

**CIÊNCIAS AGRÁRIAS****Projeto conceitual de uma máquina para conformar canteiros e distribuir fertilizantes orgânicos*****Design of a machine to of conform planting beds and distribute organic fertilizers***

Tiago Vega Custódio¹, Roger Toscan Spagnolo², André Oldoni³, Ângelo Vieira dos Reis⁴, Antônio Lilles Tavares Machado⁵

RESUMO

A agricultura familiar é responsável por uma parcela importante da produção agrícola brasileira, entretanto possui dificuldades na aquisição de máquinas adequadas para suas necessidades. Em entrevistas com agricultores familiares do Rio Grande do Sul, foi detectada a necessidade de uma máquina capaz de conformar canteiros e depositar fertilizante orgânico. O objetivo do trabalho foi projetar a concepção de um sistema mecanizado capaz de conformar canteiros e depositar fertilizante orgânico com necessidade de potência de acionamento inferior a 25kW. Foi utilizada a metodologia de projeto do Modelo de Fases, que é dividida em quatro fases, compostas por diversas tarefas. Como resultado da aplicação da metodologia obteve-se quatro concepções, após aplicação da matriz de decisão das concepções, foi determinada uma concepção para o processo de otimização, obtendo-se posteriormente aquela considerada ideal para atender as necessidades dos agricultores.

Palavras-chave: Projeto de máquinas; máquinas agrícolas; agricultura familiar.

ABSTRACT

Family farming is responsible for an important portion of Brazilian agricultural production, however it has difficulties in acquiring machines suitable for its needs. In interviews with family farmers in Rio Grande do Sul, the need for a machine capable of conform planting beds and depositing organic fertilizer was detected. The objective of the work was to design the conception of a mechanized system capable of shaping construction sites and depositing organic fertilizer with a power requirement of less than 25kW. The Phases Model design methodology was used, which is divided into four phases, composed of several tasks. As a result of the application of the methodology, four conceptions were obtained, after application of the decision matrix of the conceptions, a conception was determined for the optimization process, subsequently obtaining the one considered ideal to meet the needs of farmers.

Keywords: Machine design; agricultural machinery; family farming.

¹ Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Pelotas/RS – Brasil. E-mail: tiagovegacustodio@gmail.com

² E-mail: roger.toscan@gmail.com

³ E-mail: andreoldoni@gmail.com

⁴ E-mail: areis@ufpel.edu.br

⁵ E-mail: antoniolilles@gmail.com



1. INTRODUÇÃO

No Brasil foram identificadas aproximadamente 3,9 milhões de propriedades agrícolas familiares, que representam 77% dos estabelecimentos rurais do país. Os quais são responsáveis por 23% do valor bruto da produção agropecuária brasileira e respondem por 67% das vagas no trabalho rural do país. (IBGE, 2017).

Entretanto, se deparam com a inadequação dos equipamentos agrícolas disponíveis no mercado, em geral são de grande porte e possuem alto valor de aquisição e manutenção. (NIEMCZEWSKI *et al.*, 2014). Uma solução para reduzir os esforços e a mão de obra nas operações dos agricultores familiares é a adequação da mecanização a esses agricultores. (TEIXEIRA *et al.*, 2009).

Por meio de entrevistas realizadas com agricultores familiares da região sul do estado do Rio Grande do Sul, foi observada a necessidade do desenvolvimento de um equipamento capaz de conformar canteiros e depositar fertilizante orgânico, cujo acionamento ocorra por tratores com baixa potência. (CUSTÓDIO *et al.*, 2018).

Dessa forma, esse trabalho visa projetar a concepção de um equipamento para conformar canteiros e depositar fertilizantes orgânicos, no estado sólido, com exigência máxima de potência no motor do trator de 25kW.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia fundamenta-se no Modelo de Fases, empregado na geração de produtos agrícolas como por exemplo, na estrutura funcional de uma semeadora de acionamento manual (STEFANELLO *et al.*, 2014); na estrutura funcional de um encanteirador e depositador de fertilizantes (CUSTÓDIO *et al.*, 2018); nas especificações para o projeto de um mecanismo aplicador de calor (SPAGNOLO *et al.*, 2018) e no projeto conceitual de máquina para o controle de plantas espontâneas pela aplicação de calor de Spagnolo *et al.* (2019).

O ponto de partida do trabalho foram as funções parciais de um conformador de canteiros e distribuidor de fertilizante, definidas por Custódio *et al.* (2018). A partir das funções parciais foram determinadas as estruturas funcionais conforme proposto por Pahl *et al.* (2005). Nas estruturas funcionais estão contidos o fluxo de energia, material e sinal envolvido, conforme recomendado por Rozenfeld *et al.* (2006).

A pesquisa por princípios de solução para cada função foi realizada utilizando-se pesquisa bibliográfica, análise de patentes e de sistemas similares existentes no mercado e aplicação do método intuitivo brainstorming. Os princípios de solução foram registrados e desenhados com auxílio de um programa CAD (do inglês computer-aided design), posteriormente adicionados a matriz morfológica, obtendo-se as combinações possíveis dos princípios de solução, a fim de gerar, ao menos, uma concepção para cada estrutura funcional.

Para a seleção da concepção mais promissora foi utilizado o método da matriz de decisão ou matriz de seleção de Pugh, recomendado por Rozenfeld *et al.* (2006) para a seleção do produto mais promissor. Como critérios de avaliação utilizaram-se os requisitos de clientes determinados por Custódio *et al.* (2018).



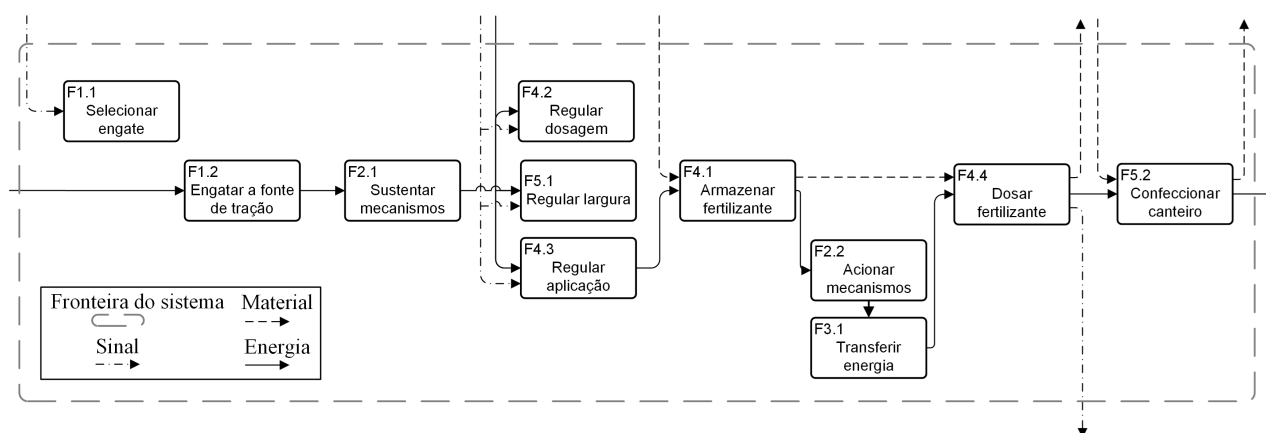
Para o preenchimento da matriz de decisão, uma das concepções foi definida como referência, sendo confrontada com as demais, de acordo com cada um dos requisitos de clientes. Quando a concepção avaliada foi considerada melhor que a referência atribuiu-se sinal de “+” para a concepção neste critério, quando considerada igual à referência atribuiu-se “S” e se considerada pior que a concepção de referência atribuiu-se um sinal “-”, conforme as recomendações de Rozenfeld *et al.* (2006).

Para a otimização da concepção selecionada, foram acrescentados os princípios de solução considerados mais promissores das concepções não selecionadas após a aplicação da matriz de seleção, considerando as observações realizadas pelos membros da equipe.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a definição das funções parciais e elementares, foram desenvolvidas quatro estruturas funcionais (A, B, C e D) que representam possíveis soluções para o problema de projeto. Uma delas (estrutura funcional B) está representada na Figura 1, que é composta por cinco funções parciais. Nota-se que a função selecionar e engatar à fonte de tração (F1), acionar e sustentar mecanismos (F2), transferir energia (F3), armazenar e dosar fertilizante (F4) e conformar canteiros (F5) se subdividem formando um total de 11 funções elementares.

Figura 1 - Diagrama de blocos da estrutura funcional B.



Fonte: Elaborada pelos autores.

As funções selecionar engate (F1.1) e engatar à fonte de tração (F1.2) referem-se ao sistema responsável pelo acoplamento em tratores das categorias 1 e 2 de acordo com a ABNT NBR ISO 730:2011. As funções sustentar mecanismos (F2.1) e acionar mecanismos (F2.2) tratam do sistema de sustentação e acionamento do dosador, distribuidor, reservatório de fertilizante e dos componentes de conformação dos canteiros, permitindo variar a largura de trabalho de 0,2 a 1,10m e a altura de 0,1 a 0,3m, mesmos valores dos requisitos de clientes determinados por Custódio *et al.* (2018). Canteiros com estas dimensões possibilitam cultivar culturas como por exemplo, alface (DE CARVALHO LEITE, 2019), beterraba (ZÁRATE, 2008), morango (RESENDE, 2010), rabanete e repolho (OLIVEIRA, 2005) e tabaco (CUSTÓDIO, 2015).



O reservatório de fertilizantes, responsável pela função armazenar fertilizante (F4.1), apresenta capacidade volumétrica de $0,72\text{m}^3$, a concepção dessa estrutura funcional tem 1,60 de altura, que proporciona facilidade no seu abastecimento, sua massa total é 280kg, possibilitando o transporte com auxílio do sistema de engate de três pontos de trator com potência máxima de 25kW, que é outro requisito de cliente definido por Custódio *et al.* (2018). A função transferir energia (F3.1) é realizada pelo sistema responsável pela transmissão de energia da roda do equipamento para sistema de distribuição de fertilizante, que permite o acionamento do dosador quando o equipamento estiver em movimento.

Regular dosagem (F4.2), regular aplicação (F4.3) e dosar fertilizante (F4.4) são funções realizadas pelo sistema de distribuição de fertilizantes, que apresenta um transportador helicoidal. Conforme Franck *et al.* (2015) este conceito de dosador é bastante utilizado em semeadoras-adubadoras de plantio direto, considerando que mais de 94,4% destas são equipadas com dosador de fertilizante do tipo rosca helicoidal. Este tipo de dosador possui vantagens como, simplicidade, confiabilidade operacional, facilidade para conduzir materiais, transporte vertical, construção de menor custo e apresenta tamanho pequeno (BERNACKI *et al.*, 1972), particularidades importantes para os agricultores familiares.

O sistema de conformação de canteiros tem as funções de regular largura (F5.1) e confeccionar canteiro (F5.2), permite conformar canteiros com largura entre 0,2m a 1,20m e altura até 0,30m. Dispensando a haste escarificadora, pois de acordo com Custódio (2015) previamente à conformação dos canteiros é realizado o preparo primário do solo usando arados de aivecas ou discos e o preparo secundário com grades médias ou leves. Dados semelhantes foram encontrados por Teixeira *et al.* (2009), entrevistando agricultores agroecológicos, em que 82,6% dos produtores realizavam o cultivo no sistema convencional.

Após a análise das funções envolvidas no processo de conformação dos canteiros e distribuir fertilizantes, foram pesquisados princípios de solução possíveis de utilização na concepção do produto, conforme apresentado por Vianna *et al.* (2014). Os princípios de solução serviram de apoio para a elaboração da matriz morfológica (Quadro 1), os princípios de solução foram combinados, resultando quatro concepções (Figura 2) que atendem as especificações e restrições do projeto, conforme utilizado por Spagnolo *et al.* (2019).

As combinações dos princípios de solução resultaram na elaboração de quatro concepções. As concepções 1 e 3 possibilitam abertura de sulco, com a finalidade de descompactar e melhorar a incorporação do fertilizante ao solo. Conforme Ragassi *et al.* (2009), a descompactação profunda pode aumentar a produtividade e reduzir a incidência de doenças em tubérculos, por exemplo, na cultura da batata.

Nas concepções 1, 2 e 4 a energia para movimentar o dosador de fertilizante é gerada pelo equipamento, com auxílio de uma roda motora e do sistema de transmissão.

A concepção 1 apresenta massa de 392kg, possibilita a conformação de canteiros com largura máxima de 0,80m. Possui reservatório com capacidade volumétrica de $0,26\text{m}^3$, que apresenta capacidade para 221kg de cama de aviário ou 112kg de esterco bovino sólido.



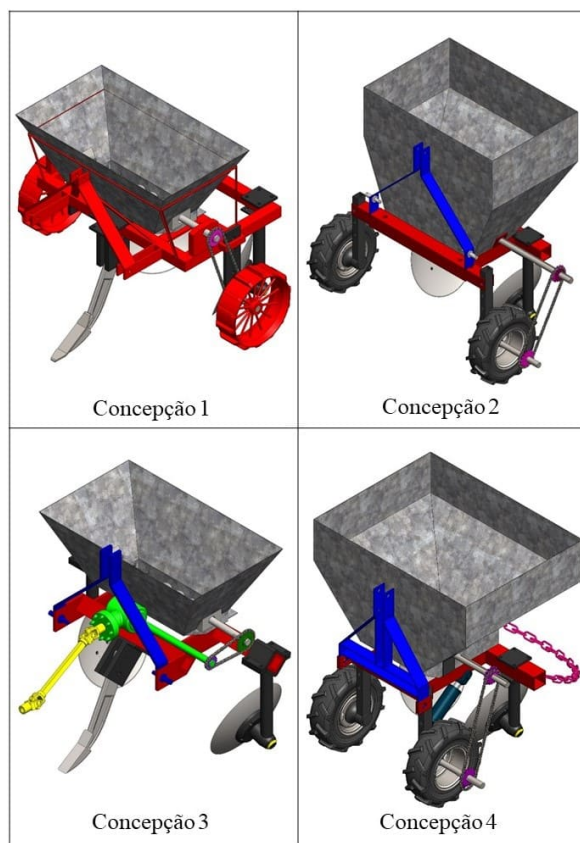
Quadro 1 - Matriz morfológica.

Função Parcial	Função elementar	Descrição da função	Princípio de solução			
F1	F1.1	Selecionar engate				
	F1.2	Engatar a fonte de tração				
F2	F2.1	Sustentar mecanismos				
	F2.2	Acionar mecanismos				
F3	F3.1	Transmitir energia				
F4	F4.1	Armazenar fertilizante				
	F4.2	Regular dosagem				
	F4.3	Regular aplicação				
	F4.4	Dosar fertilizante				
F5	F5.1	Regular largura				
	F5.2	Confeccionar canteiro				

Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 2 - Concepções do encanteirador e distribuidor de fertilizante orgânico.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A concepção 2 possui 280kg, tem um reservatório com capacidade volumétrica de $0,72\text{m}^3$, possibilitando o armazenamento de 612kg de cama de aviário ou 310kg de esterco bovino sólido. A concepção possibilita a conformação de canteiros com largura de até 1,00m.

A concepção 3, apresenta 370kg, possui reservatório com capacidade de $0,25\text{m}^3$, que permite o armazenamento de 213kg de cama de aviário ou 108kg de esterco bovino sólido. A transmissão de energia para o dosador de fertilizante é por meio da tomada de potência do trator, e permite uma largura de trabalho de até 1,00m. As concepções 1 e 3 possuem uma haste escarificadora, que tem a finalidade de melhorar a incorporação do fertilizante no solo.

A concepção 4 possui massa de 252kg e reservatório com capacidade volumétrica de $0,74\text{m}^3$, que tem capacidade para 629kg de cama de aviário ou 318kg de esterco bovino sólido. Permite conformar canteiros com largura até 1,00m, o nivelamento do canteiro é realizado por uma corrente fixada no chassi. Para a regulagem da altura de canteiros é necessário um sistema hidráulico auxiliar, pois é tracionada pela barra de tração do trator.

As concepções geradas diferem dos conceitos apresentados nas patentes do fertilizador de duas linhas de Filho (1998) e do arado duplo com subsolador e distribuidor de fertilizante de Budny (2008), por ser capaz de distribuir fertilizante mineral e orgânico, realizar a conformação de canteiros e permitir a regulagem da altura e largura dos canteiros.



Os resultados da seleção da concepção mais promissora utilizando a matriz de seleção são apresentados na Tabela 1. Relacionando-se as concepções quanto à adequação aos requisitos de clientes (critérios técnicos), a concepção 2 obteve 40 pontos, a concepção 3 recebeu 13 pontos e a concepção 4 atingiu 31 pontos. A concepção 2 foi a que apresentou melhor pontuação, sendo escolhida para o processo de otimização.

Observa-se na Tabela 1 que, nos requisitos de cliente ser fácil de montar e ter baixo custo foram avaliados de forma negativa nas concepções 3 e 4, pois apresentam caixa de transmissão e cilindro hidráulico respectivamente, elementos que elevam o custo de fabricação. A concepção 2 foi avaliada positivamente em relação ao requisito ter baixo custo, pois apresenta componentes de simples fabricação.

Tabela 1 - Matriz de decisão das concepções.

Critério técnicos (Requisitos de clientes)	Valor dos requisitos de clientes	Concepção de referência	Concepção 2	Concepção 3	Concepção 4
Ter largura variável	5	0	+	+	+
Ter baixa potência de acionamento	6	0	+	S	+
Ser fácil de montar	1	0	S	-	-
Incorporar fertilizante	9	0	S	S	S
Ter profundidade variável de deposição do fertilizante	3	0	S	S	S
Ter baixo custo	3	0	+	-	-
Depositar uniformemente fertilizante	9	0	S	S	S
Conformar canteiro	10	0	+	+	+
Ter baixa massa	9	0	+	S	+
Ter fácil abastecimento do reservatório	6	0	-	S	-
Ter dosagem variável	9	0	+	S	+
Ser fácil de regular	2	0	S	+	S
Ter manutenção fácil	2	0	+	S	+
Ter durabilidade	1	0	S	S	S
Ter baixa manutenção	2	0	+	S	S
Total			40	13	31

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para a obtenção da concepção otimizada (Figura 3) foram adicionados os princípios de solução mais promissores das concepções 1, 3 e 4. As alterações realizadas foram, a inclusão de uma corrente na parte posterior do chassi para nivelar os canteiros, presente na concepção 4. Para facilitar o abastecimento, o reservatório de fertilizante foi substituído por um mais baixo, similar ao utilizado na concepção 4, com capacidade volumétrica de 0,74m³. O reservatório possui capacidade para 629kg de cama de aviário, ou 433kg de cama de peru peletizada, ou 414kg de húmus de minhoca ou 318kg de esterco bovino sólido, para sustentar a nova configuração do reservatório o chassi teve que ser redimensionado.

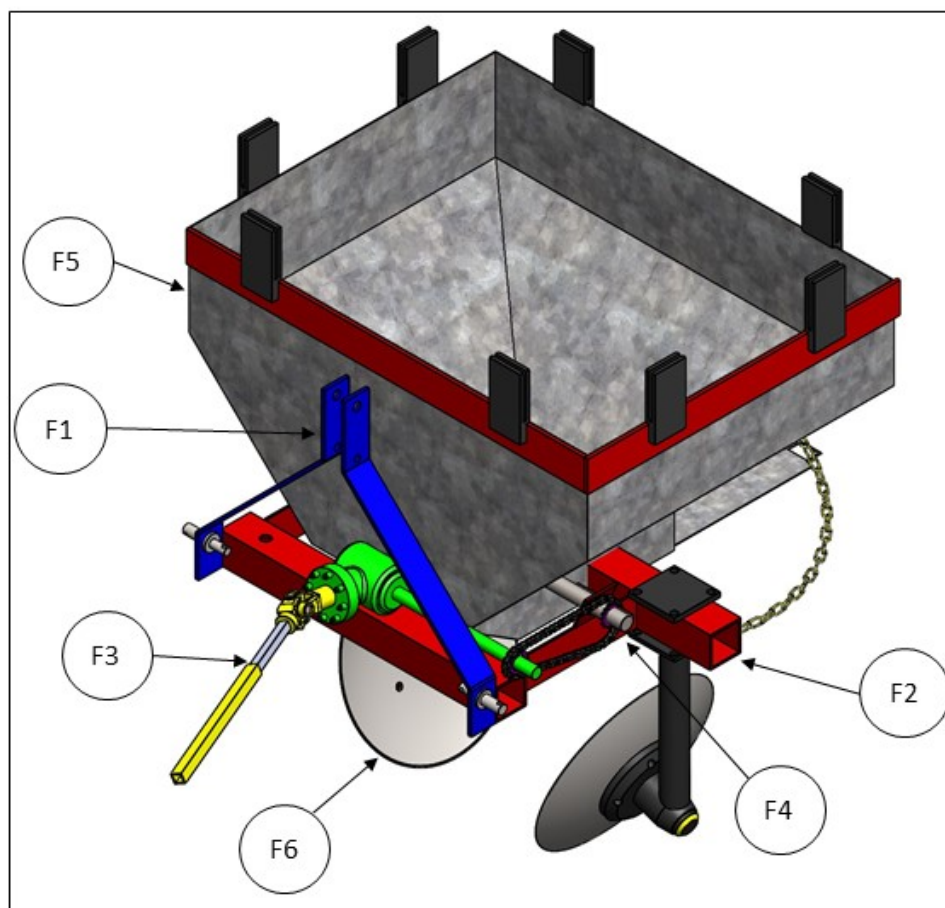


Outra modificação foi a forma de captação e transmissão de movimento para o dosador. O sistema com a roda tracionadora foi substituído por um sistema que recebe o movimento da TDP do trator, desse modo, diminuindo a massa da máquina.

Uma desvantagem na utilização da roda tracionadora é a possibilidade de patinagem desta quando o protótipo estiver com o reservatório com pouco fertilizante, necessitando o acionamento de lastragem para aumentar a aderência dos pneus ao solo. O protótipo apresentou um aumento no custo com a adição desse sistema, mas também diminuiu com a retirada do sistema de rodado.

A regulagem do vão livre horizontal foi dispensada, pois não interfere na conformação do canteiro, reduzindo a massa do equipamento para 317kg.

Figura 3 - Concepção otimizada com suas funções: (F1) engatar à fonte de tração, (F2) sustentar mecanismos, (F3) transferir energia, (F4) dosar fertilizante, (F5) armazenar e aplicar fertilizante, (F6) conformar canteiros.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A evolução da concepção proporcionará a ampliação do reservatório, permitindo aumentar a capacidade de abastecimento e conseqüentemente diminuindo as paradas para o reabastecimento do reservatório. O equipamento possibilitará que apenas uma pessoa realize as funções de conformação de canteiros e de fertilização, atendendo a necessidade de mão de obra, pois segundo Matte (2019) há um crescimento da migração da população juvenil rural, diminuindo a mão de obra agrícola.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o acionamento da concepção gerada é necessária uma potência inferior a 25kW no motor do trator.

A concepção gerada atende às necessidades dos agricultores familiares pesquisados, principalmente em relação a redução do tempo e da mão de obra na realização das operações de encanteiramento e fertilização.

Através do estudo pressupõe-se que esta concepção apresenta configuração simples de ser construída e com baixo custo de fabricação.

5. REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR ISO 730:2011**. Tratores agrícolas de rodas – Engate traseiro de três pontos – Categorias 1 N, 1, 2 N, 2, 3 N, 3, 4 N e 4. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.
- BUDNY, L. C. **Arado duplo com subsolador e adubador**. PI0803206-8 A2. Jul. 2008. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br>. Acesso em: 02 out. 2020.
- CUSTÓDIO, T. V. **Encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de baixa potência**: projeto informacional e conceitual. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.
- CUSTÓDIO, T. V. *et al.* Estrutura funcional de um encanteirador e depositor de fertilizantes para tratores de baixa potência. **Engenharia na Agricultura**, v.26, n.2, p.133-139, 2018.
- DE CARVALHO LEITE, D. *et al.* Alfaca em canteiro econômico integrado ao sistema de irrigação cuca de umbu no município de Salgueiro, Pernambuco. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 2, p.204-210, 2019.
- FILHO, A. S. **Implemento adubador duas linhas**. MU 7800003-3 U. Jan. 1998. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br>. Acesso em: 2 out. 2020.
- FRANCK, C. J. *et al.* Mathematical models for selection of helical fertilizer metering mechanism with different fertilizer discharge. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.512-518, 2015.
- IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br>. Acesso em: 2 out. 2020.
- BERNACKI, H. *et al.* **Agricultural machines**: theory and construction. Washington, DC: US Department of Agriculture and the National Science Foundation, 1972.
- MATTE, A. *et al.* Agricultura e pecuária familiar: (des) continuidade na reprodução social e na gestão dos negócios. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 1, 2019.



- NIEMCZEWSKI, B. K. *et al.* Validação de um modelo de cálculo por elementos finitos do chassi de uma semeadora de quatro linhas. **Engenharia Agrícola**, v.34, n.1, p.161-170, fev. 2014.
- OLIVEIRA, F. L. de *et al.* Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura brasileira**, v.23, n.2, p.184-188, 2005.
- PAHL, G. *et al.* **Projeto na engenharia**: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 411 p.
- RESENDE, J. T. V. de *et al.* Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.2, p.185-189, 2010.
- RAGASSI, C. F. *et al.* Efeito da descompactação profunda de solo na produção da cultura da batata. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.4, p.484-489, dez. 2009.
- ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006. 542 p.
- SPAGNOLO, R. T. *et al.* Conceptual design of a thermal weed control machine. **Ciência Rural**, v.49, n.3, e20180673, 2019.
- SPAGNOLO, R. T. *et al.* Design specifications of a heat applicator weed controller device for family farms. **Ciência Rural**, v.48, n.2, e20170243, 2018.
- STEFANELLO, G. *et al.* Estrutura funcional de uma semeadora de tração humana. **Ciência Rural**, v.44, n.9, p.1583-1588, set. 2014.
- VIANNA, L. R. *et al.* Desenvolvimento de dosador de sementes com dupla saída para disco horizontal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, p.1086-1091, out. 2014.
- TEIXEIRA, S. S. *et al.* Caracterização da produção agroecológica do sul do Rio Grande do Sul e sua relação com a mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.1, p.162-171, 2009.
- ZÁRATE, N. A. H. *et al.* Número de fileiras no canteiro e espaçamento entre plantas na produção e na rentabilidade da beterraba em Dourados-MS. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.3, p.397-401, 2008.

Submetido em: **02/10/2020**

Aceito em: **23/12/2020**