

GOTEJADORES DE BAMBU PARA UTILIZAÇÃO EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL: UMA SOLUÇÃO DE BAIXO CUSTO

Eduardo Luiz de Oliveira

*UNESP- Campus de Bauru - Faculdade de Engenharia e Tecnologia.
Departamento de Engenharia Civil - Cx. Postal 473.
Fone (014) 230-2111 - Bauru - SP - Brasil.
eduoliv@bauru.unesp.br*

Antonio Evaldo Klar

*UNESP- Campus de Botucatu - Faculdade de Ciências Agronômicas.
Departamento de Engenharia Rural - Cx. Postal 237.
Fone (014) 821-3883 - Bauru - SP - Brasil.
klar@fca.unesp.br*

1 RESUMO

O desenvolvimento de um sistema de irrigação de baixo custo, vem de encontro com as necessidades de dotar, com recursos técnicos, pequenos e médios agricultores, para que possam evoluir num mercado cada vez mais competitivo.

Neste trabalho, procurou-se, na simplicidade de conhecimentos, colocando-se em prática recursos, até certo ponto, requintados e disponíveis geralmente a agricultores aculturados a estas técnicas.

A pesquisa desenvolveu-se em 2 fases distintas: laboratorial e de campo.

O experimento em laboratório abrangeu o estudo hidráulico de 'hastes' de bambu, para funcionarem como gotejadores subsuperficiais, determinando-se vazões e pressões. Investigaram-se vários aspectos construtivos, como maneira de serrar as 'hastes' e variação do furo no topo destas, determinando-se assim, condições favoráveis para a utilização como gotejadores. Desenvolveu-se meios de acoplagem segura entre eles, tubos de bambu e mangueira preta de polietileno(plásticos recicláveis).

Os resultados da uniformidade dos gotejadores de bambu foram baixos, devido às altas variações das vazões, entre os gotejadores para uma mesma pressão.

Verificaram-se, ainda, as possíveis relações entre o diâmetro externo, interno e o comprimento das 'hastes', nas vazões medidas, não tendo sido encontradas relações isoladas entre estes parâmetros. A execução artesanal e as características intrínsecas das 'hastes' de bambu foram as responsáveis pela não uniformidade das vazões dos mesmos.

No experimento de campo, desenvolveram-se estudos comparativos entre o sistema de gotejamento superficial com Tubogotejadores Queen Gil e o sistema de gotejamento subsuperficial, utilizando-se no primeiro experimento tubos e gotejadores de bambu e, no segundo, mangueira preta de polietileno com gotejadores de bambu, para os cultivos de *Cucumis sativus* L. (pepino), e *Phaseolus vulgaris* L (Feijão-vagem), respectivamente. Neste segundo experimento, aplicou-se fertirrigação, obtendo-se uma maneira simples de execução, tendo em vista a possibilidade de se trabalhar com baixas pressões (na ordem de 1,0 a 2,0 mca), para o sistema subsuperficial com gotejadores de bambu.

Os parâmetros de planta estudados para comparação dos sistemas empregados foram: altura e produtividade das plantas e, para o sistema de irrigação subsuperficial, utilizando-se gotejadores de bambu; os valores obtidos para estes dois fatores foram estatisticamente superiores.

Os resultados encontrados ultrapassou as expectativas, tendo-se em vista a baixa uniformidade de aplicação do sistema de irrigação subsuperficial com gotejadores de bambu, na qual, a forma de aplicação (subsuperficial) deste sistema pode ter compensado o efeito não uniforme da distribuição de água no solo.

UNITERMOS: irrigação; subsuperficial; bambu.

OLIVEIRA, E.L., KLAR, A. E. BAMBOO DRIPPERS FOR SUBSURFACE IRRIGATION SYSTEM APPLICATION: A LOW COST SOLUTION

2 ABSTRACT

The development of a low cost irrigation system is necessary in order to supply technical know how mainly to scale farmers, for their evolution into a competitive market which' is increasing each day.

The research was conducted in two phases: laboratory and field conditions.

The laboratory work consisted of the hydraulic study of bamboo segments, to function as subsurface dripping irrigators, this establishes the rate of dripping with the variation of pressure applied to the bamboo segments.

It was established different behavior for different situations such as the way the segments were sawed and the variation of the hole's size, thus determining the favorable conditions for the drippers. Methods for safe coupling of the drippers were developed in the bamboo tubes and polypropylene black hose (recyclable plastics).

The results of uniformity of the drippers were low due to the high variation of flow among the drippers for a single pressure. Possible relationships among the external and internal diameter and length of the bamboo segments were investigated in the flow localized in the drippers, while isolated relationships have not been found among these parameters. The rudimental execution and intrinsic characteristics of the bamboo segments were responsible for the lack of uniformity of the flow.

In the field experiment comparative studies were performed between surface dripping system with polypropylene dripping Tubes and subsurface dripping system, using in the first experiment bamboo dripping tubes, and in the second polypropylene black hose with bamboo drippers evaluation of productivity of *Cucumis sativus* (cucumber) and *Phaseolus vulgaris* (green beans), respectively. In the second experiment, fertirrigation was applied, thus gaining a simple way of execution, having in mind the possibility of working with low pressures (in the order of 10 to 20 Mca) for the subsurface system with bamboo drippers.

The studied parameters for comparison of the employed system were: the height of the plant and productivity, leading to the conclusion that the subsurface dripping system utilizing bamboo drippers was slightly superior. The statistical studies applied to the data confirm this slight superiority.

These results were excellent considering the low uniformity of the subsurface irrigation system with bamboo drippers, considering that the way of application of the water in this system (subsurface) may have compensated the effect of lack of uniformity in the distribution of the water in the soil.

KEYWORDS: irrigation; subsurface; bamboo.

3 INTRODUÇÃO

O crescimento da agricultura, assim como seu fortalecimento a nível de investimento, passa, sem dúvida, pela necessidade de aumentar a produtividade agrícola. Sistemas de irrigação contribuem, decisivamente, para a obtenção deste objetivo.

Benefícios como: garantia de produção, diminuição dos riscos, cultivo na entressafra, aumento da produtividade, aumento do índice de exploração, são almejados por pequenos, médios e grandes agricultores, e alcançá-los é o grande problema. Sistemas de irrigação auxiliam na obtenção de tais vantagens, porém, o alto custo inicial de investimento, o desconhecimento das técnicas de irrigação e a falta de mão-de-obra especializada, reduzem consideravelmente sua aplicação.

Segundo dados do Departamento de Água e Energia Elétrica (1994), no levantamento cadastral de irrigantes da Bacia do Alto Tietê, 91,2% da superfície irrigada tem até 9,9 ha e apenas 8,9% acima de 10,0 ha. Em relação aos sistemas de irrigação utilizados, predomina a aspersão convencional com 74%, seguida de "mangueira" com 25%, sendo que a irrigação por gotejamento ocupa menos de 1% da área total.

Sita ainda que, no tocante ao nível de instrução, a grande maioria, 77,5%, possui apenas o primeiro grau, 14,5% o segundo grau e 4,7% nível superior, sendo que, os analfabetos representam apenas 0,6%. Quanto à qualificação dos irrigantes, a totalidade é constituída por pessoas físicas.

Com relação ao nível tecnológico dos irrigantes, houve grande concentração nos itens "baixo uso de insumos", com 58%, e rudimentar com 39,9%. Somente 2,1% dos irrigantes pratica uma agricultura com alta tecnologia. A irrigação é utilizada com maior intensidade na olericultura, que representa 62,1% do total da área irrigada.

Vale ressaltar que, segundo este mesmo levantamento, na região abrangida pela Bacia do Alto Tietê, situam-se os principais núcleos urbanos da Região Metropolitana de São Paulo. Observa-se a concentração de exatamente a metade de toda a população do Estado de São Paulo. Possui uma área de 5.650 Km², sendo cadastrados 29,473 km² de área física irrigada, ou seja, 0,52% de área irrigada.

Portanto, o desenvolvimento de técnicas de baixo custo, sem dúvida, poderá ser um caminho para muitos agricultores iniciarem-se na prática de sistemas de irrigação.

O presente trabalho tem a finalidade de sugerir um método de irrigação alternativo, desenvolvido em 1992, como Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Ciências Agrônomicas do Campus de Botucatu - UNESP - *Utilização do bambu como condutor de água para fins de irrigação - uma solução de baixo custo*, na qual mostrou-se a viabilidade de

utilização de tubos de bambu, para fins de irrigação, com *baixas pressões*, como gotejamento e microaspersão (Oliveira, 1992).

Este método visa dar condições a pequenos e médios agricultores, com investimentos reduzidos, para suplantarem dificuldades técnicas no manejo de sistemas de irrigação, capacitando-os a investimentos maiores no futuro, assim como, usufruírem dos benefícios da irrigação, acumulando recursos para tais investimentos.

O presente estudo aborda a utilização de 'hastes' de bambu, como gotejadores, acoplados a tubos de bambu e de plástico preto recicláveis (mangueiras de polipropileno), para sistemas de irrigação subsuperficial.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa desenvolveu-se em duas fases distintas: laboratorial e executiva (campo), sendo a primeira no Laboratório de Hidráulica da Faculdade de Engenharia da UNESP - Campus de Bauru, e a segunda na Escola Agrícola de 2º Grau ETAESG - Astor de Mattos Carvalho, na cidade de Cabrália Paulista-SP.

4.1 Fase laboratorial

Nesta fase, pesquisaram-se as formas e características hidráulicas dos gotejadores, sendo que as experiências foram realizadas em bancada de teste, montada para estudar o comportamento hidráulico das 'hastes' (gotejadores).

Foram testadas, inicialmente, 10 'hastes' de bambu, escolhidas ao acaso, de uma população de 80 'hastes'. Retiradas dos dois terços iniciais dos ramos, secundários, dos colmos de bambu (parte mais grossa), da espécie *Bambusa vulgaris*, serrando-se (com serra de fita manual) aproximadamente no meio dos nós, para que as duas extremidades ficassem fechadas naturalmente pelo próprio nó. Posteriormente, para a entrada de água no gotejador, foi executado um furo de 1 mm milímetro de espessura, no topo de uma das extremidades de cada 'haste', no sentido perpendicular a fase de corte e paralela ao comprimento da 'haste'. Na outra extremidade, aproximadamente 2 cm do final de cada 'haste', foram executados 4 furos de 3 milímetros de espessura, para a saída da água, dispostos radialmente uns dos outros, em ângulos de aproximadamente 90°. Estes furos foram realizados perpendicularmente ao comprimento das 'hastes' e paralelamente a fase de corte do nó.

Os testes foram realizados para 7 diferentes pressões, a saber: 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 e 4,0 mca.

Para se determinar as vazões dos gotejadores, para as faixas de pressão indicadas, foram realizadas medidas de volume de água a cada 60 segundos.

As mesmas 'hastes', foram testadas de igual maneira, substituindo-se os furos de topo de 1 mm para furos de 1,5 mm.

Com a finalidade de reduzir as vazões encontradas, assim como tentar-se diminuir suas variabilidades, testou-se 'hastes' mais finas, retiradas do último terço dos ramos secundários. Os procedimentos adotados foram os mesmos descritos anteriormente, sendo os furos de topo de 1 mm de espessura.

Testou-se, posteriormente, uma segunda versão de corte para a 'haste', sendo efetuado antes do nó (aproximadamente 3 a 5 mm deste), para que a espessura do diafragma do nó permanecesse intacta. Os furos para a entrada de água, foram executados da mesma maneira, descrita anteriormente, para os experimentos anteriores.

Realizaram-se novas medidas de vazão, no tempo de aproximadamente 60 s, da mesma forma descrita anteriormente, para 10 'hastes', com as variações de pressão também iguais aos testes anteriores.

Com base nos dados encontrados, optou-se por uma correção dos furos de topo de 1 mm, quando as 'hastes' encontravam-se totalmente úmidas (após 24 horas imersas em água). Esta correção foi realizada em todas as 'hastes' da segunda versão (serradas antes do nó), repassando-se manualmente a broca de 1 mm. Posteriormente, repetiu-se todos os testes, determinando-se as vazões nas pressões referidas anteriormente.

Posteriormente, mediram-se os parâmetros: *diâmetro externo*, *interno* e *comprimento* das 'hastes', bem como o diâmetro dos furos de 1 milímetro, a fim de verificar se existem relações da vazão com estes parâmetros.

Foram confeccionados 4 gotejadores protótipos, com características semelhantes aos gotejadores, ou seja, composto de um adaptador para acoplar a mangueira, uma base (chapa de aço 108/1010) com um furo de 1 mm, um adaptador para acoplar uma 'haste' de bambu (sem o nó). Os gotejadores foram construídos de maneira a variar a espessura da chapa onde encontrava-se o furo de 1 milímetro. As espessuras das chapas foram de 1,03 mm, 2,96 mm, 6,28 mm e 9,35 mm, medidas com Micrômetro, com precisão de centésimo de milímetro.

Os gotejadores protótipos, foram testados para pressões idênticas à utilizadas no experimentos das 'hastes' de bambu.

Foram realizadas pequenas alterações na bancada de teste, adaptando-se uma moto bomba para elevar a pressão do sistema para até 10,0 mca. Esta alteração se fez necessária para testar as acoplagens das 'hastes' de bambu, em funcionamento, à mangueira preta de polietileno (plástico recicláveis). Executaram-se testes em 6 conexões de gotejadores com o tubo de polietileno. As pressões variaram de 1,0 a 10,0 mca.

4.2 Experimentos de campo

Em paralelo com os testes em laboratório, construiu-se uma estufa de 5 metros de largura por 21 metros de comprimento, para desenvolver as pesquisas de campo.

Quatro linhas de plantio foram instalados, no sentido longitudinal, sendo que cada linha foi subdividido em 4 parcelas, de 4,50 m cada para as duas culturas utilizadas (pepino e feijão vagem).

Sortearam-se, ao acaso, o tipo de irrigação em cada parcela da estufa, sendo destinadas para a irrigação subsuperficial as seguintes parcelas; linha I - A e I; linha II - F e J; linha III - C e O; linha IV - D e H. As outras parcelas foram destinadas à irrigação por gotejamento superficial.

Retiraram-se amostras de solo para determinação da Curva Característica de Umidade do Solo, realizada pelo Laboratório de Relações Solo/Água/Planta do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas - Campus de Botucatu - UNESP.

Escolheram-se a irrigação por gotejamento, pelo método de tubos gotejadores Queen Gil, para comparação com o sistema de irrigação subsuperficial de bambu.

Foram colhidos tubos de bambu da espécie *Bambusa vulgaris*, localizada no sítio Congonhas, município de Duartina - SP, tratados conforme indicado em Oliveira (1992) sem a cobertura plástica (por se tratar de experimento com tempo reduzido de permanência). Os gotejadores de bambu, retirados dos galhos secundários desta mesma moita, não sofrendo qualquer tratamento (pelo mesmo motivo acima exposto), foram colocados nos tubos, sendo a fixação dos gotejadores executada da seguinte maneira:

Regularizou-se, com o auxílio de uma faca ou material cortante (canivete), as pontas das 'hastes' (furadas com brocas de 1 mm), observando para que se tornassem o mais circular possível.

Para melhor fixação, vedação e flexibilidade da 'haste,' quando da colocação no tubo de bambu, utilizou-se de um pequeno pedaço (mais ou menos 1 cm), de tubo de borracha cirúrgico flexível (tubo de látex), conhecido como 'tripa de mico', encontrada em farmácias, onde são utilizadas como torniquetes (garrote) para comprimir as veias nas aplicações injetáveis de medicamentos. Esta borracha foi utilizada como capa da ponta da 'haste', acoplada ao tubo.

A colocação das 'hastes', nos tubos de bambu, foi feita com o auxílio de óleo lubrificante, aplicado no contorno do látex, após colocado na 'haste'.

Para a medição da estimativa da evapotranspiração, instalou-se tanque Classe A. Para controle da umidade do solo, instalaram-se tensiômetros em cada parcela.

A cultura escolhida para teste foi o *Cucumis sativus* (pepino), variedade Híbrido Hokushin.

Foram plantados 8 pés por parcela, perfazendo-se 128 pés, sendo metade (64 pés) irrigado com o sistema subsuperficial de bambu, e a outra metade com o sistema de gotejamento superficial, com tubogotejador Queen-Gil.

Após o término do experimento com a cultura do pepino, iniciou-se a retirada dos tubos de bambu, substituindo-os por tubos de plástico preto (polietileno recicláveis) com diâmetro de 0,02 m ($\cong \frac{3}{4}$ de polegada), para a implantação do segundo experimento.

Escolheu-se a irrigação por gotejamento, pelo método de tubos gotejadores Queen Gil, para comparação com o sistema de irrigação subsuperficial de bambu, como no primeiro experimento.

Optou-se pela aplicação de fertirrigação durante o desenvolvimento e produção da cultura, para tal, pequenas modificações foram introduzidas nos sistemas de irrigação.

A acoplagem dos gotejadores com o tubo plástico, foi realizada semelhantemente ao método anterior de acoplagem em tubos de bambu. A ponta da 'haste' (onde se localiza o nó) não foi regularizada (afinada), como no processo de acoplagem em tubos de bambu, e sim, aproveitou-se a geometria do nó, que apresenta anéis salientes, para servir de ancoragem nas paredes do tubo. Em alguns gotejadores houve a necessidade de limpar o broto do nó, para que os anéis ficassem sem sobressaltos (reentrâncias).

Foram utilizados como capa das pontas dos gotejadores, um pequeno pedaço (mais ou menos 1 cm), de tubo de borracha cirúrgico flexível (tubo de látex), como nos tubos de bambu.

A cultura escolhida para teste foi o *Phaseolus vulgaris* L (Feijão-vagem), variedade MAC. Favorito AG 480 da Agroceres Importação e Exportação e Comércio LTDA.

Iniciou-se o plantio em 23 de setembro de 1996, pelo sistema de plantio direto, sendo semeadas 3 sementes separadas de 5 cm em cada cova.

Foram plantados em 10 covas por parcela, perfazendo-se 160 covas, sendo metade (80) irrigado com o sistema subsuperficial de bambu, e a outra metade com o sistema de gotejamento superficial, com tubogotejador Queen-Gil.

O controle da irrigação, seguiu o mesmo esquema apresentado no primeiro experimento.

5 RESULTADOS

5.1. Fase laboratorial

Os resultados comparativos das Figuras 1 a 5 mostram a evolução alcançada no sentido de tentar uniformizar, o máximo possível, o comportamento da vazão em função da pressão, aplicada aos gotejadores de bambu. Pode-se notar que nos primeiros testes (Figuras 1 e 2), as vazões tem um comportamento muito variável entre os gotejadores para uma dada

pressão. Este fato deve-se ao tipo de corte realizado nestas 'hastes'. A espessura do nó "dividida" entre as 'hastes', não permitiu precisão na execução dos furos no topo da 'haste'.

Utilizando o corte antes do nó, este manteve-se intacto, onde o diâmetro do furo aproximou-se de 1 mm, sendo que a possível variação entre os furos deu-se no momento da execução dos mesmos, devido à maneira de se executar o furo e também ao diâmetro reduzido da broca. Pode-se notar nas Figuras 4 e 5 que as variações das vazões para uma mesma pressão foram menores que as anteriormente comentadas, apesar de ainda elevadas.

A tentativa de se aumentar o diâmetro do furo, no topo da 'haste', resultou em vazões superiores, sendo geralmente elevadas para gotejadores subsuperficiais, tendo em vista os tipos de solo, pois ultrapassam a capacidade de infiltração da maioria deles, não sendo apropriada à este tipo de sistema de irrigação. Pode-se verificar na Figura 3 a ordem de grandeza destas vazões.

Outra tentativa de se reduzir as vazões encontradas, foi a utilização de 'hastes' mais finas, retiradas das pontas dos ramos secundários; os testes mostram que existem fatores atuando de maneira diferente dos estudados até o momento, como pode-se ver na Figura 1.

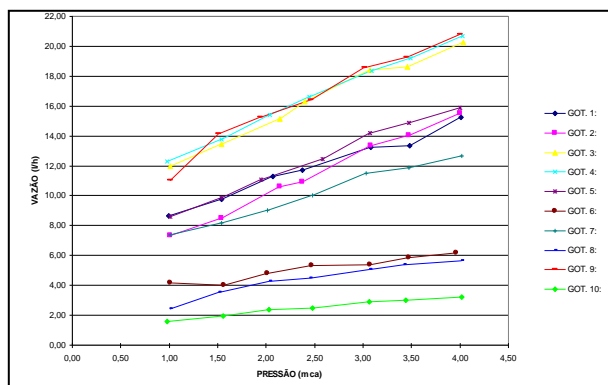


Figura 1 - Gotejadores com cortes no nó (1º exp.).

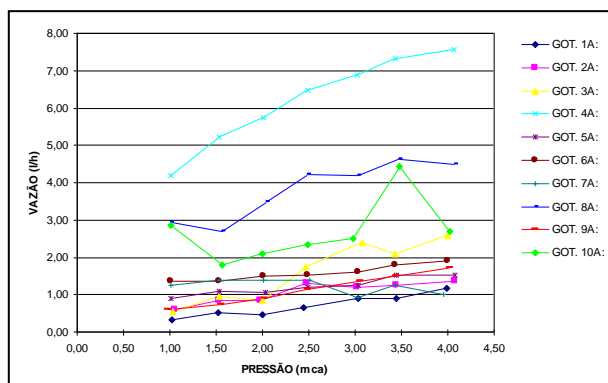


Figura 2 - Gotejadores retirados da parte mais fina do ramo secundário, cortados no nó (2º exp.).

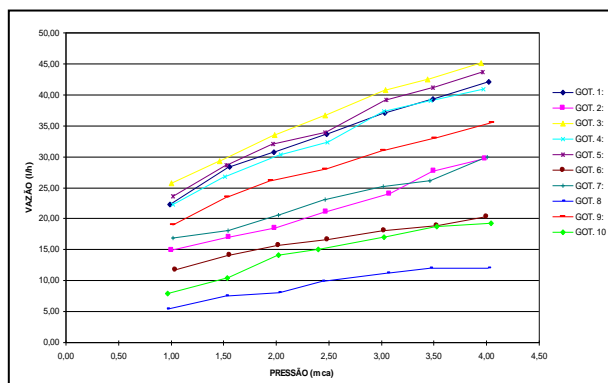


Figura 3 - Gotejadores furados no topo com broca de 1,5 mm, (3º exp.).

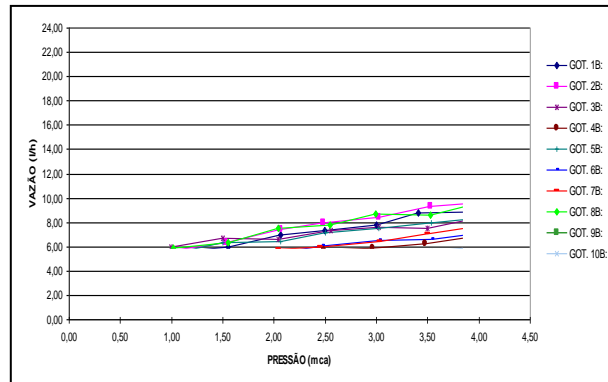


Figura 4 - Gotejadores furados secos, com corte antes do nó, com broca de 1 mm (4º exp.).

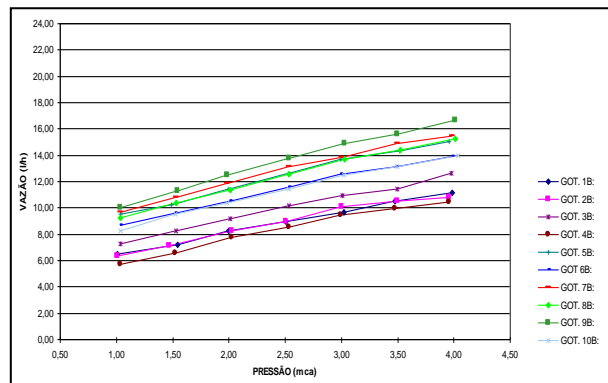


Figura 5 - Gotejadores refurados úmidos com corte antes do nó, com brocas de 1 mm (5º exp.).

As 'hastes' que apresentaram o melhor comportamento hidráulico, para a finalidade estudada, foram aquelas em que se preservaram os nós intactos, furando-se com brocas de 1 mm. Os furos de 1 mm foram executados, com as 'hastes' praticamente secas, ou com pouca umidade. Este fato, propiciou uma diminuição irregular dos furos quando umedecidas, devido a dilatação a que estão sujeitas, por se tratar de material poroso.

Na tentativa de manter os furos com diâmetros mais próximos, optou-se em furar novamente, com a mesma broca de 1 mm, após umedecidos. Verificou-se que o comportamento hidráulico das 'hastes' foram mais uniformes, porém, aumentando as vazões para as mesmas pressões, aplicadas anteriormente, o que era de se esperar. Este melhor comportamento pode ser notado observando-se as Figuras 6 e 7, pois as curvas apresentam-se mais uniformes e mais concentradas.

Para verificar o comportamento hidráulico destes gotejadores, utilizou-se dos resultados dos protótipos testados, sendo observado uma semelhança muito grande com 3 gotejadores nº 3, 4 e 9 do 1º experimento. A comparação das Figuras 1 e 6 comprovam que os gotejadores produzidos desta maneira seguem o perfil hidráulico de um orifício, para a faixa de pressão submetida, pois apresentam vazões semelhantes para as correspondentes pressões aplicadas.

Das regressões aplicadas, a linear foi a que melhor se comportou, para a faixa de vazão e pressão aplicada na 'haste', sendo obtidos R^2 entre 0,9949 e 0,9769, demonstrando assim que a equação para estes gotejadores, com 95% de confiança, seguem o modelo matemático de uma reta para esta faixa de trabalho.

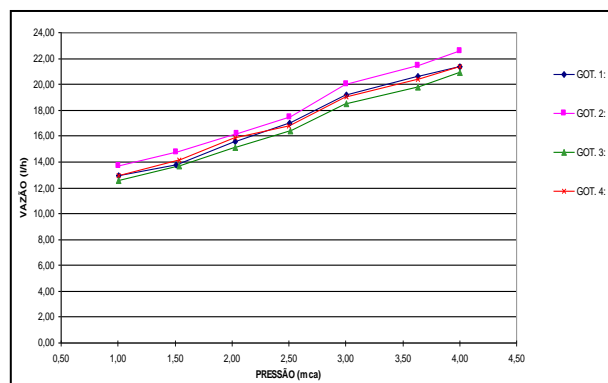


Figura 6 - Gotejadores protótipos.

Verificou-se a influência na vazão dos gotejadores, em relação ao diâmetro externo, interno e do comprimento da 'haste', assim como, do diâmetro final do furo de 1 mm no topo, não sendo observadas influências significativas destes parâmetros, em relação à vazão em dada pressão.

As medidas realizadas nos furos de 1 mm, com as 'hastes' secas e posteriormente úmidas mostrou, quase na sua totalidade, um decréscimo deste diâmetro quando as 'hastes' estão úmidas; este resultado já era esperado, tendo em vista a dilatação da massa onde se encontra o furo diminuindo-o.

Com relação as observações realizadas nas acoplagens do gotejador com os tubos (bambu e mangueira de plástico), foi verificado que na acoplagem dos gotejadores ao tubo de bambu, não houve qualquer problema de vazamento. Após a retirada dos tubos, para iniciar o 2º experimento, verificou-se a dificuldade de se retirar os gotejadores, pois o furo no tubo de bambu foi realizado com o mesmo e o seco, e o gotejador secos. Após úmidos, o furo realizado na parede do tubo tende a diminuir de diâmetro, devido a dilatação das paredes; por contra partida, o gotejador tende a se expandir provocando assim um efeito de prensagem do látex, colocado entre a parede do tubo e o gotejador.

Para a acoplagem do gotejador ao tubo de plástico, a utilização da própria geometria dos nós das 'hastes' de bambu (que formam saliências circulares) contribuiu para uma boa acoplagem entre as paredes do tubo plástico e os gotejadores, pois servem de ancoragem, sendo que o látex utilizado, trabalha como vedante entre a parede do tubo e o gotejador, além de tornar estas ligações flexíveis, contribuindo para que não haja rompimentos das 'hastes' por esmagamento das paredes, caso haja uma movimentação lateral destas 'hastes'.

5.2 Experimento no campo

Nos experimentos de campo estudou-se o comportamento dos dois sistemas de irrigação adotados; com base no comportamento de duas culturas: pepino e feijão-vagem.

Verificou-se, após os estudos estatísticos aplicados a experimentos em blocos ao acaso, que no primeiro experimento com a cultura de pepino, o comportamento das plantas sujeitas ao sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial de bambu foi superior aquelas submetidas ao sistema de gotejamento superficial com tubogotejador Queen Gil. Nos 5 (cinco) conjunto de dados estudados, para a cultura do pepino, pode-se observar que as médias de altura das plantas irrigadas pelo sistema subsuperficial foram maiores, conforme podemos verificar na Figura 7. As Figuras 8 e 9 mostram o crescimento de cada parcela, separado por sistema de irrigação.

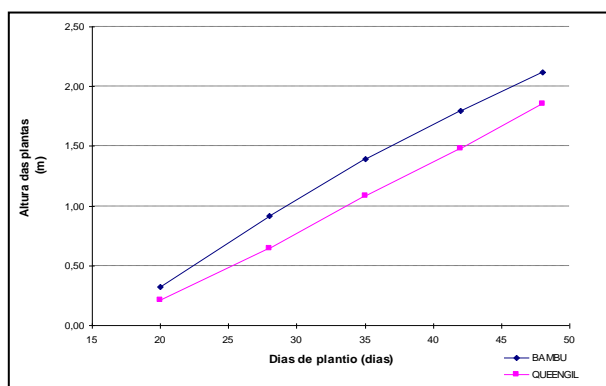


Figura 7 - Curva de crescimento da cultura de pepino, por tipo de irrigação.

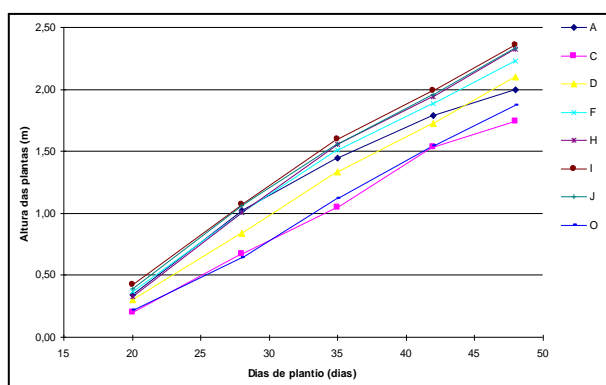


Figura 8 - Curvas de crescimento da cultura de pepino, por parcela, para o sistema de irrigação subsuperficial.

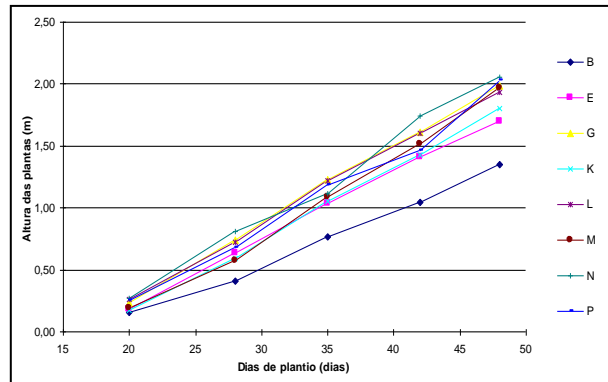


Figura 9 - Curvas de crescimento da cultura de pepino, por parcela, para o sistema de irrigação superficial.

Nos testes de variância aplicados, verificou-se que a nível de significância de 5%, houve interação entre os blocos e os tratamentos até o 35º dia do plantio (valor de F para interação maior que F crítico). Nos outros dias esta interação não aparece, mostrando que existe apenas uma diferença significativa entre tratamentos (conforme verificado na “Coluna”, onde o valor de F em todos os casos é maior que F crítico), este fato é devido a ocorrência da maior média no tratamento do sistema de subsuperfície com gotejadores de bambu; não houve diferenças entre as linhas de tratamento (blocos), mostrando uma boa condução no que se refere a aleatoriedade do estudo.

Para a medida à 48 dias do plantio, devido ao valor de F estar próximo de F crítico, optatou-se por fazer uma correção, já que não houve interação. Os valores de F, após esta correção, com nível de significância de 5%, podemos dizer que para o estudo nesta data da colheita, não há diferença entre os métodos de irrigação.

No segundo experimento, utilizando-se feijão-vagem, as medidas de altura das plantas foram realizadas somente para 3 (três) fases, aos 23, 30 e 37 dias a partir do brotamento, devido as dificuldades para serem realizadas, pois, a cultura foi conduzida com estacas de bambu, proporcionando crescimento helicoidal ao redor dos mesmos, ficando portanto impossível de serem executadas com precisão. Os dados das três fases serão apresentadas apenas como indicativos, não servindo para maiores análises, tendo em vista não serem totalmente confiáveis, devido às interferências já comentadas.

As Figuras 10 e 11, mostram curvas de crescimento para a cultura, separadas por parcelas, onde pode-se notar grande semelhança entre o ritmo de crescimento da cultura nas parcelas.

Na Figura 12 pode-se comparar o ritmo de crescimento médio da cultura para os sistemas de irrigação adotados, verificando que praticamente se equivalem, sendo a taxa de crescimento ligeiramente maior para o sistema de irrigação superficial.

A média de produção para a cultura de pepino, na irrigação subsuperficial, foi de 4,18 Kg/pé, sendo que a média de produção para o gotejamento superficial, foi de 2,96 K/pé. A produção total (corrigida) foi de 456,89 quilos, sendo que 267,62 quilos produzidos nas parcelas irrigadas com gotejamento subsuperficial de bambu e 189,27 Kilos produzidos pelo sistema de gotejamento por tubogotejador Queen Gil. A Figura 13 mostra (em forma de porcentagem) a produção alcançada de cada sistema.

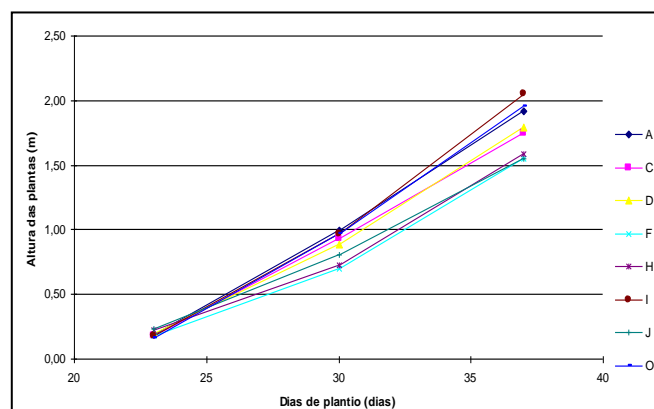


Figura 10 - Curvas de crescimento para a cultura de feijão-vagem, nas parcelas irrigadas com gotejamento subsuperficial.

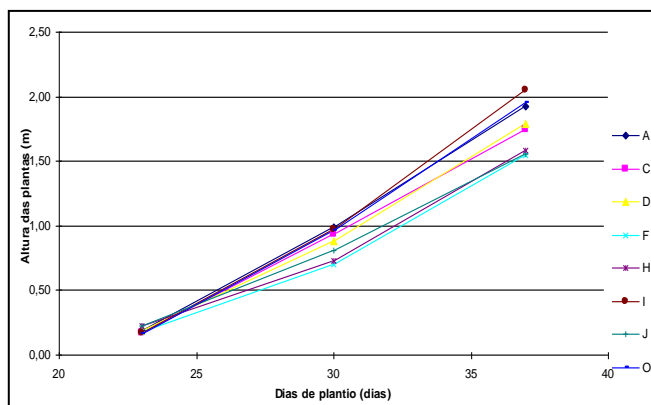


Figura 11 - Curvas de crescimento para a cultura de feijão-vagem, nas parcelas irrigadas com gotejamento superficial.

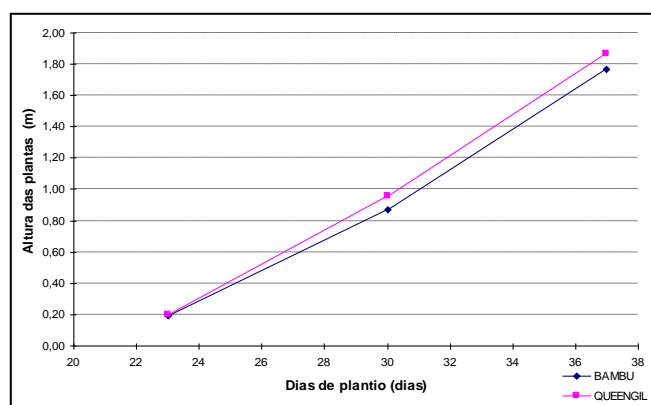


Figura 12 - Curva de crescimento da cultura de feijão-vagem, por tipo de irrigação.

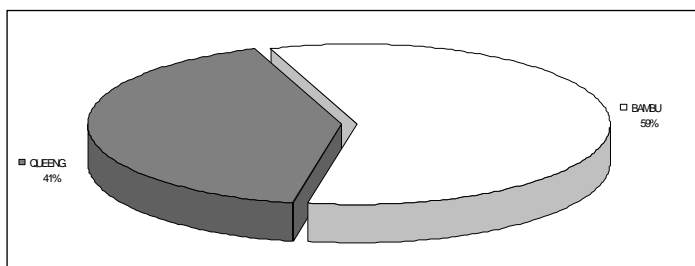


Figura 13 - Porcentagem da produção para a cultura de pepino por tipo de irrigação.

Na Figura 14, é mostrada a produção para os sistemas de irrigação, de cada linha de plantio, sendo que a produção para o sistema de irrigação subsuperficial na linha III decresceu, devido à problemas de ataque de pragas, ocorrido em algumas plantas das parcelas deste sistema, especificamente nesta linha. Nota-se que o sistema de irrigação por gotejamento superficial, esteve sempre com produção abaixo da irrigação subsuperficial, com exceção da linha III, pelo exposto anteriormente.

A comparação entre linhas de plantio, mostra a boa uniformidade de distribuição da produtividade na estufa conseguindo-se assim, minimizar as possíveis interferências dos parâmetros estudados, provocadas por possíveis efeitos externos de posição da estufa.

Aplicando-se testes estatísticos de Análise de Variância, resultando ao nível de significância de 5%, verificou-se uma diferença no comportamento entre os tipos de tratamento, não apresentando diferenças significativas entre as linhas de plantio adotadas, assim como, não houve interação entre eles. Devido a esta não interação, realizou-se correção para os valores de F, porém a diferença entre os tratamentos foram mantidas.

Já, a média de produção para a cultura de feijão-vagem, na irrigação subsuperficial, foi de 1,45 Kg/pé, sendo que, a média de produção para o gotejamento superficial, foi de 1,33 Kg/pé. A produção total (corrigida) até a data de 20/12/96 foi de 221,82 quilos, sendo que 115,67 quilos produzidos nas parcelas irrigadas com gotejamento subsuperficial de bambu e 106,15 quilos produzidos pelo sistema de gotejamento por tubogotejador Queen Gil. A produção total da estufa, até a senescência da cultura em 20/01/97, foi de 353,94 quilos. A Figura 15 mostra (em forma de porcentagem) a produção (corrigida) alcançada em cada sistema, até a data de coleta de dados para análise.

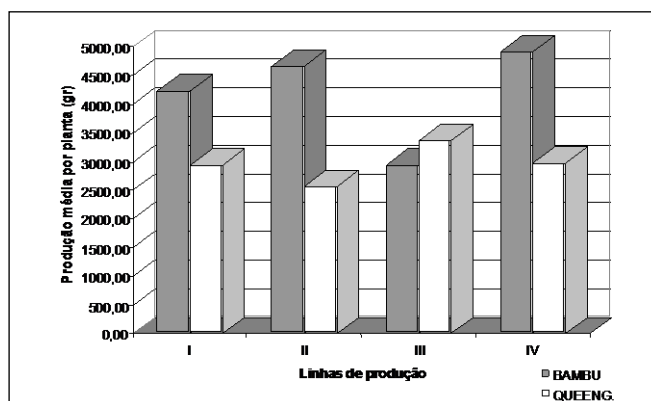


Figura 14 - Produção média, separada por linha de plantio, para a cultura de pepino.

Na Figura 16, é demonstrado a produção para os sistemas de irrigação, de cada linha adotada, onde podemos observar que, as linhas laterais I e IV tiveram uma produção semelhante para os dois sistemas de irrigação, assim como, as linhas II e III. Este fato deve-se ao tipo de cultura, que provocou o sombreamento das linhas centrais, reduzindo assim a fotossíntese. Pode-se verificar ainda, que a produção do sistema de irrigação subsuperficial foi ligeiramente maior, mantendo-se praticamente esta diferença, nas quatro linhas de plantio.

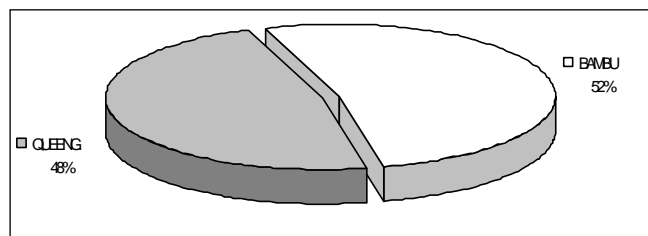


Figura 15 - Porcentagem da produção para a cultura de feijão-vagem por tipo de irrigação.

Aplicando-se testes estatísticos, para experimento em blocos ao acaso com repetições, resultando ao nível de significância de 5%, não foi detectado qualquer diferença entre os tipos de tratamento ou as linhas de plantio, sendo que não houve também interação entre estes elementos.

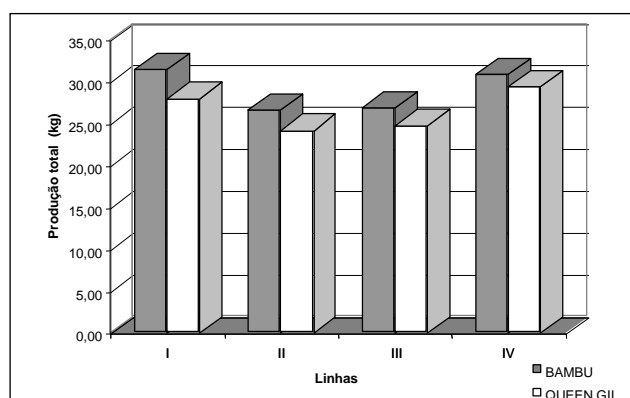


Figura 16 - Produção média, separada por linha de plantio, para a cultura de feijão-vagem.

6 DISCUSSÃO

A pesquisa, desenvolvida em laboratório, mostrou que os gotejadores de bambu apresentam para uma mesma pressão, grandes variações de vazão entre eles (na ordem de 25 a 100%), sendo que, isoladamente, os parâmetros: execução dos furos, diâmetros externos, internos e comprimento das 'hastes', não tiveram relação com estas variações da vazão. O comportamento hidráulico, no furo de 1 mm, executado no topo das 'hastes', pode ter variado em função de combinações

destes fatores, assim como, da espessura do nó onde foi executado e a variação da composição estrutural deste nó (maior ou menor densidade), podendo a rugosidade relativa (ε/d) ser maior ou menor, influenciando assim a perda de carga no orifício, pois, o número de Reynolds no orifício, para uma vazão de 4 litros por hora, será de 1414 aproximadamente (utilizando-se viscosidade cinemática de $0,000001 \text{ m}^2/\text{s}$).

Este valor representa um escoamento dito laminar, onde o fator ε/d não tem influência direta na perda de carga, porém, para uma faixa de vazão de 5,66 l/h a 11,32 l/h, o regime já passa a ser denominado de transição, onde o número de Reynolds está entre os valores de 2000 a 4000; nesta faixa não se tem controle sobre o que ocorre com a perda de carga, tendo influência na perda de carga, além do número de Reynolds, o valor de ε/d . Acima desta vazão, o regime é dito turbulento (ou francamente turbulento), passando a ter influência na perda de carga somente o valor de ε/d .

Como as vazões, encontram-se nas várias faixas apresentadas, pode-se supor que este é mais um fator de desequilíbrio que contribui com a baixa uniformidade dos gotejadores. Estes fatos eram esperados, visto que o processo todo é artesanal, utilizando-se de material próprio da natureza, não permitindo o controle das variáveis inerentes ao processo. O desenvolvimento dos processos de corte das hastes permitiu uma melhoria significativa nestas diferenças, sendo que, o sistema mais recomendado é o de se serrar as 'hastes' antes dos nós, furando o topo com 1 mm, inicialmente com a 'haste' seca e, para obter-se maiores vazões, se necessário for, refurá-los após úmidos.

Todavia, os parâmetros medidos das alturas médias das plantas e produtividade alcançados pelo método proposto, foram no mínimo iguais ou até maiores que os resultados do sistema de irrigação superficial, adotado para comparações.

Este fato ocorreu, devido ao processo subsuperficial de irrigação ser mais eficiente que os demais, (conforme apresentado na revisão da literatura), sendo atualmente, amplamente estudado em várias regiões do Mundo. A eficiência do processo de irrigação subsuperficial, advém da melhor distribuição de água na zona das raízes e a menor evaporação de água do solo, entre outros fatores como o crescimento diferenciado das raízes da cultura.

O processo de irrigação subsuperficial é necessário aos tubos e gotejadores de bambu, assim como, para os tubos de plástico (polipropileno), pois os mesmos não resistem por muito tempo ao ar livre, necessitando de uma camada de terra para sua proteção.

A variabilidade de vazão dos gotejadores subsuperficiais de bambu, não foi motivo de baixo desempenho do sistema subsuperficial, devido aos motivos já expostos.

O desenvolvimento de técnicas alternativas, só atingirá seu objetivo se acompanhada de divulgação, constante e precisa, à público adequado a sua realidade.

O sistema de irrigação utilizando-se gotejadores de bambu, adequa-se muito bem à fertirrigação, devido a necessidade de utilização de baixas pressões de serviços, sendo a utilização da gravidade um fator de economia e facilidade na sua aplicação.

A execução dos gotejadores, assim como, sua colocação nos tubos de bambu e nos tubos de plástico, são operações simples, de fácil execução que não requerem técnicas apuradas.

O sistema de vedação com tubos de látex, mostrou-se segura, não ocorrendo vazamentos, proporcionando uma flexibilidade entre o tubo e o gotejador, eliminando assim, riscos de trincas ou fissuras nos tubos, ocasionados por possíveis esforços na movimentação do gotejador, quando enterrado.

Estudos complementares deverão ser realizados para aprimoramento da utilização deste sistema de irrigação, como:

- espaçamento e profundidades adequados entre linhas de irrigação, para diversas culturas e tipos de solos;
- durabilidade real dos gotejadores, com e sem tratamento de preservação do bambu;
- desenvolvimento de equipamento para facilitar a confecção dos gotejadores, assim como, sua acoplagem aos tubos de plástico ou bambu.

7 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, a metodologia adotada e as condições experimentais em que se desenvolveu a pesquisa, permitem as seguintes conclusões:

- é tecnicamente viável a utilização de 'hastes' de bambu para irrigação subsuperficial;
- o processo de irrigação subsuperficial é o mais adequado para o sistema de irrigação de 'hastes' de bambu;
- a irregularidade da vazão nos gotejadores não tem influência negativa no crescimento e produtividade da cultura, comparada com sistemas de irrigação por gotejamento superficial.

8 AGRADECIMENTOS

À diretoria da ABEAS - Associação Brasileira do Ensino de Agronomia Superior, em particular à Dr. Natália Gedanken, pela liberação de recursos para execução dos experimentos.

Aos colaboradores diretos Ana Lúcia de Oliveira Daré, Flávio Detóie Cardoso Martins, Hélio Augusto Garbini Zaparoli e Luciana Moscardi Grillo, pelo empenho e dedicação.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural - UNESP Campus de Botucatu, em especial ao Sr. Vicente, pela colaboração e presteza no atendimento das solicitações.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Civil - UNESP Campus de Bauru, pela colaboração e incentivo.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA. *Cadastro de Irrigantes da Bacia do Alto Tiête*. São Paulo: Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, 1994. 25 p.

OLIVEIRA, E.L. *Utilização do bambu como condutor de água para fins de irrigação: uma solução de baixo custo*. Botucatu, 1992. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

OLIVEIRA, E.L. *Gotejadores de bambu para utilização em sistemas de irrigação subsuperficial*. Botucatu, 1997. 113 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.