



**GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
CAMPUS PROF. ALEXANDRE ALVES DE OLIVIERA**



**EFICIÊNCIA NO USO DE ÁGUA E ENERGIA EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO
POR MICROASPERSÃO**

Francisco José Pereira Gomes Júnior

**PARNAIBA
JULHO/2011**



**GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
CAMPUS PROF. ALEXANDRE ALVES DE OLIVIERA**



**EFICIÊNCIA NO USO DE ÁGUA E ENERGIA EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO
POR MICROASPERSÃO**

Francisco José Pereira Gomes Júnior

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Luís Gonzaga M. Figueredo Júnior

**PARNAIBA
JULHO/2011**

Francisco José Pereira Gomes Júnior

Eficiência no uso de água e energia em sistemas de irrigação por microaspersão/ Francisco José Pereira Gomes Júnior – Parnaíba – PI, 2011.

24p.

Monografia – Universidade Estadual do Piauí, Campus Prof. Alexandre Alves de Oliveira, 2011.

Orientador: Prof. Dr. Luís Gonzaga M. Figueredo Júnior

Palavras – chave: irrigação localizada; microaspersão; coeficiente de uniformidade; coeficiente de variação de fabricação.

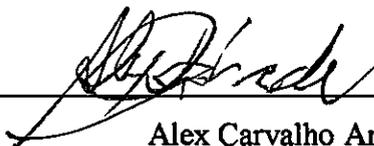
FRANCISCO JOSÉ PEREIRA GOMES JÚNIOR

FOLHA DE APROVAÇÃO

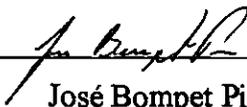
Membros da Comissão Julgadora da Monografia de Graduação em Engenharia Agrônômica apresentada à Universidade Estadual do Piauí, em 28/07/2011.

Comissão Julgadora:

Luís Gonzaga M. Figueredo Júnior
Professor Adjunto UESPI
Orientador



Alex Carvalho Andrade
Professor Adjunto UESPI
Membro



José Bompét Pires
Engenheiro Agrônomo - Laticínio Longá.
Membro

DEDICO

Dedico este trabalho a Deus meu refúgio e força, onde sempre encontrei respostas para os meus problemas, aos meus pais Francisco José e Maria da Assunção e aos meus irmãos Erasmo, Assuena e Ravena que também fazem parte desta trajetória, obrigado pela ajuda, compreensão, amor, carinho dedicação, amizade e incentivo a tudo que realizei ao longo deste percurso. Dedico também a minha namorada Lívia Martins, pelo apoio incansável, amizade, carinho e paciência inesgotável.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A Universidade Estadual do Piauí – UESPI por tornar possível minha formação.

A Coordenação do Curso de Agronomia da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, pelo apoio concedido durante a realização deste curso.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Luís Gonzaga Medeiros de Figueredo Júnior, pela grande oportunidade de aprendizado, dedicação e por todas as horas de paciência e compreensão no exercício da orientação.

Aos meus amigos e colegas de graduação, pela paciência, cumplicidade, ajuda, amizade e atenção.

A todos os mestres por toda dedicação, apoio e conhecimentos repartidos, os quais levarei por toda a minha vida.

A todos que contribuíram direta e indiretamente na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Irrigação.....	3
2.2 Irrigação localizada e coeficiente de variação de fabricação.....	5
2.3 Fruticultura irrigada.....	7
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1 Coeficiente de uniformidade.....	10
3.2 Coeficiente de variação de fabricação.....	11
4 RESULTADOS E DISCURSSÃO.....	13
5 CONCLUSÕES.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resultados de testes de uniformidade em sistemas de irrigação por microaspersão no DITALPI.....	13
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Classificação do coeficiente de uniformidade Christiansen (CUC) para sistemas de irrigação localizada.....	14
Tabela 2.	Resumo dos testes de uniformidades realizados em 04 lotes de produção avaliados no DITALPI, e suas respectivas produtividades ¹ de frutos de acerola.....	15
Tabela 3.	Teste de coeficiente de variação de fabricação do microaspersor NETAFIM Gyronet TM LR.....	17
Tabela 4.	Resumo dos gastos excedentes com energia contabilizados por percentagem sobre o valor teórico ideal realizados em 04 lotes de produção avaliados no DITALPI.....	18

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CUC = Coeficiente de uniformidade de Christiansen (%).

CUD = Coeficiente de uniformidade de distribuição (%).

CVf = coeficiente de variação do fabricante (%).

H = pressão de operação (KPa).

K = coeficiente de proporcionalidade (adimensional).

L_q = média dos 25 % menores valores de lâminas coletadas na avaliação;

L_m = lâmina média de todas as observações.

n = número de amostras coletadas.

q_m – vazão média da amostra dos emissores ($L \cdot h^{-1}$).

q_i = vazão do i -ésimo ponto do emissor ($L \cdot h^{-1}$).

q = vazão ($L \cdot h^{-1}$).

s – desvio-padrão.

x = expoente de descarga do emissor.

x_i = precipitação obtida no coletor de ordem i (ml).

\bar{x} = precipitação média dos coletores (ml).

EFICIÊNCIA NO USO DE ÁGUA E ENERGIA EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO

Autor: Francisco José Pereira Gomes Júnior.

Orientador: Prof. Dr. Luís Gonzaga Medeiros de Figueredo Júnior.

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivos: avaliar o desempenho técnico de sistemas de irrigação por microaspersão instalados em áreas produtivas de acerola dos Tabuleiros Litorâneos do Piauí, considerando as perdas de água e energia através da uniformidade de distribuição de água, bem como a avaliação do coeficiente de variação de fabricação dos emissores. As avaliações dos sistemas de irrigação por microaspersão foram realizadas em 04 lotes de 8,5 ha cada, cultivados com acerola em fase de produção. Os testes de uniformidade de distribuição de água foram realizados conforme procedimento proposto por KELLER E KARMELLI (1975), medindo-se a vazão de quatro emissores ao longo de quatro linhas laterais, totalizando 16 pontos no sistema. Durante a coleta de dados, em cada microaspersor foram feitas três repetições, calculando-se em seguida a vazão média para cada ponto. A uniformidade de aplicação de água de irrigação foi avaliada por meio do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). Para a avaliação do coeficiente de variação de fabricação (CVF) foram seguidas as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986), sendo adquiridos os emissores em revendedor autorizado, (amostra aleatória de 10 microaspersores NETAFIM Gyronet TM LR), os quais tiveram suas vazões determinadas quando submetidos a uma pressão de 180 kPa, com três repetições e tempo de coleta de 30 segundos com o auxílio de um cronômetro digital. Após a coleta, as amostras tiveram seu volume medido através da utilização de uma proveta graduada em mililitros, sendo a vazão convertida para $L h^{-1}$. O CVF foi calculado conforme equação descrita por SOLOMON (1979). Todas as áreas avaliadas apresentaram CUC acima 75,2%, valores que classificam a uniformidade numa faixa de razoável a boa para irrigação localizada (Mantovani, 2002). Para o teste de coeficiente de variação de fabricação, o microaspersor avaliado apresentou resultados que o classificam como: excelente, segundo Solomon (1979) e bom, segundo a ABNT (1986).

Palavras-chave: Irrigação localizada; Uniformidade de distribuição de água; Coeficiente de variação de fabricação.

EFFICIENT USE OF ENERGY AND WATER IN IRRIGATION

MICROSPRINKLING SYSTEMS

Author: Francisco José Pereira Gomes Júnior.

Adviser: Prof. Dr. Luís Gonzaga Medeiros de figueredo Júnior.

ABSTRACT: This study aimed to: evaluate the technical performance of microsprinkling systems installed in cherry production areas of the Coastal Tablelands Piauí, considering the losses of water and energy through the water distribution uniformity, as well as evaluating the coefficient manufacturing variation of the emitters. Assessments of micro microsprinkling systems were carried out in 04 plots of 8.5 ha each, planted with cherry in production. Tests of uniformity of water distribution were performed according to the procedure proposed by Keller & Karmelli (1975), measuring the flow rate of four emitters over four lateral lines, totaling 16 points in the system. During data collection, each emitter were made three repetitions, then calculating the average flow for each point. The uniformity of irrigation water was evaluated using the Christiansen uniformity coefficient (CUC) and the coefficient of uniformity of distribution (CUD). To assess the manufacturing coefficient of variation (FVC) were followed the recommendations of the Brazilian Association of Technical Standards – (ABNT, 1986), which acquired the issuers authorized reseller, (random sample of 10 emitters NETAFIM Gyronet LR TM), which had their certain flow when subjected to a pressure of 180 kPa, with three repetitions and collection time of 30 seconds with the aid of a digital stopwatch. After collection, the samples were measured by their volume using a graduated cylinder in milliliters, is converted to flow Lh-1. The FVC was calculated as described by equation SOLOMON (1979). All the areas evaluated were up 75.2% CUC, the uniformity values that classify a range of reasonable to good for irrigation (Mantovani, 2002). To test the coefficient of variation of fabrication, the emitter measured results showed that classify as excellent, according to Solomon (1979) and good, according to ABNT (1986).

Key-words: Irrigation; Uniformity of distribution; Manufacturing coefficient of variation

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da quantidade de água requerida pelas culturas constitui-se em aspecto importante na agricultura irrigada, para que haja uma adequada programação do manejo de irrigação, e assim poder-se contemplar a aplicação de água no momento correto e na quantidade demandada pela cultura para aquele estágio de desenvolvimento. O manejo da irrigação deve ser adequado aos sistemas de irrigação de forma a se obter elevadas eficiências.

O principal objetivo de um sistema de irrigação é proporcionar condições para produzir economicamente, o que se consegue pelo aumento da produtividade e redução dos custos por unidade produzida. Neste aspecto, os parâmetros que expressam a qualidade da irrigação devem ser entendidos como decisórios do processo de planejamento e operação dos sistemas de irrigação (MOURA, 2005). Entre tais parâmetros, os que permitem avaliar a uniformidade de distribuição de água pelo sistema são muito utilizados, pois se sabe que a irrigação não se apresenta igual em todas as parcelas da área irrigada.

De acordo com Zocoler (2009), quando se aplica somente a lâmina de irrigação necessária em uma área (correspondente à lâmina média), devido à baixa uniformidade, uma fração dessa área é irrigada com excesso, enquanto na outra fração ocorre déficit de água. Na fração com excesso, uma parte fica armazenada na zona das raízes para uso das plantas e a outra parte é perdida por percolação profunda, transportando também consigo parte dos nutrientes daquela camada. Na fração com déficit, toda água infiltrada é considerada armazenada na zona radicular, porém, em quantidade inferior às necessidades hídricas das plantas.

Por outro lado, se a lâmina média de irrigação aplicada for maior que a necessária, pode-se até eliminar a fração com déficit de irrigação, porém o custo da irrigação tende a se tornar inviável economicamente, além de agravar a lixiviação dos nutrientes (SILVA et al., 2003). Portanto, a uniformidade da irrigação deve ser analisada não apenas como uma simples informação de dispersão, mas sim como um importante parâmetro na avaliação econômica da irrigação, pois a distribuição de água pelo sistema de irrigação influencia diretamente o desenvolvimento das plantas, a produção e a qualidade dos produtos agrícolas.

Entretanto, no caso específico do Estado do Piauí, estudos realizados nessa linha de pesquisa são escassos, o que faz com que essa ação de transferência de tecnologia tenha caráter totalmente

inovador e seja de fundamental importância para a implementação de um manejo de irrigação mais tecnificado, visando a racionalização do uso da água em áreas de fruticultura irrigada.

Segundo informações da Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Irrigação do Estado do Piauí (Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Irrigação, 1997), o Distrito de Irrigação dos Tabuleiros Litorâneos do Piauí (DITALPI), situado em Parnaíba, PI (2°55' S, 41°50' W e 40 m de altitude) possui uma área irrigável de 8.007 ha, dos quais se encontram em operação 2.273 ha explorados principalmente com fruticultura irrigada (coco, acerola, goiaba, cajueiro anão e melancia). O DITALPI é explorado atualmente por cerca de 70 pequenos produtores, com uma área média de 8,5 ha por lote. Existe, ainda, a previsão de estabelecimento de 17,0 lotes empresariais, com uma área média de 95 ha por lote, e 6,0 lotes para técnicos, com uma área média de 18,5 ha por lote (DNOCS, 2005).

Apesar de suas características de solo e recursos hídricos extremamente favoráveis à exploração agrícola sob irrigação, as principais áreas irrigadas da região apresentam uma série de problemas e entraves que dificultam sobremaneira o alcance da viabilidade técnica e econômica da atividade. Isso ocorre devido à carência total de informações climáticas básicas para possibilitar um manejo adequado de irrigação, de forma a subsidiar o planejamento e a exploração racional dos recursos hídricos existentes nessas áreas.

O presente trabalho teve como objetivos: avaliar o desempenho técnico de sistemas de irrigação por microaspersão instalados em áreas produtivas de acerola dos Tabuleiros Litorâneos do Piauí, considerando as perdas de água e energia através da uniformidade de distribuição de água, bem como a avaliação do coeficiente de variação de fabricação dos emissores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2. 1 Irrigação

A água é um recurso natural de grande importância, pois sua manutenção em condições ideais é irrevogavelmente necessária a todo tipo de vida no planeta. Porém, devido à forma não-sustentável como a humanidade conduziu a exploração dos recursos hídricos, atualmente estes se encontram em escassez, ocasionando sérios problemas de ordem ambiental, social e econômica (PRADO et al., 2004).

Desta forma, os que necessitam desta em agricultura irrigada, sentem-se obrigados a utilizá-la com maior eficiência, dentro de condições econômicas que toda atividade produtiva exige. Por este motivo a concepção de sistemas de irrigação é feita, primordialmente, em função das infiltrações verticais e horizontais da água nos diversos tipos de solo, bem como da tendência ao processo de compactação, quando manejados com teor de umidade inadequado.

Sendo assim, para a exploração de solos argilosos e argilo-arenosos, que apresentam um avanço horizontal ou infiltração lateral maior que 80 cm, devem ser concebidos sistemas de irrigação, que proporcionem fluxos radiais de água no solo, a partir de um ponto de emissão de água (irrigação por gotejamento) ou de uma faixa úmida de solo (irrigação por sulco). Enquanto que para a exploração dos solos arenosos, que apresentam infiltração vertical superior a 15 mm h devem ser concebidos sistemas de irrigação, em que a dispersão da água é feita através do ar, tais como a aspersão ou a microaspersão. (SOARES & COSTA, 2004).

A irrigação é uma técnica utilizada na agricultura que tem por objetivo o fornecimento controlado de água para as plantas em quantidade suficiente e no momento certo, assegurando a produtividade e a sobrevivência da plantação. Complementa a precipitação natural, e em certos casos, enriquece o solo com a deposição de elementos fertilizantes (Paz et al., 2000; mencionado por BARRETO et al., 2009).

Os sistemas de irrigação localizada são de grande importância no cenário agrícola brasileiro, com aplicações voltadas principalmente para a fruticultura, horticultura e fertirrigação (Matos et al., 1999; mencionado por SILVA & SILVA, 2005).

Segundo Sampaio et al. (2001), a irrigação localizada iniciou-se com o desenvolvimento e a utilização do gotejador, para aplicação da água em pequenas vazões, alta frequência e pequena área molhada, de modo a manter a umidade sempre próxima à capacidade de campo.

Com a necessidade de aumentar a área molhada e atender a maiores demandas, surgiu o microaspersor na intenção de aplicar água somente no sistema radicular das culturas em pequenas quantidades, mas com grande frequência, fazendo com que a umidade do solo esteja sempre ao nível da capacidade de campo ou próximo dele. A microaspersão possui uma eficiência maior que a aspersão convencional (90%), sendo muito utilizada para a irrigação de culturas perenes, porém, a vazão dos emissores (chamados microaspersores) é maior que a dos gotejadores (BARRETO et al., 2009).

Para que a irrigação seja eficiente, é imperativo que os sistemas apresentem alta uniformidade de aplicação da água. Uma vez instalado um projeto de irrigação, é necessário verificar se as condições previstas inicialmente se confirmam em campo. Para tanto, deve-se avaliar as condições de pressão, vazão e lâminas d'água aplicadas na intenção de maximizar a eficiência do sistema (SILVA & SILVA, 2005).

Quando comparada com outros métodos, a irrigação localizada tem a vantagem de operar sob baixas pressões de serviço e, conseqüentemente com menor conjunto motobomba e consumo de energia (Curtis et al., 1996; mencionado por SILVA & SILVA, 2005).

Uma das dificuldades encontrada na irrigação localizada reside na facilidade que as secções mais finas dos emissores têm em se obstruírem, podendo afetar a distribuição da água para as plantas e conseqüentemente a produção. Os sistemas de irrigação podem ser avaliados, levando-se em conta aspectos técnicos (eficiência e uniformidade) e econômicos (Souza, 2001; mencionado por BENÍCIO et al., 2009).

Para Bernardo et al. (2005), a eficiência de aplicação é a estimativa da percentagem do total de água aplicada na irrigação considerada útil às plantas. Em geral, a baixa eficiência nos projetos de irrigação está relacionada à baixa uniformidade de distribuição d'água. E a baixa uniformidade de gotejadores e microaspersores são atribuídas principalmente à falta de manutenção, sistemas mal dimensionados, ou que estão em uso há determinado tempo. Assim, enquanto uma fração de área é irrigada em excesso, em outra ocorre o déficit de água, não atendendo as necessidades hídricas das plantas (SILVA & SILVA, 2005).

Por isso uma uniformidade alta é importante para irrigação em terras arenosas, onde a redistribuição lateral da água é limitada. Excessos de aplicação de água nesses solos resultam freqüentemente em lâmina percolada e lixiviação de nutrientes para fora da zona radicular. A

uniformidade elevada pode ser especialmente desejável para fertirrigação ou quimirrigação, visto que as aplicações de nutrientes ou compostos químicos não serão mais uniformes que a distribuição de água.

2. 2 Irrigação localizada e coeficiente de variação de fabricação

A prática da irrigação, quando adequadamente utilizada, torna-se um eficiente instrumento na elevação da renda do produtor, além da geração de empregos e, conseqüentemente, aumento da oferta de produtos agrícolas (MATOS & RAGOSO, 1997). Um bom sistema de irrigação deve aplicar água no solo uniformemente, até determinada profundidade, proporcionando umidade necessária ao desenvolvimento normal das espécies vegetais (DANTAS NETO et al., 1997).

De acordo com Boman & Parsons (1993) mencionado por Oliveira et al. (2000), a irrigação localizada é a que possibilita o melhor controle da lâmina, por operar a baixas pressões e alta eficiência. Por outro lado, têm-se restrições quanto ao entupimento e, principalmente, ao aumento da vazão, devido ao desgaste dos emissores quando os mesmos são utilizados por um período excessivo.

Os dois principais sistemas onde se emprega o método de irrigação localizada são a microaspersão e o gotejamento. A microaspersão foi idealizada para substituir o gotejamento em áreas de frutíferas localizadas em solos arenosos, onde se necessita de um bulbo molhado de maiores dimensões para que atendam às necessidades mínimas de área molhada (MATOS & RAGOSO, 1997).

Dantas Neto et al. (1997), relatam que na microaspersão o ar é responsável pela difusão da água e, como esta aplicação é sob a forma de pequenas gotículas, sua distribuição é sensivelmente afetada pela velocidade do vento, resultando na desuniformidade do perfil de distribuição. A distribuição da água caracteriza todo o sistema de irrigação e esta tem efeitos diretos tanto no projeto como no seu funcionamento.

Segundo Holanda Filho et al. (2001), qualquer variação na vazão dos emissores na área do projeto poderá afetar a lâmina aplicada às plantas. Abreu et al., (1987) mencionado por Holanda Filho et al. (2001) afirmam que o desempenho hidráulico de um emissor é determinado, dentre outros fatores, pelo coeficiente de variação de fabricação, que é uma medida de variação de fluxo causada pela variação no processo de fabricação. Olitta (1986) mencionado por Holanda Filho et al.

(2001) complementa que o coeficiente de variação de fabricação pode afetar mesmo um projeto corretamente dimensionado.

Keller & Karmeli (1974) introduziram o coeficiente de variação de fabricação (CVf) como medida estatística do processo de fabricação dos emissores. O CVf é um valor adimensional estimado pela relação entre o desvio-padrão da vazão de uma amostra pela respectiva média, conforme a equação $CVf = s/qm$ em que:

CVf – coeficiente de variação do fabricante, %; s – desvio-padrão; qm – vazão média da amostra dos emissores.

De acordo com Solomon (1979) o coeficiente de variação de fabricação é o melhor parâmetro para a avaliação das diferenças individuais entre os emissores; também, é uma informação que representa bem o projeto do emissor, materiais usados na sua construção e cuidados aplicados na sua fabricação.

O coeficiente de variação de fabricação (CVf), é utilizado também para avaliar a variação de fluxo do emissor ao longo da linha de distribuição de água. Apesar de ser impossível a fabricação de um grupo de emissores com a mesma vazão, a variação resultante do processo de fabricação normalmente tende a distribuir-se em torno de um valor médio (KELLER & KARMELI, 1974).

Solomon (1979) classifica os emissores, denominados microaspersores, quanto à uniformidade, da seguinte maneira: nos de CVf até 0,03, a uniformidade é excelente; de 0,04 a 0,07, é média; de 0,08 a 0,1, é marginal; de 0,11 a 0,14 é pobre e, acima de 0,15, é inaceitável, enquanto para Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1986) os de CVf inferior a 10% têm uniformidade boa; de 10 a 20% é média; de 20 a 30% é marginal e superior a 30% é inaceitável.

A quantidade de água aplicada e sua uniformidade de distribuição pelos emissores são informações de primordial importância para o dimensionamento e o manejo de um sistema de irrigação localizada (NASCIMENTO et al., 1999).

A utilização de emissores com boas características hidráulicas em projetos hidráulicamente bem dimensionados proporcionarão a obtenção de bom coeficiente de uniformidade de distribuição de água e, conseqüentemente, alta eficiência de irrigação (SOLOMON, 1979).

A uniformidade de distribuição pode ser utilizada tanto para fins de dimensionamento do sistema como para sua avaliação de campo.

2.3 Fruticultura irrigada

A fruticultura representa papel relevante na economia nacional. O Brasil é um dos três maiores produtores mundiais de frutas (cerca de 39 milhões de toneladas por ano) exportando pouco mais de 1% da sua produção in natura ocupando o 20º lugar entre os países exportadores, segundo dados do Ministério da Agricultura (AGRIANUAL, 2002).

Para Simão (1971), outro aspecto de grande relevância na fruticultura é sua importância social, visto que em se tratando de cultivo extensivo e intensivo, exige a presença constante do agricultor e requer mão-de-obra em grande escala; além de se tratar de um fator de fixação do homem no campo, eleva o seu padrão de vida, cuja função se estende além dos campos, pela integração de mão-de-obra na comercialização, distribuição, venda e industrialização dos produtos.

Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, que apresentam grande contingente populacional de baixa renda, a cultura de acerola exerce significativo papel social, devido à possibilidade de contribuir para a melhoria de qualidade da nutrição e da saúde da população (SOUZA et al., 2006).

A acerola pertence à Família Malpighiaceae, que é uma planta da subclasse das dicotiledôneas, a qual compreende cerca de 60 gêneros, com mais de 1.100 espécies de árvores, arbustos e trepadeiras, distribuídas principalmente pelas regiões tropicais e subtropicais dos cinco continentes, estando mais concentrados na América Central, México, Peru, Sul do Texas, Suriname, Trinidad e Cuba (MANICA et al., 2003).

A aceroleira é um arbusto ou árvore de pequeno porte, que pode atingir 5 m ou mais, mas que sob condições de plantio comercial atinge 1,5 a 2 m de altura, pequeno tronco, ramos densos e espalhados, normalmente curvados para baixo e raiz pivotante, mas a maioria de suas raízes estão localizadas na camada superficial do solo (SÃO JOSÉ & BATISTA, 1995).

Viana et al. (2002), relatam que no Brasil, esta planta foi oficialmente introduzida em 1955, na região do Nordeste, através da Universidade Federal Rural de Pernambuco, com sementes trazidas de Porto Rico. Entretanto, segundo Andrade et al. (1995) o cultivo da aceroleira somente adquiriu escala comercial na década de 80, sendo pioneiros os estados da Bahia e do Pará, que visavam a exportação da acerola para a Europa e o Japão.

A acerola é uma fruta de origem tropical, proveniente da região do Caribe, onde é conhecida como cereja das Antilhas. Segundo Araujo & Minami (1994), a aceroleira requer

temperaturas médias anuais em torno de 25 a 27 °C, apresentando ótimo desenvolvimento em regiões tropicais ou subtropicais, podendo ser cultivada na região semi-árida, desde que se disponha de água para irrigação (Sena 1984; mencionado por AZERÊDO et al, 2005). A produtividade, no entanto, com média em torno de vinte a trinta quilogramas por planta ano, está aquém do potencial do Nordeste (EMBRAPA, 1995; mencionado por AZERÊDO et al. 2005).

Onde sua propagação se dá tanto com o uso de sementes (propagação sexual), como pela estaquia e enxertia (propagação assexuada ou vegetativa), sendo, assim, considerada uma planta de propagação bastante simples.

Observações de Couveiro (1981) mencionado por Viana et al. (2002), feitas a partir da análise de balanços hídricos da região de origem da aceroleira, a espécie prospera melhor onde ocorre totais anuais de precipitação na faixa de 1.200 a 2.000 mm, temperatura na faixa dos 27 °C e elevada taxa de luminosidade. Essas condições, segundo o autor, proporcionam frutos em grande quantidade, de bom tamanho e rico em vitamina C (ácido ascórbico), onde a cada 100 g de polpa pode haver até 5.000 mg dessa vitamina, o que corresponde a até 80 vezes a quantidade encontrada em limões e laranjas.

Sendo consumida tanto in natura como industrializado, sob a forma de suco, geléia, sorvete, comprimidos, dentre outras, o fruto de acerola também pode ser empregado no enriquecimento de sucos de frutas com baixos teores de vitamina C (Verheij & Coronel, 1992; mencionados por OLIVEIRA et al., 1998).

No final dos anos 80 e início dos anos 90 houve um crescimento expressivo e ao mesmo tempo desordenado dos plantios de acerola no Brasil, com a inclusão de muitos produtores atraídos pela possibilidade de ganhos elevados e em curto prazo, face à grande demanda do produto apresentada, inicialmente, pelo mercado externo e, posteriormente, pelo próprio mercado interno. Devido à falta de planejamento, muitos produtores sofreram grandes prejuízos pela dificuldade de escoamento da produção, associada à carência de infra-estrutura adequada ao processamento e conservação pós-colheita dos frutos, altamente perecíveis. Como consequência, ocorreu uma retração natural da expansão das áreas de plantio, verificando-se atualmente uma tendência de estabilização, seguida de um novo período de crescimento, tendo-se em vista a presença de produtores hoje mais conscientes e capacitada para a sustentação dos cultivos em bases comerciais (OLIVEIRA et al., 1998). Onde o manejo, como podas periódicas (duas por ano) e controle de pragas e doenças, é de fundamental importância para que se obtenha uma boa produtividade.

A planta tem capacidade para formar de 2 a 4 safras em clima subtropical e de 3 a 6 safras em clima tropical, mais quando são adubadas, irrigadas e com uma condução adequada, podem

florescer e frutificar continuamente em clima tropical, presenciado no estado do Piauí por fornecer as condições necessárias para o desenvolvimento contínuo desta cultura (MANICA et al., 2003). Desenvolve-se bem em quase todos os tipos de solos. Os de fertilidade média e os argilo-arenosos, por reterem maior teor de umidade, são os mais indicados. Solos alcalinos devem ser evitados, pois dificultam a assimilação de nutrientes. Essa planta é intolerante a solos encharcados, deve-se dar preferência a solos ricos, profundos e bem drenados.

A aceroleira é estimulada a produzir quando ocorrem precipitações após um período de estresse hídrico (SIMÃO, 1971). Conforme Bleinroth et al., (1996) citam que a aceroleira sob efeito de estresse hídrico (seca) seguida de irrigação, ocorre maior pegamento de frutos, obtendo-se picos de produção.

Apesar de a aceroleira ser uma planta rústica, facilmente adaptável aos mais variados tipos de solo, ela requer um manejo correto de adubação e nutrição das plantas, principalmente em pomares orientados para exportação (GONZAGA NETO & SOARES, 1994).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coeficiente de uniformidade

As avaliações dos sistemas de irrigação por microaspersão foram realizadas nos Tabuleiros Litorâneos do Piauí, situado em Parnaíba, PI (2°55' S, 41°50' W e 40 m de altitude), em 04 lotes de 8,5 ha cada, cultivados com acerola em fase de produção e irrigada com microaspersores de vazão nominal de 40 L h⁻¹ (170 kPa).

O procedimento adotado durante os testes de uniformidade baseia-se no método proposto por Keller & Karmeli (1975), medindo-se a vazão de quatro emissores ao longo de quatro linhas laterais, totalizando 16 pontos no sistema. As linhas laterais selecionadas são: a primeira linha lateral, a linha situada a 1/3 do comprimento, a situada a 2/3 do comprimento e a última linha lateral. Dentro de cada linha lateral os emissores selecionados são: o primeiro emissor, os situados a 1/3, 2/3 do comprimento da linha lateral e o último emissor.

Durante a coleta dos dados, em cada microaspersor foram feitas três repetições, calculando-se em seguida a vazão média para cada ponto, mantendo-se a pressão do sistema entre 50 e 100 kPa.

As medidas de uniformidade expressam a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo. Uma forma usual de obtê-las é por medidas de dispersão, expressando-as de forma adimensional, pela comparação com o valor médio.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é considerado por muitos autores o principal parâmetro que descreve a uniformidade de irrigação Mantovani et al. (2006), sendo seu cálculo feito através da seguinte equação:

$$CUC = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n * \bar{x}} \right] * 100$$

Em que:

CUC = Coeficiente de uniformidade de Christiansen (%)

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

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

n = número de amostras coletadas.

Outro parâmetro utilizado para avaliar o sistema é o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), muito utilizado por relacionar as menores lâminas aplicadas no quartil da área total (quartil que recebe menos água), sendo calculado pela expressão a seguir:

$$CUD = \frac{L_q}{L_m} * 100$$

Em que:

CUD = Coeficiente de uniformidade de distribuição (%)

L_q = média dos 25 % menores valores de lâminas coletadas na avaliação (mm);

L_m = lâmina média de todas as observações (mm).

Concomitantemente à realização dos testes de uniformidade de irrigação, a produtividade da cultura de acerola em cada área foi avaliada, de forma a correlacionar-se os resultados da avaliação dos sistemas com o rendimento da cultura.

As perdas de água e energia foram calculadas com base na lâmina de irrigação média aplicada em cada área, considerando-se a diferença entre a uniformidade de distribuição de água observada e a uniformidade de 100% (sem perdas). Para computar o consumo de energia com irrigação, foram considerados os valores de lâmina aplicada durante um mês, a vazão do sistema e o tempo médio de funcionamento do sistema. Com base no custo da energia para o produtor, são calculadas as perdas a partir da diferença entre o consumo efetivo atual e o consumo teórico do sistema com 100% de uniformidade de distribuição de água. Os gastos excedentes com energia foram contabilizados em percentagem sobre o valor teórico ideal.

3.2 Coeficiente de variação de fabricação

A avaliação do Coeficiente de Variação de Fabricação (CVf) foi realizada em uma área da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, campus de Parnaíba, utilizando-se microaspersores NETAFIM Gyronet TM LR com rotor roxo, de diâmetro 0,90 mm e vazão nominal de 40 L h⁻¹.

Neste ensaio, seguindo as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986), coletou-se, em revendedor autorizado, uma amostra aleatória de 10 microaspersores de mesmo modelo, os quais tiveram suas vazões determinadas quando submetidos a uma pressão de

180 kPa, com três repetições para cada um, e tempo de coleta de 30 segundos com o auxílio de um cronômetro digital. Após a coleta, as amostras tiveram seu volume medido através da utilização de uma proveta graduada em mililitros, sendo a vazão convertida para $L h^{-1}$.

De acordo com Olitta (1987) a vazão do emissor pode ser representada pela equação $q = K \times H^x$, em que: q é a vazão em $L.h^{-1}$, H é a pressão de operação em kPa, K é o coeficiente de proporcionalidade (adimensional) e x é o expoente de descarga do emissor. Pizarro (1990) comenta que um emissor perfeito teria o expoente $x = 0$ (autocompensante), os de regime laminar $x = 1$ e nos de regime turbulento $x < 1$; já Keller & Karmeli (1974) consideram de regime laminar os emissores com expoente $x = 1$ e de regime turbulento com $x = 0,5$.

O coeficiente de variação de fabricação (CVf), é uma média estatística que avalia a variação do processo de fabricação dos emissores. Apesar de ser impossível a fabricação de um grupo de emissor com a mesma vazão, a variação resultante do processo de fabricação normalmente tende a distribuir-se em torno de um valor médio (KELLER & KARMELI, 1974).

De acordo com Solomon (1979) o coeficiente de variação de fabricação é o melhor parâmetro para avaliação das diferenças individuais entre os emissores. A variação da vazão do emissor, resultado da variação de fabricação, segue a distribuição normal de Gauss; deste modo, o CVf pode ser definido pela razão entre o desvio-padrão da vazão do emissor e sua vazão média, sendo seu cálculo feito através da seguinte equação:

$$CVf = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_m)^2}{n-1}}}{q_m}$$

Em que:

CVf: coeficiente de variação de fabricação, (%); q_i : vazão do i -ésimo ponto de emissão em $L h^{-1}$;

q_m : vazão média em todos os pontos de emissão em $L h^{-1}$ e n : número de pontos de emissão.

A utilização de emissores com boas características hidráulicas, em projetos hidraulicamente bem dimensionados, proporcionará a obtenção de bom coeficiente de uniformidade de distribuição de água e, conseqüentemente, alta eficiência de irrigação (SOLOMON, 1979).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A uniformidade de distribuição de água em áreas irrigadas influencia diretamente o manejo, a qualidade, a eficiência e o custo da irrigação, assim como o desempenho da cultura no campo. Os sistemas de irrigação avaliados nos lotes 32, 37, 17 (A1) apresentaram boa uniformidade de distribuição de água, uma vez que apresentam valores de CUC e de CUD acima de 80% (Figura 1), o que é considerado satisfatório por diversos autores (MERRIAM et al., 1973; MANTOVANI, 2002). Por outro lado, os sistemas de irrigação avaliados nos lotes 17 (A2), 44 (A1), 44 (A2) (Figura 1) classificam-se numa faixa de razoável a boa uniformidade de distribuição de água, uma vez que apresentam valores de CUC variando de 75,2% a 85,8%.

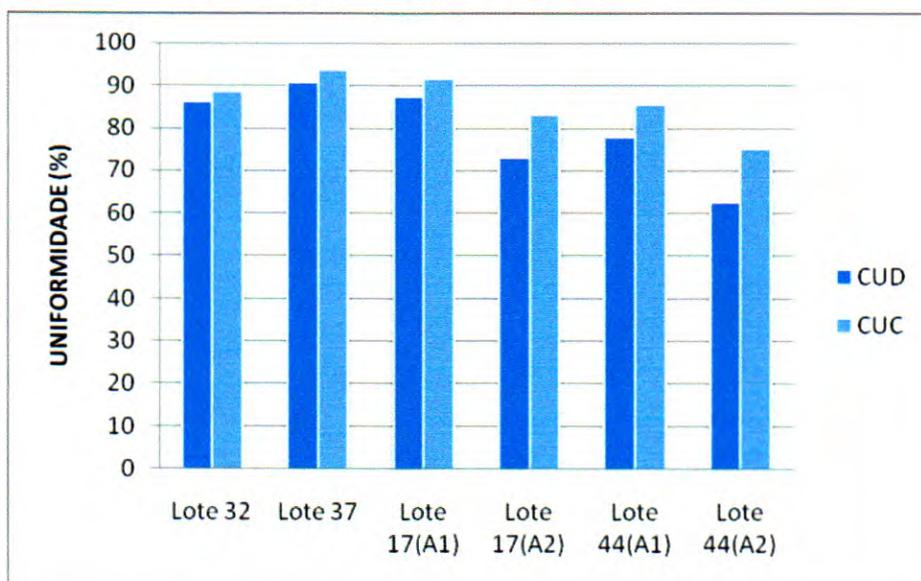


Figura 1. Resultados de testes de uniformidade em sistemas de irrigação por microaspersão no DITALPI.

Segundo Mantovani & Ramos (1994), quanto maior o valor da CUC, menor é a Lâmina de irrigação necessária para alcançar a produção máxima e de acordo com Bernardo et al. (2005), o limite mínimo de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen aceitável em um sistema de irrigação é de 80%. Todavia, no cálculo do coeficiente proposto por Christiansen (1942) ocorre uma diluição dos valores, uma vez que se consideram todas as vazões, fazendo com que uma vazão compense a outra.

Mantovani (2002) apresentou uma classificação dos valores de CUC, particularmente para sistemas de irrigação localizada, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para sistemas de irrigação localizada.

Classificação	CUC (%)
Excelente	90-100
Boa	80-90
Razoável	70-80
Ruim	60-70
Inaceitável	Abaixo de 60

Fonte: Mantovani (2002).

Verifica-se que o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi sempre menor que o coeficiente de uniformidade de Christiansen.

De acordo com Olitta (1987), a uniformidade de distribuição de água é uma medida freqüentemente utilizada como indicador dos problemas de distribuição da irrigação. Um baixo valor de CUD indica perda excessiva de água por percolação profunda, se a lâmina mínima aplicada correspondente à lâmina necessária. Os valores de CUD são, em geral, menores que os valores de CUC.

Segundo Zocoller (2003), para culturas com sistema radicular profundo, como frutíferas, especialmente onde a irrigação é suplementar, os valores da uniformidade de distribuição podem ser menores com CUC entre 70% e 82%.

Os resultados apresentados na Tabela 2 referentes aos coeficientes de uniformidade obtidos em áreas do DITALPI indicam que os sistemas de irrigação estão funcionando adequadamente para obter uma boa produtividade e com baixo desperdício de água. Observa-se uma variação de produtividade entre as áreas avaliadas, mas não se pode relacionar diretamente esses resultados com o coeficiente de uniformidade, pois existem outras variáveis envolvidas no processo, tais como: a) cultivares implantadas: 26/4; FP19; 71; 13/2; 69, b) manejo produtivo adotado em cada área, c) manejo operacional do sistema de irrigação, d) idade das plantas, e) adubação e fertilidade do solo, f) aplicação de lâminas de água correta nas fases de maior demanda da cultura entre outras.

Tabela 2. Resumo dos testes de Coeficiente de Uniformidade de Distribuição e Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, realizados em 04 lotes de produção avaliados no DITALPI, e suas respectivas produtividades¹ de frutos de acerola.

AREA	EBV'S	CUD (%)	CUC (%)	PRODUTIVIDADE (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
Lote 32	05	86,26	88,53	20
Lote 37	05	90,72	93,78	51,5
Lote 17(A1)	04	87,32	91,75	30
Lote 17 (A2)	04	72,96	83,31	35
Lote 44 (A1)	05	77,80	85,67	45
Lote 44 (A2)	05	62,54	75,24	30

¹Ano base 2009.

A baixa uniformidade de aplicação de água de sistemas de irrigação localizada se deve em grande parte ao mau dimensionamento do projeto e a ausência de manejo do sistema (MARTINS 2009). Assim, geralmente, reduzidos valores de uniformidade determinam maior consumo de água e energia, maiores perdas de nutrientes por deflúvio superficial e percolação profunda, ao mesmo tempo em que podem apresentar plantas com déficits, em proporção significativa da área irrigada.

Dependendo das especificações técnicas do manejo de água em cada lote, podem estar sendo aplicadas lâminas incompatíveis com as necessidades hídricas de cada fase fenológica da cultura. Sammis & Wu (1985) citados por Souza (2000), sugerem que a manutenção inadequada do sistema de irrigação pode causar decréscimo de 60% ou mais na uniformidade de aplicação, resultando aumento na quantidade de água aplicada, para compensar a baixa uniformidade e a redução na produtividade.

Uma reduzida uniformidade de distribuição de água faz com que determinadas plantas irrigadas pelo sistema recebam mais água e adubo do que outras, resultando em desenvolvimento desuniforme da cultura. Acrescenta-se a isso o fato de que, o excesso de água no solo provoca a lixiviação de nutrientes, a redução na concentração de oxigênio disponível às raízes e pode aumentar a incidência de pragas e doenças, enquanto que a escassez aumenta os riscos de salinização do solo e inibe o potencial produtivo da planta (SANTOS et al., 2003).

Baixos valores de uniformidade em microaspersores são atribuídos principalmente à falta de manutenção, sistemas mal dimensionados, ou que estão em uso há muito tempo. Assim, enquanto uma fração de área é irrigada em excesso, em outra ocorre o déficit de água, não atendendo as necessidades hídricas das plantas. A baixa uniformidade de distribuição em sistemas por

microaspersão ocorre devido à elevada precipitação próximo à base dos emissores, atingindo nas extremidades de alcance do jato valores muito pequenos, chegando-se a praticamente zero.

Segundo Guerra (2004), em sistemas pressurizados, a motobomba deve ser checada constantemente, pois geralmente ocorre o desgaste de suas partes internas, causado por pedregulhos. Outra situação comumente encontrada é a falta de pressão no final das linhas de distribuição, devido ao envelhecimento e corrosão das paredes internas das tubulações, o que provoca aumento da perda de carga.

A uniformidade de irrigação é influenciada por uma série de fatores: pressão de serviço; diâmetro dos bocais, geometria e rugosidade dos orifícios; inclinação e velocidade e lançamento do jato; altura do emissor em relação ao solo; estabilidade da haste de sustentação do emissor, que deve ser mantida sempre na vertical; distância dos microaspersores ao caule das plantas e a interferência na interceptação do jato (COSTA, 1994).

Segundo Pizarro (1990), a uniformidade de distribuição pode ser utilizada tanto para fins de dimensionamento do sistema como para sua avaliação no campo. No caso de dimensionamento, ao contrario da avaliação de campo, a uniformidade é uma condição imposta; quanto mais alta a uniformidade, mais oneroso fica o sistema, já que são necessários maiores diâmetros de tubulação, laterais mais curtas e maior investimento em reguladores de pressão.

A uniformidade de aplicação interfere diretamente nos processos de infiltração de água no solo podendo em alguns casos os fluxos de infiltração serem substituídos por lâminas ascendentes causando a salinização de solos.

Abreu et al (1987) comentam que o coeficiente de variação de fabricação é praticamente independente da pressão usada no teste, sempre que esteja compreendida na faixa de funcionamento do emissor.

Uma vez que se tenha a equação gerada entre as variáveis pressão e vazão, independente em qual pressão será testada o seu microaspersor, ele deverá se comportar próximo a equação descrita. Desta forma, a informação sobre a independência do coeficiente de fabricação sobre a pressão usada no teste, é comprovada na teoria, pois uma vez que todos os microaspersores serão submetidos às mesmas pressões, a variação de vazão entre os mesmos devem ser parecidas, podendo assim haver confrontações entre seus valores (MAZZER, 2006).

O efeito do fator construtivo para a marca e modelo avaliado, expresso pelo coeficiente de variação de fabricação (CVf), apresentou-se com 0,017% (18 mca), sendo classificado por Solomon (1979) como emissor de uniformidade excelente e segundo a ABNT (1986) classifica-se como emissor de uniformidade boa (Tabela 3).

Tabela 3: Teste de coeficiente de variação de fabricação do microaspersor NETAFIM Gyronet TM LR.

Pressão (mca)	Vazão média (L.h ⁻¹)	CVf (%)	Classificação	
			ABNT (1986)	SOLOMON (1979)
18	48,90	0,017	BOM	EXCELENTE

Portanto, pode-se inferir que o produto encontrado no mercado e avaliado neste trabalho pode ser considerado de ótima qualidade e pequena variação na vazão do ponto de vista do processo de fabricação.

De acordo com Bonomo (1999), a melhoria desses valores de uniformidade pode ser obtida por meio da adoção de práticas de manejo, como a limpeza periódica mais criteriosa do sistema de filtragem, possibilitando maior pressão nos pontos de emissão, assim como desentupimento dos microaspersores e limpeza das linhas laterais. Recomenda-se que os irrigantes sejam mais bem orientados a respeito do controle da pressão de serviço na entrada dos respectivos lotes.

Após a instalação do sistema de irrigação, o produtor deve realizar o manejo inicial de irrigação que é normalmente baseado em turnos de rega calculados com base em valores da evapotranspiração da cultura (ETc) e da lâmina real necessária (LRN).

Geralmente, os valores da ETc são calculados em função de valores estabelecidos no projeto, máximos para determinados períodos de retorno, o que leva a reposição de água ao solo acima da necessidade real da cultura diminuindo a eficiência de irrigação. Dessa forma, as recomendações de irrigação constantes nos projetos são adequadas para o dimensionamento dos sistemas de irrigação, que deve se basear em valores máximos dos parâmetros necessários para definir as necessidades de água para segurança do projeto, não sendo adequadas para o dia a dia do consumo de água das culturas. Neste caso, as necessidades hídricas vão variar conforme o estágio de desenvolvimento e com as condições meteorológicas locais. Portanto, o manejo da irrigação não pode ser de natureza fixa conforme colocado no projeto, mas deve ser flexível.

Uma das principais formas de se obter máxima eficiência no uso da irrigação está relacionada com a aplicação adequada da água, no momento certo e na quantidade exata. Para que a água seja aplicada corretamente, a escolha do sistema de irrigação é fator de suma importância, um dos principais fatores que condicionam a eficiência da irrigação. Desta forma, esta escolha acaba afetando de forma direta os lucros dos produtores e os custos sociais.

Portanto, é extremamente importante que os produtores procurem utilizar eficientemente os sistemas de irrigação. Para atingir tal eficiência, Nascimento (2005), sugere a manutenção continuada

dos sistemas, além do monitoramento da água aplicada na propriedade. O autor acredita que essas ações possam aumentar a rentabilidade das culturas, conservando, ao mesmo tempo, a capacidade produtiva das áreas irrigadas.

No entanto, apesar de existir a consciência da importância de que se deve conduzir de forma adequada à aplicação da água no cultivo da agricultura irrigada, este fato não vem se constituindo como uma prática usual dentre os proprietários rurais. De acordo com Genúe & Pinto (2002), este fato se deve principalmente ao despreparo dos produtores e/ou à falta de orientação aos mesmos. Acabam, em consequência, utilizando água ineficientemente, ora aplicando água em excesso, ora submetendo as plantas ao estresse hídrico. “Nessas condições, a cultura pode não expressar seu potencial máximo de produção e os custos com a irrigação podem se tornar muito altos”.

Verificou-se pela Tabela 4, que o lote 44 (A1) apresentou nos testes uma vazão média dos microaspersores de 37,1 L h⁻¹ a mais próxima de 40 L h⁻¹ obtendo um menor gasto excedente de energia de 7,81%, considerando uma uniformidade de distribuição do sistema de 100%. Para o lote 17 (A2) com uma vazão média dos microaspersores de 26,7 L h⁻¹, bem abaixo dos 40 L h⁻¹, o gasto de energia excedente chega a 49,81%, demonstrado um considerado gasto de energia quando um sistema apresenta-se desuniforme.

Tabela 4. Resumo dos gastos excedentes com energia contabilizados por porcentagem sobre o valor teórico ideal realizados em 4 lotes de produção avaliados no DITALPI.

AREA	VAZÃO (L.h ⁻¹)	GASTO EXCEDENTE DE ENERGIA (%)
Lote 17 (A2)	26,7	49,81
Lote 44 (A1)	37,1	07,81
Lote 44 (A2)	32,50	23,07

5 CONCLUSÕES

Os sistemas de irrigação avaliados apresentaram valores de uniformidade de distribuição de água que os classificam numa faixa de razoável a boa para irrigação localizada.

Os microaspersores avaliados no teste de Coeficiente de Variação de Fabricação apresentaram-se com classificação de: excelente, segundo Solomon (1979) e bom, segundo a ABNT (1986).

Para aplicação da Lâmina de irrigação necessária à cultura da acerola, nas condições de funcionamento dos sistemas de irrigação avaliados, o consumo de energia excede em até 49,81% o valor considerado ideal, com uniformidade de 100%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Emissores para sistemas de irrigação localizada – avaliação das características operacionais**. PNBR 12: 02 – 08 – 021. São Paulo, 1986. 7p.

ABREU, J. M.; LOPES, J. R.; REGALADO, A. P. et al. **El Riego localizado**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1987. 317p.

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. FNP – Consultoria & Comércio. São Paulo, Editora Argos Comunicação 2002. 521p.

ANDRADE, J. M. B.; BRANDÃO FILHO, J. V. T.; VASCONCELOS, M. A. S. Efeito da poda na produtividade da aceroleira (*Malpighia glabra L*) no primeiro ano. **Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, v.17, n. 2, 1995. 45-49 p.**

ARAÚJO, P. S. R.; MINAMI, K. **Acerola**. Campinas, Fundação Cargil. 81p. 1994.

AZERÊDO, G. A. de.; MATOS, V. P.; LOPES, K. P.; SILVA, A.; RODRIGUES, L. de. F.; **Viabilidade e vigor de sementes de Acerola (*Malpighia puniceifolia*) Submetidas a embebição sob diferentes temperaturas**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.35, n.2, 2005. 81-84p.

BARRETO, L. V.; FREITAS, A.C.S., OLIVEIRA, M. S. C. **Panorama da irrigação no Brasil**. Centro Científico conhecer, Goiânia, Enciclopédia Biosfera. n 07, 2009.

BENICÍO, F. R.; CARVALHO, C. M. de.; ELOI, W. M.; GONÇALVES, F. M.; BORGES, F. R. M. **Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura da goiaba em Barbalha – CE**. Revista brasileira de agricultura irrigada, v.3, n.2, 2009. 55-61 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 7 ed. Viçosa: UFV, 2005. 611p.

BLEINROTH, E. W.; MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. Colheita e beneficiamento. In: GOGARTTI NETTO, A. et al. **Acerola para exportação: procedimento de colheita e pós colheita**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1996. 30p. (FRUPEX, 21).

BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1999. 224p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

CHRISTIANSEN, E.J. **Irrigation by sprinkling.** Berkeley University of California, 1942. 142p. (Bulletin, 670).

COSTA, M.C. **Caracterização hidráulica de dois modelos de microaspersores associados a três reguladores de fluxo e um mecanismo de pulso.** 1994. 109 p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DANTAS NETO, J.; MEDEIROS, M. G. A de.; AZEVEDO, C. A. V de.; AZEVEDO, H. M. de **Performance hidráulica e perfil de distribuição de água do microaspersor NAAN 7110, sob diferentes condições de vento.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.1, p 57 – 61, 1997.

DNOCS - **Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Projetos de irrigação no Piauí.** Fortaleza, 2005. Disponível em: <<http://201.30.148.11/~apoena/php/projetos/projetos.php?>>. Acesso em 27/12/2005.

GENÚ, P. J. C. & PINTO, A. C. Q. (eds.). **A Cultura da Mangueira.** Brasília: EMBRAPA – Serviço de Produção de Informação. 2002. 454p.

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J. M. **Acerola para exportação: aspectos técnicos da produção.** Brasília: EMBRAPA, 1994. 34p. (FRUPEX, 10).

GUERRA, A. F. **Adequação e manejo das irrigações por aspersão por pivô central no cerrado.** EMBRAPA/CPAC, 2004. Disponível em <http://www.agronline.com.br/artigos>>. Consultado em 27 jun. 2005.

HOLANDA FILHO, R. S. F de; PORTO FILHO, F de. Q. ; MIRANDA, N de, O.; MEDEIROS, J. F de. **Caracterização hidráulica do microaspersor Rondo, da Plastro.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.1, 2001.

KELLER, J., KARMELI, D. **Trickle irrigation design.** Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters.** Transactions of the ASAE. St. Joseph, v.17, p. 678-684, 1974.

MANICA, I.; ICUMA, I.M.; FIORAVANÇO, J. C.; PAIVA, J. R. de; et al. **Acerola: tecnologia de produção, pos-colheita, congelamento, exportação, mercados**. Porto Alegre, Cinco Continentes, 2003. 397 p.

MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M. Manejo da irrigação. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: Embrapa, SPI, 1994. p.129-158.

MANTOVANI, E.C. **Avalia: manual do usuário**. Viçosa: DEA/UFV–PNP&D/café Embrapa, 2002.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: Princípios e Métodos**. Viçosa: UFV. 2006. 318p.

MARTINS, C. A. da S. **Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação em áreas cultivadas no Sul do Estado do Espírito Santo**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Espírito Santo, 2009.

MATOS, J de. A de.; RAGOSO, C. R. Caracterização da performance hidráulica de dois emissores tipo microaspersor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,v.1. P.17 – 20, 1997.

MAZZER, H. R. **Avaliação do desempenho de microaspersor em bancada de ensaio sob diferentes sistemas de aplicação**. 2006. 55p. Tese de Doutorado – Faculdade de ciências agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J.; ALFARO, J. **Irrigation system evaluation and improvement**. Logan: Utah State University, 1973

MOURA, E. N. de. Avaliação de Desempenho de Sistemas Pressurizados em Fruticultura. Curitiba: **Revista acadêmica: ciências agrárias e ambientais**. v.3. n.1, 2005. p. 67-74.

NASCIMENTO, T. **Otimização do Manejo de Água Sob Irrigação Localizada em Fruteiras no Nordeste Brasileiro**. EMBRAPA Semi-Árido. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/projeto/17199908201.html>. Acesso em fevereiro, 2005.

NASCIMENTO, T.; SOARES, J. M.; AZEVEDO, C. A. V. de. Caracterização hidráulica do microaspersor Rain-Bird QN-14. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p. 30-33, 1999.

OLIVEIRA, J. R. P.; SOARES FILHO, W. dos S. Situação da cultura da acerola no Brasil e ações da Embrapa Mandioca e Fruticultura em recursos genéticos e melhoramento. In: **SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS E MELHORAMENTO DE PLANTAS PARA O NORDESTE DO BRASIL, 1998, Petrolina – PE.**

OLIVEIRA, A. M de. S.; FILHO, F de, Q. P.; MEDEIROS, J. F de.; COSTA, M da, C. Caracterização hidráulica do tubo gotejador hidrodrip II. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.483 – 486, 2000.

OLITTA, A. F. L. **Os métodos de irrigação.** São Paulo: Nobel, 1987. 267p.

PRADO, R. B.; TAVARES, S. R. de L.; BEZERA, F. B.; RIOS, L. da C. **Manual técnico de coleta, acondicionamento, preservação e análises laboratoriais de amostras de água para fins de agrícolas e ambientais.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 98p.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia: gotes, microaspersion, exudación.** 5. Ed. Madri: Mundi, 1990. 461p.

SAMPAIO, S. C.; KOBAYASHI, M. K.; CORRÊA, M. M. Uniformidade de aplicação de água por microaspersores operando em posição invertida. **Ciência Agrotecnica**, v.25, n.6, 2001. 1359-1369p.

SANTOS, R. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; FERREIRA, E. J. S.; VANZELA, L. S.; LIMA, RONALDO C. Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em sub-superfície instalado na cultura de pupunheiras (*Bactris Gasipaes* H.B.K.). In: XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola Goiânia -GO, 2003 Anais... XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. Secretaria da Agricultura do Estado de Sergipe, <http://www.sagri.se.gov.br/> (2001).

SÃO JOSE, A. B.; BATISTA, D. **Propagação Sexual da Acerola.** In: **Acerola no Brasil: produção e mercado.** Vitória da Conquista: UESB, p.28-31, 1995.

SILVA, A. L. da; FARIA, M. A. de; REIS, R. P. Viabilidade Técnico-econômica do Uso do Sistema de Irrigação por Gotejamento na Cultura do Cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v.3. n.1, 2003. p. 37-44.

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

SIMÃO, S. Cereja das Antilhas. In: **Manual de fruticultura**. São Paulo: Agronômica CERES, 1971, p.477-485, 530p.

SOARES, J. M.; COSTA, F. F. da.; **Embrapa Semi-Árido**, Sistemas de Produção, 1, ISSN 1807-0027, Versão Eletrônica, 2004

SOLOMON, K. **Manufacturing variation of trickle emitters**. Transactions of the ASAE St. Joseph, v.22, n.5, p.1034 – 1038, 1979.

SOUZA, L. O. C., **Análise Técnica de Sistemas de Irrigação por Gotejamento Utilizados na Cafeicultura Irrigada**. Viçosa: UFV, 2000. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

SOUZA, M. J. H. de.; GUIMARÃES, M. C. A.; GUIMARÃES, C. D. L.; FREITAS, W. da. S.; OLIVEIRA, A. M. S. Potencial Agroclimático para a cultura da acerola no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,v.10, n.2, 2006. 390-396p.

VIANA, T. V. de. A.; VASCONCELOS, D. V.; AZEVEDO, B. M. de.; SOUZA, V. F. de. Estudo da aptidão agroclimática do estado do piaui para o cultivo da aceroleira. **Revista Ciência Agronômica**, v.33, n.2, 2002. 5-12 p.

ZOCOLER, J. L. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação**. Ilha Solteira – SP: UNESP. Disponível em <www.agr.feis.unesp.br/curso5.htm>. Acesso em 05 de julho de 2003.

ZOCOLER, J.L. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação**. UNESP - Ilha Solteira. Disponível em: www.agr.feis.unesp.br. Acesso em 29 maio de 2009.