

ANÁLISE DA PRECISÃO FUNCIONAL DA SEMEADORA¹

REIS, Ângelo Vieira dos²; FORCELLINI, Fernando Antônio³

1- Trabalho extraído da proposta de tese do primeiro autor.

2- Prof. Assistente, DER/FAEM/UFPEL, Doutorando em Eng. Mecânica, NeDIP/CTC/UFSC, cp.476, 88040-900, Florianópolis, SC - fone:048-3319719 (areis@nedip.ufsc.br)

3- Prof. Adjunto, Dep. de Eng. Mecânica/CTC/UFSC (forcellini@emc.ufsc.br)

RESUMO: Tendo em vista a importância da densidade de semeadura e da regularidade de distribuição longitudinal de plantas para a produtividade das culturas de grãos, o presente estudo tem o objetivo de sistematizar o conhecimento disponível a respeito da precisão funcional da semeadora, identificando as causas dos erros de semeadura e os fatores relativos à máquina que influenciam cada um deles. Para tanto, foram consultados aproximadamente 100 trabalhos científicos. Desses, 20 são utilizados diretamente e citados ao longo do texto. Foi possível concluir, a partir das informações que se encontram dispersas na bibliografia, que a precisão de semeadura é afetada por quatro tipos de erros quando o fator máquina é considerado: erro de dosagem, erro de deposição, erro de profundidade e erro de acondicionamento. Os fatores que contribuem para a ocorrência de cada um desses erros são discutidos ao longo do trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: precisão de semeadura, dosadores, erros de semeadura

PLANTER FUNCTIONAL PRECISION ANALYSIS

ABSTRACT: *Due to the importance of planting rates and the plant longitudinal distribution regularity to the crop productivity, this study has the objective of systemize the available knowledge about the planter's functional precision. The causes of seeding errors were identified and the factors relating to the machine that affect each one of them were studied. With that purpose, approximately 100 scientific studies were consulted. Twenty of them are directly used and cited along the text. It was possible to conclude, from the information dispersed in this bibliography, that four types of errors affect the seeding precision when the machine factor is considered: metering errors, delivery errors, depth errors and conditioning errors. The factors that contribute to the occurrence of each one of these errors are discussed along the paper.*

KEY WORDS: *precision seeding, metering devices, seeding errors*

INTRODUÇÃO

A produtividade de determinada cultura, excluindo-se os fatores edafoclimáticos, genéticos e fitossanitários, está fortemente ligada ao *processo de semeadura*. Nesse, o fator máquina tem especial importância, pois é responsável pela distribuição espacial das plantas, podendo determinar perdas de produtividade de 15% ou mais na cultura do milho, 35% ou mais na cultura do girassol e 10% ou mais na de soja^[1].

As principais funções de uma semeadora são abrir um sulco a uma profundidade apropriada, dosar sementes, depositar sementes no sulco com padrão de distribuição adequado, cobrir as sementes e compactar o solo em torno delas^[2]. Quando se considera a semeadura de precisão as funções acima adquirem outros atributos, pois os mecanismos da semeadora devem permitir a colocação das sementes espaçadas umas das outras, dentro da linha de semeadura, com distâncias definidas.

O estudo das funções parciais principais da semeadora, ou seja, aquelas que estão diretamente relacionadas com a função global da máquina, permite formular a hipótese de *que a precisão de semeadura, em termos de regularidade de distribuição longitudinal de plantas, não depende apenas da precisão funcional do mecanismo dosador*. Conforme visto, a semente dosada precisa ainda ser transportada e depositada no sulco de semeadura, que deve ter uma certa profundidade e, finalmente, coberta com solo convenientemente compactado. Assim, em qualquer uma dessas subfunções podem-se gerar erros que comprometem a precisão final da semeadora. Estes fatos são conhecidos pelos pesquisadores da área. No entanto, esse conhecimento encontra-se compartimentado. Cada pesquisador aborda, isoladamente, um ou dois mecanismos responsáveis pelas funções parciais da semeadora no que concerne à precisão funcional, de acordo com motivações específicas. Não há, em nenhum trabalho pesquisado, a preocupação em sistematizar ou agrupar o conhecimento a respeito das causas dos erros de semeadura.

Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo sistematizar o conhecimento disponível no que se refere à precisão funcional da semeadora, identificando as causas dos erros de semeadura e os fatores relativos à máquina que influenciam cada um deles, procurando comprovar a hipótese de que a precisão funcional da semeadora é função de múltiplas variáveis. Com essa abordagem mais ampla e clara do pro-

blema, pretende-se tornar mais fácil a tarefa de vários profissionais ao longo do ciclo de vida da semeadora, desde projetistas e extensionistas até o usuário final da máquina. Este além de poder otimizar o seu funcionamento, poderá ser mais bem orientado quanto a aquisição de semeadoras de precisão.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O índice de emergência de plântulas (razão entre o número de sementes viáveis depositadas e plântulas emergidas) é um dos parâmetros mais adequados para se avaliar o desempenho final da semeadora de precisão^[3,4], pois permite a consideração da qualidade das operações que devem ser realizadas para que se efetive a semeadura (abertura do sulco, dosagem, deposição e acondicionamento das sementes).

Portanto, em termos de regularidade de distribuição longitudinal de plantas, os fatores na máquina que afetam a precisão da semeadura podem ser expressos por quatro tipos de erros: a) erro de dosagem; b) erro de deposição; c) erro de profundidade; e e) erro de acondicionamento.

Erro de dosagem

Como se trata de um trabalho sobre semeadura de precisão, o erro de dosagem pode ser definido como o desvio da distância entre sementes dosadas em relação à distância teórica representada pelas células do dosador.

O estudo dos trabalhos dos autores que pesquisaram mecanismos dosadores permitiu identificar alguns fatores que claramente afetam o desempenho desses mecanismos.

a) Características das sementes: um dos pré-requisitos para a semeadura de precisão empregando mecanismos com células ou orifícios é a uniformidade de tamanho e de forma das sementes^[2]. Sementes grandes em relação ao tamanho das células podem não ser captadas ou projetarem-se para fora das células, sendo danificadas pelo mecanismo exclusor. As sementes pequenas, por outro lado, podem dar origem a dosagem múltipla. Outros fatores, como a textura externa da semente, devem ser considerados.

b) Relação de tamanho e forma entre as células e as sementes: o diâmetro ou comprimento das células deve ser aproximadamente 10% superior à máxima dimensão da semente e que a sua profundidade seja igual ao diâmetro ou espessura média da semente^[2].

c) Velocidade do componente rotativo: esse fator tem grande influência na danificação das sementes por dosadores mecânicos e na captação das sementes pelas células do dosador. Há pelo menos três pesquisas que comprovam que os danos às sementes são diretamente proporcionais à velocidade tangen-

cial do mecanismo dosador^[1]. Há duas razões principais para esse aumento de danos às sementes. A primeira ocorre devido ao funcionamento mais agressivo dos mecanismos exclusor e ejetor, pois com a maior velocidade do componente rotativo, tanto o tempo que a semente tem para se alojar na célula, como o tempo para a sua retirada desta, ficam menores. A segunda razão diz respeito à danificação ocorrida quando da passagem da semente pelo orifício de descarga do dosador. Nesse momento a semente está exposta ao efeito cisalhante produzido entre o componente rotativo (móvel), onde se encontram as células, e a base fixa onde se localiza o orifício de descarga. O aumento da rotação do mecanismo dosador também faz com que as sementes do reservatório tenham menos tempo para alojarem-se nas células, ocasionando um aumento de falhas na distribuição longitudinal de sementes na linha de semeadura. A velocidade tangencial das células dos mecanismos dosadores não foi suficientemente estudada para todos os tipos de mecanismos. Os dados disponíveis referem-se apenas à velocidade tangencial máxima recomendada para dosadores de disco horizontal, que não devem exceder entre 0,290 e 0,315m.s⁻¹ [5].

d) Desgaste dos componentes mecânicos: os componentes mecânicos dos dosadores geralmente apresentam movimento relativo, o que dá margem ao surgimento de atrito, resultando desgaste. Afora isso, algumas sementes são muito abrasivas, desgastando as partes por onde passam. Há relatos de um aumento de até 20 pontos na porcentagem de enchimento de células (razão entre as sementes dosadas e o número de células) em virtude do desgaste do disco dosador e do fundo do reservatório de sementes na semeadura de milho^[6]. Na semeadura de arroz pode ocorrer o oposto, ou seja, um decréscimo médio na razão de distribuição de 16,7% em função do desgaste do dosador tipo rotor acanalado helicoidal nas primeiras 200h de funcionamento^[7]. Mesmo em semeadoras pneumáticas há a captação múltipla de sementes nos orifícios do elemento individualizador, tornando-se necessário o emprego de um elemento exclusor. De acordo com um pesquisador, *ainda que esses elementos mecânicos possam ser ajustados para obtenção de um desempenho elevado enquanto novos, o desgaste do disco dosador e do próprio elemento exclusor torna impossível o funcionamento satisfatório*^[8].

e) Regulagens: esse item refere-se a facilidade de proceder regulagens no mecanismo dosador a fim de atender a densidade de semeadura de uma cultura. Na maioria dos casos a mudança da densidade de semeadura é possível pela alteração da relação de transmissão entre o elemento motor e o mecanismo dosador ou pela troca do próprio mecanismo dosador por outro com diferente número e forma de células. Fica evidente que se essas alterações não forem simples, poderão até não ser executadas, ocasionando,

por certo, um decréscimo na precisão da máquina, considerando-se a densidade de semeadura pretendida.

f) Melhoradores de fluxo: a presença de lubrificantes altera a fluidez das sementes, influenciando na sua distribuição na linha. O emprego de pó de grafite nas sementes de milho é uma prática recomendada por muitos fabricantes de semeadoras que empregam dosadores com células. A mistura de pó de grafite na razão de 0,04kg para 20kg de sementes de milho melhora significativamente a porcentagem de espaçamentos aceitáveis (de 59,21% para 64,06%), quando comparado com a semeadura sem a adição desse lubrificante^[9].

g) Geometria do reservatório de sementes: a forma do reservatório deve ser tal que permita uma alimentação contínua do mecanismo dosador, evitando, assim, bloqueios no fluxo de sementes^[1]. Como as sementes passam do reservatório ao dosador pela ação da força da gravidade, as suas paredes devem ter ângulos superiores ao ângulo de atrito entre as sementes e o reservatório (cerca de 30°).

h) Conformidade de fabricação: a conformidade de fabricação dos mecanismos dosadores em relação aos valores fixados no projeto, evidencia-se, sobretudo, na uniformidade de espessura de discos, acabamento de cantos e bordas, chanfros, seções e rampas das células, diâmetros^[10]. Quanto menor o espaçamento angular entre as células do elemento dosador, mais precisa deve ser a sua construção. Num disco de 30 células, um erro angular de construção de apenas 0,21° pode ocasionar um erro na distância teórica entre sementes de 2,5mm. Se o mesmo disco tivesse 14 células, este erro de fabricação ocasionaria um desvio na distância entre sementes de apenas 1,1mm^[11].

i) Desempenho de mecanismos auxiliares: os mecanismos auxiliares, presentes num grande número de dosadores de precisão, são o **elemento excludor** (que tem a função de impedir o alojamento de mais de uma semente na célula do elemento individualizador) e o **elemento ejetor** (que tem a função de garantir a retirada da semente da célula ao passar sobre o tubo condutor). O funcionamento inadequado desses elementos compromete a precisão de semeadura, pois pode haver a dosagem de múltiplas sementes ou a falha na dosagem. Estes dois mecanismos têm também grande potencial de danificação das sementes.

Os nove fatores levantados não têm ação apenas individual sobre o desempenho dos mecanismos dosadores. Ao contrário, há correlações entre eles, de forma que uma alteração num fator pode modificar a forma de atuação de outro, pois são interdependentes. Na matriz da FIGURA 1 mostra-se qual o nível de relacionamento entre os fatores citados.

parede interna seja inferior a 6° , pois quanto maior for esse ângulo, maior será o número de impactos da semente dentro do tubo^[13]. Mudanças bruscas de direção do tubo condutor também devem ser evitadas, pois afetam significativamente a uniformidade de distribuição de sementes^[14]. Por outro lado, é desejável a presença de uma curvatura para trás em relação à semeadora, a fim de anular a componente horizontal da força que atua na semente dentro do tubo, o que evita o rolamento desta dentro do sulco^[13]. Por fim, tubos condutores com baixa rugosidade interna, ou seja, lisos, minimizam a variação de trajetória da semente^[15].

c) Velocidade da semente: tanto a velocidade de saída da semente do mecanismo dosador quanto a velocidade com que a semente atinge o solo afetam a sua uniformidade de distribuição na linha de semeadura. No primeiro caso, a velocidade das sementes (que depende da rotação do mecanismo dosador) determina o ponto de impacto dessas com a parte inicial do tubo condutor, gerando ângulos de impacto tanto maiores quanto forem as velocidades das sementes^[13]. Conforme foi visto, o aumento desse ângulo tem efeito negativo na uniformidade de distribuição de sementes. Com relação à velocidade de impacto no solo, há um deslocamento mínimo quando as sementes são lançadas com ângulos entre 75 e 85° em relação ao ponto de descarga e a uma velocidade de impacto inferior a $1,25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ^[11].

d) Forma de deposição: conforme visto anteriormente, o mecanismo de deposição (tubo condutor) pode utilizar-se da força da gravidade para transportar as sementes dosadas ou de um outro agente, mecânico ou pneumático (mecanismo de deposição forçada). O emprego de mecanismos de deposição forçada pode minimizar os erros de deposição^[2]. Esse fato fica mais evidente quando são consideradas as informações dos itens anteriores. Nas semeadoras de fluxo contínuo, disponíveis no mercado internacional, o emprego da deposição forçada existe há vários anos. Na semeadura de precisão há a tendência de se adotar esse mesmo princípio. Há relatos do desenvolvimento de uma semeadora que empregava o transporte pneumático das sementes^[16]. Embora se tenha obtido resultados satisfatórios no transporte pneumático de sementes de milho e de soja, eles foram prejudicados na saída da tubulação de descarga em função das variações da velocidade das sementes. No entanto, são necessários mais estudos a fim de melhorar o desempenho do mecanismo.

Erro de profundidade

Dentre os fatores que afetam a germinação e a emergência da cultura estão a temperatura, a aeração do solo e a disponibilidade de água. Esses fatores são influenciados pelo tipo de solo, suas condições fisi-

cas e pela profundidade de semeadura^[3].

Vê-se, portanto, que a manutenção da correta profundidade de semeadura pela máquina também afeta a uniformidade de distribuição longitudinal de plantas. Pois considerando-se que uma semente colocada fora da profundidade recomendada (tanto acima quanto abaixo) pode não germinar ou não chegar à superfície, gera-se uma falha na distribuição de plantas na linha. O erro de profundidade reflete, portanto, os desvios na profundidade de abertura do sulco em relação à profundidade recomendada/regulada na semeadora. Esse fato é evidenciado quando se analisa um estudo que reúne dados de 42 experimentos de campo sobre profundidade de semeadura de culturas de sementes miúdas, colza e feijão^[17]. O estudo conclui que o desvio padrão da profundidade de semeadura em solo preparado afeta linearmente a porcentagem de emergência segundo a equação apresentada na FIGURA 2.

O desempenho de uma semeadora quanto à manutenção da correta profundidade de semeadura pode ser afetado pelos seguintes fatores:

a) Tipo de mecanismo sulcador: os sulcadores de disco duplo favorecem um bom controle de profundidade pois possibilitam a montagem de aros e rodas limitadoras de profundidade, sendo indicados para semeaduras rasas a médias^[2]. Sob condições de déficit hídrico, os sulcadores que trabalham mais profundamente criam um microclima mais favorável à emergência de plântulas no sistema de plantio direto, tanto em milho como em soja^[3].

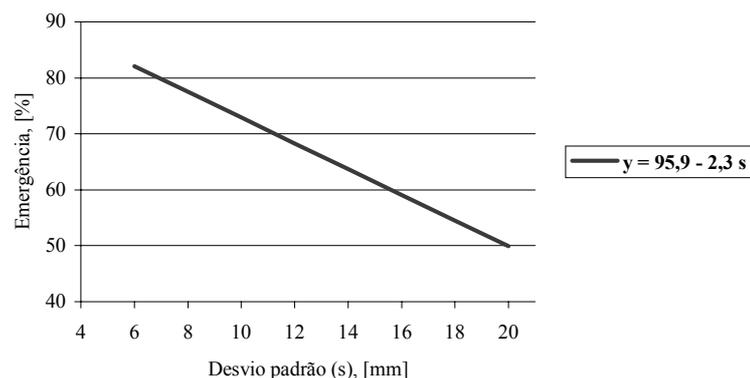


Figura 2 - Emergência *versus* desvio padrão da profundidade de semeadura para profundidades entre 25 e 45mm^[17].

b) Limitador de profundidade: é um elemento que se apóia na superfície de solo, bem próximo ao sulcador, limitando a profundidade de trabalho. Os principais tipos são os aros metálicos, as rodas limitadoras simples ou duplas e controle por roda compactadora. Os mecanismos limitadores de profundidade

colocados tanto à frente como atrás do sulcador não produzem os melhores resultados, pois grandes distâncias entre o limitador de profundidade e o sulcador causam reações antecipadas ou tardias sobre as irregularidades do terreno, resultando em erros na profundidade de abertura do sulco. A melhor opção parece ser o posicionamento lateral do limitador em relação ao sulcador^[17].

c) Velocidade de deslocamento: o aumento da velocidade de operação pode causar um aumento na profundidade de semeadura direta de milho e de soja^[3].

Erro de acondicionamento

Da mesma forma que a profundidade de semeadura, erros de acondicionamento afetam a emergência de plântulas. A quantidade de solo que recobre a semente assim como o grau de compactação produzido alteram a quantidade de água e de ar disponíveis à semente e a resistência do solo à passagem da plântula durante a emergência^[15].

As semeadoras deveriam ser projetadas para compactar o solo ao nível da semente no sulco, empurrar a semente contra esse solo compactado e, somente então, cobri-las com solo solto^[2]. Os mecanismos acondicionadores atuais chegam próximo disso: colocam solo úmido em contato com as sementes, compactam o solo ao lado das sementes, cobrem-nas com uma camada adequada, deixando o solo sobre as sementes suficientemente solto para evitar a formação de crostas que possam dificultar a emergência. Adicionalmente, os mecanismos da semeadora devem assegurar um adequado espaçamento entre as sementes e o fertilizante.

Os principais fatores que afetam o erro de acondicionamento são: (a) tipo de mecanismo recobridor; (b) tipo de mecanismo compactador; e (c) regulagens.

A identificação das melhores configurações de mecanismos recobridores e compactadores, assim com as suas regulagens, depende das condições de operação (tipo de semeadura, tipo de solo, umidade, cultura, quantidade de palha) e da própria máquina. Dessa forma não se torna possível avaliar precisamente a contribuição de cada um desses itens na precisão de semeadura. No entanto, algumas informações importantes são apresentadas: (a) os mecanismos acondicionadores que não compactam o solo diretamente acima da semente (roda metálica vazada, rodas de borracha e discos inclinados) têm obtido os melhores resultados (algumas rodas compactadoras pneumáticas, utilizadas na semeadura em solo preparado, tem uma saliência estreita no centro, que cria uma fratura no perfil do solo auxiliando a emergência das plântulas^[6]; (b) a pressão de compactação ideal do solo sobre a semente é de 10kPa ^[18]; (c) a existên-

cia de regulagem do ângulo de abertura das rodas compactadoras permite adequá-las às condições de operação, melhorando a habilidade de recondução do solo para o sulco aberto^[19]; (d) o desgaste dos mancais das rodas compactadoras pode ocasionar a mudança do ângulo de abertura ou do desalinhamento em relação ao sulco; (e) os discos de corte devem operar a uma profundidade ligeiramente menor que o sulcador responsável pela colocação da semente para prevenir a formação de bolsas de ar dentro do sulco, abaixo da semente^[20].

CONCLUSÕES

Embora esse estudo tenha cunho eminentemente teórico, permitiu, chegar-se a conclusões importantes quanto à precisão de semeadura, já que as informações sobre o assunto encontram-se dispersas ou não foram convenientemente exploradas nos trabalhos originais.

a) Este estudo permitiu a verificação da hipótese de que a precisão de semeadura não depende apenas da precisão funcional do mecanismo dosador. Foram identificadas quatro fontes de erros que afetam a precisão de semeadura quando o fator máquina é considerado: erro de dosagem, erro de deposição, erro de profundidade e erro de acondicionamento. Especula-se que o controle desses erros, tanto em nível de projeto quanto de utilização das semeadoras, tem grande potencial para melhorar a regularidade de distribuição de plantas na linha de semeadura.

b) O erro de dosagem é afetado pelas características físicas das sementes, relação de tamanho e forma entre as células e as sementes, velocidade do componente rotativo, desgaste dos componentes mecânicos, regulagens, melhoradores de fluxo, geometria do reservatório de sementes, conformidade de fabricação e desempenho de mecanismos auxiliares. Outros fatores podem existir, porém não foram identificados na bibliografia consultada.

c) O erro de deposição é afetado pela altura do mecanismo dosador, configuração do tubo condutor, velocidade da semente e forma de deposição.

d) O erro de profundidade é afetado pelo tipo de mecanismo sulcador, mecanismo limitador de profundidade e velocidade de deslocamento.

e) O erro de acondicionamento é afetado pelo tipo de mecanismo recobridor, tipo de mecanismo compactador e regulagens. No entanto, não foi possível avaliar precisamente a contribuição de cada um desses itens na precisão de semeadura.

f) O erro de dosagem afeta a regularidade de distribuição de plantas de duas formas: através de imperfeições no processo de individualização de sementes e através da danificação das sementes durante a dosagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] PORTELLA, J. A. *Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas*. Passo Fundo: Embrapa/CNPT, 1997. 40 p. (Documentos, 41).
- [02] KEPNER, R. A.; BAINER, R.; BARGER, E. L. *Principles of farm machinery*. 3rd ed. Westport: Avi Publishing Co., 1982. 527 p.
- [03] PORTELLA, J. A.; SATTLER, A.; FAGANELLO, A. Avaliação de índices de emergência de soja e de milho em plantio direto no sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, C. Grande, *Anais...* Jaboticabal: SBEA, 1997. 1 CD.
- [04] CULPIN, C. *Farm machinery*. 10 ed. London: Granada, 1981. 450p.
- [05] FEY, E.; JUSTINO, A.; WEIRICH NETO, P. H. *et al.* Efeito da velocidade tangencial do mecanismo dosador tipo disco perfurado horizontal na distribuição de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. *Anais...* Jaboticabal: SBEA, 1999. 1 CD.
- [06] JACOBS, C. O.; HARRELL, W. R.; SHINN, G. C. *Capítulo 19: Planting and seeding equipment*. In: *Agricultural power and machinery*. New York: McGraw-Hill, 1983. p.336-354.
- [07] SOZA, E. L.; LARROSA, L. A.; TOURN, M. C., *et al.* Efecto del desgaste em dosificadores de rodillo acanalado helicoidal, provocado por la semilla de arroz (*Oryza sativa*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., 1996, Bauru, *Anais...* Jaboticabal: SBEA, 1996. 1 CD.
- [08] SHAFII, S.; SASAO, A.; UPADHYAYA, S. K. Air-jet seed singulation. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.34, n.5, p.1973-1977, 1991.
- [09] DAMBRÓS, R. N.; RIPOLI, T. C. C.; DIAS, C. T. S. Estudo de mecanismos dosadores de semeadoras, variando-se a velocidade de deslocamento e a lubrificação das sementes na cultura do milho (*Zea mays L.*). *Eng. Rural*, Piracicaba, v. 9, n. 1, p.39-49, 1998.

- [10] COLOMBINO, A. A.; POLLACINO, J. C.; SOSA, R. O. *Máquinas para implantación de cultivos*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 1985. 63 p
- [11] WEBER, C. J.; GALLINA, F.; REIS, A. V. *et al.* Modelamento e simulação dos erros da cadeia cinemática de acionamento e do disco dosador em semeadoras de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, Foz do Iguaçu, Anais... Jaboticabal: SBEA, 2001. 4p. (CD-ROOM).
- [12] CASÃO JUNIOR, R.; PALLEROSI, C. A.; PORTELLA, J. A. Dispositivo pneumático para redução dos erros de dosagem e deposição de sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, C. Grande, *Anais...* Jaboticabal: SBEA, 1997. 1 CD.
- [13] PACHECO, E. P.; MANTOVANI, E. C.; MARTYN, P. J. *et al.* Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.31, n.3, p.209-214, 1996.
- [14] RYU, I. H.; KIM, K. U. Design of roller type metering device for precision planting. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.41, n.4, p. 923-930, 1998.
- [15] MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; MORAES, M. B., *et al.* *Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais*. Pelotas: Universitária UFPel, 1996. 229 p.
- [16] CASÃO JUNIOR, R. *Desenvolvimento de sistema pneumático de dosagem e transporte de sementes*. 1996. 191 f. Tese (Doutorado em Eng. Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- [17] HEEGE, H. J. Seeding methods performance for cereal, rape, and beans. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.36, n.3, p.653-361, 1993.
- [18] DELLAGIUSTINA, D. *Desenvolvimento do protótipo de uma semeadora adubadora de plantio direto a tração animal*. 1990. 135 f. Dissertação (Mestrado em Eng. Mecânica) - CTC/EMC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- [19] ARAÚJO, A. G. *et al.* *Desempenho da semeadora adubadora direta PST² - Marchesan em solos argilosos*. Londrina: IAPAR. 1999. 44p. (Circular n. 107).
- [20] KOCHHANN, R. A., FAGANELLO, A. Elementos rompedores de solo em semeadoras de plantio direto. *Revista Plantio Direto*, n.48, p.7-8, nov../dez. 1998.