

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE ASPERSÃO EM BICO ASPERSOR COM FORMATO DE LEQUE

Ernesto Quast, Universidade Federal da Fronteira Sul, Email: ernesto.quast@uffs.edu.br
Leda Battestin Quast, Universidade Federal da Fronteira Sul, Email: leda.quast@uffs.edu.br

Resumo: Bicos aspersores são extensamente utilizados em indústrias químicas, mecânicas e de alimentos. Na indústria de alimentos, estes sistemas podem ser usados em câmaras frigoríficas ou na pulverização de aditivos em superfícies de alimentos sólidos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a otimização do processo de aspersão utilizando bico em formato de leque. O fluido utilizado foi a água. Os ensaios foram realizados utilizando um planejamento composto central 2^3 com 6 ensaios no ponto central. As variáveis avaliadas foram a vazão de água de alimentação, a pressão de ar comprimido e a distância do bico aspersor à superfície do objeto. Como resposta avaliou-se a vazão de água que atingiu a superfície, o comprimento e a espessura do leque sobre o objeto. Os resultados obtidos mostraram que o aumento da pressão de ar comprimido pode aumentar a atomização das gotas de água, diminuindo a quantidade de líquido sobre a superfície a ser aspergida. A pressão de ar comprimido não apresentou efeito significativo sobre o comprimento do leque na superfície aspergida. O aumento da vazão de água de alimentação provocou um aumento significativo do comprimento do leque. A espessura do leque apresentou valores ótimos na faixa de 20 a 22,5psi de ar comprimido, $20\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$ de água e distâncias abaixo de 25cm.

Palavras chave: Atomização; Processo; Bico aspersor

PARAMETERS EVALUATION OF SPRINKLERNOZZLE

Abstract: Atomizing nozzles are widely used in chemical, mechanical and food industries. In food industry nozzles can be used for cooling or for spraying additives on the surface of solid products. The aim of this work was to evaluate the optimization of fan-shaped nozzles. Water was used as fluid test. The tests were performed using a 2^3 central composite design with 6 repetitions in the central point. The variables were water inlet flow, pressure of compressed air and the distance between nozzle spray and surface object. The responses were water flow on the object surface, length and thickness of the spray on the surface. The results showed that the increase of the air pressure may increase water drops atomization and decrease the amount of liquid on the object. Compressed air pressure showed no significant effect over the spray length. The increase of the water inlet flow caused a significant increase of the length of the spray. The thickness of the spray pattern showed optimal values using pressure of compressed air from 20 to 22.5psi, $20\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$ of water inlet and distances under 25cm.

Keywords: Atomization; Process; Spray nozzle

1. INTRODUÇÃO

Bicos aspersores são muito utilizados na indústria química, mecânica e de alimentos. Na indústria de alimentos são várias as aplicações, incluindo a secagem por *spray drier*, aplicação de aditivos como cobertura em alimentos, umidificação de câmaras frigoríficas, resfriamento de alimentos e lavagem de equipamentos ou alimentos (HEDE et al., 2008).

O sistema de aspersão de água com bicos aspersores em câmaras frigoríficas (*water spray-chilling*), é utilizado para minimizar a perda de peso das carcaças de carne bovina durante o seu resfriamento. Este sistema é usado nos Estados Unidos desde 1987, mas no Brasil ainda não há uma regulamentação específica. O sistema de aspersão de carcaças bovinas é composto por tubos de PVC dotados de bicos aspersores. A aspersão é feita em ciclos intermitentes programáveis automaticamente, controlando o tempo total de aspersão, de duração dos ciclos e intervalo entre eles. Geralmente, este tipo de aspersão utiliza água a temperaturas baixas, em torno de 2°C (PRADO, 2005). Oliveira (2006) avaliou o aumento da vida útil de carnes com a aspersão de uma solução de ácido acético sobre a superfície de cortes bovinos. Vários outros trabalhos utilizando sistema de aspersão foram reportados em literatura. Abreu (2005) constatou que a esterilização de embalagens feita por aspersão de agentes sanificantes evitou a contaminação do produto e diminuiu a contagem inicial de

micro-organismos, garantindo a qualidade do produto pelo consumidor. Dacanal (2005), avaliou o processo de aglomeração de suco de acerola desidratado com a atomização de água destilada. O processo de umidificação foi realizado utilizando ar comprimido através do bico aspersor, possibilitando uma distribuição homogênea das partículas no interior do equipamento.

No caso de hortaliças, utiliza-se o sistema de aspersão de água na câmara frigorífica durante a sua estocagem para o controle da umidade relativa do ambiente com o objetivo de minimizar a perda de água do produto. Para minimizar a degradação de batatas por enzimas endógenas, pode-se realizar um branqueamento com aspersão de água quente e vapor através de um bico (SOTOME, 2009).

A utilização de ar comprimido na saída de bicos aspersores pode aumentar a distribuição do líquido de forma a proporcionar um maior espalhamento, mesmo com baixas vazões de líquido. Altas velocidades de ar na saída do bico aspersor podem acarretar na atomização do líquido. Esta característica pode ser útil para determinadas aplicações, como a umidificação de ambientes. Porém, quando se almeja aplicar uniformemente algum líquido sobre uma superfície, a atomização do líquido implica em perdas de líquido para o meio ambiente e conseqüente aumento de custos de produção (HEDE et al., 2008).

O desempenho dos equipamentos de aspersão depende do desenho dos bicos, que pode proporcionar diferentes formatos na saída do líquido a ser pulverizado. Devido à grande variedade de formas e tipos de bicos aspersores, há um grande número de variáveis que influenciam no processo como tamanho, uniformidade, distribuição e formato das gotas na atomização. As características do fluido aspergido dependem diretamente das propriedades hidrodinâmicas e aerodinâmicas do processo (HEDE et al., 2008).

A Figura 1 apresenta os principais tipos de bicos aspersores utilizados na indústria. As dimensões dos leques são dadas pelo comprimento (C) e a espessura do leque (E). A utilização de vários bicos lado a lado proporciona a aspersão em um comprimento maior, de forma uniforme, dependendo dos parâmetros utilizados.

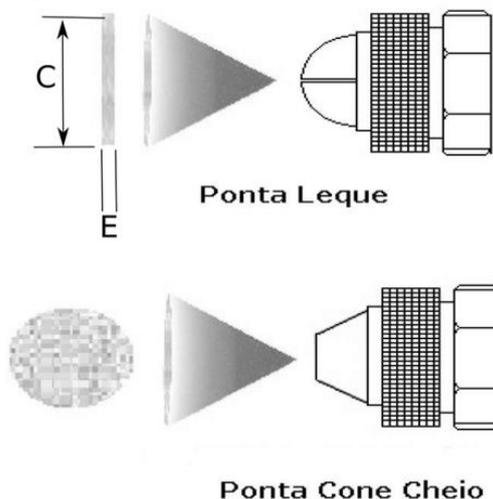


Figura 1 - Principais tipos de bicos aspersores utilizados na indústria.

A Figura 2 apresenta um esquema da formação da gota de líquido no processo de atomização. A atomização inicia-se pressionando o líquido por um bico. Nesta etapa, geralmente se forma uma camada líquida, que se quebra continuamente até a formação de pequenas gotas (HEDE et al., 2008).

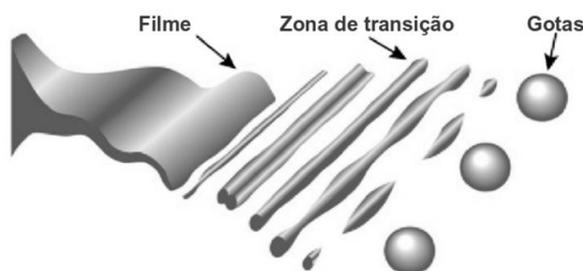


Figura 2 - Processo de formação de gotas durante o processo de atomização.

Para a utilização de bicos aspersores e atomizadores de forma adequada, devem ser considerados fatores como: pressão do líquido, propriedades físicas do líquido (viscosidade, tensão superficial e propriedades reológicas), pressão do ar e distância de aspersão até a superfície.

A Figura 3 mostra os componentes principais para o funcionamento de um processo de aspersão, com o uso de bicos atomizadores. A entrada de ar segue paralela à entrada do líquido. Em ambas as correntes, deve-se instalar um filtro para a retenção de sujidades e partículas estranhas que possam interferir no processo de aspersão. Em seguida, observa-se a presença de uma válvula de regulagem tanto para o fluido como para o ar acoplada a um manômetro para controle da pressão.

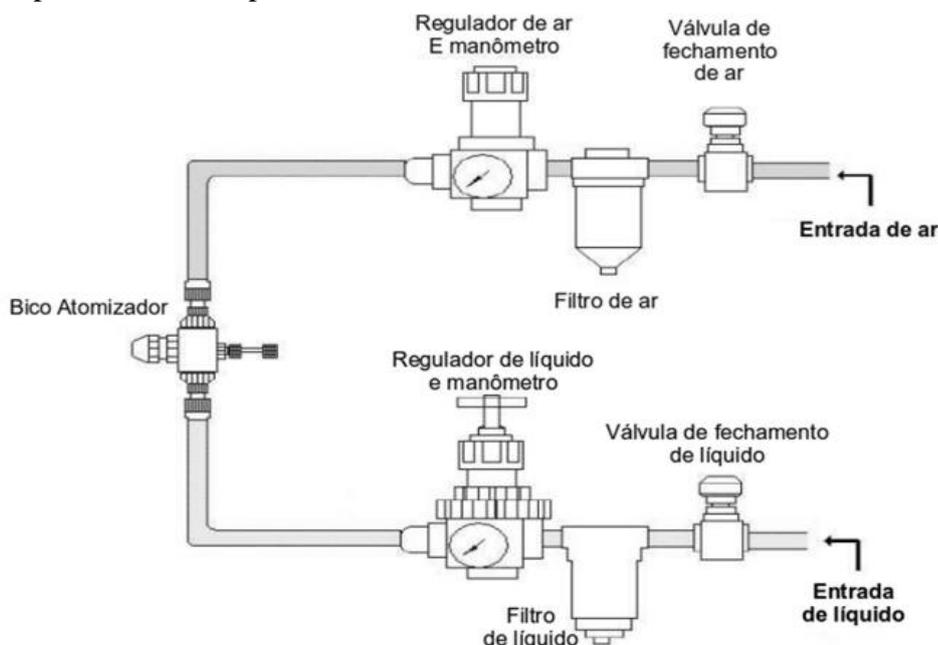


Figura 3 - Componentes principais para o funcionamento de um bico aspersor, operando com líquido por pressão.

Tendo em vista a grande aplicação de processos de aspersão nas mais diversas indústrias, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de um processo de aspersão com bico aspersor em formato de leque. O líquido utilizado para o estudo foi a água, portanto, as propriedades físicas do líquido foram mantidas constantes. Foram variadas: vazão de água, pressão de ar comprimido e distância do bico aspersor à superfície a ser pulverizada. Como variáveis resposta, foram medidas: vazão de água e formato do leque (comprimento e espessura).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o trabalho, foi utilizado um bico aspersor com ponta leque medindo $\frac{1}{4}$ ", modelo JCS 13A, marca Bikos, com a ponta voltada para baixo. A Figura 4 apresenta o bico utilizado para o desenvolvimento dos experimentos.



Figura 4 - Bico de aspersão utilizado no estudo, com possibilidade de fechamento gradual da vazão de líquido.

O fluido de aspersão utilizado nos experimentos foi a água, cuja pressão foi mantida constante em 2bar (29psi).

A vazão de água foi variada com o fechamento parcial da válvula que está presente no próprio corpo do bico aspersor. Para a leitura da vazão da água, a saída do bico aspersor foi conectada a uma mangueira e o volume de água foi medido com auxílio de uma proveta graduada, por um período de 40 segundos. A massa de água foi medida com a utilização de balança semianalítica com precisão de 0,01g.

A pressão do ar foi controlada com a utilização de um regulador de pressão, com purgador automático de umidade. A distância a partir da ponta do bico aspersor e a superfície a ser pulverizada, foi alterada fixando-se a superfície em diferentes alturas.

Como variáveis resposta, o comprimento e a espessura do leque foram medidas com o uso de paquímetro, com precisão de 0,02mm. A massa de água foi medida usando uma balança semianalítica com precisão de 0,01g durante 10 segundos.

Para a avaliação do desempenho dos bicos aspersores, foi utilizado um planejamento composto central 2^3 , composto de 8 ensaios fatoriais, sendo 6 ensaios realizados no ponto central e 2 ensaios nos pontos axiais, totalizando 8 ensaios que foram realizados em ordem aleatória. O detalhamento do planejamento experimental utilizado é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros utilizados para avaliação do processo de aspersão.

Variáveis codificadas			Variáveis reais		
Vazão de água	Pressão de ar	Distância do bico até a superfície	Vazão de água ($\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$)	Pressão de ar (psi)	Distância do bico até a superfície (cm)
-1	-1	-1	20	10	15
1	-1	-1	60	10	15
-1	1	-1	20	30	15
1	1	-1	60	30	15
-1	-1	1	20	10	35
1	-1	1	60	10	35
-1	1	1	20	30	35
1	1	1	60	30	35

Variáveis codificadas			Variáveis reais		
Vazão de água	Pressão de ar	Distância do bico até a superfície	Vazão de água (g.min ⁻¹)	Pressão de ar (psi)	Distância do bico até a superfície (cm)
0	0	0	40	20	25
0	0	0	40	20	25
0	0	0	40	20	25
0	0	0	40	20	25
0	0	0	40	20	25
0	0	0	40	20	25
0	0	0	40	20	25
- α	0	0	6,4	20	25
+ α	0	0	73,6	20	25
0	- α	0	40	3,2	25
0	+ α	0	40	36,8	25
0	0	- α	40	20	8,2
0	0	+ α	40	20	41,8

As respostas obtidas foram a vazão de água, o comprimento e a espessura do leque na superfície pulverizada.

Os resultados dos experimentos foram avaliados utilizando o programa Statistica®, versão 5.5. Inicialmente, na avaliação estatística, considerou-se os valores codificados das variáveis e suas respostas. Pela avaliação do valor de probabilidade (*p*) e do intervalo de valores dos efeitos, alguns efeitos foram desconsiderados. Essa observação é válida para efeitos cujos valores de *p* foram superiores a 0,05 ou cujo intervalo de efeito no nível de confiança de 95% contemplasse o valor nulo (zero) (NETO et al., 2007).

A seguir, foram avaliados os efeitos, considerando-se os valores reais das variáveis e descartando-se os efeitos não significativos. Com os coeficientes de regressão, foi possível a predição dos valores resposta, representados por uma equação e ilustrados por meio gráfico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos experimentos são apresentados na Tabela 2. As discussões foram realizadas separadamente, de acordo com cada resposta avaliada.

Tabela 2 - Respostas obtidas na avaliação dos parâmetros para uso do bico de aspersão em forma de leque.

Variáveis reais			Respostas		
Vazão de água (g.min ⁻¹)	Pressão de ar (psi)	Distância do bico até a superfície (cm)	Vazão de água (g.min ⁻¹)	Comprimento do leque (cm)	Espessura do leque (cm)
20	10	15	13,32	17	7
60	10	15	41,88	26,5	13,5
20	30	15	7,68	15	6,5

Variáveis reais				Respostas	
Vazão de água (g.min ⁻¹)	Pressão de ar (psi)	Distância do bico até a superfície (cm)	Vazão de água (g.min ⁻¹)	Comprimento do leque (cm)	Espessura do leque (cm)
60	30	15	24,6	25	13
20	10	35	8,04	10	7,5
60	10	35	40,32	30	14,5
20	30	35	2,04	4	3
60	30	35	14,04	27	15
40	20	25	6,84	14	8
40	20	25	7,68	14	8
40	20	25	6,84	14	7,5
40	20	25	5,76	15,5	7
40	20	25	6,6	17	7
40	20	25	6,24	17	7
6,4	20	25	5,4	15	10
73,6	20	25	29,76	30	15
40	3,2	25	33,6	16	12,5
40	36,8	25	4,08	19,5	9
40	20	8,2	22,8	20	8
40	20	41,8	8,28	13	11,5

3.1 Resposta Vazão de Água

A Tabela 3 apresenta a análise de variância (ANOVA) para a resposta vazão de água. Nessa determinação, o coeficiente de regressão (R^2) obtido foi de 0,97, considerado adequado para os experimentos.

Tabela 3 - ANOVA da vazão de água na saída do bico aspersor.

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	F tabelado
Regressão Linear	21,80	8	2,7246	50,42	3,15
Resíduos	0,59	11	0,0540		
Erro Puro	0,01	5	0,0029	0,03	
Falta de Ajuste	0,58	6	0,0966		
Total	21,04	19			

Através da Tabela 3, observa-se que o valor de F calculado foi 50,42 e para o mesmo grau de liberdade da regressão, o valor de F tabelado foi 3,15. Como o valor de F calculado foi muito maior que o valor de F tabelado, pode-se concluir que a equação matemática obtida para a resposta da vazão de água é considerada válida e preditiva e está representada abaixo. Os valores da equação (1) foram aproximados dos coeficientes de regressão obtidos utilizando o software Statistica®, versão 5.5.

$$M = 45,13 + (0,06 \times S) + (0,01 \times S^2) - (1,49 \times A) + (0,045 \times A^2) - (1,79 \times D) + (0,034 \times D^2) - (0,02 \times S \times A) - (0,01 \times A \times D) \quad (1)$$

Onde: M = Vazão de água que atinge a superfície, em g/min;

S = Vazão de água que entra no bico, em g/min;

A = Pressão de ar comprimido, em psi;

D = Distância da ponta do bico até a superfície, em cm.

A Figura 5 apresenta a superfície de resposta obtida para a resposta da vazão de água que chega até a superfície, com variação da vazão de água na alimentação do bico e pressão de ar comprimido. A superfície de resposta foi gerada para uma distância fixa entre o bico de aspersão e a superfície aspergida de 15cm.

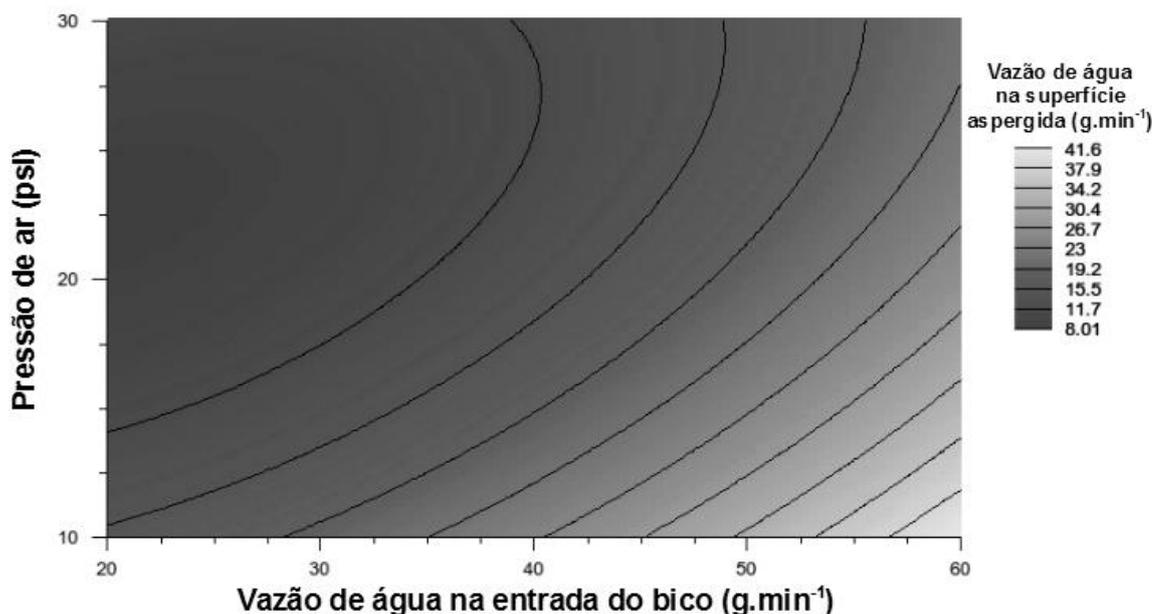


Figura 5 - Resposta da vazão de água na superfície aspergida, com variação da vazão de água de entrada e pressão do ar comprimido, mantendo fixa a distância entre o bico de aspersão e a superfície.

Na Figura 5, observa-se que um aumento da pressão de ar comprimido acarreta na diminuição da quantidade de água aspergida sobre a superfície, o que na prática significa perda de produto. Isto ocorre provavelmente em virtude da deriva de gotas, cujo tamanho diminui com o aumento da pressão de ar comprimido, conforme ilustrado na Figura 2. Industrialmente, se o processo de aspersão com bico em formato de leque fosse feito nessas condições, haveria perda de líquido, o que iria influenciar diretamente nos custos, tanto pela perda de solução como pelo uso excessivo de energia para comprimir o ar até 30psi. Seria recomendável nesse caso, trabalhar com pressões de ar comprimido próximas a 10psi.

A Figura 6 apresenta a superfície de resposta obtida para a vazão de água na superfície aspergida, com variação da distância entre o bico aspersor e a superfície a ser aspergida e a pressão de ar comprimido.

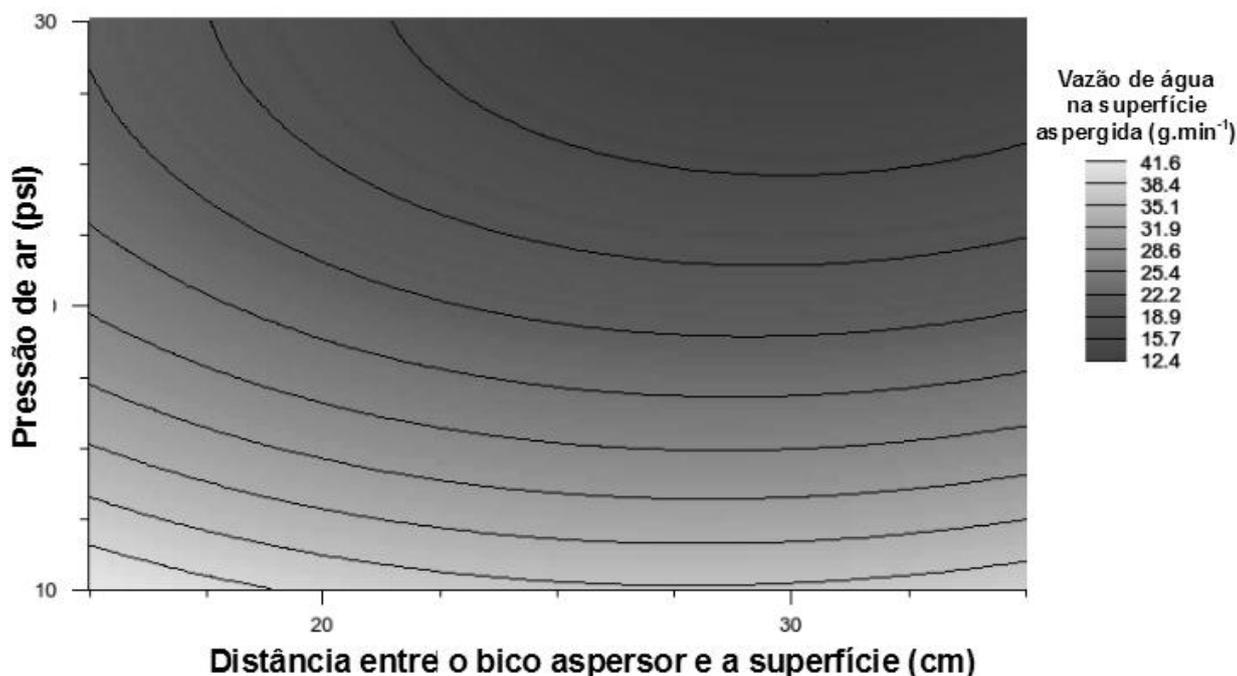


Figura 6 - Resposta de vazão de água na superfície aspergida, com variação da distância do bico até a superfície e pressão de ar comprimido, mantendo uma vazão de água de entrada de $60\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$.

É possível observar na Figura 6, que a pressão de ar comprimido interferiu mais do que a distância entre o bico aspersor e a superfície. Observa-se que a distância entre o bico aspersor e a superfície apresenta maior importância para pressões de ar comprimido maiores que 20psi. O aumento da pressão de ar comprimido acarreta na diminuição do tamanho das gotas de água e conseqüente perda por arraste das gotas. A partir de uma pressão de ar comprimido de 20psi, as gotas formadas são facilmente arrastadas, sendo que o aumento da distância entre o bico e a superfície acarreta no aumento das perdas. De maneira similar à avaliação da Figura 5, recomenda-se utilizar pressões próximas a 10psi.

3.2 Comprimento do leque de aspersão

A Tabela 4 apresenta a ANOVA do comprimento do leque na superfície aspergida. O coeficiente de regressão obtido foi de 0,89.

Tabela 4 - ANOVA do comprimento do leque utilizando bico aspersor.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calc	F tabelado
Regressão Linear	765,67	4	191,4179	30,2029	5,80
Resíduos	95,07	15	6,3377		
Erro Puro	10,88	5	2,1750	0,2583	
Falta de Ajuste	84,19	10	8,4191		
Total	860,74	19			

Para a resposta comprimento do leque (C), o parâmetro pressão de ar foi considerado não significativo, pois apresentou $p < 0,005$.

Para a regressão linear, observa-se que o valor de F calculado foi muito maior que o valor de F tabelado. Com isso, o comprimento do leque pode ser estimado, representado pela equação (2).

$$C = 32,48 - (0,54 \times S) + (0,006 \times S^2) - (0,77 \times D) + (0,015 \times S \times D) \quad (2)$$

A Figura 7 - apresenta a superfície de resposta obtida na avaliação do comprimento do leque, com variação da vazão de água na entrada e pressão de ar comprimido, mantendo-se fixa a distância de 25cm entre o bico aspersor e a superfície aspergida.

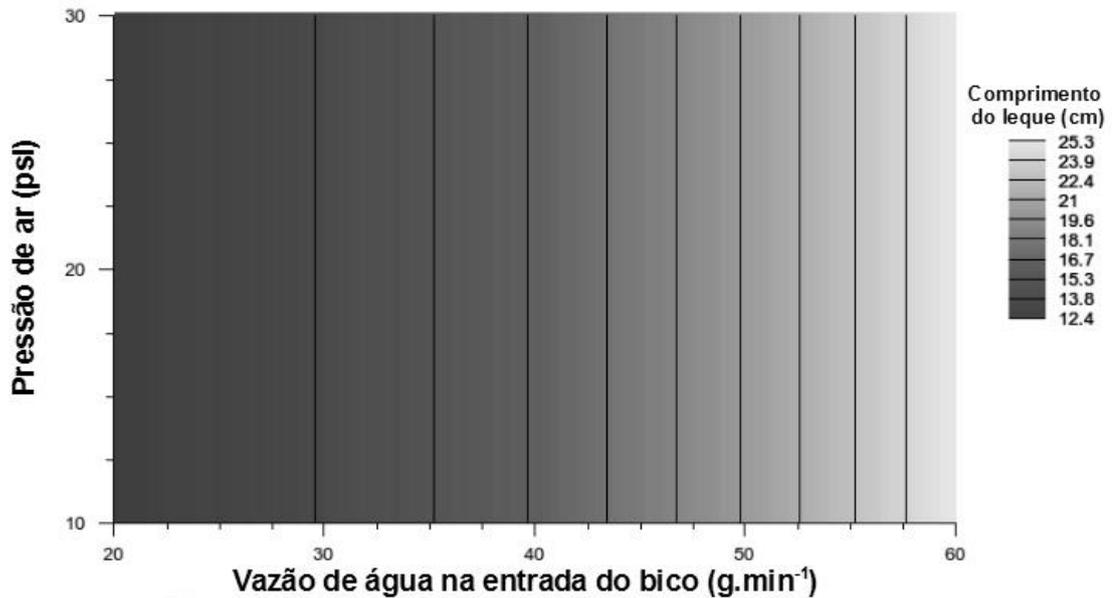


Figura 7 - Comprimento do leque, com variação da vazão de entrada de água e pressão do ar a uma distância de 25cm entre o bico e a superfície.

A determinação do comprimento do leque é importante em processos industriais pois é um indicativo da área de aspersão, ou seja, quanto maior o comprimento do leque, maior será a área de aspersão. Nota-se pela Figura 7 -, que a pressão de ar comprimido não é significativa no comprimento do leque. No entanto, o aumento da vazão de água na entrada do bico, acarreta no aumento do comprimento do leque na superfície alvo. Nesse caso, para a maior vazão de água na entrada do bico de $60 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$, o comprimento do leque é o maior, 25,3cm.

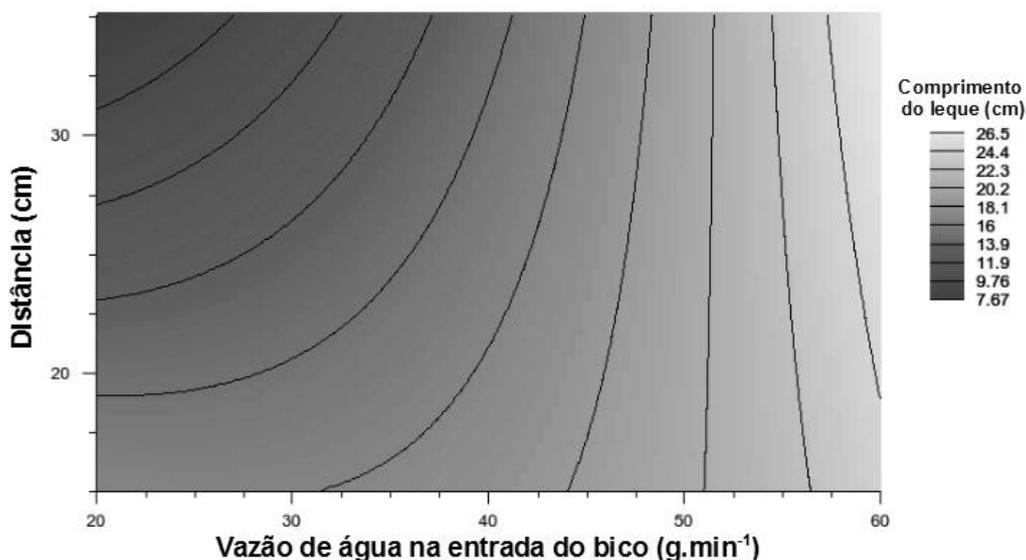


Figura 8 - Comprimento do leque, com variação da vazão de água de entrada e distância entre o bico e a superfície, mantendo a pressão de ar comprimido de 20psi.

A Figura 8 - apresenta a superfície de resposta obtida na avaliação do comprimento do leque, com variação da vazão de entrada e distância do bico aspersor até a superfície, mantendo fixa a pressão de ar comprimido em 20psi.

Na Figura 8 - é possível observar que, para vazões de água abaixo de 45g.min⁻¹, e a partir de uma distância de 20cm, o aumento da distância entre bico e a superfície acarreta na diminuição do comprimento do leque. Considerando-se estas avaliações e os resultados da Figura, é possível explicar que a diminuição da largura do leque com o aumento da distância, para baixas vazões de água na entrada do bico, ocorre devido ao arraste e consequente perda de solução. No entanto, para vazões de entrada de água entre 50 e 60g.min⁻¹, a distância entre o bico e a superfície não interfere na variação do comprimento do leque devido a grande velocidade das gotas, diminuindo o efeito do arraste. De forma similar à observada na Figura 7 -, o aumento da vazão de água no bico provocou um aumento no comprimento do leque.

3.3. Espessura do Leque

Foi observado que o formato em leque não esteve presente em todas as situações observadas. A Tabela 5 apresenta a ANOVA da espessura do leque na superfície aspergida.

Tabela 5 - ANOVA da espessura do leque.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calc	F tabelado
Regressão Linear	189,41	8	23,6764	7,3801	3,15
Resíduos	35,29	11	3,2082		
Erro Puro	1,21	5	0,2417	0,0425	
Falta de Ajuste	34,08	6	5,6802		
Total	218,24	19			

Para a resposta espessura do leque (E), obteve-se a equação (3), com um valor de R² = 0,84.

$$E = 21,7 - (0,32 \times S) + (0,004 \times S^2) - (0,57 \times A) + (0,009 \times A^2) - (0,39 \times D) + (0,006 \times D^2) + (0,003 \times S \times A) + (0,0038 \times S \times D) \quad (3)$$

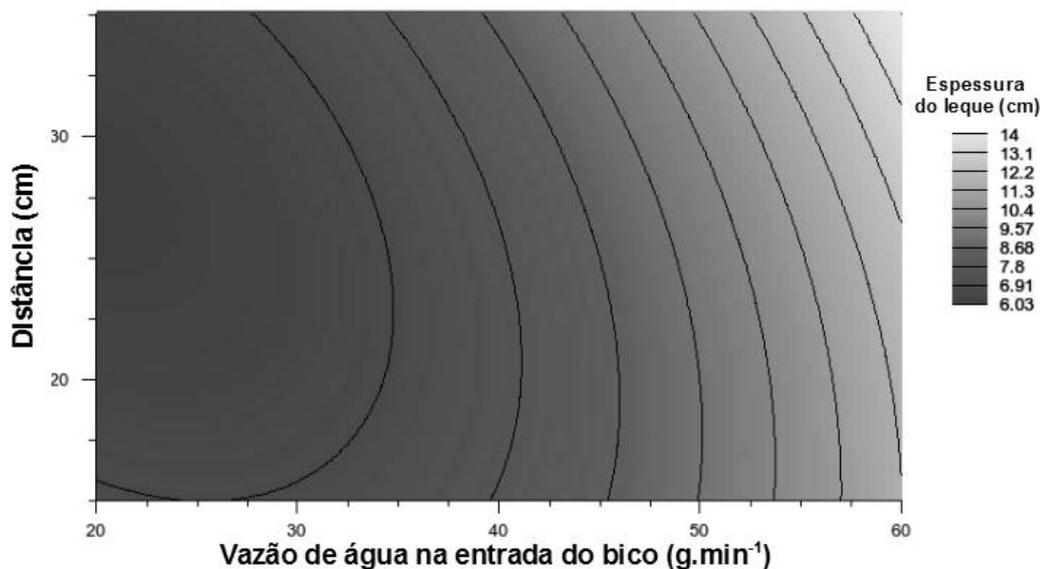


Figura 9 - Espessura do leque, com uma pressão de ar comprimido de 20psi.

As Figuras 9 e 10 apresentam algumas superfícies de resposta obtidas na avaliação da espessura do leque, com variação da vazão de entrada, pressão de ar comprimido e distância entre bico e superfície. Neste caso, o que se deseja é a mínima espessura, o que significa que o jato apresenta formato mais próximo ao leque.

Na Figura 9 -, é possível observar que o aumento da vazão de água acarreta no aumento da espessura do leque. Tanto o aumento do comprimento, como da espessura do leque, são diretamente proporcionais ao aumento da vazão de água.

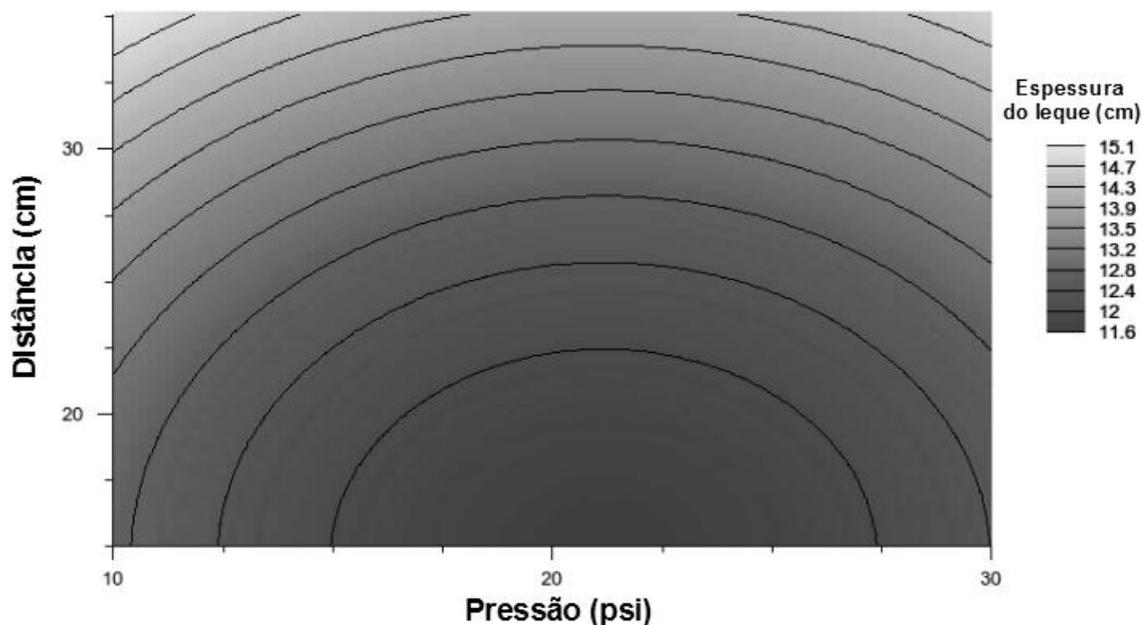


Figura 10 - Espessura do leque, com uma vazão de água de $60\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$.

Conforme notado na Figura 10 -, o aumento da distância entre o bico e o objeto alvo acarreta no aumento da espessura do leque. Este aumento da espessura do leque pode não ser desejável, pois pode acarretar em uma aspersão desuniforme sobre o objeto. Pode-se observar, também, que a pressão de ar comprimido ideal para o bico avaliado está na faixa de 20 a 22,5psi. Abaixo deste valor, a baixa pressão do ar não é capaz de provocar um espalhamento adequado das gotas. Contudo, uma pressão demasiadamente elevada pode acarretar na atomização e deriva indesejada do fluido aspergido.

4. CONCLUSÕES

A utilização do planejamento experimental foi efetiva na modelagem da aspersão de água por um bico atomizador, sobre uma superfície plana.

O aumento da pressão de ar comprimido pode aumentar a atomização das gotas de água, diminuindo a quantidade de líquido sobre a superfície a ser aspergida. Na prática, isto implica no aumento de perdas.

A pressão de ar comprimido não apresentou efeito significativo sobre o comprimento do leque sobre a superfície. No entanto, o aumento da vazão de água provocou aumento significativo do comprimento do leque. A resposta do aumento da distância dependeu da vazão de água, mas o aumento da distância tendeu a diminuir o comprimento do leque, provavelmente devido a maior atomização da água em distâncias superiores a 20cm.

A espessura do leque apresentou valores ótimos na faixa de 20 a 22,5psi de ar comprimido, $20\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$ de água e distâncias abaixo de 25cm.

É necessário o conhecimento dos parâmetros que influenciam na aspersão, para que se possa garantir uma aspersão uniforme e diminuir as perdas por atomização indesejada, que

pode provocar perigos ocupacionais e aumento de gastos e paradas para a limpeza do equipamento.

REFERÊNCIAS

ABREU, L. F. *Avaliação e Adaptação de sistema asséptico para obtenção de água de coco (Cocos nucifera L.) acondicionada em embalagens plásticas*. Campinas: Unicamp, 2005. 199p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - FEA/UNICAMP, 2005.

DACANAL, G.C. *Estudo da granulação de suco de acerola desidratada em leite fluidizado*. Campinas: Unicamp, 2005. 112p. Tese (Mestrado em Ciência de Alimentos) - FEA/UNICAMP, 2005.

HEDE, P. D.; BACH, P.; JENSEN, A.D. *Two-fluid spray atomisation and pneumatic nozzles for fluid bed coating/agglomeration purposes: a review*. Chemical Engineering Science, v. 63, p. 3821-3842, 2008.

NETO, B.B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. *Como fazer experimentos*. Ed. Unicamp, Campinas. 2007, 480p.

OLIVEIRA, F. *Avaliação da atividade antimicrobiana do vinagre em cortes de dianteiro bovino embalado a vácuo*. Campinas: Unicamp, 2006. 82p. Tese (Mestrado em Ciência de Alimentos) - FEA/UNICAMP, 2006.

PRADO, C.S. *Influência do método de resfriamento de carcaças bovinas nas variações de peso e nas medidas físico-químicas, sensoriais e microbiológicas do contrafilé*. Campinas: UNICAMP, 2005. 147p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – FEA/UNICAMP, 2005.

SOTOME, I.; TEKENAKA, M.; KOSEKI, S.; OSAGAWARA, Y.; NADACHI, Y.; OKADOME, H.; ISOBE, S. *Blanching of potato with superheated steam and hot water spray*. LWT-Food Science and Technology, v.42, p.1035-1040, 2009.