

## ARTIGO TÉCNICO

### PROPOSTA DE MECANISMO DE LAVAGEM EM EQUIPAMENTOS DE BENEFICIAMENTO DE TOMATE DE MESA

MICHELE C. SILVA<sup>1</sup>, ROBERTO TESTEZLAF<sup>2</sup>, MARCOS D. FERREIRA<sup>3</sup>

**RESUMO:** A etapa de limpeza no sistema de beneficiamento do tomate de mesa é essencial tanto para a aceitação do produto pelo consumidor, quanto para a conservação da qualidade do fruto. Entretanto, a etapa de lavagem nos atuais sistemas de limpeza utilizados em unidades de beneficiamento, demanda volume excessivo de água, trazendo sérias preocupações econômicas e ambientais. O objetivo deste trabalho foi contribuir com informações para otimizar o sistema de lavagem em equipamentos de beneficiamento de tomate de mesa. Para tanto, comparou-se o sistema convencional de limpeza, utilizado atualmente, e constituído de tubos de PVC com orifícios, com sistema redimensionado utilizando-se *sprays* comerciais. Foram determinadas as curvas características (vazão versus pressão) para ambos os sistemas e comparados os respectivos consumos de água. Os resultados comprovaram o consumo excessivo de água no sistema convencional, e que é possível reduzi-lo significativamente, permitindo o uso racional da água.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Lycopersicum esculentum*, limpeza, pós-colheita.

### WASHING MECHANISM IMPROVEMENTS FOR FRESH MARKET TOMATOES CLEANING EQUIPMENT

**ABSTRACT:** The cleanness level in fresh market tomatoes cleaning equipment is essential for consumer acceptance and conservation of product quality. However, the washing process in cleaning current equipments demands an excessive volume of water, leading to serious economic and environmental concerns. The objective of this work was to contribute with technical information for the washing system optimization. The conventional washing system currently used in cleaning equipment, which consists of perforated PVC pipes, was compared with a proposed system which uses commercial sprays. Characteristic curves (flow rate versus pressure) for both systems were determined in lab conditions and the respective water consumptions were compared. The results confirmed the excess of water consumption in the conventional washing systems, and the proposed system proved that is possible to reduce it, and the use of sprays allowed the rational use of the water.

**KEYWORDS:** *Lycopersicum esculentum*, cleaning, post-harvesting.

### INTRODUÇÃO

Em 2003, estimou-se que a produção brasileira de tomates tenha ultrapassado 3.419.664 toneladas, representando 2,84% da produção mundial (FAO, 2005). Atualmente, a perda de qualidade do tomate, por manuseio inadequado, chega a 5% do custo de pós-colheita (AGRIANUAL, 2004). Com a finalidade de diminuir tais perdas e prolongar a vida de prateleira, o beneficiamento dos produtos é realizado, tanto no campo como em unidades de beneficiamento (FERREIRA, 2003a).

Segundo MARCOS (2001), a aparência externa é um dos fatores com elevado grau de importância para o consumidor no momento de compra dessa olerácea. Afirma, ainda, que a sujidade do produto está relacionada com sua durabilidade, uma vez que esse pode conter inóculos

<sup>1</sup> Aluna de Graduação, Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP, Fone: (0XX19) 3788.2900, michele.silva@agr.unicamp.br

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Prof. Titular, Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Pesquisador, Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 16-2-2006

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 25-8-2006

de microrganismos na superfície, que, segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), podem se desenvolver e resultar em produtos de má aparência e não-comercializáveis. Segundo FERREIRA (2003b), a eficiência da limpeza pode ser relacionada com menores quantidades de água, quando associadas, por exemplo, a uma escovação efetiva. Entretanto, a etapa de lavagem nas atuais unidades de beneficiamento se caracteriza por não ter controle preciso da quantidade de água utilizada na limpeza e a falta de precauções técnicas com o descarte da água utilizada, trazendo sérias preocupações ambientais. Portanto, é necessário buscar a otimização do sistema de lavagem, de modo que a água utilizada no sistema de beneficiamento seja de forma mais racional.

Baseando-se na hipótese de que o consumo de água na etapa de lavagem pode ser reduzido, este trabalho teve como objetivo caracterizar o sistema hidráulico atualmente utilizado, verificando o consumo de água empregada na limpeza de frutos e contribuir com informações que possibilitem a otimização do sistema de limpeza, aumentando a eficiência do uso da água.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Hidráulica e Irrigação e no Laboratório UNIMAC da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP.

### Descrição do sistema convencional de lavagem

O sistema hidráulico avaliado é parte do equipamento de beneficiamento de frutas, fabricado pela Indústria e Comércio Barana Ltda., sendo composto por escovas específicas para lavagem, secagem e polimento de frutas, além de um sistema de aspersão para a lavagem dos frutos (Figura 1). Esse sistema é composto por quatro tubulações de PVC do tipo predial soldáveis (DN 25), espessura de 1,7 mm, e dispõe de quatro válvulas que possibilitam a regulagem de vazão de cada tubo, independentemente. Na parte inferior dos tubos, existem 16 orifícios com 2,21mm de diâmetro médio e 30 mm de espaçamento entre orifícios, proporcionando área de molhamento de aproximadamente 0,18 m<sup>2</sup>.

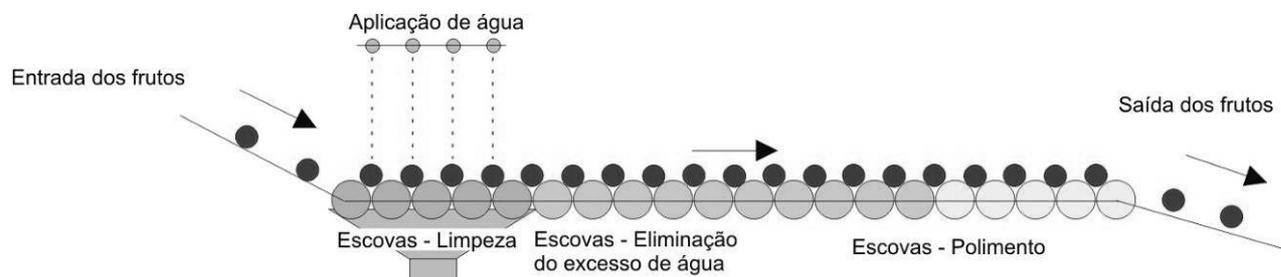


FIGURA 1. Etapas utilizadas para limpeza de tomates em linha de beneficiamento.

### Caracterização hidráulica do sistema convencional

Para a determinação da curva característica do sistema convencional (vazão versus pressão), realizou-se ensaio que consistiu em obter os valores de vazão para 10 diferentes pressões predeterminadas, 6,9 kPa a 69,0 kPa. As pressões foram obtidas com o uso de bomba d'água KSB, modelo Meganorm Bloc 80-315 - 1.750 rpm, 18,4 kW (25 cv). As leituras de pressão foram feitas com manômetro de 207 kPa (30 PSI) e precisão de +/-5%. As medições da vazão foram feitas com hidrômetro digital GPI®, modelo 10N12LM e precisão de +/-5%. Aplicaram-se ao sistema, pressões em ordem crescente e decrescente, em incrementos de 6,9 kPa, e também de forma aleatória (a fim de minimizar o efeito histerese), obtendo-se as respectivas vazões.

O esquema do módulo de ensaio está apresentado na Figura 2.

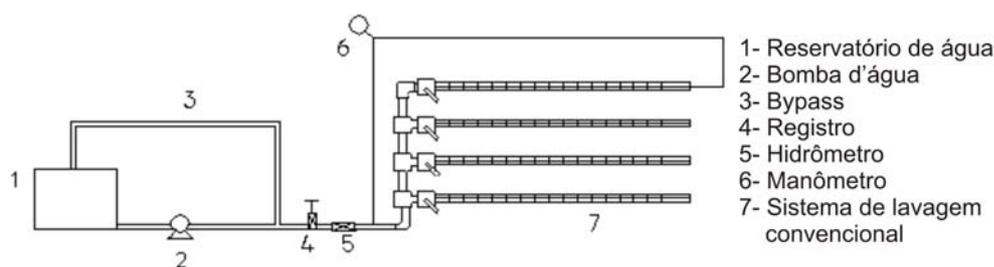


FIGURA 2. Módulo experimental utilizado para determinação da curva característica do sistema convencional.

### Descrição do sistema proposto

Após análise das alternativas tecnológicas ao equipamento atualmente utilizado, obtiveram-se informações técnicas e operacionais sobre os *sprays* disponíveis no mercado. A busca do dispositivo que melhor se adaptasse às condições de vazão e de pressão do sistema, levou à ponta de pulverização modelo ProMax QPHA 1.5, fabricado por Spraying Systems S.A.

O bocal selecionado permite instalação rápida e simples, com ângulo de pulverização de 52° a 65°, dependendo da pressão de serviço. A regulagem da altura do bocal, de acordo com a pressão de serviço, permite a projeção do cone cheio para um círculo com diâmetro de 45 cm e igual à largura do equipamento. A utilização de apenas um bocal neste sistema permitiu área molhada de 0,16 m<sup>2</sup>.

### Caracterização hidráulica do sistema proposto

Para a determinação da curva característica do sistema proposto, realizou-se o ensaio que consistiu em obter os valores de vazão para cinco diferentes pressões predeterminadas, de 48 kPa a 248 kPa. Aplicaram-se ao sistema, pressões em ordem crescente e decrescente, em incrementos de 50 kPa, e também em ordem aleatória. A pressão necessária para a formação do cone cheio foi obtida com o uso de bomba d'água, KSB, modelo P1000 - 0,735 kW (1 cv)/60 Hz. As pressões foram medidas com o auxílio de manômetro, 413 kPa ou 60 PSI, e precisão de +/- 5%. Com o auxílio de um cronômetro e uma proveta graduada, foram coletados volumes de água por tempos predeterminados, cujos valores permitiram calcular as vazões correspondentes para cada valor de pressão.

O módulo experimental utilizado na determinação da curva característica desse sistema está representado na Figura 3.

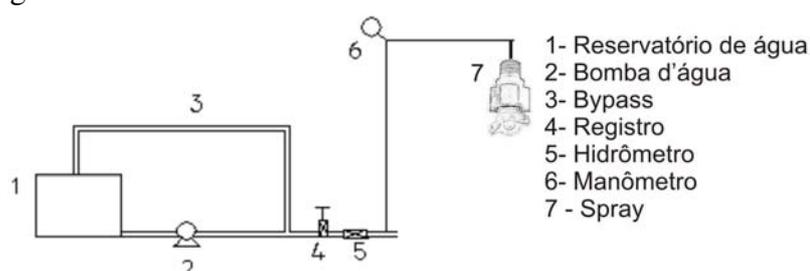


FIGURA 3. Módulo experimental utilizado para determinação da curva característica do sistema proposto.

### Determinação da energia cinética das gotas

HUBER et al. (1997) afirmaram que o volume de água respingado por gota incidente em uma superfície reflete o potencial de remoção de material (esporos, partículas do solo, resíduos de defensivos) e que a eficiência de uma gota de água em produzir o respingo depende do seu tamanho e de sua velocidade. Assim, a remoção de resíduos de uma superfície depende da energia cinética com que as gotas chegam às mesmas. A probabilidade dos frutos sofrerem injúrias depende da energia do impacto, assim, quanto maior a energia cinética das gotas, maior a probabilidade de ocorrência de danos físicos nos frutos. Por falta de informações técnicas, assumiu-

se que o perfil de distribuição do tamanho das gotas é idêntico para os diferentes bocais à mesma pressão.

A partir dos dados de diâmetro médio volumétrico, em função da pressão de serviço do bocal, contidos no catálogo do fabricante (SPRAYING SYSTEMS, 2004), foi possível realizar interpolação e obter os valores de diâmetro das gotas. A partir desses valores, calculou-se o volume esférico das gotas, e, posteriormente, estimou-se a massa média das gotas formadas pelo bocal, utilizando-se da massa específica da água a 21°C.

A equação para a determinação da energia cinética das gotas com diferentes diâmetros pode ser derivada pela equação da vazão:

$$Q = S V \quad (1)$$

em que,

Q - vazão do fluido,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;

S - área da seção,  $\text{m}^2$ , e

V - velocidade  $\text{m s}^{-1}$ .

Essa equação combinada com a equação de energia adquirida por um corpo em movimento:

$$E_c = \frac{m v^2}{2} \quad (2)$$

em que,

$E_c$  - energia cinética, J;

m - massa do corpo, kg, e

v - velocidade do corpo,  $\text{m s}^{-1}$ .

Obteve-se:

$$E_c = \frac{1}{2} m \left( \frac{Q}{S} \right)^2 \quad (3)$$

Calculando a vazão pela equação da curva característica experimental para diferentes pressões, e substituindo os valores na eq. (3), obteve-se, para cada pressão, valor aproximado da energia cinética das gotas na saída do bocal. Desprezando-se as perdas de energia no trajeto bocal-fruto, utilizou-se energia, como sendo a energia cinética da gota, no momento de impacto com o fruto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização do sistema convencional

Com os dados obtidos experimentalmente, foi possível construir a curva característica do sistema convencional, apresentada na Figura 4.

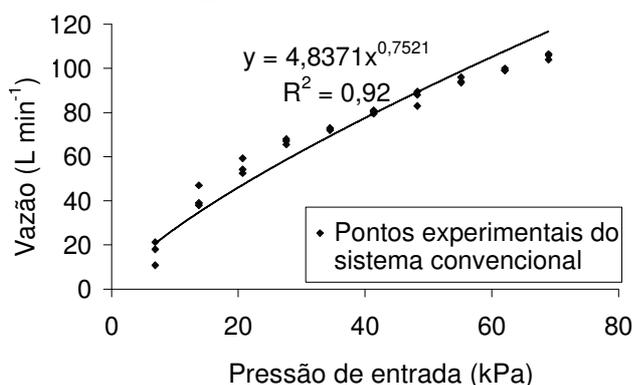


FIGURA 4. Relação entre vazão  $\text{L min}^{-1}$  versus pressão (kPa) do sistema convencional de limpeza.

Para essa curva, observou-se que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) permaneceu próximo de um, sendo considerado ajuste estatisticamente significativo aos pontos experimentais. Observou-se que o expoente igual a 0,7521 indica que o regime do fluxo d'água por meio do sistema permanece em fluxo turbulento, de acordo com CONCEIÇÃO & COELHO (2003).

### Consumo de água do sistema convencional

A partir da curva experimental, pôde-se obter as curvas de consumo de água em função do tempo de trabalho mensal, utilizando-se do sistema hidráulico convencional (Figura 5).

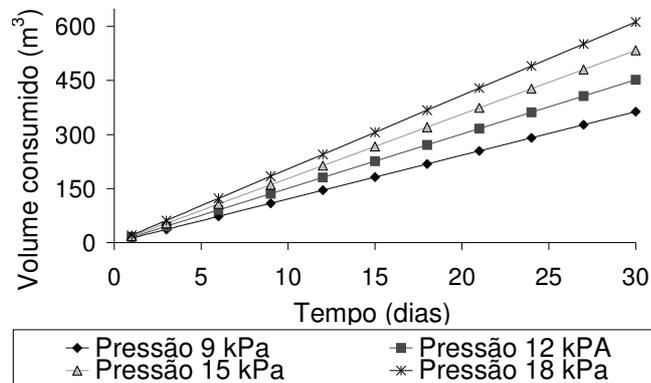


FIGURA 5. Volume estimado ( $m^3$ ) em função do tempo (dias) para o sistema hidráulico convencional.

A partir dessas curvas, foi possível simular diferentes cenários de consumo em função do número de meses em que a unidade de limpeza irá trabalhar. Por exemplo, se um sistema trabalhar oito horas por dia, à pressão média de 15 kPa, seu consumo mensal será de 534  $m^3$ . Assim, ao final de um ano, com 12 meses trabalhados, serão consumidos 6.408  $m^3$  de água para a lavagem dos frutos. Considerando o consumo diário de 200 litros de água por pessoa, obtém-se que o consumo de água deste sistema pode abastecer 89 pessoas por dia.

### Caracterização do sistema proposto

Os dados experimentais permitiram construir a curva característica do sistema proposto que é apresentada na Figura 6.

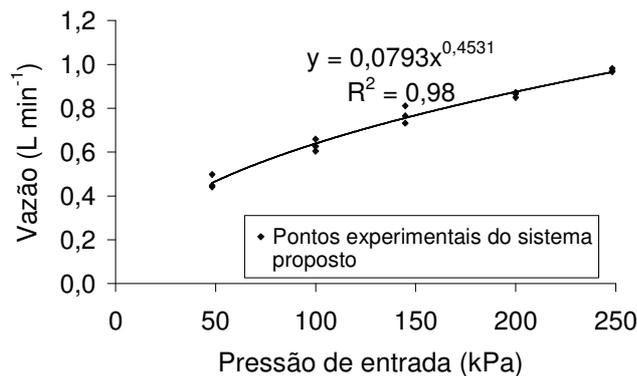


FIGURA 6. Relação entre vazão  $L \cdot min^{-1}$  versus pressão (kPa) do sistema hidráulico proposto.

Observou-se que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtido foi próximo de um, sendo considerado um ajuste significativo aos pontos experimentais. Comparando a equação obtida pela curva experimental com a eq.(5), observou-se que o expoente "x" igual à 0,4531 indica que o regime do fluxo d'água por meio do sistema também é turbulento, de acordo com CONCEIÇÃO & COELHO (2003).

## Consumo de água do sistema proposto

A partir da curva experimental do sistema proposto, obteve-se as curvas de consumo de água em função do tempo de trabalho mensal desse sistema (Figura 7).

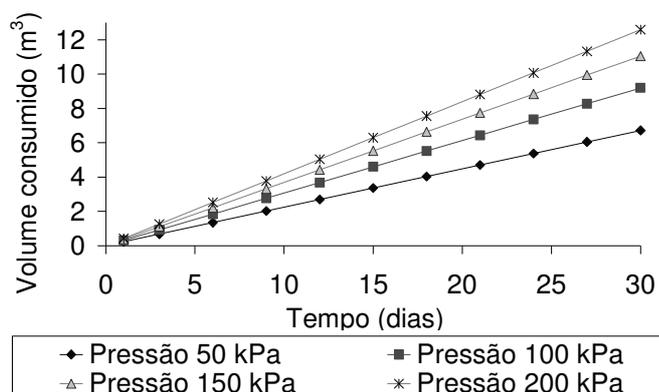


FIGURA 7. Volume estimado ( $m^3$ ) em função do tempo (dias) para o sistema hidráulico proposto.

Utilizando-se das curvas de consumo, pôde-se simular também para esse sistema, diferentes cenários de consumo em função do número de meses em que a unidade de limpeza irá trabalhar. Para um sistema trabalhando 8 horas por dia, à pressão média de 200 kPa, seu consumo mensal será de aproximadamente  $12,6 m^3$ . Assim, ao final de um ano, com 12 meses trabalhados, serão consumidos  $151 m^3$  de água para lavagem dos frutos, o que corresponde ao consumo de água de 2 pessoas por dia e representa economia de quase 98% no consumo de água, em relação ao sistema convencional.

## Avaliação de energia cinética

Os valores calculados de energia cinética produzida por diferentes pressões de operação estão apresentados na Figura 8.

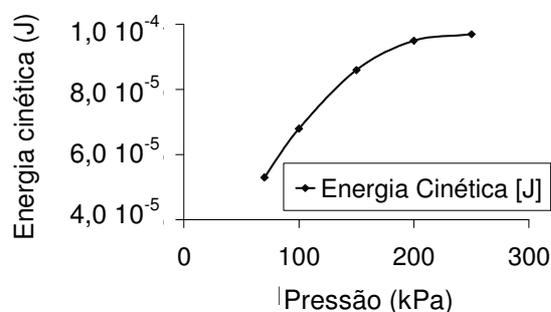


FIGURA 8. Relação entre valores de Energia Cinética (J) das gotas geradas pelo *spray* em função da pressão de serviço (kPa).

Os baixos valores de energia cinética obtidos neste experimento foram causados, principalmente, pela distribuição do diâmetro de gotas produzida pelo *spray* selecionado.

Com base nesses valores, e tendo-se os resultados apresentados por DESMET et al. (2004), é possível afirmar que, trabalhando com as pressões sugeridas, 100kPa a 200 kPa, não serão causadas injúrias aos frutos na lavagem, embora sejam utilizadas pressões dez vezes maiores que a pressão utilizada no sistema convencional.

## CONCLUSÕES

O consumo de água na etapa de limpeza de frutos é excessivo e a aplicação da alternativa tecnológica de uso de *spray* minimizou em 98% o consumo de água nessa etapa, com praticamente a mesma área de aplicação.

## REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2005. *Anuário da Agricultura Brasileira*. São Paulo: FNP, 2004. p.496-502.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 785 p.
- CONCEIÇÃO, M.A.F.; COELHO, R.D. Relação vazão x pressão em microaspersores DAN 2001 sob condição adversa de operação. *Irriga*, Botucatu, v.8, n.1, p.63-8, 2003.
- DESMET, M.; LAMMERTYN, J.; SCHEERLINCK, N; VERLINDEN, B.E.; NICOLAÏ, B.M. Determination of puncture injury susceptibility of tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.27, p.293-303, 2003.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <[www.fao.org/waicent/portal/statistics\\_en.asp](http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp)>. Acesso em: 14-nov. 2005.
- FERREIRA, M.D. Classificação e beneficiamento de frutas e hortaliças. In: SEMANA DA ENGENHARIA AGRÍCOLA, 12., 2003, Campinas. *Anais...* Campinas, 2003a. p.17.
- FERREIRA, M.D. Perdas na cadeia produtiva do tomate de mesa. In: WORKSHOP TOMATE NA UNICAMP: PERSPECTIVAS E PESQUISAS, 1., 2003, Campinas. *Anais...* Campinas: FEAGRI/ UNICAMP, 2003b. 1 CD-ROM.
- HUBER, L.; Mc CARTNEY H.A.; FITT B.D.L. Influence of target characteristics on the amount of water splashed by impacting drops. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.87, n.2/3, p.201-11, 1997.
- MARCOS, S.K. *Desenvolvimento de tomate de mesa, com o uso do método Q. F. D. (Quality Function Deployment) comercializado em um supermercado*. 2001. 200 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Pós-Colheita) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- SPRAYING SYSTEMS DO BRASIL LTDA. *Catálogo 60B-M*. São Paulo, 2004. 1 CD-ROM.