



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
MINISTÉRIO DA ECONOMIA  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**

CARTA PATENTE Nº BR 102013026703-1

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

**(21) Número do Depósito:** BR 102013026703-1

**(22) Data do Depósito:** 16/10/2013

**(43) Data da Publicação Nacional:** 24/02/2015

**(51) Classificação Internacional:** A01B 1/02; A01B 15/02.

**(30) Prioridade Unionista:** US 61/714441 de 16/10/2012.

**(54) Título:** FERRAMENTA AGRÍCOLA

**(73) Titular:** INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA, Empresa Argentina. Endereço: RIVADAVIA, 1439, C1033AAE, CIUDAD DE BUENOS AIRES, ARGENTINA(AR); UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, Empresa Argentina. Endereço: SARMIENTO, 440 7°, C1041AAJ, CIUDAD DE BUENOS AIRES, ARGENTINA(AR)

**(72) Inventor:** ADRIAN MARCELO CANZIAN; JOSÉ CRISANTI; CARLOS ALBERTO MONTI; EDUARDO ALFREDO FAVRET; HÉCTOR JOSÉ MARIA MORRÁS; ANGEL ROMITO; MARCOS ANDRÉS ROBA; JUAN PABLO D'AMICO; MARIO OMAR TESOURO.

**Prazo de Validade:** 20 (vinte) anos contados a partir de 16/10/2013, observadas as condições legais

**Expedida em:** 02/06/2020

Assinado digitalmente por:

**Liane Elizabeth Caldeira Lage**

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

## FERRAMENTA AGRÍCOLA

### **Campo da Invenção**

[001] A presente invenção se refere a melhoramentos na topografia de superfície de ferramentas agrícolas que interagem com o solo.

### **Fundamentos da Invenção**

[002] Durante a ação mecânica que envolve a remoção do solo ou a perturbação do solo, a adesão do mesmo às ferramentas agrícolas desempenha uma função principal, afetando tanto a qualidade do trabalho quanto a eficiência do processo. Certas tarefas fundamentais tais como o plantio ou a sementeação são preferivelmente feitas com alto conteúdo de água no solo já que isto é favorável para a germinação rápida e o nascimento da lavoura. No entanto, sob estas condições, a adesão de solo às partes do trem de distribuição do semeador, tais como as lâminas (relhas), cultivadores agrícolas, abridores de sulcos e fechadores de sulcos de sementes podem afetar o posicionamento correto da semente no sulco reduzindo a eficiência da implementação. O trabalho deve geralmente ser interrompido devido ao entupimento do plantador, broca, ou semeadores mesmo que as condições do solo permitam o trânsito do equipamento.

[003] A redução da adesão de solo às partes de trabalho ou ferramentas pode permitir, primeiramente, alcançar a abertura e o fechamento dos sulcos que rendem uma distribuição adequada e a germinação de sementes e por segundo, conseguir um início de trabalho mais cedo através do aumento do tempo disponível para realizar as tarefas. Ter mais tempo significa aumentar a oportunidade de trabalho, o que pode permitir reduzir a energia necessária para realizar a mesma quantidade de trabalho e reduzir tanto os custos de operação quanto a aplicação de cargas de superfície que levam à densificação do solo.

[004] O que foi dito anteriormente também se aplica ao equipamento para a adição de fertilizantes ou pesticidas no solo, por meio de grades de discos

antes da sementeira da lavoura ou por meio de cultivadores de lavoura em fileira após o aparecimento da lavoura.

[005] Consideração especial deve ser dada à aragem ou cultivo ou subsolagem realizados por escarificadores, cinzeis ou subsoladores. Estes trabalhos geram uma perturbação de solo profunda e por esta razão são os que demandam os maiores níveis de energia. Neste caso, a adesão de solo às ferramentas de trabalho torna a interação entre elas produzida em uma interface solo - solo. A redução da dita adesão quer dizer substituir a fricção solo - solo com fricção entre metal e solo, o que pode reduzir a energia necessária dos trabalhos.

[006] Para tudo o que foi dito acima, se a adesão é reduzida não apenas pode ser reduzida a tração ou a força de arraste na ferramenta com uma consequente redução no consumo de combustível, mas também a janela de tempo para realizar arado ou cultivo pode ser estendida através da redução da energia necessária.

[007] Nas décadas recentes, a biomimética, isto é, o projeto, a construção, os testes e a manutenção de sistemas artificiais os quais são inspirados por sistemas vivos, abriu um grande campo de investigação para aplicações e soluções de engenharia. Estas inovações inspiradas por natureza originalmente derivadas a partir do trabalho de Leonardo da Vinci no estudo do voo dos pássaros. Dadas as características do assunto, no entanto, a primeira patente inspirada pela biomimética foi preenchida não antes do que o meio dos anos de 1950, que corresponde ao projeto final do Velcro, em 1955, por George de Mestral, um engenheiro suíço. Hoje a análise dos princípios funcionais e estruturais de certas superfícies biológicas permite o seu uso em sistemas artificiais feitos pelo homem. Exemplos incluem o efeito de pele de tubarão para gerar superfícies antifricção (superfície da fuselagem do Airbus 380), o efeito do olho de mariposa para alcançar superfícies antirreflexão (células solares), o efeito Gecko para o desenvolvimento de superfícies de

adesão secas (adesividade inteligente) e o efeito lótus (planta lótus, *Nelumbo nucifera*) para produzir superfícies ultra-hidrofóbicas autolimpantes (tintas Lotusan).

[008] O pedido de Patente US 2009/0101370 A1 (Tasovski) descreve uma lâmina de escavadeira com uma superfície de interação com o solo com um arranjo de protruções biomiméticas antiadesão que se projetam para fora da superfície de base. As protruções são arranjadas em um padrão retangular.

[009] O pedido de patente Europeu EP 2407671 A1 (Tei et al.) descreve uma lâmina de ventilador com um arranjo de covas na vizinhança da borda de maneira a alterar uma camada limitante de fluxo laminar para fluxo turbulento. Ela lida apenas com problemas aerodinâmicos.

[0010] A Patente US 5.172.770 (Moyle) descreve uma divisão agrícola com depressões na vizinhança da borda de maneira a reduzir a área de "impressão" da divisão. Nenhuma menção é feita a um arranjo de depressão específico vantajoso ou crítico.

[0011] A Patente US 6.532.855 B1 (Ward et al.) descreve uma lâmina de serra tendo uma multiplicidade de covas discretas de diferentes formas e arranjadas de maneira aleatória. Nenhuma menção é feita a um arranjo de depressão específico vantajoso ou crítico.

[0012] A Patente US 6.739.991 B1 (Wardropper) descreve aparelho e método para fabricar uma lâmina com forma de seta de cerâmica tendo funcionalidades melhoradas com relação à resistência, peso e resistência à corrosão, a lâmina pode ter covas em sua superfície. As covas são arranjadas em um padrão retangular e nenhuma menção é feita a um arranjo de depressão específico vantajoso ou crítico.

### **Sumário da Invenção**

[0013] Para superar a adesão de solo às superfícies sólidas dos componentes do maquinário agrícola, a presente invenção aplica princípios de biomimética e características da fauna do solo para projetar tais superfícies. O

fenômeno de aderência aumenta a força de arraste necessária bem como o consumo de energia do maquinário, diminuindo a qualidade do trabalho. Os animais que habitam o solo não possuem este problema e se movem sem o solo aderir a eles, por causa das suas formas geométricas, hidrofobicidade, sistemas microeletro-osmóticos, lubrificação e flexibilidade da superfície cuticular. As funcionalidades físico-químicas, mecânicas e geométricas destas espécies podem ser usadas para o projeto de materiais e estruturas de ferramentas agrícolas.

[0014] A presente invenção se endereça a este problema através da modificação da topografia de superfície dos corpos envolvidos nas ferramentas agrícolas. Esta possui um profundo impacto ecológico e econômico resultando da economia de combustível e tempo de trabalho. O projeto de topografia de superfície tanto macro quanto micro da ferramenta da presente invenção é eficaz para diminuir a aderência de solo à superfície das ferramentas agrícolas com uma redução significativa e notável na força de tração e uma capacidade aumentada de penetração da ferramenta, devido à substituição da fricção solo - solo por fricção solo - metal.

[0015] Portanto, é um objetivo da presente invenção uma ferramenta agrícola com uma topografia de superfície modificada de maneira a reduzir a aderência do solo à ferramenta. A topografia está compreendida de elementos morfológicos.

[0016] Verificou-se que ferramentas agrícolas podem ser substancialmente melhoradas, particularmente com relação à demanda de força de tração quando interagindo com o solo, quando a superfície de ferramenta é provida com covas arranjadas em um padrão de paralelogramo (hexagonal) a unidade morfológica da qual é um triângulo equilátero.

[0017] Em uma modalidade mais preferida os elementos ou unidades são covas cônicas/hemisféricas com uma densidade planar corrigida ( $PD_C$ ), como definido abaixo no presente pedido, na faixa de 0,0161-0,0945, que

corresponde a uma relação entre o raio da cova ( $r$ ) e a distância ( $d$ ),  $r/d$  na faixa de 0,067-0,161.

[0018] Em modalidades mais preferidas da presente invenção, o  $PD_C$  é 0,0299 ou 0,05.

[0019] A profundidade da cova ( $h$ ) depende da espessura da ferramenta e seu diâmetro ( $2r$ ) depende do tamanho da ferramenta.

[0020] Em modalidades mais preferidas da presente invenção, a profundidade da cova é de cerca de 1 mm e seu diâmetro é de cerca de 2mm.

[0021] Em modalidades preferidas da presente invenção, as covas são cônicas ou hemisféricas, mas eles têm outras morfologias diferentes, e.g. cilíndricas ou piramidais. Uma única morfologia ou uma combinação de mais do que uma pode ser aplicada na superfície de ferramenta.

[0022] Em outra modalidade preferida da presente invenção, a superfície de ferramenta foi tratada de maneira a atrasar ou evitar que os elementos ou unidades sejam usados.

[0023] Em um outra modalidade da presente invenção, estas unidades morfológicas são arranjadas em fileiras que são afastadas em ângulos específicos uma da outra.

[0024] Em ainda uma outra modalidade preferida da presente invenção, as unidades morfológicas são arranjadas em pequenos grupos que formam fileiras que são paralelas ou são afastadas em ângulos específicos uma da outra, mais preferível na faixa de  $5^\circ$ - $15^\circ$  e mais preferivelmente tendo uma distribuição radial.

[0025] As unidades ou os elementos morfológicos da presente invenção podem ser preparados por usinagem, deposição de material controlada, moagem, processos químicos, metalurgia à laser ou revestimento de plasma, aplicados na superfície de ferramenta.

[0026] A ferramenta agrícola da presente invenção pode ser uma lâmina (relha), uma pá, um cultivador agrícola, um abridor de sulcos ou fechador de

sulcos de sementes, um escarificador, um arado ou um subsolador.

### **Breve Descrição dos Desenhos**

[0027] A invenção será mais bem entendida com referência à seguinte descrição de uma modalidade específica da mesma como mostrada nos desenhos anexos nos quais:

- A Fig. 1 é uma vista detalhada da topografia morfológica da superfície de ferramenta que mostra a distribuição das covas de acordo com uma modalidade da presente invenção;

- A Fig. 2 é uma vista de seção transversal detalhada de uma cova hemisférica na superfície de ferramenta, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

- A Fig. 3 é uma vista de seção transversal detalhada de uma cova cônica na superfície de ferramenta, de acordo com outra modalidade da presente invenção;

- A Fig. 4 é uma vista de topo de uma pá de acordo com a presente invenção;

- A Fig. 5 é uma vista de seção transversal da pá da Fig. 4 ao longo da linha A-B;

- A Fig. 6 é uma vista de topo do abridor de sulco de disco da presente invenção.

### **Descrição Detalhada da Invenção**

[0028] A invenção será descrita em detalhe fazendo referência aos desenhos como na sequência:

- A Fig. 1 mostra uma modalidade preferida da unidade morfológica do arranjo de covas da superfície de ferramenta, unidade a qual é um triângulo equilátero;

- A Fig. 2 é uma vista de seção transversal detalhada de uma cova hemisférica na superfície de ferramenta, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

- A Fig. 3 é uma vista de seção transversal detalhada de uma cova cônica na superfície de ferramenta, de acordo com outra modalidade da presente invenção;

- A Fig. 4 mostra uma pá da invenção com uma morfologia de superfície compreendendo uma pluralidade de covas hemisféricas arranjadas em um padrão de paralelogramo (hexagonal) a unidade morfológica da qual é um triângulo equilátero. Nesta modalidade, as covas possuem uma profundidade ( $h$ ) de 0,5 mm e diâmetro ( $2r$ ) de 2 mm, e estão afastadas lateralmente ( $d$ ) por 10 mm e afastadas em comprimento ( $w$ ) por 8,7 mm lateralmente;

- A Fig. 5 é uma vista de seção transversal da pá da Fig. 4 ao longo da linha A-B;

- A Fig. 6 mostra um abridor de sulco de disco compreendendo uma pluralidade de covas distribuídas de maneira uniforme em suas superfícies.

### Resultados Experimentais

[0029] Uma modalidade mais preferida da presente invenção está baseada nas características principais da epiderme do tórax do besouro *Diloboderus abderus*.

[0030] Um teste de trabalho é realizado através do emprego de uma ferramenta agrícola compreendendo covas cônicas ou hemisféricas, tendo um raio  $r$  e uma profundidade  $h$ , espaçadas em uma distância  $d$  seguindo um padrão hexagonal e homogêneo por toda a superfície de ferramenta. O padrão de unidade morfológica é definido como um triângulo equilátero com covas em cada canto, como pode ser observado na Fig. 1. A densidade planar de unidade morfológica (PD) é definida como o quociente entre a soma de todas as áreas de cova parcial dentro do triângulo ( $A_C$ ) e a área total do triângulo ( $A_T$ ).

$$A_T = d^2 \cdot (3)^{1/2} / 4$$

$$A_C = 3 \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot r^2$$

$$A_C = \pi \cdot r^2 / 2$$



$$PD = A_C / A_T$$

[0031] Um fator de correção (CF) deve ser aplicado à densidade planar de maneira a levar em conta as covas parciais ou incompletas localizadas nas bordas da ferramenta. O dito CF é obtido a partir da seguinte equação:

$$CF = (N + \sum n_i) / N$$

onde N é o número de covas atuais e  $n_i$  é a fração de cova nas bordas da ferramenta.

[0032] Portanto, a densidade planar corrigida ( $PD_c$ ) é:

$$PD_c = A_C / (A_T \cdot (CF)^2)$$

[0033] O teste de trabalho permite determinar a unidade morfológica mais adequada, a PD da qual mostra uma diferença na demanda de força de tração, isto é, um menor consumo de energia.

[0034] Os testes de campo foram conduzidos em solo de argiudoll localizado no Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INTA-Castelar, Argentina) de maneira a comparar a demanda de força de tração entre uma pá suave comum conhecida e várias modalidades preferidas da invenção, com topografia de superfície modificada, sendo todas as pás de tamanho idêntico.

[0035] Os resultados do teste são dados na seguinte Tabela I:

Tabela I: Características de superfície da pás usadas nos testes.

Designação	Morfologia do Elemento	Diâmetro (mm)	Padrão	$PD_c$
Bio1	Cova Cônica/hemisférica	2	Hexagonal Homogêneo	0,0299
Bio2	Protrusão hemisférica	2	Hexagonal Homogêneo	0,0299
Bio3	Cova Cônica/hemisférica	2	Hexagonal Heterogêneo	0,0945/0,0299
Bio4	Cova Cônica/hemisférica	2	Hexagonal Homogêneo	0,0161
Bio5	Cova Cônica/hemisférica	2	Hexagonal Homogêneo	0,0945

[0036] A medição da força necessária para puxar as pás como mostrada na Fig.4 foi realizada usando um instrumento de captura de força triaxial

projetado e desenvolvido no Laboratorio de Terramecánica e Implantación de Cultivos (IIR-INTA Castelar-Argentina) como parte do projeto INTA PE AEAI 1703 “Improvements in main crop implantation”. Este dispositivo permite medir reações do solo na ferramenta testada nas direções axial, vertical e transversal em relação à direção de movimento, bem como a velocidade de movimento instantânea e a profundidade de trabalho.

[0037] A área de experimento foi dividida em quatro sítios aceitavelmente homogêneos. Por sua vez, dentro dos ditos sítios e de maneira a minimizar os erros causados por variações nas condições de solo, um número de parcelas foi delimitado no qual sulcos produzidos por diferentes projetos de pá foram pareados de maneira aleatória.

[0038] Assim, cada parcela representa um conjunto completo já que todos os tratamentos foram incluídos em cada teste. O procedimento de teste foi fazer cada uma das ferramentas testadas trabalhar nas parcelas de solo nos caminhos de cerca de 100 metros de comprimento na velocidade efetiva de  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ . O sulco gerado no chão é a unidade experimental. A demanda de força necessária ao longo destes caminhos foi registrada pelas células de carga eletrônicas do instrumento e armazenada em intervalos de um segundo nas gravações de dados eletrônicos.

[0039] O procedimento foi repetido entre nove e dezesseis vezes, de acordo com o número de tratamentos avaliados em cada um dos testes. Tratamentos e condições ambientais no momento da realização dos testes e os resultados obtidos são mostrados da Tabela II a Tabela XIII.

[0040] O processamento de dados estatísticos foi realizado por Análise de Variância (ANOVA) para um Projeto de Bloco Completo Aleatório Experimental (RCBD).

[0041] Naqueles testes que compreenderam mais do que dois tratamentos, estes foram contrastados por meio de um teste de Dunnett. A hipótese nula ( $H_0$ ) em referência à indiferença no efeito de uma modificação de superfície de pá com

relação a uma pá suave (controle), foi rejeitada quando o nível de significância foi menor do que 5% (0,05).

[0042] Adicionalmente, contrastes ortogonais foram feitos quando necessários para comparar diferentes projetos de pá biométricos ou dois ou mais tratamentos com relação ao controle.

Tabela II: Tratamentos, sítios usados, umidade de solo gravimétrico e seu coeficiente de variação. Teste 1.

Tratamento	Sítios	Umidade gravimétrica						
		Profundidade (mm)				CV (%)		
		0	101	100	Média	0 - 100	101 - 200	Total
Suave Bio 1	I	26,4	24,1	<b>25,2</b>		13,3	9,6	<b>11,5</b>
	II	28,0	24,4	<b>26,2</b>		11,2	13,6	<b>12,4</b>
	IV	23,2	21,6	<b>22,4</b>		7,9	8,4	<b>8,2</b>

Tabela III: Tratamentos, sítios usados, umidade de solo gravimétrico e seu coeficiente de variação. Teste 2.

Tratamento	Sítios	Umidade gravimétrica						CV (%)			
		Profundidade (mm)					Profundidade (mm)				
		0 - 50	51 - 100	101 - 150	Média	0 - 50	51 - 100	101 - 150	Total		
Suave Bio 1 Bio 2	I	30,7	28,8	28,3	<b>29,2</b>	5,6	6,9	6,2	<b>6,23</b>		
	II	28,6	29,2	28,5	<b>28,8</b>	9,5	5,3	2,6	<b>5,78</b>		
	III	31,2	29,6	29,0	<b>30,0</b>	5,7	4,6	4,1	<b>4,83</b>		
	IV	27,5	27,1	26,4	<b>27,0</b>	3,9	5,3	2,7	<b>3,99</b>		

Tabela IV: Densidade a granel do solo e coeficiente de variação dos sítios usados no Teste 2.

Sítios	Densidade a granel					CV (%)			
	g cm <sup>-3</sup>					Profundidade (mm)			
	0 - 50	51 - 100	101 - 150	Média	0 - 50	51 - 100	101 - 150	Total	
I	1,18	1,24	1,28	<b>1,23</b>	5,1	5,7	4,1	<b>4,98</b>	
II	1,14	1,25	1,30	<b>1,23</b>	5,3	3,1	1,4	<b>3,28</b>	
III	1,13	1,22	1,27	<b>1,21</b>	6,8	3,6	2,3	<b>4,21</b>	
IV	1,24	1,28	1,32	<b>1,28</b>	6,5	5,4	4,9	<b>5,58</b>	

Tabela V: Resistência à penetração do solo e coeficiente de variação dos sítios usados no Teste 2.

Sítios	Resistência à penetração (IC)					CV (%)				
	kPa					Profundidade (mm)				
	Profundidade (mm)					Profundidade (mm)				
	0 - 50	51 - 100	101 - 150	151 - 200	Média	0 - 50	51 - 100	101 - 150	151 - 200	Total
I	686	1178	2143	2488	<b>1624</b>	60,4	49,7	32,6	20,8	<b>40,9</b>
II	553	918	1978	2207	<b>1414</b>	66,4	50,9	37,5	31,2	<b>46,5</b>
III	501	1152	1609	2182	<b>1361</b>	62,7	29,0	35,2	25,2	<b>38,1</b>
IV	678	1449	1946	2232	<b>1577</b>	75,6	35,4	25,8	27,9	<b>41,2</b>

Tabela VI: Tratamentos, sítios usados, umidade de solo gravimétrico e seu coeficiente de variação. Teste 3.

Tratamento	Sítio	Umidade gravimétrica						
		Profundidade (mm)			CV (%)			
		Profundidade (mm)			Profundidade (mm)			
			0 - 100	101 - 200	Média	0 - 100	101 - 200	Total
Suave	Bio 1 Bio 3	I	23,7	25,7	<b>24,7</b>	11,2	8,2	<b>9,7</b>
		II	20,1	25,0	<b>22,5</b>	9,6	18,1	<b>13,8</b>
		III	25,2	27,7	<b>26,5</b>	7,1	14,8	<b>11,0</b>
		IV	19,7	22,5	<b>21,1</b>	7,5	16,9	<b>12,2</b>

Tabela VII: Tratamentos, sítios usados, umidade de solo gravimétrico e seu coeficiente de variação. Teste 4.

Tratamento	Sítio	Umidade gravimétrica									
		Profundidade (mm)				CV (%)					
		Profundidade (mm)				Profundidade (mm)					
				0 - 50	51 - 100	101 - 150	Média	0 - 50	51 - 100	101 - 150	Total
Suave	Bio 1 Bio 4 Bio 5	I	33,1	30,0	29,9	<b>31,0</b>	6,0	7,9	2,9	<b>5,6</b>	
		II	25,3	27,9	30,2	<b>27,8</b>	2,7	9,4	14,6	<b>8,9</b>	
		III	32,5	34,6	29,9	<b>32,3</b>	0,3	2,1	15,9	<b>6,1</b>	
		IV	24,9	27,4	25,0	<b>25,8</b>	2,2	7,3	12,8	<b>7,4</b>	

Tabela VIII: Densidade a granel do solo e coeficiente de variação dos sítios usados no Teste 4.

Sítio	Densidade a granel							
	g cm <sup>-3</sup>				CV (%)			
	Profundidade (mm)				Profundidade (mm)			
	0 - 50	51 - 100	101 - 150	Média	0 - 50	51 - 100	101 - 150	Total
I	1,11	1,23	1,22	<b>1,19</b>	3,8	4,7	1,6	<b>3,4</b>
II	1,27	1,39	1,39	<b>1,35</b>	14,1	8,1	3,4	<b>8,5</b>
III	1,04	1,24	1,34	<b>1,20</b>	10,6	1,5	6,1	<b>6,0</b>
IV	1,31	1,40	1,47	<b>1,39</b>	6,0	5,0	2,1	<b>4,4</b>

Tabela IX: Resistência à penetração do solo e coeficiente de variação dos sítios usados no Teste 4.

Sítio	Resistência à penetração (IC)									
	kPa					CV (%)				
	Profundidade (mm)					Profundidade (mm)				
	0 - 50	51 - 100	101 - 150	151 - 200	Média	0 - 50	51 - 100	101 - 150	151 - 200	Total
I	343	694	795	1182	<b>753</b>	28,9	33,1	45,5	45,7	<b>38,3</b>
II	516	737	710	1041	<b>751</b>	36,4	33,5	36,0	32,8	<b>34,7</b>
III	569	546	1201	1716	<b>1008</b>	58,1	51,6	44,0	39,1	<b>48,2</b>
IV	580	604	819	1068	<b>768</b>	81,2	71,3	49,7	46,9	<b>62,3</b>

### Resultados dos testes

#### Teste 1

[0043] No primeiro teste, principalmente explicatório, duas pás foram usadas. Uma delas, uma pá ordinária designada como Suave (controle) foi polida em sua superfície ativa. A outra, projetada como Bio1, após ser polida ela foi modificada superficialmente como indicado na Tabela I. A demanda de tração média com a pá suave foi 109,68 kg, e quando se utiliza a pá Bio1 uma redução de aproximadamente 7% foi obtida como neste caso, a demanda de tração média alcançou 101,97 kg. O erro padrão de medição foi de 2,25 kg (2,1%) no caso da pá suave e 2,0 kg (2,0%) para a pá Bio1, em um total de 807 dados. A probabilidade que esta diferença seja devido a alteração foi menor que 0,01% ( $Pr > F = 0,0001$ ), como é mostrado na Tabela X.

Tabela X: Análise de variância. Variável dependente: F1. Erro do tipo III

Tratamento	Média F1 (kg)	N	Médias quadráticas Tratamento	Erro	F	Pr > F
Suave	109,68	366	9796,1	310,0	31,6	$\leq 0,0001$
Bio1	101,97	441				

Referência : F1: Força Axial

#### Teste 2

[0044] No segundo teste, as pás mencionadas acima foram testadas novamente, também incluindo então outro projeto de pá diferente designado como Bio2. Esta teve uma distribuição de unidade morfológica similar a aquela de Bio1, mas tendo protrusões em vez das covas, como indicado na Tabela I. As demandas de força de tração média foram 126,44 kg, 122,58 kg e

140,63 kg para a pá suave, Bio1 e Bio2 respectivamente. O erro padrão de medição variado entre 1,93 kg e 1,94 kg, para um total de 2281 dados. Bio2 claramente diferiu das outras duas pás, confirmando as observações feitas durante o teste onde ela mostrou uma habilidade autolimpante baixa, como indicado na Tabela XI.

Tabela XI: Análise de variância. Teste de Dunnett y. Variável dependente: F1.

Tratamento	Média F1 (kg)	Dunnett Pr < t	N	Erro do tipo III		F	Pr > F
				Médias quadráticas Tratamento	Erro		
Suave	126,44		<u>769</u>				
Bio1	122,58	≤0,0001	<u>756</u>	66243,19	2750,76	30	24,08 <0,0001
Bio2	140,63	1,000	<u>756</u>				

Referências: F1 : Força Axial; Dunnett: Controle: Pá suave

### Teste 3

[0045] Um terceiro teste foi conduzido para as pás suave e Bio1, este tempo comparável a uma pá diferente tendo uma maior densidade de covas na extremidade frontal, designada como Bio3. As demandas de força de tração média foram 145,19 kg, 141,43 kg e 148,52 kg para as pás suave, Bio1 e Bio3, respectivamente. Na mesma ordem, o erro padrão de medição foi 2,46 kg, 2,48 kg e 2,54 kg para um total de 1669 observações. A Bio3 mostrou um valor médio maior do que a pá suave, mas sem significância estatística. A diferença mais importante na demanda de força de tração, cerca de 5%, ocorreu entre as pás Bio3 e Bio1, que alcançou um limite de significância estatística, como pode ser percebido na Tabela XII.

Tabela XII: Análise de variância. Teste de Dunnett. Variável dependente: F1.

Tratamento	Média F1 (kg)	Dunnett Pr < t	N	Erro do tipo III		F	Pr > F
				Médias quadráticas Tratamento	Erro		
Suave	145,19		572				
Bio3	148,52	1,0000	562	8718,2	345,7	25,2	0,0001
Bio1	141,43	0,0009	535				

Referências: F1: Força Axial; Dunnett: Controle: pá suave

[0046] A partir destes resultados aparentemente pode haver um limite ou valor ótimo na densidade de covas ou cavidades para obter uma topografia de superfície favorável, e confirmam as vantagens inesperadas das características morfológicas da ferramenta agrícola da presente invenção.

#### Teste 4

[0047] O quarto teste incluiu duas pás diferentes novas. Uma com covas arranjadas de maneira menos densa do que aquelas de Bio1, designada como Bio4 e uma densidade maior, designada como Bio5, tanto com padrão de distribuição uniforme quanto idêntico. Os melhores resultados na demanda de força de tração foram obtidos com as pás Bio1 e Bio4 com demandas de aproximadamente 96,2 kg enquanto as pás suave e Bio5 necessitam de forças de tração de 100,2 kg e 98,2 kg, respectivamente. Estes resultados estão listados na Tabela XIII como na sequência.

Tabela XIII: Análise multivariada de variância. Variável dependente: F1.

#### Erro do tipo III

Tratamento	Média F1 (kg)	Dunnet Pr < t	N	Médias quadráticas		F	Pr > F
				Tratamento	Erro		
Suave	100,19		581				
Bio4	96,16	0,0002	558	1895,3	309,2	6,13	0,0004
Bio5	98,04	0,0507	592				
Bio1	96,24	0,0002	586				

Referências: F1: Força Axial; Dunnett: Controle: Pá suave

[0048] A partir dos resultados acima pode ser percebido claramente que a modificação da topografia do órgão ativo em uma ferramenta agrícola afeta a eficiência energética com a qual o trabalho é realizado.

[0049] A intensidade do dito efeito é uma função das características geométricas das unidades morfológicas e sua densidade e distribuição.

[0050] Inesperadamente, os melhores resultados foram obtidos com covas cônicas ou hemisféricas arranjadas em um padrão de paralelogramo (hexagonal) a unidade morfológica da qual é um triângulo equilátero, em que o  $PD_C$  está na seguinte faixa:  $0,0161 < PD_C < 0,0945$ .

[0051] Este resultado indica que o raio das covas e a distância entre elas estão relacionados como na sequência:

$$0,067 < r/d < 0,161$$



## REIVINDICAÇÕES

1. Ferramenta agrícola, caracterizada pelo fato de que compreende uma topografia de superfície modificada de maneira a evitar a aderência do solo à ferramenta, a topografia de superfície modificada compreendendo uma pluralidade de covas cônicas ou hemisféricas em uma superfície da ferramenta agrícola arranjada em um padrão de paralelogramo, formado por uma pluralidade de unidades morfológicas, cada unidade morfológica sendo um triângulo equilátero com uma cova em cada canto, em que a pluralidade de covas tem:

uma densidade planar corrigida ( $PD_C$ ) na faixa de 0,0161-0,0945, em que  $PD_C$  é definido partir da seguinte equação:

$$PD_C = A_C / (A_T \cdot (CF)^2)$$

em que  $A_C$  é a soma de todas as áreas de cova parcial dentro do triângulo equilátero,  $A_T$  é uma área de triângulo total e  $CF$  é um fator de correção obtido a partir da seguinte equação:

$$CF = (N + \sum n_i) / N$$

onde  $N$  é um número de covas atuais e  $n_i$  é uma fração de cova nas bordas da ferramenta, e

uma relação  $r/d$  na faixa de 0,067-0,161, em que  $r$  é um raio das covas e  $d$  é uma distância entre covas.

2. Ferramenta agrícola de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o  $PD_C$  é 0,0299.

3. Ferramenta agrícola de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o  $PD_C$  é 0,05.

4. Ferramenta agrícola de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a pluralidade de unidades morfológicas é arranjada em fileiras que são espaçadas em ângulos específicos entre si.

5. Ferramenta agrícola de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a pluralidade de unidades morfológicas é

arranjada em pequenos grupos que formam fileiras que são paralelas ou estão afastadas em ângulos específicos uma da outra.

6. Ferramenta agrícola de acordo com a reivindicação 5, caracterizada pelo fato de que os ângulos estão na faixa de 5° a 15°.

7. Ferramenta agrícola de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que as fileiras possuem uma distribuição radial.

8. Ferramenta agrícola de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a ferramenta é uma lâmina (relha), uma pá, um cultivador agrícola, um abridor de sulcos ou fechador de sulcos de sementes, um escarificador, um arado ou um subsolador.

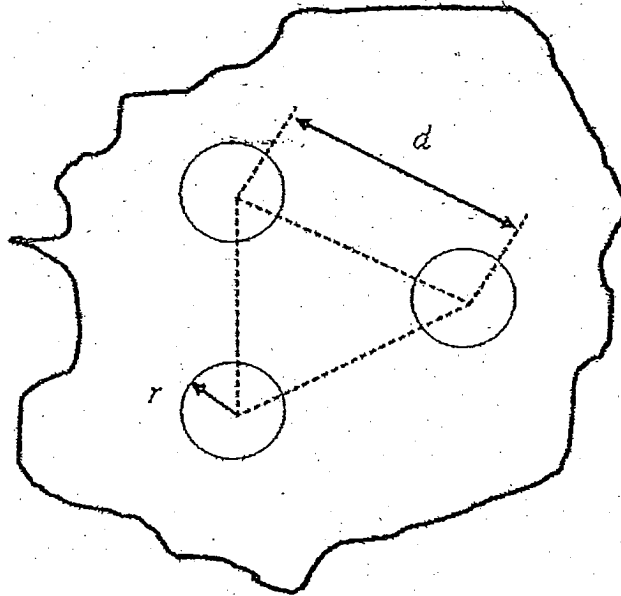


Figura 1

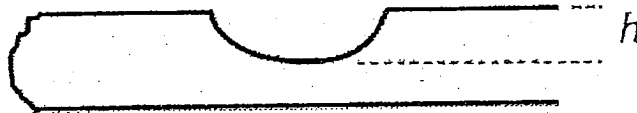


Figura 2

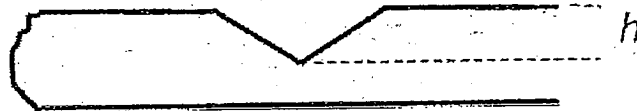


Figura 3

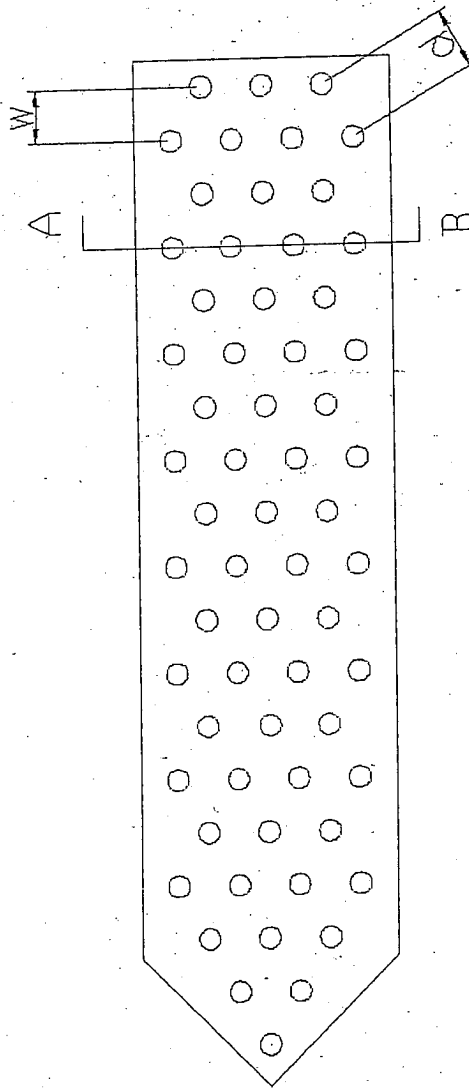


Figura 4

AB

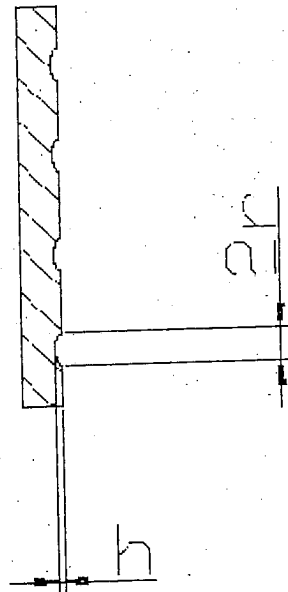


Figura 5

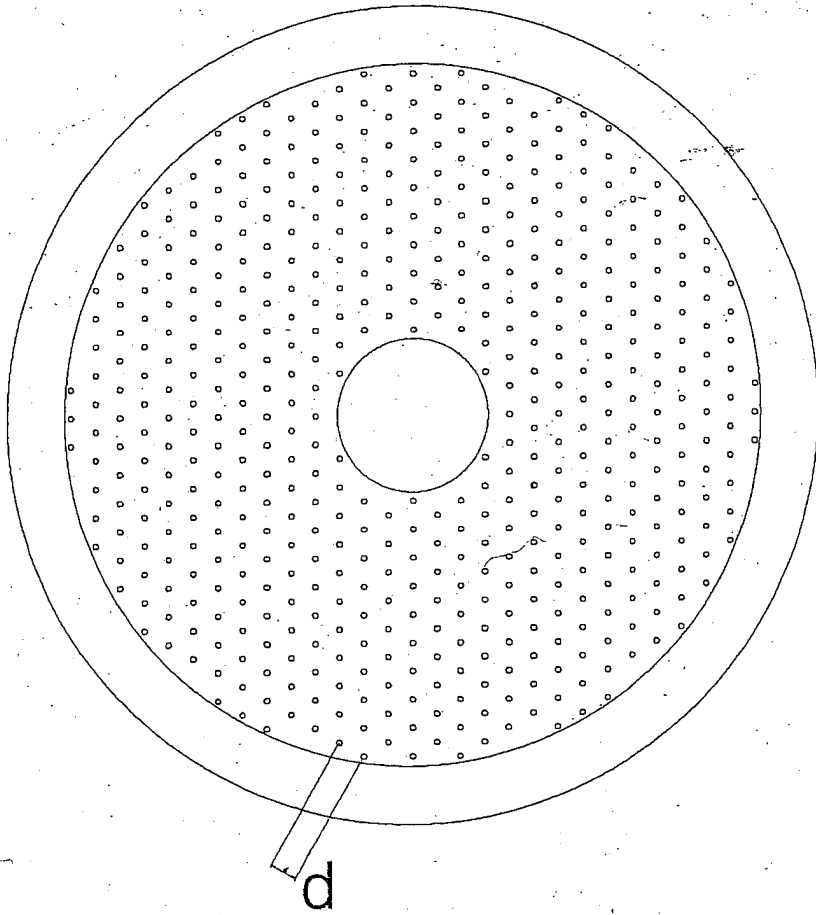


Figura 6