

AValiação DO DIâMETRO DO ORIFÍCIO E DA PRESSÃO DE AR NA DOSAGEM PNEUMÁTICA DE SEMENTES DE ARROZ

EVALUATION OF ORIFICE SIZE AND AIR PRESSURE IN PNEUMATIC METERING OF RICE SEEDS

Ângelo Vieira dos Reis¹; Fernando Antônio Focellini²; Ubirajara Aracauna Pereira Ramos³

RESUMO

A semeadura de precisão de grãos miúdos já vem sendo estudada. Uma das maneiras de realizar a tarefa é dotar as semeadoras atuais de dosadores pneumáticos, os quais se adaptam, teoricamente, às características das sementes miúdas (tamanho reduzido, forma alongada). No entanto, as pesquisas disponíveis sobre a dosagem pneumática são quase todas com sementes graúdas. Sendo assim, o presente artigo avalia os efeitos conjugados do diâmetro do orifício de dosagem e do diferencial de pressão de ar sobre a dosagem de sementes de arroz, procurando estabelecer uma relação entre esses parâmetros e a distância vertical de captação e o número de sementes captadas. A fim de realizar os experimentos foi construída uma câmara de vácuo cilíndrica. Numa das extremidades foram montadas uma tomada de ar (vácuo), um orifício para medição da pressão interna e na outra, o orifício de dosagem. Utilizaram-se orifícios com diâmetros de 1,0, 1,5 e 2,0 mm, conjugados com pressões manométricas de -3.000, -17.000 e -31.000 Pa. Conclui-se, que (a) a altura vertical de captação das sementes variou de 1,54 mm (menor orifício, maior pressão) a 6,71 mm (maior orifício, menor pressão); (b) o aumento do diâmetro do orifício tem um efeito mais pronunciado na altura de captação do que a redução na pressão; (c) os modelos físicos disponíveis não representam de forma adequada a variação da altura de captação de sementes de arroz; (d) a combinação do orifício de 1,0 mm com a pressão de -17.000 Pa fornece a maior precisão de captação.

Palavras-chave: dosadores pneumáticos, semeadura de precisão, vácuo.

ABSTRACT

The precision sowing of small grain crops is already being studied. One of the ways to accomplish this task is to provide the existing seeders with pneumatic meters, which presumably suite the characteristics of small seeds (small size, elongated shape). However, most of the research about pneumatic seed metering deals with large seeds. Therefore, this paper evaluates the combined effects of metering orifice diameter and air pressure drop over the metering of rice seeds in order to establish a relation between these parameters and both the vertical height of seed capture and number of seeds being caught. In order to carry out the experiment a cylindrical vacuum chamber was constructed. In one end an air outlet (vacuum) and a pressure gauge hose were placed. In the other end the metering orifice was drilled. The metering orifices were 1.0, 1.5 and 2.0 mm in diameter working each at gauge pressures of -3,000, -17,000 and -31,000 Pa. The conclusions are: (a) the vertical height of seed capture changed from 1.54 mm (smaller orifice, greater pressure) to 6.71 mm (larger orifice, smaller pressure); (b) the increment in orifice diameter has a stronger effect in the vertical height of capture than a reduction in air pressure; (c) the available physical models showed no adequacy to represent the changes in rice seeds height of capture; (d) the combination of a 1.0mm orifice and an air pressure of -17,000 Pa produced the better precision for rice seeds metering.

Key words: pneumatic meters, precision planting, vacuum.

Trabalho financiado pelo programa RECOPE na Rede de Eng^a Agro-Industrial de Alimentos da FINEP.

¹ Prof. Adjunto, Doutor em Engenharia Mecânica, UFPel/FAEM/ Dept^o de Engenharia Rural. C. P. 354, Pelotas, RS – 96010-900-areis@ufpel.tche.br

² Prof. Adjunto, Doutor em Engenharia Mecânica, UFSC/EMC/ Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos – focellini@emc.ufsc.br

³ Bolsista de Iniciação Científica, UFSC/EMC/NeDIP – bira@nedip.ufsc.br

INTRODUÇÃO

Ao contrário do que acontece com as culturas de sementes graúdas, onde a densidade de plantas tem grande influência na produção da lavoura, para as culturas de sementes ditas miúdas, há uma grande faixa de população de plantas que não afeta a produtividade (KEPNER et al., 1982). Nesses casos, trabalha-se com valores mínimos de sementes, não sendo comum o emprego de semeadoras de precisão. No entanto, já se pode observar a tendência da utilização da semeadura de precisão para grãos miúdos, especialmente quando densidades de semeadura relativamente baixas podem ser empregadas. Para o caso específico do arroz irrigado, FAGUNDES et al. (1997) relatam que não há diferenças significativas na produtividade da lavoura para razões de distribuição de sementes variando de 62,5 a 250 kg ha⁻¹.

Uma análise do mercado de semeadoras feita por REIS & FORCELLINI (2002), evidencia a ausência de semeadoras de precisão destinadas às sementes miúdas. Isto se deve tanto à dificuldade de individualizar e transportar sementes de tamanho reduzido e de formas irregulares, quanto ao fato dessas culturas serem semeadas com pequenos espaçamentos entre linhas, requerendo mecanismos dosadores pequenos e estreitos. Características estas, ausentes nos mecanismos dosadores de precisão atualmente empregados. Por outro lado, as semeadoras de fluxo contínuo empregadas na semeadura em linha de arroz irrigado têm dificuldades em atingir razões de distribuição de sementes tão baixas quanto as que poderiam ser empregadas sem prejuízo da produtividade.

Os estudos de mecanismos dosadores de precisão para o trabalho com sementes miúdas, especialmente os pneumáticos, já se iniciaram (CASÃO JUNIOR, 1996; REIS, 2003). No entanto, as pesquisas disponíveis sobre a dosagem pneumática são quase todas com sementes graúdas.

Os mecanismos dosadores pneumáticos são empregados em semeadoras para a dosagem de precisão de uma ampla variedade de sementes. Uma desvantagem dos mecanismos pneumáticos é a possibilidade de obstrução dos orifícios do disco por pedaços de sementes ou resíduos de tratamentos de sementes, principalmente naqueles dosadores que empregam pressão negativa. Esse último ponto é mais crítico com sementes miúdas, pois como os orifícios devem ser muito pequenos, as forças de retenção das sementes são baixas, favorecendo o desprendimento destas, e, com sementes pontiagudas, há a possibilidade da captação múltipla (GIANNINI et al., 1967).

SIAL & PERSSON (1984) realizaram um estudo com o

(Recebido para Publicação em 06/05/2004, Aprovado em 29/05/2006)

R. Bras. Agrociência, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 191-197, abr-jun, 2006

191

objetivo de determinar o projeto ótimo de bicos dosadores pneumáticos de sucção para a dosagem de sementes de hortaliças. Nesse trabalho os autores apresentam o equacionamento físico e matemático dos fenômenos envolvidos na captação e no transporte de sementes por um bico pneumático, como: relação entre o diâmetro do orifício e o diâmetro das sementes (0,18 e 0,87); pressão de ar necessária para equilibrar uma semente contra a força da gravidade; relação entre o diferencial de pressão mínimo (ΔP) e a altura máxima de captação (x), conforme as Equações 1 e 2.

$$x = \sqrt[4]{\frac{\Delta P}{k}} \quad (1)$$

$$k = 32 \times (1 - \cos \alpha)^2 \times \rho_e \times \frac{V_t^2}{d_i^4} \quad (2)$$

onde:

α - ângulo entre o eixo que passa pelo centro do orifício e o plano que o contém [graus];

ρ_e - massa específica do ar afastado do orifício [kg m^{-3}];

V_t - velocidade terminal da semente [m s^{-1}];

d_i - diâmetro do orifício [m]

O modelo de SIAL & PERSSON (1984) estima a pressão absoluta mínima necessária para captar uma semente posicionada a certa distância sob o orifício. No entanto, conforme os próprios autores salientam, ele não é adequado para situações em que a semente está muito próxima do orifício devido a interferência não prevista da semente no fluxo de ar.

O estudo de GUARELLA et al. (1996) teve o objetivo de analisar a teoria do fenômeno de dosagem em bicos pneumáticos com relação à altura de captação das sementes, parâmetros das sementes e dos bicos e velocidade do ar. As principais conclusões a que esses autores chegaram são: a) mais de uma semente pode ser captada se nenhuma delas for capaz de fechar completamente a abertura do bico; b) aumentos no diâmetro do orifício do bico aumentam a distância de captação; c) aumentos no diferencial de pressão (até 20.000 Pa) reduzem o risco de falhas, mas para diferenciais maiores também aumenta o risco de duplos; d) acréscimos no diferencial de pressão (de 0 a 20.000 Pa) aumentam a distância de captação. O modelo proposto por esses autores é apresentado na Equação 3.

$$x = \sqrt[4]{\frac{2\pi \rho_e C_a \gamma d_i^4 R T_e \left[1 - \left(\frac{P_i}{P_e} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]}{4 \rho_s 128 (1 - \cos \alpha)^2 e_s g (\gamma - 1)}} \quad (3)$$

onde:

C_a - coeficiente de arrasto aerodinâmico da semente [adm];

e_s - espessura da semente [m];

γ - relação entre calores específicos do ar [adm];

R - constante geral dos gases [$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$];

T_e - temperatura absoluta do ar distante do orifício [K];

P_i - pressão absoluta na entrada do orifício [Pa];

P_e - pressão atmosférica [Pa];

ρ_s - massa específica da semente [kg m^{-3}];

O modelo proposto por GUARELLA et al. (1996) é mais adequado a situações onde a semente está próxima ao orifício, levando em consideração a compressibilidade do ar, a presença e o diâmetro do orifício, o diferencial de pressão

através do orifício e as características da semente em questão.

CASÃO JÚNIOR (1996) constatou que orifícios com diâmetro de 1,5 mm eram os mais adequados para a dosagem pneumática de sementes de trigo, que têm dimensões médias (6,8x3,1x2,5 mm) e peso de mil sementes (25 a 50 g) semelhantes às das de arroz. Para sementes de pinheiro, que também são alongadas (6,0x4,4x2,8 mm) e apresentam peso semelhante (36 g / 1.000 sementes), HASSAN (1981) observou que para diâmetros superiores a 1,0mm (independentemente do nível de vácuo) havia a tendência de captação de mais de uma semente. O diâmetro utilizado com sucesso no experimento desse autor foi de 0,89 mm.

SHORT & HUBER (1970) recomendam que a área do orifício seja correspondente a 40% da área exposta da semente. Para sementes de formato alongado como as de arroz, podem-se utilizar os conceitos de diâmetro equivalente (D_{eq}) e de área projetada (A_{proj}), apresentados por MOHSENIN (1970) e definidos nas Equações 4 e 5, respectivamente:

$$D_{eq} = \sqrt[3]{c_s \times l_s \times e_s} \quad (4)$$

$$A_{proj} = \frac{\pi \times D_{eq}^2}{4} \quad (5)$$

onde:

c_s - comprimento da semente [m];

l_s - largura da semente [m];

Considerando-se as dimensões médias da semente de arroz (9,4x2,4x2,0 mm - cultivar BRS 7), tem-se $D_{eq}=3,57 \times 10^{-3}$ m e $A_{proj}=9,98 \times 10^{-6}$ m². O diâmetro de orifício correspondente a 40% dessa área projetada é de 2,25 mm.

No que se refere aos diferenciais de pressão empregados, HASSAN (1981) obteve resultados satisfatórios na dosagem de sementes de pinheiro com pressões de -13.500 Pa (para um orifício de 0,89 mm de diâmetro). CASÃO JÚNIOR (1996) estudando a dosagem pneumática de sementes de trigo, também de formato alongado, obteve os melhores resultados com uma pressão de -34.000 Pa (fluxo bloqueado, ou seja, totalmente interrompido pela semente).

Pode-se observar que há dois parâmetros de projeto num mecanismo dosador que são particularmente importantes quando se considera a dosagem pneumática: o diâmetro do orifício pneumático e o diferencial de pressão empregado. Ambos estão diretamente ligados à velocidade e ao volume de ar que passa pelo orifício e, conseqüentemente, às forças que irão captar e transportar as sementes.

Sendo assim, o presente trabalho pretende avaliar os efeitos conjugados do diâmetro do orifício de dosagem e do diferencial de pressão de ar (nível de vácuo) sobre a dosagem de sementes de arroz, procurando estabelecer uma relação entre esses parâmetros e a distância de captura e o número de sementes captadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os efeitos do uso de diferentes diâmetros de orifícios e de diferentes níveis de vácuo sobre a dosagem de sementes de arroz foram avaliados através de dois experimentos. O primeiro foi planejado para que se pudesse medir a altura de captação das sementes de arroz por um orifício pneumático. Para tanto, uma semente era colocada sobre uma chapa de vidro, 20,00 mm sob o orifício. A semente era, então, aproximada do orifício e a distância na qual ocorria a captação da semente era medida com uma precisão de 0,05 mm.

No outro experimento, o objetivo foi o de avaliar a precisão de um orifício pneumático na captação da semente.

Nesse experimento, a câmara de vácuo era deslocada para baixo rapidamente até que a superfície inferior contendo o orifício tocasse a massa de sementes depositada sobre a chapa de vidro, após o que retornava à posição inicial para que fosse contado o número de sementes captadas. A contagem das sementes captadas em cada uma das repetições foi utilizada para o cálculo do número percentual de captação nula, captação simples (apenas uma semente) e de captações múltiplas (mais de uma semente).

O delineamento experimental utilizado em ambos os testes foi o fatorial 3x3. Os fatores foram o diâmetro do orifício de passagem do ar e a pressão do ar no interior da câmara de vácuo, totalizando nove tratamentos. No experimento para avaliação da altura de captação das sementes foram feitas sete repetições para cada tratamento. No experimento para a determinação da precisão na dosagem foram feitas 27 repetições.

Com base nos resultados obtidos na bibliografia para experimentos semelhantes, assim como o modelo proposto nas Equações 4 e 5, definiram-se os três níveis de diâmetro de orifício em: 1,0; 1,5 e 2,0 mm.

Tendo em vista os valores de pressão negativa⁴ utilizados em outros estudos e também a simulação feita através da Equação 1, fixaram-se os níveis de pressão a serem utilizados nos experimentos em -3.000; -17.000 e -31.000 Pa (-23; -129 e -233 mmHg, respectivamente).

Como as variáveis independentes estudadas permitem, o cálculo da vazão de ar através do orifício em cada uma das situações através das Equações 6, 7 e 8 (REIS, 2003), verificou-se como a altura de captação das sementes se comportaria com a variação desse fator indireto.

$$q_m = E \times C_d \times A_0 \times \sqrt{2 \times \rho_2 \times \Delta P} \quad (6)$$

$$E = \sqrt{\frac{1 - \frac{3}{2\gamma} \times \frac{\Delta P}{P_1}}{1 - \frac{1}{\gamma} \times \frac{\Delta P}{P_1}}} \quad (7)$$

$$q_v = \frac{q_m}{\rho_1 \times \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{\lambda}}} \quad (8)$$

onde:

q_m – vazão mássica de ar através do orifício [kg s^{-1}];

E - variável epsilon, definida pela Equação 7;

C_d – coeficiente de descarga do orifício [adm];

A_0 – área do orifício [m^2];

ρ_2 – massa específica do ar à jusante [kg m^{-3}];

P_1 – pressão estática à montante [Pa];

q_v – vazão volumétrica de ar através do orifício [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$];

ρ_1 – massa específica do ar à montante, com pressão atmosférica [kg m^{-3}].

A fim de realizar os experimentos foi construída uma câmara de vácuo com tubo de PVC de 100 mm de diâmetro e duas capas de fechamento nas extremidades, nas quais, de um lado, foram montadas uma tomada de ar (vácuo), um orifício para medição da pressão interna e uma haste de fixação, e de outro, no centro da tampa, o orifício de dosagem

(Figura 1). A câmara assim montada encerra um volume interno de aproximadamente 1,63 L.

Como fonte de vácuo utilizou-se um compressor hermético utilizado em refrigeração doméstica da marca Embraco, modelo FG 80 AKW, que produziu uma pressão mínima (vácuo, fluxo bloqueado) de -98.100 Pa (-736 mmHg). Essa fonte de vácuo foi ligada através de mangueira plástica transparente com diâmetro interno de 9,5 mm à câmara de vácuo. A pressão interna da câmara de vácuo foi medida com o auxílio de um manômetro de coluna de mercúrio com escala graduada em milímetros. O controle dos níveis de pressão na câmara era obtido através da redução do diâmetro da tubulação de ar do compressor.

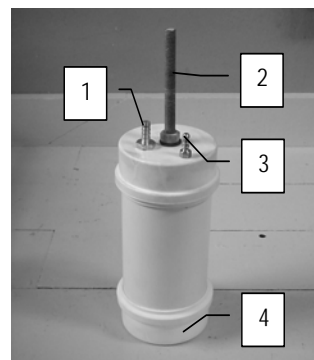


Figura 1 – Câmara de vácuo, onde: 1) saída de ar; 2) haste de fixação; 3) tomada de pressão interna; 4) tampa com orifício de dosagem.

Para que fosse possível a medição precisa da altura de captação das sementes de arroz, a câmara de vácuo foi montada no cabeçote de uma fresadora (Figura 2). Na mesa deste equipamento foi apoiada uma lâmina de vidro onde era colocada uma semente exatamente sob o orifício de dosagem (experimento para avaliação da altura de captação) ou um grupo de sementes (experimento para avaliação da precisão de captação).

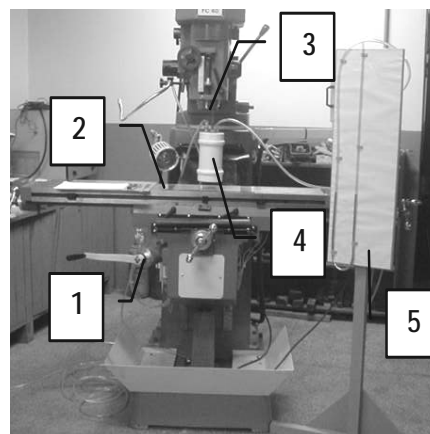


Figura 2 – Montagem dos experimentos, onde: 1) mecanismos de controle de altura da mesa da fresadora; 2) mesa; 3) cabeçote; 4) câmara de vácuo; 5) manômetro de coluna.

⁴ Caso não seja explicitado de outra forma, as pressões apresentadas no texto são todas manométricas.

100,0% de pureza, umidade de 13,0% bu e 96,0% de germinação. As dimensões e a massa das sementes foram obtidas através de medições diretas de amostras retiradas do lote disponível. Para tanto foram medidos com o auxílio de um micrômetro o comprimento, a largura e a espessura de dez amostras de dez sementes cada. Também foi medida, em balança analítica, a massa de três amostras de cem sementes cada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das determinações dimensionais e ponderais das sementes de arroz são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características físicas das sementes de arroz da cultivar BRS 7 utilizadas.

PARÂMETRO	MÉDIA	INTERVALO DE CONFIANÇA $\alpha=0,05$	DESVIO PADRÃO	CV [%]
Comprimento [mm]	9,44	$\pm 0,10$	0,49	5,17
Largura [mm]	2,40	$\pm 0,02$	0,11	4,57
Espessura [mm]	2,00	$\pm 0,02$	0,10	4,84
Massa de 1.000 sementes [g]	25,87	$\pm 0,48$	0,42	1,64

Altura de captação

A análise de variância dos resultados mostrou que se pode rejeitar, a um nível de significância de 1%, que as médias de altura de captação nos tratamentos, dentro dos níveis de pressão e de diâmetro dos orifícios sejam iguais. No entanto, a análise também mostrou que há interação significativa entre os fatores (pressão e diâmetro). Sendo assim, as médias dos tratamentos foram comparadas dentro dos níveis de cada fator através de um teste de Tuckey. As médias das alturas de captação, juntamente com a análise estatística dos resultados, são apresentadas na Tabela 2.

Como se pode observar na Tabela 2, em todos os diâmetros de orifício houve aumento significativo da altura de captação de sementes quando a pressão foi reduzida no interior da câmara de vácuo à exceção do diâmetro de 1,5 mm, no qual a altura de captação não se alterou significativamente quando a pressão passou de -17.000 para -31.000 Pa. Da mesma forma, nas três pressões consideradas, o aumento do diâmetro do orifício de 1,0 para 1,5 mm causou aumento na altura de captação das sementes. No entanto, um aumento de mais 0,5 mm no diâmetro não aumentou significativamente a altura de captação nas pressões de -3.000 e de -17.000 Pa. Caso não seja considerada a combinação dos maiores níveis dos dois fatores (diâmetro de 2,0 mm e pressão de -31.000 Pa), houve uma tendência de estabilização da altura de captação das sementes à medida que se utilizavam os níveis mais altos de ambos os fatores, ou seja, tanto o aumento do diâmetro do orifício de 1,5 para 2,0 mm, quanto a redução de pressão de -17.000 para -31.000 Pa não afetou a altura de captação da semente. Esses fatos podem ser visualizados na Figura 3.

Com a observação conjunta dos dados percebe-se que a variação do diâmetro tem um efeito mais pronunciado na altura de captação das sementes do que o diferencial de pressão. Isso pode ser confirmado através da análise de variância dos dados, onde o quadrado médio do fator diâmetro é de 32,8, contra apenas 19,4 do fator pressão (4,9 para a interação, 15,5 para os tratamentos e 0,2 para o resíduo), indicando esta como a maior fonte de variação nos resultados.

Uma análise do modelo proposto por SIAL & PERSSON (1984) nas Equações 1 e 2 reafirma essa observação, pois um aumento no diâmetro do orifício provoca uma redução de k na quarta potência, que por sua constitui-se no denominador da relação que define a altura de captação.

Tabela 2 – Análise estatística das médias das alturas de captação (mm) das sementes.

DIÂMETRO [mm]	PRESSÃO MANOMÉTRICA		
	-3.000 Pa (-23mmHg)	-17.000 Pa (-129mmHg)	-31.000 Pa (-233mmHg)
1,0	1,54 aA	2,13 bA	2,81 cA
1,5	2,98 aB	4,10 bB	3,92 bB
2,0	3,16 aB	4,05 bB	6,71 cC

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente ($\alpha=0,05$).

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente ($\alpha=0,05$).

Os modelamentos apresentados nas Equações 1 e 3, de SIAL & PERSSON (1984) e GUARELLA et al. (1996) respectivamente, não representam de forma adequada a variação da altura de captação de sementes de arroz em função de variações na pressão de ar e no diâmetro do orifício. Na Figura 4 são apresentadas as alturas de captação das sementes de arroz em função da pressão para o orifício de 2,0 mm juntamente com o modelo proposto por GUARELLA et al. (1996) considerando a semente esférica. Percebe-se que os dados desse experimento não se ajustam ao modelo proposto. O ajuste é ainda pior se for utilizada a Equação 3, que considera sementes de formato alongado. A inadequação desse modelo para explicar a variação da altura de captação das sementes de arroz em função do uso de diferentes pressões e diâmetros de orifícios é atribuída a dois fatores: dificuldade de incluir no modelo a forma da semente (a Equação 3 inclui apenas a área projetada da semente num plano normal à direção de deslocamento desta, e considera que essa área corresponda a de uma elipse); o modelo foi proposto originalmente para bicos dosadores estreitos e não para um orifício colocado no centro de uma superfície circular com diâmetro de 100 mm, como é o caso desse experimento (o fluxo de ar comporta-se de forma diversa nas duas situações).

Na Figura 5 é apresentado o ajuste dos dados ao modelo proposto por SIAL & PERSSON (1984) definido pela Equação 1 para cada um dos diâmetros de orifício utilizados. Verifica-se também a falta de adequação desse modelo. Ao passo que o anterior superestimava as alturas de captação, esse modelo fornece valores aquém dos observados no experimento. O modelo mostrado na Figura 5 considera apenas, no que se refere à semente, a velocidade terminal, sem apreciar o seu formato, que é mais difícil de modelar. No entanto, o modelo leva em consideração, como no anterior, bicos dosadores estreitos, além disso, considera que a entrada do orifício seja cônica. As alterações geradas no fluxo de ar por essas diferenças construtivas no bico e no orifício podem ser responsáveis pelas diferentes alturas de captação observadas e não explicadas por esse modelo.

Na Figura 6 pode-se observar a análise de regressão linear feita nos dados do experimento de altura de captação das sementes com base nas Equações 6, 7 e 8. A variável de resposta desse experimento pode ser mais bem explicada através da sua variação linear positiva (Figura 6) em função do acréscimo da vazão de ar que passa pelo orifício devido ao aumento conjugado do diâmetro e do diferencial de pressão

(nível de vácuo). Essa constatação é válida apenas para a faixa de valores de diâmetro e de pressão estudadas, pois se sabe que a vazão e, conseqüentemente, a altura de captação,

tende a se estabilizar quando o diferencial de pressão no orifício gera velocidades de ar próximas à do som.

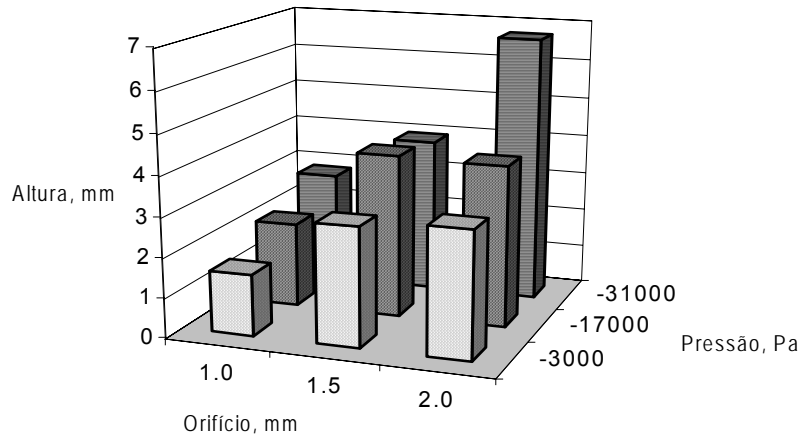


Figura 3 – Médias das alturas de captação em função do diâmetro do orifício e da pressão.

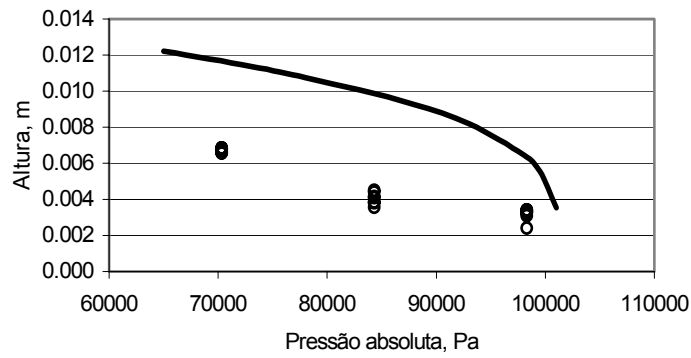


Figura 4 – Altura de captação obtida com orifício de 2,0 mm e estimada com o modelo proposto por GUARELLA et al. (1996) considerando a semente esférica.

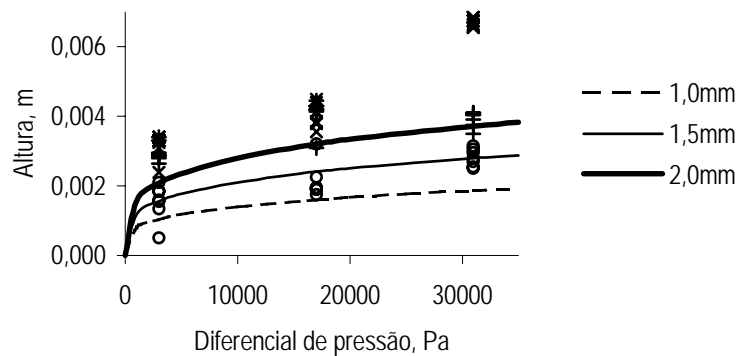


Figura 5 – Altura de captação obtida em função do diferencial de pressão e estimada com o modelo proposto por SIAL & PERSSON (1984), onde: ° alturas com orifício de 1,0mm; + alturas com orifício de 1,5 mm; x alturas com orifício de 2,0 mm.

Precisão de captação

A análise de variância dos resultados mostrou que se pode rejeitar, a um nível de significância de 1%, que as médias no número de sementes captadas nos tratamentos, dentro dos níveis de pressão e de diâmetro dos orifícios sejam iguais. No entanto, a análise também mostrou que há interação significativa entre os fatores (pressão e diâmetro). Sendo assim, as médias dos tratamentos foram comparadas dentro dos níveis de cada fator através de um teste de Tuckey. O número médio de sementes captadas, a análise estatística dos resultados e as porcentagens de captações nula, simples e múltiplas (precisão) são apresentados na Tabela 3.

Identifica-se nos resultados apresentados na Tabela 3 que a combinação do orifício de 1,0mm com a pressão de -17.000 Pa fornece a maior precisão de captação, com a porcentagem de captações simples chegando a 66,7%. Verifica-se também que as reduções de pressão deterioram a precisão na captação de sementes nos demais diâmetros de orifício testados. O mesmo efeito negativo na precisão é observado à medida que o diâmetro do orifício aumenta. Em

ambos os casos decresce o número de captação nula e aumenta o de captações múltiplas. Cabe ressaltar que, embora os maiores valores de captação simples não tenham sido altos, a soma desses valores com os de captações múltiplas chega à casa dos 90% (especialmente com orifícios de 1,5 e 2,0 mm). Esse fato, aliado a utilização de um mecanismo excludor de sementes extras num dosador de sementes pneumático, gera um potencial para a obtenção de um dosador com precisão funcional alta.

Para o número de sementes captadas, nota-se que somente há aumento na média, em função da redução da pressão, para os diâmetros de orifício maiores (1,5 mm – redução da pressão de -17.000 para -31.000 Pa – e 2,0 mm em todos os níveis de pressão). Por outro lado, o aumento no diâmetro do orifício de 1,5 para 2,0 mm, causou um acréscimo significativo no número médio de sementes captadas, independentemente do nível de pressão considerado. Essas tendências podem ser mais bem observadas no gráfico da Figura 7.

Tabela 3 – Precisão na captação e análise estatística da quantidade média de sementes de arroz captadas.

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	DIÂMETRO [mm]	PRESSÃO MANOMÉTRICA - Pa (mmHg)		
		-3.000 (-23)	-17.000 (-129)	-31.000 (-233)
Nº médio de sementes		0,74 aA	1,19 aA	1,59 aA
Captação nula [%]	1,0	37,10	11,10	0,00
Captação simples [%]		51,80	66,70	48,10
Captações múltiplas [%]		11,10	22,20	51,90
Nº médio de sementes		1,56 aA	2,11 abA	2,63 bA
Captação nula [%]	1,5	3,70	0,00	0,00
Captação simples [%]		40,70	33,30	25,90
Captações múltiplas [%]		55,60	66,70	74,10
Nº médio de sementes		2,67 aB	3,89 bB	5,19 cB
Captação nula [%]	2,0	0,00	0,00	0,00
Captação simples [%]		14,80	0,00	0,00
Captações múltiplas [%]		85,20	100,00	100,00

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente ($\alpha=0,05$).

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente ($\alpha=0,05$).

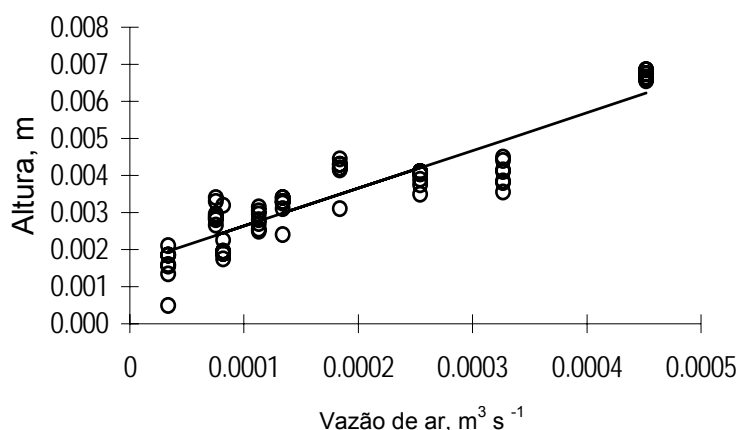


Figura 6 – Altura de captação de sementes em função da vazão volumétrica de ar através do orifício, mostrando o ajuste pela reta $Y=0,0016 + 10,2036X$; $R^2=0,83$.

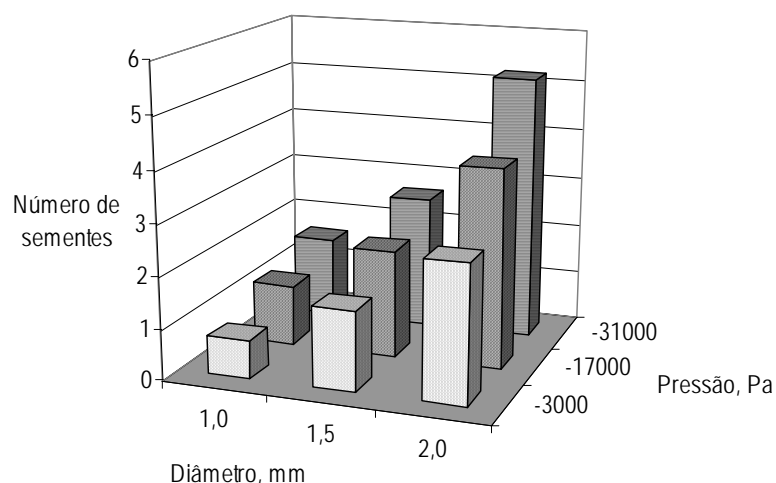


Figura 7 – Número médio de sementes captadas em função do diâmetro do orifício e da pressão.

CONCLUSÕES

A avaliação da dosagem pneumática de sementes de arroz, expressa através da altura de captação e do número de sementes captadas (precisão de dosagem), realizada conjugando três diâmetros de orifício e três pressões permite que se chegue as conclusões a seguir:

(a) A altura de captação das sementes de arroz variou, em média, de 1,54 mm (orifício de 1,0mm de diâmetro e pressão de -3.000 Pa) a 6,71 mm (orifício de 2,0 mm de diâmetro e pressão de -31.000 Pa).

(b) Nas três pressões manométricas consideradas no interior da câmara de vácuo, o aumento do diâmetro do orifício de 1,0 para 1,5 mm causou aumento na altura de captação das sementes. Entretanto, um aumento de mais 0,5 mm no diâmetro não aumentou significativamente a altura de captação nas pressões de -3.000 e de -17.000 Pa.

(c) O aumento do diâmetro do orifício de dosagem tem um efeito mais pronunciado na altura de captação das sementes do que uma redução na pressão.

(d) Os modelos físicos disponíveis não representam de forma adequada a variação da altura de captação de sementes de arroz em função de variações na pressão de ar e no diâmetro do orifício.

(e) Houve aumento linear na altura de captação das sementes de arroz quando a vazão volumétrica de ar através do orifício de dosagem foi aumentada.

(f) A combinação do orifício de 1,0 mm com a pressão de -17.000 Pa fornece a maior precisão de captação, com a porcentagem de captação simples chegando a 66,7%.

(g) Houve aumento significativo no número de sementes captadas quando o diâmetro do orifício de dosagem passou de 1,5 para 2,0 mm, independentemente do diferencial de pressão empregado. O mesmo pôde ser observado quando a pressão foi reduzida de -3.000 para -31.000 Pa nos orifícios de 1,5 e 2,0 mm de diâmetro.

REFERÊNCIAS

CASÃO JUNIOR, R. **Desenvolvimento de sistema**

pneumático de dosagem e transporte de sementes. Campinas, 1996. 191f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas.

FAGUNDES, P. R. R.; MACHADO, M. O.; MAGALHÃES JR., A. M. et al. Efeito da densidade de semeadura e do espaçamento entre fileiras, sobre o rendimento de grãos de cinco genótipos de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.), 1994/1995. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camburiú, **Anais ...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p.191-193.

GIANNINI, G. R.; CHACELLOR, W. J.; GARRET, R. E. Precision planter using vacuum for seed pickup. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, p.607-614, 1967.

GUARELLA, P.; PELLERANO, A.; PASCUZZI, S. Experimental and theoretical performance of a vacuum seeder nozzle for vegetable seeds. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London. v. 64, p.29-36, 1996.

HASSAN, A. E. Precision drum seeder for uniform spacing. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, p.879-883, 1981.

KEPNER, R. A.; BAINER, R.; BARGER, E. L. **Principles of farm machinery**. 3rd ed. Westport: Avi Publishing Co., 1982. 527 p.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Science, 1970. v1, 734 p.

REIS, A. V. dos **Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. Florianópolis, 2003. 277 f.Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – CTC-EMC, Universidade Federal de Santa Catarina.

REIS, A. V.; FORCELLINI, F. A. Functional analysis in the evaluation of four concepts of planters. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.969-975, 2002.

SHORT, T. H.; HUBER, S. G. The development of a planetary-vacuum seed metering device. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, p.803-805, 1970.

SIAL, F. S.; PERSSON, S. P. E. Vacuum nozzle design for seed metering. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.27, p.688-696, 1984.