressões e os desníveis analisadas não proporcionaram ao sistema bubbler Eficiência de Aplicação de Água (EA) considerada "Ideal" para os sistemas convencionais de irrigação localizada ( $\geq 95\%$ ), porém as interações P2 x 4,617 mm/m (83,4%), P3 x 6,346 mm/m (84,4%) e P4 x 6,508 mm/m (84,7%) (Gráfico 4) são consideradas "Aceitáveis" por Bernardo *et al.* (2006); além de se aproximarem do que é considerado adequado para um sistema de irrigação do tipo bubbler (85%), de acordo com Reynolds (1993), podendo-se inferir que os parâmetros testados proporcionaram boa uniformidade ao sistema proposto; com exceção da P1 (0,55 m.c.a.), que deve ser evitado pela baixa EA, ou seja, pelo alto desperdício de água mesmo com o sistema nivelado ( $> 25\%$ ).

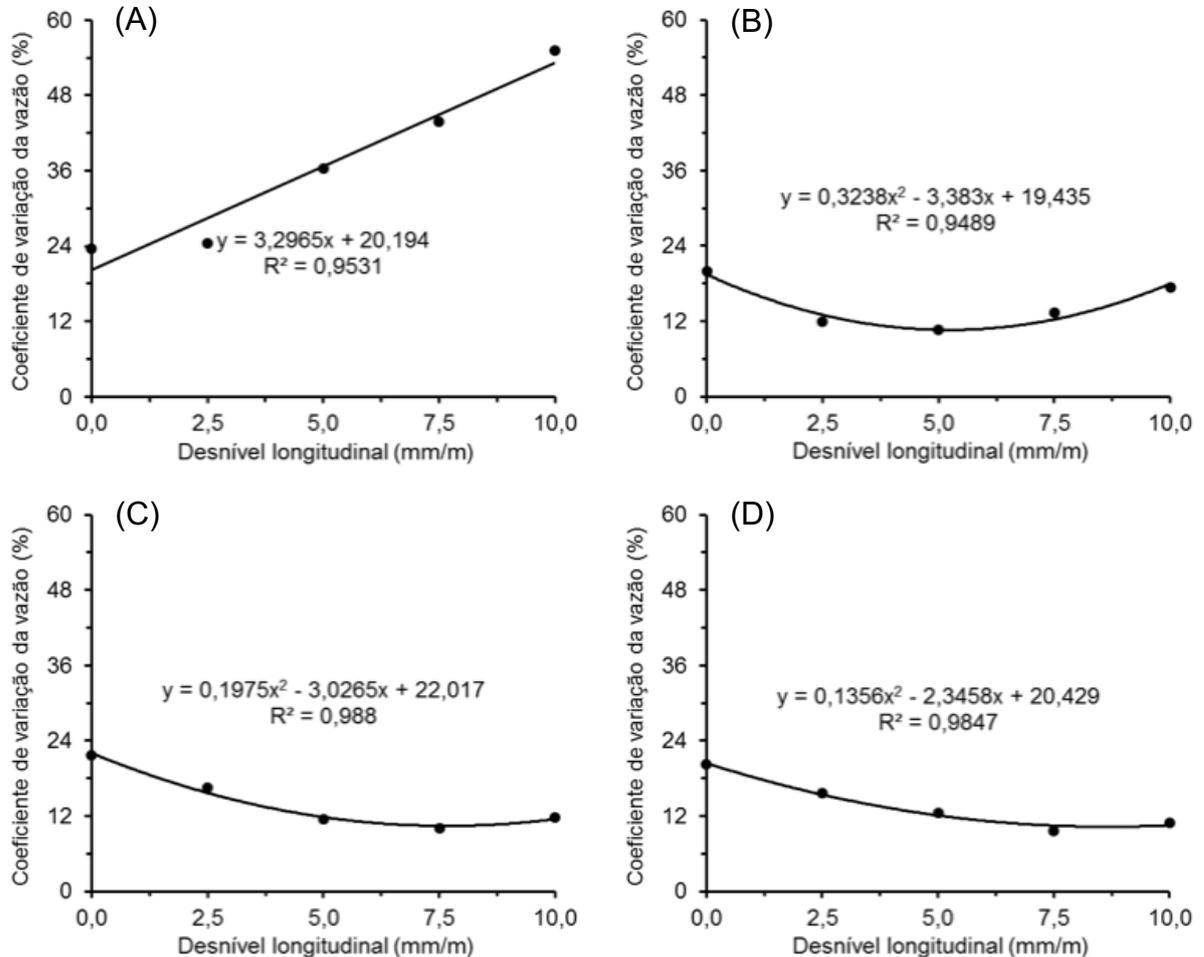
**Gráfico 4.** Eficiência de aplicação de água (EA) do sistema de irrigação bubbler sob as pressões de serviço 0,55 (A), 0,7 (B), 0,85 (C) e 1 m.c.a. (D) e desníveis longitudinais da altura dos emissores por toda a extensão das linhas laterais.



## 5.5 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DA VAZÃO (CVQ)

O menor coeficiente de variação da vazão (CVQ) na P1 foi obtido quando os emissores se encontravam nivelados (20,19%), e aumentou à medida em que empregaram-se as declividades, alcançando máximo de 53,16% no DL de 10 mm/m (Gráfico 5), classificando-se como "Inaceitável" ( $> 20\%$ ) para sistemas de irrigação localizados (ASAE, 2003). Para ser considerado "Bom", o CVQ de um sistema de irrigação deveria manter-se abaixo dos 10%, o que não ocorreu em nenhuma das interações entre P x DL; no entanto, as interações P2 x 5,224 mm/m (10,60%), P3 x 7,662 mm/m (10,42%) e P4 x 8,650 mm/m (10,28%) proporcionaram ao sistema bubbler CVQ próximos desse indicador de qualidade. A P2 se destacou por ter sido a única a não extrapolar o limite de 20% do CVQ ( $\leq 19,4\%$ ), independentemente do DL aplicado, caracterizando-o como "Razoável" (10 a 20%).

**Gráfico 5.** Coeficiente de variação da vazão do sistema de irrigação bubbler sob as pressões de serviço 0,55 (A), 0,7 (B), 0,85 (C) e 1 m.c.a. (D) e desníveis longitudinais da altura dos emissores por toda a extensão das linhas laterais.



Carmo *et al.* (2016) enfatiza que o CVQ é um importante indicador a ser levado em consideração na escolha do sistema de irrigação, e que se deve obter os melhores desempenhos porque a redução da eficiência pode ser muito significativa ao longo do tempo, tendo identificado elevação de 10,8% para 17,3% do CVQ de um sistema bubbler após 168 horas de funcionamento. Os autores destacam, ainda, que o CVQ desse sistema de irrigação pode ser facilmente alterado, já que obstruções nas mangueiras emissoras, provocadas por partículas que possam ficar acumuladas, alta variabilidade na qualidade de fabricação e despadronização dos diâmetros internos dos microtubos podem interferir na vazão dos emissores, reduzindo a eficiência do sistema bubbler.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema *bubbler* adaptado alcançou níveis de desempenho considerados satisfatórios para a irrigação localizada, quando submetido às pressões de serviço entre 0,7 e 1 m.c.a.

As declividades longitudinais gradativas empregadas aos emissores de água ao longo da linha lateral do sistema *bubbler* corrigiram as perdas de carga, aumentando a eficiência de aplicação de água.

Recomenda-se para os sistemas de irrigação *bubbler* confeccionados com o mesmo material utilizado no presente estudo o uso da pressão de serviço de 0,7 m.c.a. associada ao desnível longitudinal de 5 mm/m de linha lateral, por alcançar desempenho hidráulico semelhante às maiores pressões testadas garantindo ao sistema vazão inferior a 20 l/h por emissor, possibilitando ao agricultor familiar expandir sua área irrigada mesmo com limitação de recurso hídrico.

## REFERÊNCIAS

- AHMED, A. A. K. B., AHMED, S. B., & YAGOUB, A. Y. Optimizing water productivity, yield and quality of grapefruit irrigated by bubbler and surface irrigation under khartoum state sudan conditions. **AGROFOR**, v. 3, n. 1, 2015.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS-ASABE EP 405. Design and installation of microirrigation systems. **ASAE Standards**, St. Joseph, p.900-905, 2003.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- CARMO, F. F.; DUTRA, I.; BATISTA, A. A.; SILVA, R. T.; BATISTA, R. O.; SILVA, M. G. Desempenho de um sistema de irrigação de baixa pressão operando com esgoto doméstico1. II INOVAGRI International Meeting, 2014.
- CARMO, F. F.; DUTRA, I.; BATISTA, A. A.; BATISTA, R. O.; SILVA, M. G. Dimensionamento hidráulico e avaliação de um sistema de irrigação localizada de baixo custo. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, v. 24, n. 4, p. 302-313, 2016.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley, University of California: Agricultural Experiment Station, 1942. 124p. (Bulletin, 670).
- CHRISTOFIDIS, D. Recursos Hídricos e Irrigação no Brasil. Brasília: CDS – UnB, 1999.
- COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P.; PARIZOTTO, I.; SILVA, T. S. M. **Sistemas de irrigação para agricultura familiar**. Cruz das Almas, BA. Dezembro, p. 1-2, 2012.
- \_\_\_\_\_. **Sistemas e manejo de irrigação de baixo custo para agricultura familiar**. 2ª Ed. revisada. Embrapa. Brasília, DF, p. 10, 2017.
- COSTA, E. L.; OLIVEIRA, P. M.; Reis, J. B. R. S.; SIMÃO, F. R.; Oliveira, F. G. **Métodos e sistemas de irrigação**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 31, n. 259, p. 7-16, 2010.
- DELORME, G.; SRIVASTAVA, G.; SHANMUGASUNDARAM, M. A STATE-OF-ART Review on studies and effectiveness of micro-irrigation systems. **Technology**, v. 8, n. 9, p. 881-888, 2017.
- DIDAN, K.; REYNOLDS, C.; YITAYEW, M. BUBBLER version 1.1. **Users manual**. **Arizona**: Agricultural Experimental Station, p. 33, 1995.

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

GIACOIA NETO, J. **Curso de projetos e instalação de sistemas de irrigação para jardins e gramados**. Rain Bird Brasil Ltda, p. 79, 2008.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, p.652, 1990.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. O estado das águas no Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. CD-ROM. 1999.

MANSOUR, H. A.; ABDALLAH, E. F.; GABALLAH, M. S.; GYURICZA, C. Impact of bubbler discharge and irrigation water quantity on 1-hydraulic performance evaluation and maize biomass yield. **GEOMATE Journal**, v. 9, n. 18, p. 1538-1544, 2015.

MANTOVANI, E.C. AVALIA: **Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada**. Viçosa: UFV, 2001.

MATTEI, Lauro. O papel e a importância da agricultura familiar no desenvolvimento rural brasileiro contemporâneo. **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 45, suplemento especial, out./dez, p. 83-91, 2014.

MELLO, J. L. P.; SILVA, L. D. B. **Irrigação**: apostila. Rio de Janeiro: UFRRJ, p. 188, 2008.

MERRIAN, J.L.; KELLER, J. Farm irrigation system evaluation: A guide for management. Logan: Agricultural and Irrigation Engineering Department, Utah State University, p. 217, 1978.

PEREIRA, João Batista Alves. **Manual prático de irrigação**. EMATER – Rio. Niterói, fevereiro de 2014.

REYNOLDS, C.; YITAYEW, M.; PETERSEN, M. Low-head bubbler irrigation systems. Part I: Design. **Agricultural water management**, v. 29, n. 1, p. 1-24, 1995.

SAMIA, S. H.; EL-KHOLY, M. F.; KHAIRY, H.; MADBOLY, E. A. Productivity and Irrigation Water Use Efficiency of Sewi Date Palm under Different Irrigation System. **European Journal of Agriculture and Food Sciences**, v. 4, n. 1, p. 27-32, 2022.

SANTOS, J. G.; ANDRADE, R.; GALDINO, P. O.; LINHARES, A. S.; MAIA, P. M.; LIMA, A. S. D. Qualidade da produção da bananeira Nanicao em função do uso de

biofertilizantes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 387-393, 2014.

SCHNEIDER, S. **Teoria social, agricultura familiar e pluriatividade**. RBCS Vol. 18 nº. 51 fevereiro, 2003.

SILVA, T. S. M.; COELHO, E.; CONCEIÇÃO, B.; SILVA, A. Sistemas de irrigação para agricultura familiar em assentamento do semi-árido baiano. In: Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 40., 2011. Cuiabá. Geração de tecnologias inovadoras e o desenvolvimento do cerrado brasileiro: anais. Cuiabá: SBEA, 2011. 1 CD-ROM. CONBEA 2011, 2011.

SOUZA, I. H.; ANDRADE, E. M.; SILVA, E. L. Design and Hydraulics Evaluation of a Low-Head Microirrigation Bubbler System. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 264-271, 2005.

SOUZA, R. O. R. M.; PÉREZ, G. F. E.; BOTREL, T. A. Irrigação localizada por gravidade com microtubos. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.2, p.266-279, 2006.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. Campinas – SP: Universidade Estadual de Campinas, 2002.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações**. Faculdade de Engenharia Agrícola Unicamp-FEAGRI, p. 40, 2017.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G.A. **Irrigação localizada**. Campina Grande: UFPB, (Estudos FAO - Irrigação e Drenagem, 36), p. 184, 1997.

YITAYEW, M.; DIDAN, K.; REYNOLDS, C. Microcomputer based low-head gravity-flow bubbler irrigation system design. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 22, n. 1, p. 29-39, 1999.