

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UMA PLANTADORA DE MANDIOCA SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO TRACIONADA POR TRATOR DE RABIÇAS

ALBERTO KASUSHI NAGAOKA¹, FERNANDO CÉSAR BAUER², GUNTHER HUGO GRUDTNER³, ALDIR CARPES MARQUES FILHO⁴, NUNO CAMPOS FILHO⁵

¹ Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, UFSC, (Rua Admar Gonzaga, 1346 –Itacorubi, Florianópolis, 88034-000), alberto.nagaoka@ufsc.br

² Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, UFSC, (Rua Admar Gonzaga, 1346 –Itacorubi, Florianópolis, 88034-000), Fernando.bauer@ufsc.br

³ Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, UFSC, (Rua Admar Gonzaga, 1346 –Itacorubi, Florianópolis-SC, 88034-000), guinther_grudtner@hotmail.com

⁴ Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista, UNESP, (Rua José Barbosa de Barros, 1780, Jd. Paraíso- Botucatu-SP, 18610-034), aldir.marques@gmail.com

⁵ Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, UFSC, (Rua Admar Gonzaga, 1346 –Itacorubi, Florianópolis, 88034-000), nuno.campos@ufsc.br

RESUMO: A produção de mandioca possui grande importância nas regiões onde predomina a agricultura familiar em pequenas propriedades rurais, assim a mecanização do cultivo pode promover o incremento de produtividade e otimizar o rendimento operacional. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de uma plantadora de mandioca em sistema de plantio direto, tracionada por um trator de rabiças, através de dois ensaios de campo. No primeiro ensaio a plantadora foi avaliada em função de três velocidades distintas, obtendo dados de potência exigida pelo conjunto trator-plantadora e por cada parte constituinte da máquina. No segundo ensaio, avaliou-se a plantadora sob duas velocidades, dois modelos de discos de corte, dois modelos de rodas compactadoras e a potência exigida para tracioná-la, além da distribuição longitudinal das plantas de mandioca. Os resultados do primeiro ensaio mostraram que a marcha de menor velocidade exigiu menor potência do trator. Já os resultados do segundo ensaio, demonstraram que a potência exigida do trator variou em função do tipo de disco de corte e de roda compactadora da plantadora. Para a avaliação da distribuição longitudinal, a plantadora avaliada não apresentou diferenças estatísticas na percentagem de espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos entre as linhas de plantio.

Palavras-chave: *manihot esculenta* crantz, mecanização, máquina.

EVALUATION OF PERFORMANCE OF CASSAVA IN NO TILLAGE, WITH TRACTOR OF HANDLEBARS

ABSTRACT: Cassava production is one of the greatest important in regions where family agriculture and small farms are predominant. The aim of this research was to evaluate the performance of a no-till cassava planter traced by a tractor of handlebar, through two field trials. In the first trial the planter was evaluated according to three speeds, obtaining data of power required by the tractor-planter assembly and each constituent part of the planter. In the second test, the planter was evaluated under two speeds, two models of cutting discs, two models of compacting wheels and the power required drawing it, besides the longitudinal distribution of cassava. The results of the first test showed that lower speed gear required less tractor power. The results of the second test, however, showed that the required power of the tractor varied according to the type of cutting disc and the compactor wheel of the planter. For the evaluation of longitudinal distribution, the planter evaluated did not present statistical differences in the percentage of acceptable, faulty and double spacing between the planting lines.

Keywords: *manihot esculenta* crantz, mechanization, machine.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo da mandioca desde os tempos do Brasil-colônia vem sendo desenvolvido com o objetivo de alimentar a população de baixa renda, e mesmo com pouca tecnologia envolvida em sua produção, a atividade tem se mantido competitiva.

A mandioca se tornou a terceira mais importante cultura em termos de segurança alimentar mundial, sendo importante fonte de renda e alimento nos trópicos. Quase 60% da produção mundial de mandioca está concentrada em cinco países: Nigéria, Brasil, Tailândia, Indonésia e república do Congo (AMPONSAH, ADDO & GANGADHARAN, 2018).

O Estado de Santa Catarina possui a maioria de seus estabelecimentos rurais distribuídos no modelo agrícola familiar, com predominância de pequenas propriedades agrícolas (SANTA CATARINA, 2015). Esse modelo de agricultura se destaca pela produção de grande parte dos alimentos presentes na mesa dos brasileiros, apresentando grande importância econômica e social (SERENINI; MALYSZ, 2015).

A cultura da mandioca possui grande importância nas regiões onde predominam a agricultura familiar e de subsistência, sendo, portanto, fundamental que sejam disponibilizadas tecnologias acessíveis aos pequenos produtores rurais e que viabilizem o seu cultivo de forma adequada. No estado de Santa Catarina 88,3% dos estabelecimentos rurais, ou seja, mais de 171.000 propriedades agrícolas produziram em torno de 600 mil toneladas da raiz em 2017 (EPAGRI, 2018), demonstrando a importância da disponibilização de tecnologias e ferramentas adequadas a essa forma de produção.

No Brasil há um número reduzido de indústrias e fabricantes de máquinas específicas para a agricultura familiar, não sendo encontrada nenhuma indústria nacional que produza máquinas plantadoras de mandioca para tratores de rabiças. Esse fato limita consideravelmente a capacidade de produção do pequeno produtor, que tem como única alternativa efetuar o plantio de forma manual.

Para Figueiredo et al. (2014), é importante que se desenvolvam modelos de plantio de mandioca em sistemas conservacionistas, pois o preparo convencional do solo promove a erosão laminar e perdas de solo. O sistema de plantio direto na palha se mostra como uma alternativa viável à produção de mandioca no Brasil.

Santa Catarina destaca-se no cenário nacional por possuir a maior frota de tratores agrícolas com potência menor que 15 kw (20 cv) sendo que os tratores de rabiças, inclusos nesta categoria, somam mais de 24 mil unidades (VEIGA et al., 2017).

Devido a predominância de pequenas propriedades, o uso de trator de rabiças como fonte de potência se mostra bastante atrativo e adequado, permitindo maior capacidade de trabalho em menor tempo quando comparado ao trabalho manual ou à tração animal. Além disso, esse equipamento pode minimizar o problema da escassez de mão-de-obra na cadeia produtiva de muitas culturas, sendo uma delas, a mandioca.

Estes tratores são utilizados em praticamente todas as atividades e procedimentos agrícolas (VEIGA et al., 2015). Por isso, pela versatilidade operacional e baixo custo essa máquina popularizou-se entre os pequenos produtores rurais (VEIGA et al., 2015).

Apesar de sua grande importância para a agricultura familiar, existem poucos trabalhos de desenvolvimento e avaliação de máquinas e equipamentos projetados para uso com trator de rabiças. Por isso, este trabalho teve como objetivo principal avaliar uma plantadora de mandioca desenvolvida especificamente para este tipo de trator.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

Os testes de campo foram realizados na Fazenda Experimental da Ressacada, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina no município de Florianópolis - SC, nas coordenadas geográficas 27°41' latitude Sul e

48°32' longitude Oeste, com altitude média de 2,5 metros do nível do mar. O solo do local é classificado como Neossolo Quartzarênico Hidromórfico Típico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006). Foram realizados dois ensaios de campo nos meses de novembro e dezembro de 2017.

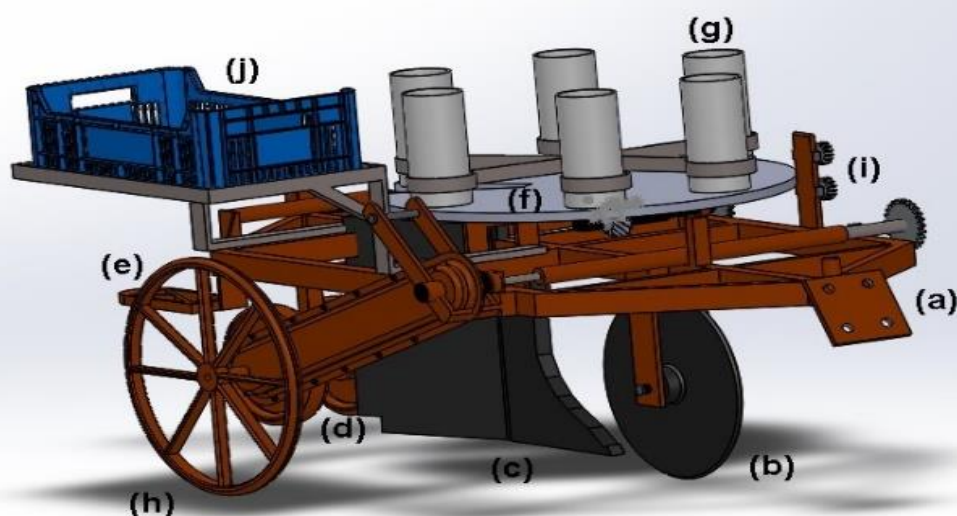
2.2 Descrição das características da plantadora de mandioca

A plantadora de mandioca de uma linha para plantio direto, tracionada por trator de rabiças utilizada neste trabalho (Figura 1), foi projetada e desenvolvida no Laboratório de Instrumentação e Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Santa Catarina. Esta máquina é composta basicamente pelo chassi, sistema dosador, disco de corte, sulcador, roda compactadora e reservatório de manivas. O chassi da plantadora (a) tem comprimento total

de 1.300 mm e largura de 950 mm, o mesmo foi feito em aço com espessura de 10 mm e altura da chapa de 50 mm. O suporte para afixação do disco de corte (b), do sulcador (c) e da roda compactadora (d), além do apoio para os pés do operador (e), foi montado uma estrutura para fixar o dosador de manivas de formato circular (f), com diâmetro de 500 mm, contendo 6 tubos de PVC (g) com 100 mm de diâmetro e altura de 230 mm nos quais as manivas são inseridas manualmente.

O mecanismo do sistema dosador é acionado pela roda motriz da plantadora (h) de mandioca com 500 mm de diâmetro. Além disso, o sistema dosador também possui duas engrenagens (i) principais que permitem a regulagem do espaçamento de deposição entre manivas de 500 mm até 1.200 mm. A plantadora possui ainda um suporte e reservatório retangular de manivas (j) com 580 mm x 380 mm.

Figura 1. Desenho da plantadora de mandioca com identificação das suas partes constituintes.



2.3 Descrição do primeiro experimento

O primeiro ensaio com a plantadora de mandioca foi realizado em área experimental de 4.000 m², no qual avaliou-se a plantadora de mandioca em função de três diferentes velocidades, obtendo-se dados de potência exigida pelo conjunto e por cada parte constituinte da máquina. Para isto, utilizou-se um trator de tração simples da marca Massey Ferguson, modelo MF265 com 45,6 kw (62 cv)

de potência no motor, para tracionar o conjunto trator de rabiças-plantadora. Os testes efetuados para a estimativa da força necessária para tracionar o conjunto trator de rabiças-plantadora, foram realizados com cinco tratamentos: T1 = T+t (trator + trator de rabiças); T2 = T+t+r+o (trator + trator de rabiças + roda compactadora + operador); T3 = T+t+r+o+d (trator + trator de rabiças + roda compactadora + operador + dosador); T4 = T+t+r+o+d+c (trator + trator de rabiças + roda

compactadora + operador + dosador + disco de corte) e T5 = T+t+r+o+d+c+s (trator + trator de rabiças + roda compactadora + operador + dosador + disco de corte + sulcador).

O ensaio foi realizado conforme metodologia citada por Mialhe (2012). Os resultados foram interpretados estatisticamente, por meio da análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

2.4 Descrição do segundo experimento

O segundo ensaio foi realizado em uma área de 440 m² manejada sob sistema de plantio direto em sucessão à cultura do milho (*Zea mays* L.). A porcentagem de cobertura do solo antes do plantio foi estimada em 60%, baseando-se na metodologia descrita por Chaila (1986). O solo do local no dia do plantio estava com umidade média de 22,4% e resistência do solo à penetração média na camada de 0 - 10 cm foi de 1510 Kpa e na camada de 10 - 20 cm, de 1877 Kpa. As manivas utilizadas possuíam em média 20 cm de comprimento e 6 gemas de brotação. No ensaio foram analisadas duas marchas de trabalho: m1 (marcha 1) e m2 (marcha 2), dois modelos de rodas compactadoras, R1 (borracha)

e R2 (radial em aço), e dois modelos de disco de corte para palha DO (Disco ondulado) e DL (Disco liso).

Avaliou-se também a distribuição longitudinal das plantas de mandioca após emergência. Para a coleta dos dados utilizou-se uma trena comum, e para cada linha foi anotada a distância de deposição entre plantas. Avaliou-se a uniformidade na distribuição longitudinal de plantas, representada pela porcentagem de espaçamentos aceitáveis de 40 cm a 120 cm (\pm 50% do espaçamento de referência), espaçamentos falhos e duplos. Os resultados do experimento foram interpretados estatisticamente, por meio da análise de variância, adotando-se o nível de significância de 5% e pelo teste Tukey.

2.5 Instrumentação

Em ambos os ensaios, para tracionar a plantadora foi utilizado um trator de rabiças da marca "Tobatta" com 10,3kW (14 cv), equipado com rodas motrizes em aço, com diâmetro de 470 mm, largura de 180 mm e composta por 20 garras com 60 mm de altura, adequada ao uso em solos pesados ou terrenos encharcados (Figura 2).

Figura 2. Trator de rabiças com protótipo de plantadora de mandioca acoplado e instrumentado em testes de campo.



Para obter a velocidade instalou-se um sensor tipo radar da marca Dickey-John, modelo DjRVS II, no chassi da plantadora. A força exigida pelo conjunto trator de rabiças-plantadora foi estimada com a utilização de célula de carga da marca Transtec, tipo N-400/5000Kgf, com os dados monitorados e armazenados de modo contínuo através de

datalogger da marca Campbell Scientific, Inc. modelo CR3000.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Tabela 1, corresponde ao primeiro ensaio, em que a força e a potência necessárias para tracionar a

plantadora de mandioca foi de 2.034,62 N e 0,89 kW, respectivamente, para velocidade de 1,14 km h⁻¹. A força necessária para deslocar o conjunto completo foi de 3.934,15N, e pode ser

considerada elevada, fato que pode ser explicado pela alta resistência do solo nas camadas mais profundas e pela baixa umidade do mesmo na data do experimento.

Tabela 1. Ensaio 1: Média dos valores de força (N), velocidade (km h⁻¹) e potência (kW), necessária para tracionar um conjunto trator de rabiças-plantadora de mandioca, rebocado por um trator 4x2, conforme adicionando as partes constituintes para cada tratamento.

Tratamento	Força (N)	Velocidade (kmh ⁻¹)	Potência (kW)
T+t	1.899,53 B	0,95 B	0,53 B
T+t+r+o	2.600,03 AB	1,13 AB	0,81 AB
T+t+r+o+d	2.703,43 AB	1,19 A	0,87 AB
T+t+r+o+d+c	2.836,18 AB	1,14 AB	0,88 AB
T+t+r+o+d+c+s*	3.934,15 A	1,31 A	1,42 A
Média	2.794,66	1,14	0,90
CV	30,97	8,35	34,07

Na coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

* T+t+r+o+d+c+s = trator+tobatta+roda compactadora+operador+dosador+disco de corte + sulcador

Nota-se através dos resultados obtidos para o segundo ensaio (Tabela 2) que houve diferença estatística para os dois tipos de disco de corte em relação à potência requisitada ao conjunto, que foi maior em 10,1% para o disco liso em relação ao ondulado, bem como ocorreu diferença na velocidade de deslocamento. Santos et al. (2010) obtiveram resultados

similares em relação a velocidade de deslocamento, onde o disco de corte liso apresentou maiores valores de velocidades em relação ao disco ondulado em trabalho avaliando o desempenho de discos de corte em uma semeadora adubadora, sob diferentes tipos de cobertura vegetal em plantio direto.

Tabela 2. Médias dos dados coletados à campo para os tratamentos de velocidade em m1 (marcha 1); Velocidade em m2 (marcha 2); Roda compactadora de borracha r1 e roda compactadora aço r2; e potência (kW) na barra com os discos de corte DO (disco ondulado) e DL (disco de corte liso).

Tratamento	Velocidade (km/h ⁻¹)	Potência (kW)
m1	0,85B	0,91A
m2	1,30A	1,39A
CV(%)	3,79	17,69
DO	1,02B	1,09B
DL	1,13A	1,20A
CV(%)	7,39	7,00
r1	1,05B	1,11B
r2	1,11A	1,18A
CV (%)	4,49	6,66

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 3 apresenta a análise estatística do teste de separação de médias entre os tratamentos obtidos após a coleta dos dados de distribuição longitudinal. Nota-se que para a primeira variável “espaçamento médio”, todos os tratamentos ficaram dentro dos padrões aceitos, ou seja $\pm 50\%$ do espaçamento

teórico. De acordo com Kachman e Smith (1995), para um bom nível de precisão das medidas baseadas em espaçamentos teóricos como índice de espaçamentos aceitáveis, duplos e falhos, o coeficiente de variação máximo é de 29%. Neste experimento as variáveis de espaçamentos aceitáveis, duplos e

falhos, o coeficiente de variação máximo não foi atingido. Para a porcentagem de espaçamentos aceitáveis, houve variação de 32,31 a 39 %, enquanto para a variável “espaçamento duplo” a porcentagem ficou entre 96,27 até 170,34%. Para espaçamentos falhos, Coelho (1996), indica que, pode-se adotar um C.V (%) menor ou igual a 50%. Desta forma, nota-se na Tabela 2, que o C.V (%) para esta variável, foi de 57,98% para o primeiro tratamento, 48,86% para o segundo tratamento e 72,87% para o terceiro. Assim, consideram-se aceitáveis, apenas os valores do segundo tratamento.

Verificou-se que no experimento, o número de espaçamentos falhos foi alto devido às condições morfofisiológicas das manivas utilizadas no plantio e ao período da operação, que foi tardio, pois algumas manivas não brotaram até a data de coleta dos dados. Desta forma, as variáveis de espaçamento médio e aceitáveis também foram afetadas. Outro fator que possivelmente afeta o plantio mecanizado da mandioca é o tamanho das manivas, já que estas apresentam dimensões de variabilidade considerável em termos de diâmetro, exigindo maior quantidade de solo revolvido para cobertura e fechamento do sulco de plantio.

Tabela 3. Ensaio 2: Resultados da análise estatística para as variáveis espaçamento médio, espaçamentos aceitáveis (%), espaçamentos duplos (%) e espaçamentos falhos (%) em função dos diferentes tratamentos.

Tratamento	Espaçamento médio (cm)	Espaçamentos aceitáveis (%)	Espaçamentos duplos (%)	Espaçamentos falhos (%)
Roda de borracha	110,95 a	52,35 a	6,90 a	40,74 a
Roda de aço	85,05 a	63,54 a	4,68 a	31,22 a
(%)	31,40	39,00	170,34	57,49
Marcha 1	89,63 a	63,88 a	7,38 a	28,74 a
Marcha 2	106,37 a	52,01 a	4,20 a	43,22 a
C.V (%)	32,17	32,31	96,27	48,86
Disco ondulado	106,38 a	53,14 a	7,48 a	38,82 a
Disco liso	89,62 a	62,75 a	4,10 a	33,13 a
C.V (%)	48,86	38,45	159,94	72,87

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Otsubo et al. (2008) observaram que mesmo com os desafios na condução da cultura da mandioca em sistema conservacionista, o estabelecimento da cultura e a sua produtividade aumentam no cultivo mínimo em relação ao sistema de preparo convencional do solo.

A cultura da mandioca oferece muitos desafios desde o estabelecimento da cultura até a colheita. Amponsah et al. (2018) em trabalho de pesquisa sobre modelos de colheita de mandioca conclui que os desafios são inúmeros no processo e que para que se avance em termos tecnológicos é necessário um esforço concentrado de pesquisa e desenvolvimento entre governo e setor privado.

Hariharam et al. (2015) afirmam que o desenvolvimento de máquinas voltadas para o plantio da mandioca é incipiente na Nigéria que é o maior produtor mundial. Os autores desenvolveram um protótipo de plantadora semelhante ao utilizado neste trabalho, porém com tecnologia voltada para tratores de grande porte.

4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nessa pesquisa, pode-se concluir que:

1) A potência exigida do trator de rabiças foi influenciada pela velocidade de operação, tipo de disco de corte e roda compactadora, sendo que os melhores valores

de desempenho operacional foram em primeira marcha, com o uso de disco de corte ondulado e roda compactadora de aço, onde obteve-se menor exigência de potência.

2) A plantadora avaliada não apresentou diferenças estatísticas na porcentagem de espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos entre as linhas de plantio. Os valores de C.V. (%) para a variável espaçamentos falhos no segundo tratamento, foram de acordo com os valores recomendados. Os resultados foram afetados possivelmente pelas características

morfofisiológicas das manivas utilizadas no experimento e pelo mecanismo de engrenagens da plantadora.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) que possibilitaram a realização deste trabalho.

6 REFERÊNCIAS

AMPONSAH, S. K.; ADDO A.; GANGADHARAN, B. Review of Various Harvesting Options for Cassava. *In: INTECH OPEN. Cassava Book.* London: Intechopen, 2018. cap. 16, p. 291-304.

CHAILA, S. Métodos de evaluación de malezas para estudios de población y control. **Malezas**, [s/I], v. 14, n. 2, p. 1-78, 1986.

COELHO, J. L. D. Ensaio & certificação das máquinas para a semeadura. *In: MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas: ensaios & certificação.* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p. 551-569.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2006.

EPAGRI. **Números da agropecuária catarinense - 2018.** Florianópolis: Epagri, 2018. (Documentos, 277).

FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J.; DALLAQUA, M. A. M.; TANAMATI, F. Y.; AGUIAR, E. B. Componentes de produção e morfologia de raízes de mandioca sob diferentes preparos do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 4, p. 357-364, 2014.

HARIHARAN K. V.; KUMAR, P.; PRASANTH, M.; KUMAR S. Design and Fabrication of Tapioca Planter. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology**, Tamilnadu, v. 4, n. 6, p. 565-570, 2015.

KACHMAN, S. D.; SMITH, J. A. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v. 38, n. 2, p. 379-387, 1995.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas para plantio.** Campinas: Millennium Editora, 2012.

SERENINI, M. J; MALYSZ, S. T. **A Importância Da Agricultura Familiar Na Produção De Alimentos.** Campo Mourão: Governo do Paraná, 2015. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_un_espar-campomourao_geo_artigo_marcio_jose_serenini.pdf. Acesso em: 13 abr. 2018.

SANTA CATARINA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2014-2015.** Florianópolis: Instituto CEPA/SC, 2015.

SANTOS, A. J. M.; GAMERO, C. A.; BACKES, C.; SALOMÃO, L. C.; BICUDO, S. J. Desempenho de discos de corte de semeadora-adubadora em diferentes quantidades de cobertura vegetal. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 4, p. 17-30, 2010.

OTSUBO, A. A.; MERCANTE F. M.; SILVA, R. F.; BORGES C. D. Sistemas de preparo do solo, plantas de cobertura e produtividade da cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 327-332, 2008.

VEIGA, R. K; GONTIJO, L. A.; MASIERO, F. C.; MAAS, L; ODORIZZI, W. Caracterização de acidentes com tratores de rabiças no cultivo da cebola em Santa Catarina. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 35, n. 1, p. 124-128. 2017.

VEIGA, R. K.; MERINO, E. A. D.; GONTIJO, L. A.; MASIERO, F. C.; MERINO, G. S. A. D. Estudo comparativo da usabilidade de comandos direcionais para duas concepções de máquinas agrícolas. **Produção Online**, Florianópolis, v. 15, n. 3, p. 830-857, jul. 2015.