

# INFLUÊNCIA DA GEOMETRIA NO DESEMPENHO DE PONTEIRAS ALADAS DE ESCARIFICADORES

MACHADO, Antônio Lilles T.<sup>1</sup>; CHANG Cheu-Shang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UFPEL/FAEM/Deptº de Eng. Rural - Campus Universitário - Caixa Postal 354 - CEP 96010-900 - Pelotas - RS

<sup>2</sup>UNICAMP/FEAGRI/Deptº de Máquinas Agrícolas - Caixa Postal 6011 - CEP 13084-100, Campinas - SP

(Recebido para publicação em 10/10/95)

## RESUMO

O trabalho analisa a geometria da ponteira de escarificadores e a influência nas forças vertical, horizontal e resultante, na área transversal do perfil de solo mobilizado e resistência específica operacional. Três formatos de borda de corte em dois ângulos de ataque, foram estudados com a finalidade de verificar em qual situação a ruptura do solo vem a ser facilitada. O experimento foi conduzido em caixa de solo, onde foi possível a manutenção e o controle das diferentes variáveis que apresentam influência sobre o desempenho da ponteira. Os resultados demonstraram que a ponteira com ângulo de ataque igual a 20° e borda de corte reta proporcionou um menor consumo energético por unidade de área de solo mobilizado.

Palavras chave: Máquina agrícola, escarificador, força resultante, mobilização de solo, resistência operacional

## ABSTRACT

**INFLUENCE OF THE GEOMETRY IN THE CHISEL PLOW SHARE WING PERFORMANCE** This work analyse the geometry of the chisel plow share wing and the influence in the vertical, horizontal and draft forces, as well as in the furrow profile and specific resistance. The geometrical parameter of the chisel plow share wing studied were, the cutting edge in order to check in wich situations the cut of the soil tends to be more effective. The experiment was made in soil bin due to an adequate control of the different variables of the soil that affect the performance of chisel plow share wing. The results showed that chisel plow share wing with 20° rake angle an straight cutting edge spend less energy per unity of soil mobilized.

Key words: Agricultural implement or machine, Scarifier, Draft force, furrow profile, specific resistance.

## INTRODUÇÃO

Há muito interesse de pesquisadores e agricultores no uso de novos métodos de preparo do solo, principalmente naqueles que visam, com uma mínima mobilização, obter condições adequadas para o pleno desenvolvimento da cultura a ser implantada. Entre os novos métodos destacam-se a utilização de

escarificadores. Conforme MAZUCHOWSKI & DERPSH (1984), implementos deste tipo provocam uma pequena mobilização no solo, sem enterrar a maior parte dos resíduos vegetais, ao contrário do que ocorre quando são utilizados outras máquinas ou implementos de preparo do solo, tais como arados e grades.

Os escarificadores atuam à profundidades variáveis, chegando a um máximo de 35 cm, que segundo GADANHA JUNIOR (1992), podem oferecer várias vantagens no preparo primário do solo. A maioria dos estudos são conduzidos para determinar a forma mais adequada de utilização e na introdução de melhorias mecânicas destes implementos. Entretanto, os experimentos têm sido executados pincipalmente com escarificadores que utilizam ponteiras de formato reto (ponteiras estreitas). Já LANÇAS (1987,1988) estudando o desempenho de diferentes formas geométricas de hastes e ponteiras de subsoladores, verificou que a ponteira alada proporciona uma largura de corte estatisticamente superior a ponteira sem asas. Tendo obtido, para todas as interações com o tipo de haste e a velocidade de trabalho, uma área significativamente maior de solo mobilizado pela ponteira alada, em relação a sem asas, produzindo, desta forma, uma melhor conversão energética. Considera-se que a ponteira alada (ferramenta larga), pode vir a ser intensamente utilizada no preparo primário do solo, sendo, portanto, bastante oportuno o estudo da geometria desse tipo de ferramenta.

Segundo CHANG (1990), os fatores de projeto que estão relacionados a implementos de preparo do solo são a penetração, resistência à tração e desgaste, enquanto que o princípio geométrico destas ferramentas, vem a ser definido principalmente pelo ângulo de ataque, ângulo da ponta, ângulo lateral e altura livre.

A variação dos parâmetros geométricos de uma ponteira de escarificador influi diretamente no desempenho da mesma. FIELKE (1984) estudando a performance de um conjunto de ponteiras de um determinado fabricante australiano, verificou que a eficiência no gasto de energia, com a utilização do escarificador, pode ser aperfeiçoada, visto que 60% da diferença entre esforços de tração é devido ao formato das ponteiras. Novamente FIELKE (1989), analisando parâmetros geométricos de várias ponteiras e seu efeito

no esforço de tração e força vertical, a diferentes velocidades de trabalho, utilizando um canal com diferentes tipos de solo, observou que o grupo de melhores ângulos de ataque, num mínimo esforço de tração e máxima força vertical, situavam-se entre 10° e 20°. Ao aumentar o ângulo de ataque, maior era o esforço de tração e menor a força vertical para baixo, confirmando observações anteriores de PAYNE & TURNER (1959).

A geometria do órgão ativo do implemento é importante para dimensionar sua capacidade, quer por possibilitar uma maior amplitude de trabalho, quer por proporcionar o uso de fontes de tração (animal ou mecânica) de menor potência,.

O presente trabalho estuda a geometria da ponteira do escarificador com formato alado, abordando, principalmente, o formato da borda de corte

(relacionado ao ângulo da ponta) e o ângulo de ataque da ponteira, para identificar os níveis de influência no seu desempenho geral.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Ponteiras de escarificador

A partir de parâmetros considerados pela revisão bibliográfica como os mais indicados para produzir um menor esforço de tração, com adequada mobilização de solo e mínimo desgaste da ferramenta, foram confeccionadas seis ponteiras de escarificadores. Duas ponteiras para cada tipo de borda de corte, afim de possibilitar a utilização de dois ângulos de ataque: “ $\alpha$ ” (ângulo de penetração) + “ $\beta$ ” (ângulo de sucção), para cada uma das bordas estudadas.

As dimensões básicas dos parâmetros geométricos, estabelecidos para as diferentes ponteiras, encontram-se na Tabela 1. O desenho indicativo das mesmas está apresentado na Figura 1.

TABELA 1 - Dimensões dos parâmetros geométricos das ponteiras estudadas.

Parâmetro	Ponteira		
	A	B	C
Largura ( L ) ( mm )	200	200	200
Comprimento da base ( B ) ( mm )	175	175	175
Espessura da chapa ( E ) ( mm )	3	3	3
Ângulo lateral ( $\tau$ ) ( ° )	30	30	30
Ângulo da ponta ( $\theta$ ) ( ° )	60	35	80
Ângulo de penetração ( $\alpha$ ) ( ° )	15	15	15
Ângulo de sucção ( $\beta$ ) ( ° )	N1	0	0
	N2	5	5
Altura livre ( A ) ( mm )	N1	0	0
	N2	15	15

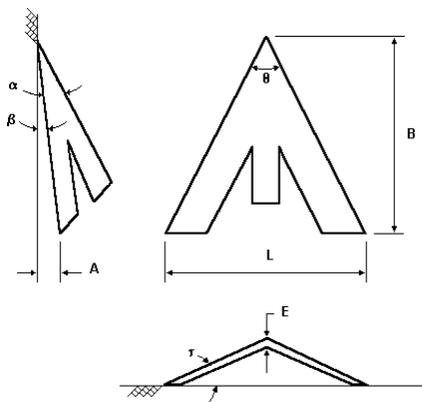


Figura 1. Geometria básica das ponteiras estudadas.  
Borda de corte

Foram confeccionadas três formatos de borda de corte: Reto ( $\theta = 60^\circ$ ), Côncavo ( $\theta = 35^\circ$ ) e Convexo ( $\theta = 80^\circ$ ).

Nas ponteiras com borda de corte de formato curvo (côncavo e convexo), o ângulo da ponta foi obtido medindo-se o ângulo formado por duas retas imaginárias tangentes a borda de corte, sendo a sua origem a parte inicial da ponteira. Desta forma manteve-se os valores do ângulo da ponta dentro do limite estabelecido por SIROHI & REAVES (1969) como o mais adequado para um menor esforço de tração, isto é,  $\theta$  menor do que 100°. O ângulo de ataque é o fator de maior influência no esforço de tração e, o valor mais indicado para este ângulo proporcionar um mínimo esforço de tração e máxima força vertical para baixo, conforme FIELKE (1989), situa-se entre 10° e 20°. Portanto, tendo sido o ângulo de penetração ( $\alpha$ )

estabelecido em 15°, o ângulo de sucção ( $\beta$ ) foi mantido em dois níveis (0° e 5°), a fim de caracterizar-se o comportamento das bordas de corte em dois diferentes ângulos de ataque (15° e 20°).

#### Caixa de solo

O experimento utiliza uma caixa de solo, descrita por CHANG et al (1993), onde coloca-se o solo em camadas de 50 mm, sendo, a seguir niveladas e adensadas até atingir a altura desejada dentro da caixa. O solo, segundo análise granulométrica, foi classificado como franco argilo silteoso. As análises referentes a densidade global, umidade e resistência à penetração, também foram executadas. O valor da umidade do solo foi obtida de amostras coletadas após a realização dos testes, na profundidade de trabalho (100 mm), com três amostragem para cada uma das preparações da caixa de solo. A resistência do solo à penetração foi verificada com a utilização do penetrógrafo de cone, marca Soil Control modelo SC 60<sup>1</sup>, padrão B da ASAE, em três locais diferentes da caixa de solo, antes da realização de cada repetição.

Os resultados dessas análises (Tabelas 2, 3 e 4) mostram que há completo controle das variáveis do solo envolvidas no processo, com um nível de 99% de confiança para o experimento.

TABELA 2 -Nível médio de Densidade global do Solo.

Repetição	Densidade global (g/cm <sup>3</sup> )			
	amostra 1	amostra 2	amostra 3	média
1	1,31	1,49	1,36	1,39a
2	1,34	1,33	1,32	1,33a
3	1,33	1,44	1,35	1,37a

Média geral = 1,36 (g/cm<sup>3</sup>)

CV = 4,67%

Média seguida por letra distinta, na vertical, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

TABELA 3 - Teor médio de Umidade do solo.

Repetição	Umidade do solo (%)			
	amostra 1	amostra 2	amostra 3	média
1	12,00	12,56	12,32	12,29a
2	12,40	12,15	12,36	12,30a
3	12,24	12,35	12,38	12,32a

Média geral = 12,31 (%)

CV = 1,50%

Média seguida por letra distinta, na vertical, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

(<sup>1</sup>Marcas comerciais citadas no trabalho não indicam recomendação dos autores)

TABELA 4 - Nível médio de Resistência do solo à penetração a 100 mm de profundidade

Repetição	Resistência à penetração (Kpa)			
	amostra 1	amostra 2	amostra 3	média
1	1834,47	1716,75	1942,38	1831,20 a
2	1942,38	1599,03	1599,03	1713,48 a
3	1599,03	1775,61	1776,75	1697,13 a

Média geral = 1747,27 (Kpa)

CV = 8,09% Média seguida de letra distinta, na vertical, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%

#### Velocidade de trabalho

A velocidade de trabalho foi de 0,2 m/s (0,72 km/h), mantendo-se constante para todos os tratamentos e repetições.

#### Instrumentação

Para a análise dos esforços vertical e horizontal utilizou-se um sistema de aquisição de dados composto por um transdutor do tipo anel octogonal estendido. Apresentando uma capacidade de 3000 N para a força horizontal e 1500 N para a força vertical, com sensibilidade de 0,59 mV. O transdutor foi ligado a um condicionador de sinais marca Kyowa, Modelo 510B, para o registro automático, em fita cassete, dos sinais relativos aos esforços que ocorreram durante o deslocamento das ponteiros. Os sinais foram repassados numa placa conversora de sinais marca Data Translation, Modelo DT2801, a um microcomputador e armazenados em disquete.

Para a determinação do perfil de solo mobilizado, devido as dimensões da caixa de solo, confeccionou-se um perfilômetro de pequena dimensão. Através deste aparelho obteve-se valores plotados em coordenadas cartesianas (x, y), para a área transversal de solo mobilizado nos diferentes tratamentos estudados.

#### Delineamento estatístico

Para o delineamento estatístico considerou-se como variáveis independentes a geometria da ponteira, como co-variáveis a umidade, compactação do solo, profundidade de trabalho e velocidade de deslocamento das ponteiros. As variáveis dependentes foram as forças que atuam sobre as ponteiros e sua influência no esforço de tração e área de solo mobilizado.

A análise estatística baseou-se num ensaio fatorial (3x2) que, segundo AQUINO (1991), permite o conhecimento da ação conjunta dos fatores e o estudo dos efeitos principais de cada fator com a mesma precisão de experimentos isolados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Há uma tendência da força horizontal (Figura 2) ser maior nas ponteiros com borda de corte convexa (PC) e menor naquelas com borda de corte côncava (PB). Entretanto, não há diferença estatística significativa (Teste de Tukey a 5%) para o fator borda de corte entre os modelos analisados.

Para o ângulo de ataque, independentemente do tipo de borda de corte, pode verificar-se que, nas ponteiros com ângulo de 20° (nível 2), sempre os valores médios de força horizontal são mais altos, quando comparados às ponteiros com ângulo de ataque igual a 15° (nível 1). Estas observações estão bem evidenciadas entre os valores das forças horizontais nos modelos de ponteiros PCN2 e PBN1, no entanto, não há diferença significativa ( $p > 0,05$ ), entre as interações analisadas pelo teste de Tukey.

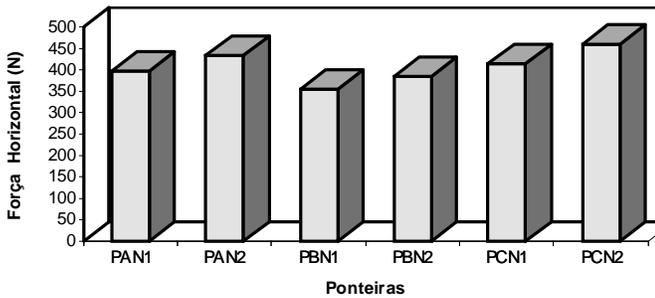


Figura 2. Gráfico da força horizontal média (N) x ponteiros.

Também pode ser observado para a força vertical (Figura 3), a mesma tendência anterior, visto que ponteiros com maior ângulo de ataque (N2) apresentam maior força vertical, para baixo, sendo esta força maior no modelo PCN2 e menor no modelo PBN1. Quanto ao fator borda de corte, as convexas (PC), são as ponteiros com médias de força vertical mais altas, mas sem apresentar diferenças significativas pelo Teste de Tukey. Na seqüência, aparecem as ponteiros com borda de corte reta (PA) e, por último, as com borda de corte côncava (PB). Assim, pode-se dizer que, as ponteiros com borda de corte côncava ( $\theta = 35^\circ$ ) apresentam menor facilidade de penetração no solo, quando comparada a ponteiros com borda de corte convexa ( $\theta = 80^\circ$ ) e borda de corte reta ( $\theta = 60^\circ$ ). Ponteiros com ângulo de ataque igual a 20° apresentaram valores mais altos para a força vertical, o que segundo VANDEN BERG (1966), proporciona maior facilidade de penetração da ferramenta no solo.

Assim, embora não tenha ocorrido diferença estatística entre os valores da força vertical para ponteiros com ângulos de ataque de 15° e 20°, já era esperado médias superiores naquelas com o maior

ângulo de ataque, confirmando observações feitas por CHANG (1990).

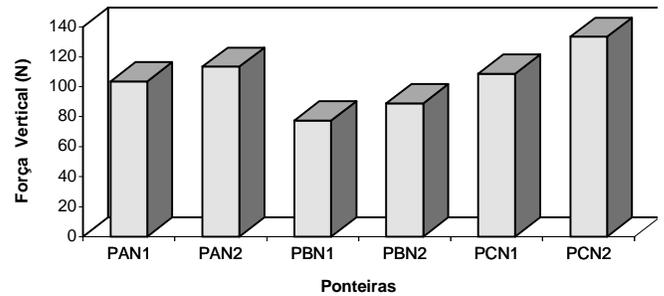


Figura 3. Gráfico da força vertical média (N) x ponteiros.

Para o tipo de conformação geométrica e profundidade de trabalho adotada no presente estudo, os resultados mostraram que em termos de força vertical, o ângulo de ataque limite vem a ser 20° pois, abaixo deste, a força vertical perde intensidade, proporcionando menor esforço sobre a ferramenta, logo menor facilidade de penetração da mesma no solo.

Os valores calculados para a força resultante (Figura 4) estão bastante próximos daqueles encontrados para a força horizontal, comprovando observações de outros autores, entre os quais SOUZA (1989). De modo que a força horizontal é a que apresenta maior influência na força resultante, porque os seus valores médios são muito superiores aos da outra componente desta força; a força vertical.

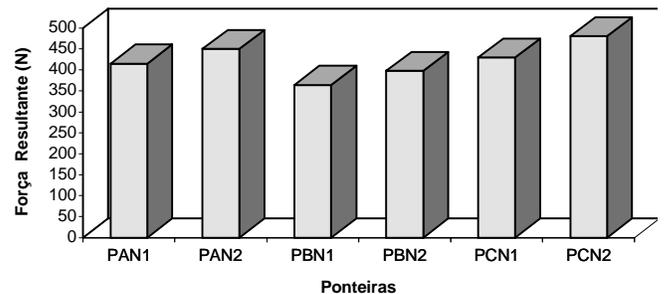


Figura 4. Gráfico da força resultante x ponteiros.

Observa-se ainda que ponteiros com borda de corte convexa ( $\theta = 80^\circ$ ) tendem a proporcionar os maiores valores de força resultante e as com borda de corte côncava ( $\theta = 35^\circ$ ), os menores. Com relação ao ângulo de ataque, verifica-se que o acréscimo deste proporciona um aumento da força resultante (esforço de tração). PLASSE et al. (1985), já haviam observado que quanto maior o ângulo de ataque da ferramenta maior o esforço necessário à tração.

A avaliação da área transversal de solo mobilizado (Figura 5), mostra que as ponteiros com maior ângulo de ataque são aquelas que proporcionam maior mobilização do solo, indicando que o ângulo de ataque e

por conseqüência, o ângulo de sucção ( $\beta$ ), além de influenciar no esforço de tração (força resultante) também apresenta influência na mobilização do solo efetuada pela ponteira.

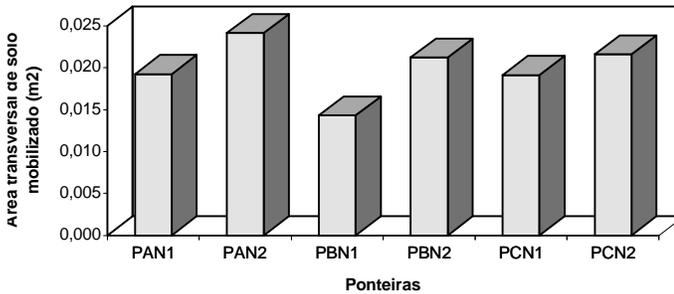


Figura 5. Gráfico da área transversal de solo mobilizado x ponteiras

Através do teste de Tukey relacionou-se o fator ângulo de ataque (N1 e N2) às diferentes bordas de corte, verificando-se diferenças significativas, ao nível de 5%, para o fator borda de corte reta, isto é, a ponteira PAN2 mobilizou uma maior quantidade de solo do que a ponteira PAN1, o mesmo acontecendo para o fator borda de corte côncava, ponteiras PBN1 e PBN2. Entretanto, não há diferença significativa para o fator borda de corte convexa (ponteiras PCN1 e PCN2) entre os valores médios encontrados em ambos os níveis do ângulo de ataque.

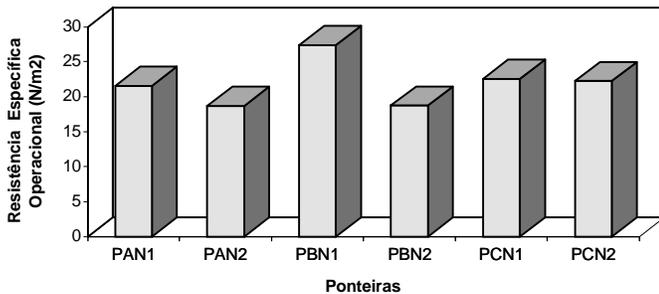


Figura 6. Gráfico da resistência específica operacional média (kN/m²) x ponteiras

A Figura 6 mostra que a resistência específica operacional das ponteiras com borda de corte côncava (PB), no conjunto, apresentam as maiores médias, enquanto que as ponteiras com borda de corte reta (PA) alcançam os menores valores médios. A partir destas observações e das decorrentes das análises de força resultante e área transversal de solo mobilizado, verifica-se que embora as ponteiras com borda de corte côncava tenham produzido uma menor força resultante (esforço de tração) a área transversal de solo mobilizado pelas mesmas foi também muito menor do que as demais, a ponto das ponteiras com este tipo de borda de corte apresentarem a maior resistência específica

operacional, fato oposto ao que ocorreu com as ponteiras com borda de corte reta e convexa, as quais proporcionaram menor resistência específica operacional, mostrando-se mais eficientes no consumo de energia por unidade de área de solo mobilizado. Muito embora isto tenha ocorrido, estas diferenças não foram suficientemente grandes para serem estatisticamente comprovadas, pois não houve diferença significativa entre as médias da resistência específica operacional, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

As ponteiras com ângulo de ataque igual a  $20^\circ$ , independente da borda de corte, apresentam um menor valor médio para a resistência específica operacional, embora esta diferença não tenha sido significativa, num intervalo de confiança de 99%. Portanto as ponteiras com maior ângulo de ataque, embora produzam um maior esforço de tração, este compensa-se pela maior mobilização de solo obtida, o que as leva a apresentarem menores valores de resistência específica operacional.

## CONCLUSÕES

Ponteiras com maiores ângulos de ataque tendem a apresentar valores mais elevados de forças horizontal, vertical e uma maior área transversal de solo mobilizado.

Ponteiras que produzem menor força horizontal proporcionam menor esforço de tração, visto que a média da força resultante é muito semelhante a da força horizontal.

A ponteira com borda de corte reto, e maior ângulo de ataque (PAN2) foi considerada de melhor conformação geométrica por propiciar menor valor de resistência específica operacional, maior força vertical e maior área de solo mobilizado.

O esforço de tração não pode ser tomado como parâmetro único, na análise de desempenho de ponteiras, sendo mais indicado as análises das forças vertical, horizontal e da área transversal de solo mobilizado, tendo como base principal a resistência específica operacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, Luiz H. Estatística Experimental. Apostila do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura de Lavras. Lavras : [s.n.], 1991. 252 p.
- CHANG, Cheu S. Developing multi-function tillage for a common animal draw-bar. in: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING, Berlin : [s.n.], 1990. Paper n. P12.22.
- CHANG, Cheu S., MACHADO, Antônio L. T., NETO, Pedro H. W. Desenvolvimento de uma micro caixa-

- de-solo para estudos de preparo do solo. in: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Ilhéus: v. 3, 1993. p. 2103-12.
- FIELKE, J. M. Scarifier and combine share testing using comparison dynamometers. in: CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING. Bundaberg : South Australian Institute of Tecnology, 1984.
- FIELKE, J. M. The influence of chisel plough share wing geometry on tillage forces. in: PROCEEDINGS OF THE ELEVENTH INTERNATIONAL CONGRESS ON AGRICULTURAL ENGINEERING. Dublin: Agricultural and Food Engineering Departament, University College Dublin, 1989. p. 1531-8.
- GADANHA JÚNIOR, Casemiro D. et al. Máquinas e implementos agrícolas do Brasil. São Paulo: IPT - CIENTEC, 1992.
- LANÇAS, Kléber P. Subsolador: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiras e velocidades de deslocamentos. Botucatu, SP : UNESP, 1987. 112 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1987.
- LANÇAS, Kléber P. Subsolador: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiras e número de hastes. Botucatu, SP : UNESP, 1988. 171 p. Dissertação (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1988.
- MAZUCHOWSKI, J. Z., DERPSH, R. Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas. Curitiba: ACARPA, 1984. 156 p.
- PAYNE, P. C. J., TANNER, D. W. The relationship between rack angle and the performance of simple cultivation implements. **J. Agric. Eng. Res.**, London, v. 4, n. 4, p. 312-25, 1959.
- PLASSE, R., RAGHAVAN, G. S. V., McKEYS, E. Simulation of narrow blade performance in different soils. **Trans. ASAE**, St. Joseph, MI, v. 28, n.4, p. 1007-12, 1985.
- SIROHI, B. J., REAVES, C. A. Similitude techniques applied to performance studies of cultivator sweeps. **Trans. ASAE**, St. Joseph, MI, v. 12, n.1, p. 786-9, 1969.
- SOUZA, W. R. Subsolador: influência de parâmetros geométricos na distribuição das forças. Campinas, SP: UNICAMP, 1989. 113 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1989.
- VANDEN BERG, G. E. Analysis of forces on tillage tools. **J. Agric. Eng. Res.**, London, v. 11, n. 3, p. 201-5, 1966.