

RICIELLY ELOYZE ROSSETO

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CÁRTAMO EM FUNÇÃO DA  
PROFUNDIDADE DE SEMEADURA E PRESSÃO DA RODA  
COMPACTADORA

CASCVEL  
PARANÁ – BRASIL  
MARÇO – 2019

RICIELLY ELOYZE ROSSETO

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CÁRTAMO EM FUNÇÃO DA  
PROFUNDIDADE DE SEMEADURA E PRESSÃO DA RODA  
COMPACTADORA

Dissertação submetida ao Programa de  
Pós- Graduação *Stricto Sensu* em  
Engenharia de Energia na Agricultura da  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
para obtenção do Título de Mestra em  
Engenharia de Energia na Agricultura.

Orientador: Reginaldo Ferreira Santos

Coorientador: Flávio Gurgacz

CASCADEL  
PARANÁ – BRASIL  
MARÇO – 2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de  
Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Rosseto, Ricielly Eloyze  
Crescimento e produtividade de cártamo em função da  
profundidade de semeadura e pressão da roda compactadora  
/ Ricielly Eloyze Rosseto; orientador(a), Reginaldo  
Ferreira Santos; coorientador(a), Flávio Gurgacz,  
2019. 50 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste  
do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e  
Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Energia na Agricultura, 2019.

1. Cultura do cártamo . 2. Plantabilidade . 3.  
Mecanização agrícola . I. Ferreira Santos, Reginaldo . II.  
Gurgacz, Flávio . III. Título.

## RICIELLY ELOYZE ROSSETO


Crescimento e produtividade de Cártamo em função da profundidade de semeadura e pressão da roda compactadora

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Biomassa e Culturas Energéticas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Reginaldo Ferreira Santos

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Douglas Bassegio

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Luciene Kazue Tokura

Cascavel, 20 de março de 2019

*“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada. Caminhando e  
semeando no fim terás o que colher”.*  
*Cora Coralina.*

## **AGRADECIMENTOS**

Não poderia deixar de agradecer a todos os envolvidos que me auxiliaram desde o começo desta caminhada. Foram dois anos de muito aprendizado e amadurecimento, tanto profissional quanto pessoal.

Agradeço a Deus por conceder a mim sabedoria para superar as dificuldades, saúde e persistência para continuar minha caminhada.

Aos meus pais, minha base, por estarem sempre presentes em minha vida, dando apoio e amor incondicional.

Ao meu orientador, professor Doutor Reginaldo Ferreira Santos, pela oportunidade de fazer parte desse mestrado, pela confiança, amizade e bondade, bem como por todos os momentos que me atendeu quando precisei.

Ao meu coorientador, professor Doutor Flávio Gurgacz, por ter abraçado esse estudo e não ter desistido dele. Por toda dedicação, amizade e apoio sem medidas.

Aos professores Doutores Deonir Secco e Luciene Tokura pelas contribuições e por sempre cederem o laboratório de física do solo para as análises.

Ao meu amigo Fernando Kaiser, graduando de Engenharia Agrícola, por me acompanhar desde o início em todas as etapas deste estudo, pela amizade, brincadeiras e disposição.

Aos meus amigos e mestrandos, Cristiano Lewandoski, Paulo de Lima Bueno e Fernando Balena pelo auxílio nas etapas de campo.

Ao Seu Dário pelo auxílio nas áreas experimentais de campo e estufa.

Ao professor Doutor Jerry Johann e seu pai, Hélio Johann, pela disponibilidade da área e todo apoio dado na montagem e condução do experimento.

Ao professor Doutor Douglas Bassegio, pela amizade e toda a contribuição na etapa final da dissertação.

Ao IMA, Instituto Matrogrossense do Algodão, e ao IAPAR, pelo fornecimento das sementes de cártamo.

À FUNDETEC pela área e estrutura para a condução dos trabalhos iniciais, com o CDTER - Unioeste.

Ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) pelo fornecimento dos dados meteorológicos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos de Mestrado.

Por fim, a todos que auxiliaram, direta e indiretamente, para a realização deste estudo.

## LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Figura 1. Variáveis meteorológicas de precipitação, temperatura mínima e máxima, umidade relativa do ar e vento durante a condução do estudo no decorrer do ciclo da cultura do cártamo em Toledo-PR, no ano de 2018 .....	14
Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental .....	15
Figura 2. Croqui e delineamento experimental. ....	17
Figura 3. Campo experimental 30 dias após a estabilização da emergência .....	18
Tabela 2. Índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), velocidade média de emergência (VME) e porcentagem de emergência (E%) de plântulas de cártamo em função de profundidades e pressões na semeadura	22
Tabela 3. Comprimento de raiz, altura de plantas, diâmetro de caule e massa seca de planta (MS) aos 30 DAE em função de profundidades e pressões da roda compactadora na semeadura .....	27
Tabela 4. Altura de plantas, diâmetro de caule, número de ramos (NR), número de capítulos (NC) e plantas por metro no estágio de 50% da floração plena e produtividade de grãos ao final do ciclo em função de profundidades e pressões da roda compactadora na semeadura .....	29

ROSSETO, Ricielly Eloyze. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Agosto de 2019. **Crescimento e produtividade de cártamo em função da profundidade de semeadura e pressão da roda compactadora.** Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos. Coorientador: Prof. Dr. Flávio Gurgacz.

## RESUMO

Frente a atual busca pelo desenvolvimento e viabilização de novas alternativas de energia renováveis e ambientalmente sustentáveis, as chamadas “culturas energéticas” vêm ganhando destaque no fornecimento de energia por meio do óleo de suas sementes. O cártamo, com introdução recente no Brasil, atrai essa ótica em razão de suas propriedades e capacidade no fornecimento de óleo que poderão ser potencialmente utilizadas tanto na fabricação de biocombustíveis quanto na indústria alimentícia. A fim de contribuir com estudos para a viabilização desta cultura no país, que ainda são carentes no manejo da semeadura, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar a mecanização da semeadura de um genótipo de cártamo em duas profundidades de semeadura (4,5 e 6,5 cm) e três níveis de cargas aplicadas à roda compactadora na semeadora (117,7; 156,9 e 196,1N) no crescimento e produtividade da cultura durante os estágios de pré/pós-emergência, floração e colheita na região de Toledo-PR. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 3, com quatro repetições. As profundidades de semeadura e as pressões impostas pela roda compactadora não afetaram a emergência das plântulas de cártamo. O comprimento de raiz, altura de planta, diâmetro de caule e massa seca de planta aos 30 DAE foram beneficiadas pela semeadura em profundidade de 4,5 cm em relação a profundidade de 6,5 cm. A produtividade de grãos foi maior em semeadura na profundidade de 4,5 cm, enquanto em relação ao fator pressão de roda compactadora, a maior produtividade de grãos foi observada em pressão de 196,1 N.

**PALAVRAS-CHAVE:** semeadora, semeadura de precisão, culturas energéticas.



ROSSETO, Ricielly Eloyze. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, August, 2019. **Safflower growth and yield on sowing depth and load on press wheel.** Advisor: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos. Coorientador: Prof. Dr. Flávio Gurgacz.

### **ABSTRACT**

The current search for the development and feasibility of new renewable and environmentally sustainable energy alternatives, such as the so-called "energy crops", provide the energy generation through the oil of their seeds. Safflower, recently introduced in Brazil, attracts this view to its properties and capabilities that can be used in the manufacture of biofuels such as in the food industry. In order to contribute to studies for the viability of this crop in the country, which are still lacking in the management of sowing, the objective of this study was to evaluate the mechanization of sowing of a safflower genotype of two sowing depths (4.5 and 6.5 cm) and three loads on press wheel sowing (117.7, 156.9 and 196.1N) in crop growth and productivity during the pre/ post emergence, flowering and harvest stages around Toledo-PR. The original experimental design was a 2 × 3 factorial data block with four replicates. Seed depths and impact pressures on the compacting wheel did not affect the emergence of safflower seedlings. Root length, plant height, stem diameter and plant dry mass at 30 DAE were benefited with a depth of 4.5 cm in relation to the depth of 6.5 cm. Safflower yield was higher in the 4.5 cm showing depth, while in relation to the pressure factor of the compactor wheel, higher grain yield was observed at a pressure of 196.1 N.

**KEY WORDS:** seed drill, precision seeding, energy crops.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE TABELAS E FIGURAS</b> .....	<b>v</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Cultura do cártamo</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Profundidade de semeadura</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3 Carga aplicada pela roda compactadora</b> .....	<b>9</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 Localização do experimento</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 Caracterização do solo</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3 Descrição do maquinário e regulagens</b> .....	<b>15</b>
<b>3.4 Descrição do experimento e delineamento experimental</b> .....	<b>16</b>
<b>3.5 Implantação e condução do experimento</b> .....	<b>17</b>
<b>3.6 Variáveis analisadas</b> .....	<b>18</b>
<b>3.6.1 Índice de velocidade de emergência (IVE)</b> .....	<b>18</b>
<b>3.6.2 Tempo médio de emergência (TME)</b> .....	<b>19</b>
<b>3.6.3 Velocidade média de emergência (VME)</b> .....	<b>19</b>
<b>3.6.4 Porcentagem de emergência (PE)</b> .....	<b>20</b>
<b>3.6.5 Altura de plantas</b> .....	<b>20</b>
<b>3.6.6 Diâmetro, comprimento de caule</b> .....	<b>20</b>
<b>3.6.7 Número de ramificações principais por planta</b> .....	<b>20</b>
<b>3.6.8 Massa seca de plantas</b> .....	<b>20</b>
<b>3.6.9 Número de capítulos por planta</b> .....	<b>21</b>
<b>3.6.10 Número de plantas por metro</b> .....	<b>21</b>
<b>3.6.11 Produtividade</b> .....	<b>21</b>
<b>3.7 Coleta de dados e análise estatística</b> .....	<b>21</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>22</b>
<b>4.1 Avaliação da emergência</b> .....	<b>22</b>
<b>4.2 Crescimento e produtividade de grãos</b> .....	<b>27</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Diante da atual preocupação com a diminuição das reservas de combustíveis fósseis no mundo, além de todos os aspectos econômicos, sociais e ambientais que giram em torno dessa problemática, a busca pelo desenvolvimento e viabilização de novas alternativas de energia renováveis e ambientalmente sustentáveis têm se tornado mais que uma necessidade, um dever por parte dos governantes, como também da população globalmente dependente de fontes energéticas.

Atendendo tal premissa, o biodiesel, já consolidado como fonte alternativa no fornecimento de biocombustíveis, que pode ser obtido por meio da transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais com álcoois, tem, no Brasil, várias opções de matérias-primas que podem fornecer óleos vegetais para seu processamento. Ainda assim, a grande produtividade de grãos de soja nas safras de primavera/verão é a fonte que sustenta a produção do biodiesel brasileiro, concentrando a produção neste período do ano e estagnando a produção do biocombustível nos períodos de outono/inverno inviabilizando, assim, sua eficiência energética no país (PINTO et al., 2005; JASPER et al., 2010).

Já cultivada na maioria dos continentes, a cultura do cártamo vêm ganhando cada vez mais espaço e destaque nas pesquisas pelo mundo, tanto na esfera das culturas com potencial energético, quanto nos estudos de óleos para a nutrição humana (SAMANCI; OZKAYNAK, 2003; NOSHEEN et al., 2011; OMIDI et al., 2012). Todo este êxito se deve as propriedades que a semente do cártamo possui, tais como o teor de óleo, que pode chegar até 35-50%, com 15-20% de proteína e 35-45% de fibras (NOSHEEN et al., 2011). E aos teores de ácidos graxos, sendo 6-8% de ácido palmítico, 2-3% ácido esteárico, 16-20% de ácido oleico e 71-75% de ácido linoleico (OELKE et al., 1992; ABUD et al., 2010b; SAMANCI; OZKAYNAK, 2003).

Recentemente, estudos vêm sendo realizados no Brasil a fim de avaliar a adaptação e determinar o manejo adequado para que o cártamo, além de uma nova alternativa para a rotação dos cultivos, possa se tornar economicamente rentável nas entressafras ou até mesmo nas safras brasileiras (DANTAS et al., 2011; BELLÉ et al., 2012; ANICÉSIO, 2014; BORTOLHEIRO, 2015).

Sabe-se que o manejo adequado é um dos elementos que mais pode contribuir para o sucesso da produtividade de uma cultura, podendo ser definido logo no início de sua implantação pelo desempenho da mecanização durante a semeadura. Uma operação de semeadura realizada criteriosamente evitará o surgimento de eventuais problemas os quais só poderão ser vistos após os estádios de germinação e desenvolvimento das plantas e, caso complicações ocorrerem nestes períodos, dificilmente poderão ser corrigidas, bem como demandarem altos custos e comprometerem a produtividade (MODOLO et al., 2007).

Na operação de semeadura, o desempenho de uma semeadora-adubadora é influenciado por todos os componentes da máquina não se restringindo apenas ao mecanismo dosador. Deste modo, a regulagem da profundidade de semeadura, tipo de roda compactadora e pressão aplicada no solo, entre outros componentes, além de variáveis externas, como a umidade do solo e condições climáticas, podem interferir no desempenho das semeadoras. Atuando conjuntamente, tais variáveis podem dificultar o estudo da interação máquina-solo-planta em pesquisas a campo e as conclusões dos estudos podem se tornar inconsistentes se todas essas variáveis não forem levadas em consideração (REIS, 2001; REIS et al., 2003).

Para que uma semente germine, condições ótimas de umidade e calor são necessárias. Já para que ocorra a emergência das plântulas, fatores como profundidade de semeadura e resistência da camada de solo acima da semente são as variáveis que atuam concomitantemente no estágio da emergência (CORTEZ et al., 2006). Partindo do pressuposto que a escolha da profundidade de semeadura e a utilização de certos modelos de rodas compactadoras e cargas na operação de semeadura podem atuar sobre as características físicas do solo interferindo sobre a relação solo-semente, a assertividade do arranjo da profundidade e carga aplicada pela roda compactadora, impostas no momento da operação com semeadoras de precisão, são ações indispensáveis para a garantia do estabelecimento e desenvolvimento da cultura que se pretende implantar.

Considerando a escassez da literatura quanto ao manejo do plantio mecanizado do cártamo, o estudo teve por objetivo avaliar parâmetros de emergência, crescimento e produtividade em função de duas profundidades de semeadura e três níveis de cargas aplicadas pela roda compactadora sobre o solo impostos na operação de semeadura.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cultura do cártamo

Pertencente à mesma família do girassol (Asteraceae), o cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) teve sua origem provavelmente na Ásia e África, comumente utilizado como ornamentação. Por conta da intensidade da coloração de suas pétalas, era empregado na tinturaria de tecidos, bem como corante culinário na antiguidade. Atualmente, vem ganhando destaque dentre as oleaginosas pelo alto teor de óleo em suas sementes podendo conter de 35-50%, 15-20% de proteína com 35-45% de fibras. O óleo vem sendo utilizado como fonte de combustível, na culinária como alimento nutracêutico, na prevenção e tratamento de doenças, bem como na indústria cosmética (NOSHEEN et al., 2011; IAPAR, 2017).

Possui como maiores produtores mundiais os países: Índia, México, Estados Unidos, Cazaquistão e Argentina. No momento, está com crescente produção nos países da América do Norte, localmente nos Estados Unidos e Canadá, possuindo o óleo como principal matéria-prima de alto valor econômico para a indústria, com grande variabilidade de propriedades devido aos teores de ácidos graxos, sendo 68% de ácido palmítico, 2-3% ácido esteárico, 16-20% de ácido oleico e 71-75% de ácido linoleico (OELKE et al., 1992; SAMANCI; ZKSYNAL 2003; ABUD et al., 2010b).

No Brasil, costuma ser cultivado em pequenas áreas localizadas nos Estados do Paraná e Mato Grosso do Sul, com apenas seis cultivares comerciais registradas no Ministério da Agricultura e Abastecimento (Mapa). O plantio de cártamo nessas regiões está sendo indicado como alternativa ao plantio de milho de segunda safra em áreas pouco férteis e susceptíveis ao estresse hídrico, oferecendo aos agricultores diversificação e obtenção de renda nas propriedades (IAPAR, 2017).

Com o nome popular de açafraão, o cártamo é uma planta herbácea, apresenta caule ereto e ramificado, de 30-150 cm de altura, folhas de coloração verde escuro brilhante, oblongas e dentadas que se tornam espinhosas no período da floração, sistema radicular pivotante bastante desenvolvido, podendo atingir

uma profundidade de até 3 m, característica que o torna capaz de ser tolerante ao estresse hídrico (DAJUE; MÜNDEL, 1996).

A floração inicia na haste central e se espalha pelas ramificações com duração de 14-21 dias de acordo com as condições climáticas. As flores podem apresentar coloração amarela, laranja, roxa ou branca (MÜNDEL et al., 2004; ABUD et al., 2010b; BELLÉ et al., 2012). Após 4 a 5 semanas do início da floração são desenvolvidos capítulos fechados e globulares, podendo conter entre 15-30 sementes cada. As sementes possuem coloração branca amarelada de característica eurispérmica, pois são de formato irregular com a base arredondada e o ápice achatado. A germinação é do tipo epígea fanerocotiledonar e a taxa germinativa pode variar em um intervalo de 3-8 dias após a data de semeadura, porém, dependendo das condições climáticas, o período de germinação pode ser alongado em três semanas (OELKE et al., 1992; ABUD et al., 2010b).

O crescimento inicial do cártamo é caracterizado por uma fase lenta, denominado estágio de roseta que pode variar conforme o material genético e condições climáticas. Temperaturas amenas durante esta fase são responsáveis pelo prolongamento do estágio, bem como temperaturas elevadas podem suprimir esta fase. No estágio de roseta, a haste central não desenvolve novos ramos durante duas a três semanas, apenas folhas grandes bem próximas ao solo. Em consequência disso, os espaços não preenchidos pelas plantas de cártamo nas linhas de semeadura facilitam o surgimento de plantas invasoras que podem competir por água, luz e nutrientes. Entretanto, em tal período, as plantas conseguem resistir ao frio e à geada, além de desenvolverem um sistema radicular que lhe conferem maior resistência à seca (ABEL, 1975; OELKE et al., 1992; BERGLUND; RIVELAND; BERGMAN, 2010).

Temperaturas ótimas ao desenvolvimento do cártamo estão na faixa de 20-35 °C (CORONADO, 2010). A precipitação requerida antes da floração fica em torno de 600 mm de chuva, mais da metade do total de 800-1000 mm necessários ao ciclo inteiro. A incidência de ventos secos é favorável a baixa incidência de doenças, tais como a mancha de alternária. Contudo, em regiões mais secas, o cártamo poderá ser cultivado com a umidade residual do solo, sendo necessário dois terços do total da necessidade de água ficar disponível no solo para o pré-plantio (OYEN; UMALI, 2007).

Os estádios fenológicos do cártamo são altamente influenciados pela temperatura e talvez pelo fotoperíodo, dependendo das características de alguns genótipos. O cultivo em temperaturas elevadas acelera a floração e, em variedades sensíveis ao fotoperíodo, pode apresentar necessidade de ao menos 14 horas de luz ao dia para iniciar a floração. A fenologia compreende a fase vegetativa (V) que se inicia com o alongamento dos cotilédones até o alongamento final (V<sub>max</sub>). As fases V1 a V6 se referem ao estágio de roseta. A fase reprodutiva (R) inicia com o surgimento dos brotos (R1) e se estende aos ramos secundários (R2), início da antese (R3), floração plena (R4), início do enchimento de grãos (R5) e finaliza com a maturação fisiológica (R6) (TANAKA; MERRIL, 1998; OYEN; UMALI, 2007). Em pesquisas no Brasil, o ciclo produtivo do cártamo apresentou variação de 110 a 150 dias, dependendo da temperatura e genótipo como principais fatores para oscilação do período (SILVA, 2013).

Atualmente, o manejo do cultivo mecanizado tem sido realizado com o mesmo maquinário utilizado pelas culturas de soja, trigo ou milho, necessitando apenas de algumas adaptações tornando, assim, o manejo mais acessível e reduzindo o custo para sua produção. A semeadura pode ser realizada com semeadoras adubadoras de precisão ou com semeadoras em linha, com recomendação de até 5 cm de profundidade e aproximadamente 20-22 sementes por metro linear. Com base em testes ainda em desenvolvimento no Brasil, a época mais recomendada para a semeadura do cártamo está entre meados dos meses de março a abril. Para a colheita, é preciso considerar pequenos ajustes no côncavo, velocidade do cilindro e ar das colhedoras de grãos pequenos a fim de reduzir danos nas sementes (CORONADO, 2010; CALOIS SEEDTEC, 2017).

Com relação ao óleo de cártamo para a produção de biodiesel, pesquisas no país têm refletido bons rendimentos do óleo na reação de transesterificação. O biodiesel de cártamo apresentou menor consumo, sem déficits de potência quando testado na relação sob a mistura entre biodiesel e o diesel de petróleo B20 (20% de biodiesel e 80% de diesel), aferindo nestas porcentagens a blenda ideal para o biodiesel de cártamo ser utilizado em motores a diesel (MEDEIROS, 2011).

## 2.2 Profundidade de semeadura

A profundidade na qual as sementes são depositadas no sulco de semeadura, em conformidade com as necessidades de cada cultura, é fundamental para o estabelecimento da germinação e emergência. A homogeneidade da profundidade na semeadura é essencial para que ocorra a emergência uniforme e consistente das plântulas, visto que uma variabilidade no processo de desenvolvimento influencia o rendimento final das culturas (NIELSEN et al., 2018).

Profundidades maiores que as cruciais podem levar ao aumento do tempo para que ocorra a emergência das plântulas, pois a força exercida pela semente quanto ao rompimento da resistência do solo faz com que ocorra um aumento no comprimento do hipocótilo ou epicótilo, dependendo da espécie, fazendo com que esta esgote suas reservas ficando susceptível às condições do solo, tais como: ataque de patógenos, pragas e competição com plantas daninhas. Dessa maneira, a profundidade de semeadura deve assegurar a germinação e a rápida emergência a fim de que plântulas vigorosas proporcionem a conformidade do estande (SCHIMIDT, 1974; KOAKOSKI et al., 2007; ZUO et al., 2017).

A recomendação para a profundidade de semeadura fica entre 2,5-3,0 vezes o tamanho da semente. As dimensões da semente de cártamo variaram de 5,56-7,78 mm de comprimento, de 3,59-4,91 mm de largura e de 2,78-3,98 mm de espessura (ABUD et al., 2010b). Neste sentido, os tratamentos foram baseados nas dimensões da semente para encontrar uma profundidade adequada para semeadura.

Quando a semeadura fica muito profunda há risco da redução de oxigênio, o que acarreta a exaustão da energia armazenada na semente até que a plântula germinada atinja a superfície do solo, como também não deve ficar muito exposta à superfície correndo o risco de predação por pássaros e insetos, assim como receber intenso calor do sol ficando susceptível à falta de umidade e comprometendo o processo germinativo (CHAPMAN; ALLAN, 1989; RIVERA; JÁUREGUI; PECO, 2012; CARNEIRO, 2013). Vale salientar que a umidade no solo em nível adequado é quase em sua totalidade responsável pelo processo de germinação, por meio da reidratação dos tecidos que reativam a dinâmica respiratória dando início à germinação e seguidamente à emergência (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).



A temperatura do solo pode afetar direta ou indiretamente a germinação atuando nos processos de superação da dormência, velocidade da absorção de água e reações bioquímicas, bem como na deterioração das sementes (MARCOS-FILHO, 2015). Barzotto et al. (2012) discorrem, ao avaliar a resposta da germinação de soja, que temperaturas ótimas ao desencadeamento da germinação estão em torno da faixa de 20 a 30 °C, sendo que, para efeito de velocidade e uniformidade de emergência, a temperatura ideal é de 25 °C e temperaturas inferiores aos 18 °C podem reduzir ou prolongar a germinação e emergência. Por esse motivo, de acordo com o tipo de solo, Pereira e Cruz (2000) recomendam que a semeadura superficial ao redor dos 3 a 5 cm é a mais indicada em solos mais pesados ou de drenagem limitada, pois a temperatura do solo é mais fria nestes solos dificultando a emergência das plantas. Em solos arenosos, semeaduras mais profundas de 5-7 cm podem contribuir para que a semente aproveite melhor a umidade do solo (Cruz et al., 2010).

Segundo Marcos Filho (2015), a presença de luz influi nas sementes controlando as substâncias que regulam a inibição ou ativação da germinação. Algumas espécies possuem sementes fotoblásticas positivas, ou seja, necessitam de luz para que ocorra a germinação. Todavia, em sementes de outras espécies pode ocorrer o contrário, quando a inibição da germinação se dá pela presença da luz, sendo chamada de sementes fotoblásticas negativas. Entretanto, a germinação pode ocorrer independente da luz, as sementes fotoblásticas neutras. Assim sendo, profundidades extremas a sementes fotoblásticas positivas ou negativas poderão inviabilizar a germinação.

Concomitantemente, as individualidades de cada espécie determinam a profundidade na qual as plantas são capazes de germinar e emergir. Maiores ou menores profundidades poderão determinar o prevalecimento de espécies conforme os sistemas de produção. O conhecimento antecipado da fisiologia na emergência de plântulas ao eleger a profundidade de semeadura é útil para obter a densidade de plantio apropriada para que se alcance êxito no desempenho da cultura desejada (ZUO et al., 2017).

Neste contexto, avaliando a semente da espécie de *Echium plantagineum* L., uma espécie de planta invasora, em profundidades de semeadura de 0-5 cm, Roso et al. (2017) observaram decréscimo na emergência à medida que as profundidades iam aumentando e esse decréscimo pode estar relacionado ao

tamanho das sementes que, por serem pequenas, esgotaram suas reservas ao tentarem romper a barreira física do solo.

Souza et al. (2013) verificaram, ao estudar apenas os efeitos das profundidades na cultura do milho utilizando semeadora de plantio direto, que o aumento da profundidade de 5 para 9 cm proporcionou efeitos negativos sobre o estande. Contrariando em partes Silva et al. (2015), que demonstram em seus resultados, a partir de experimento com semeadura manual do milho, que as profundidades de 6 a 8 cm obtiveram os maiores valores médios para o índice de velocidade de emergência, primeira contagem de emergência e emergência total de plantas. Os autores relacionam os resultados obtidos ao teor de água no solo, o qual foi encontrado nesta faixa de profundidade em maiores taxas favorecendo, assim, a emergência das plantas.

Ressaltam também que, em razão da baixa capacidade de compensação de espaços do milho, a emergência rápida e uniforme são eventos relevantes para que seja possível alcançar altos rendimentos com o cereal.

Cardoso et al. (2008) observaram os efeitos dos aumentos da profundidade de semeadura na diminuição da primeira contagem de emergência de plântulas de *Erythrina velutina*. O mesmo ocorreu nos trabalhos de Almeida et al. (2015) e Alves et al. (2014) em que os aumentos de profundidade de semeadura acabaram diminuindo a porcentagem germinativa de suas culturas. Logo, pode-se inferir que a emergência das plântulas é dificultada pela semeadura em profundidades maiores (ROSA et al., 2009).

Avaliando profundidades de semeadura para genótipos de cártamo, Gallant (2017) a partir de testes com 0,02-0,10 m observou que as profundidades de 0,020,04 m apresentaram reação benéfica para as variáveis; porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio e velocidade média de emergência, recomendando que a profundidade ideal para a semeadura da cultura está dentro desta faixa de profundidade para um solo de textura argilosa (Latosolo Vermelho Distroférrico Típico).

Isto posto, nota-se que muitas das variáveis que influem no processo de germinação e emergência podem estar submetidas à profundidade que as sementes são depositadas. Por conseguinte, infere-se que o cártamo, por possuir como característica a germinação do tipo epígea, presume-se que poderá ter sua emergência dificultada se a sua semeadura for muito profunda, uma vez que

sementes com este tipo de germinação requerem movimento rotatório por parte dos cotilédones dentro do solo, considerando a existência de posições que facilitem a emergência das plântulas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). A semeadura em profundidade poderá representar uma barreira física, assim como tais movimentos, por parte da plântula, demandarão mais gastos energéticos tornando-se insustentáveis se as sementes forem pequenas e suas reservas insuficientes (ROSO et al., 2017).

### **2.3 Carga aplicada pela roda compactadora**

O preparo do solo no leito em que a semente será depositada é fundamental para a promoção da germinação e emergência das plantas, uma vez que este preparo deve garantir um bom contato do solo com a semente para que ocorra com facilidade ganho de umidade e calor. As rodas compactadoras presentes nas semeadoras-adubadoras atuam diretamente neste processo, pois possuem a função de aumentar o contato das sementes com o solo por meio da aplicação de pressões sobre o sulco de semeadura. Além de exercer leve compactação no ato de seu fechamento, suprimindo pequenos bolsões de ar e deixar o solo suficientemente solto na superfície para não impedir a emergência das plântulas. Em algumas máquinas, as rodas compactadoras podem atuar no controle da profundidade de deposição das sementes. Os efeitos da diversidade de modelos de rodas e cargas aplicadas sobre o solo no desenvolvimento dos cultivos são características de conhecimento limitado (PACHECO, 1994; SILVA, 2002).

As semeadoras-adubadoras de precisão são exemplos de modificadores das características do solo, pois podem exercer influência benéfica ou maléfica no acondicionamento das sementes. Em função disso, o melhor parâmetro de avaliação do desempenho final de uma semeadora adubadora pode ser conferido aos índices de emergência das culturas (sementes depositadas/plântulas emergidas) (PORTELA; SATLER; FAGANELLO, 1997).

A ação das rodas compactadoras influi no tamanho dos agregados que ficarão em contato com a semente no perfil do solo. Agregados de tamanho intermediário (15 mm) são mais desejáveis no condicionamento físico do solo ao redor das sementes para a garantia das condições necessárias à germinação (BRAUNACK; DEXTER, 1989). Em consequência disso, após o estabelecimento da

emergência das plântulas, fatores como estrutura física, porosidade e densidade do solo modificam o ambiente das raízes interferindo na capacidade de penetração radicular. A adequada compactação realizada pelas rodas compactadoras possibilita a maximização da permeabilidade, condução de água e calor na zona radicular (CORTEZ; CARVALHO FILHO; SILVA, 2004).

Dessa forma, o desenho e tipo de roda compactadora, o nível de pressão aplicada por elas no solo, a umidade e condições climáticas no momento da semeadura são elementos a serem ponderados, pois poderão ser favoráveis ou não nas fases de germinação das sementes e emergência das plântulas. A escolha de um modelo de roda compactadora ideal deve levar em consideração sua atribuição de aplicar pressões adequadas no local em que as sementes ficarão acondicionadas, sem interferência sobre o solo de recobrimento, deixando-o levemente solto. Com tal característica, as rodas em formato de “U” ou “V” são as mais recomendadas, pois suprem essa necessidade de pressão sem aplicação de carga excessiva sobre as sementes, pois atuam impondo pressões laterais sobre o solo. Neste tipo de roda, quanto mais aberto for o ângulo, maior será a quantidade de solo depositada sobre a semente e maior será a compactação lateral sem interferência central (CASSEL; BOWEN; NELSON, 1978; HUMMEL et al., 1981; RIBEIRO, 1998; RAINBOW, 2000).

Compreendendo todos estes fatores atrelados à utilização de cargas sobre as rodas compactadoras, percebe-se a complexidade da análise da interação máquina-solo-planta, visto que o nível de pressão favorável ao desenvolvimento de cada espécie de semente parece ser peculiar (CORTEZ et al., 2006; GROTTA et al., 2007; NETO; LOPES, 2012).

Silva et al. (2008) constataram, ao estudar a cultura do milho com três modelos de rodas compactadoras, três profundidades de semeadura e três níveis de carga sobre a roda compactadora, que as rodas que possuíam maior área de contato com o solo contribuíram para a conservação da umidade do solo e temperatura, porém não observaram essa variação em relação aos níveis de cargas aplicadas sobre o solo pelas rodas.

A conservação da umidade do solo pôde ser levantada por Neto e Lopes (2012) em sementes de milho, em período de déficit hídrico, após seis dias da semeadura, quando submetidas à compressão do solo por meio do aumento do nível de carga aplicado pelas rodas compactadoras, observaram que os efeitos do

déficit hídrico foram amenizados. Isto se deve ao fato de que a semeadura sob sistemas adequados de compactação aumentam a área de contato das sementes com o solo, visto que os sistemas de preparo modificam a porosidade do solo, promovendo a diminuição da macroporosidade e o aumento da microporosidade, que é responsável pela penetração e armazenamento de água favorecendo, assim, o processo germinativo (DIAS Jr.; PIERCE, 1996).

Modolo et al. (2010) analisando o efeito de três profundidades de semeadura e quatro níveis de cargas (0 a 190 N) aplicadas às rodas compactadoras de borracha de uma semeadora-adubadora para a cultura do feijão, não obtiveram diferença significativa à variação das cargas para os parâmetros: índice de velocidade de emergência, estande inicial e final, como também nos componentes de rendimento. Os resultados assinalam que esta cultura pode ser semeada independente da carga que se utilize, dado que não trará prejuízos à produtividade.

Todavia, para a cultura do algodão, testando cargas verticais de 0 a 200 N aplicadas às rodas compactadoras modelo “V” simples, Cortez et al. (2005) observaram tendência de aumento na porcentagem de germinação no tratamento que conferiu a carga de 100 N às rodas ressaltando que, a partir do aumento da carga vertical, o contato solo-semente facilitou a absorção de água melhorando a eficiência germinativa.

Culturas como a do sorgo sob a influência de três tipos de rodas e variações de cargas verticais demonstraram pouco ou nenhum efeito sobre a emergência em estudos observados por Cortez et al. (2006). Esses autores verificaram um leve acréscimo nas médias do número de dias para a ocorrência da emergência do sorgo à medida que se aumentou a carga vertical das rodas, porém sem diferenças significativas. Durante o desenvolvimento da cultura, efeitos pelos tipos de rodas e cargas verticais também não foram significativos. Entretanto, no final do ciclo da cultura houve interação entre cargas e rodas, sendo que, para a carga de 100 N e roda em “V” simples dupla angulada, foi constatada maior altura de plantas. Os autores atribuem o efeito à mecânica da roda a qual não causa compactação direta sobre a semente.

Com relação à área de solo mobilizada sobre a semente, Grotta et al. (2007) combinando três profundidades de semeadura e cargas verticais de 0 a 294 N sobre o solo na fileira de semeadura da cultura da soja, observaram nenhuma influência de qualquer uma das cargas utilizadas sobre a profundidade de

deposição das sementes, apontando que qualquer uma das cargas poderia ser utilizada sem que ocorressem alterações na profundidade em que as sementes ficaram alojadas. Vale frisar que não observaram diferenças significativas nas variáveis: emergência, estande inicial e final, índice de sobrevivência de plantas e rendimento de grãos. No entanto, uma leve tendência de diminuição de rendimento da soja foi observada a partir do aumento das compactações, delimitando a produção a 2.000 kg ha<sup>-1</sup>. Os autores atribuem os efeitos à compactação do solo imposta pela elevação das cargas que limita a aeração e o crescimento radicular impedindo, dessa forma, a planta de explorar uma maior área para a captação de água e nutrientes.

Similarmente, a resistência do solo pôde ser observada por Furlani et al. (2001) estudando a cultura do milho em três profundidades de semeadura e quatro níveis de compactação do solo acima das linhas de semeadura, admitem que a resistência do solo sobre as plantas aumentou em decorrência da utilização das maiores cargas e profundidades de semeadura, porém sem influências significativas sobre o número médio de dias para a emergência das plântulas. Corroborando com Grotta et al. (2008) em que o número médio de dias para a emergência de plântulas de amendoim também não foi influenciado pela profundidade de semeadura e compactação do solo, nem mesmo houve interação entre as profundidades testadas e as cargas verticais aplicadas sobre uma roda metálica lisa nas linhas de semeadura.

Modolo et al. (2007) observaram, ao aplicar cargas de 0 a 140 N à rodas compactadoras de borracha na semeadura da cultura da soja, atrelando aos diferentes teores de água no solo, diminuição dos índices de velocidade de emergência das plântulas entre as cargas de 0 e 50 N, justificando que o contato solosemente ficou comprometido no leito da semeadura, em razão da existência de bolsões de ar sobre a semente impedindo-a de reter água, como também a presença de maior diâmetro médio ponderado dos agregados, atrasando sua germinação e emergência. Contudo, os menores índices foram encontrados quando as sementes foram submetidas à carga de 140 N, observou-se a presença de encrostamento superficial do solo, limitando a presença de oxigênio e demandando dessa forma maior gasto energético para ocorrência da emergência.

A utilização de cargas impostas pelas rodas compactadoras em formato “V” na operação de semeadura na cultura do cártamo poderá modificar o contato solo-

semente. Por conseguinte, poderão promover ou prejudicar o desenvolvimento da cultura, em razão da aplicação de cargas que irão pressionar o solo lateralmente, não descartando a hipótese de que poderão alterar também a profundidade de semeadura.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização do experimento

A pesquisa foi realizada em condições de campo em área experimental particular localizada no distrito de Vila Nova, pertencente ao município de Toledo, oeste do Estado do Paraná, com coordenadas de latitude  $24^{\circ}32'38.84''\text{S}$ , longitude  $53^{\circ}47'42.00''\text{O}$  e altitude de 550 m. A região é caracterizada pelo clima subtropical (Cfa), segundo Koeppen. Os dados meteorológicos de precipitação, temperatura mínima e máxima e umidade relativa do ar durante a condução do estudo no decorrer do ciclo do cártamo (maio a outubro) são apresentados na Figura 1.

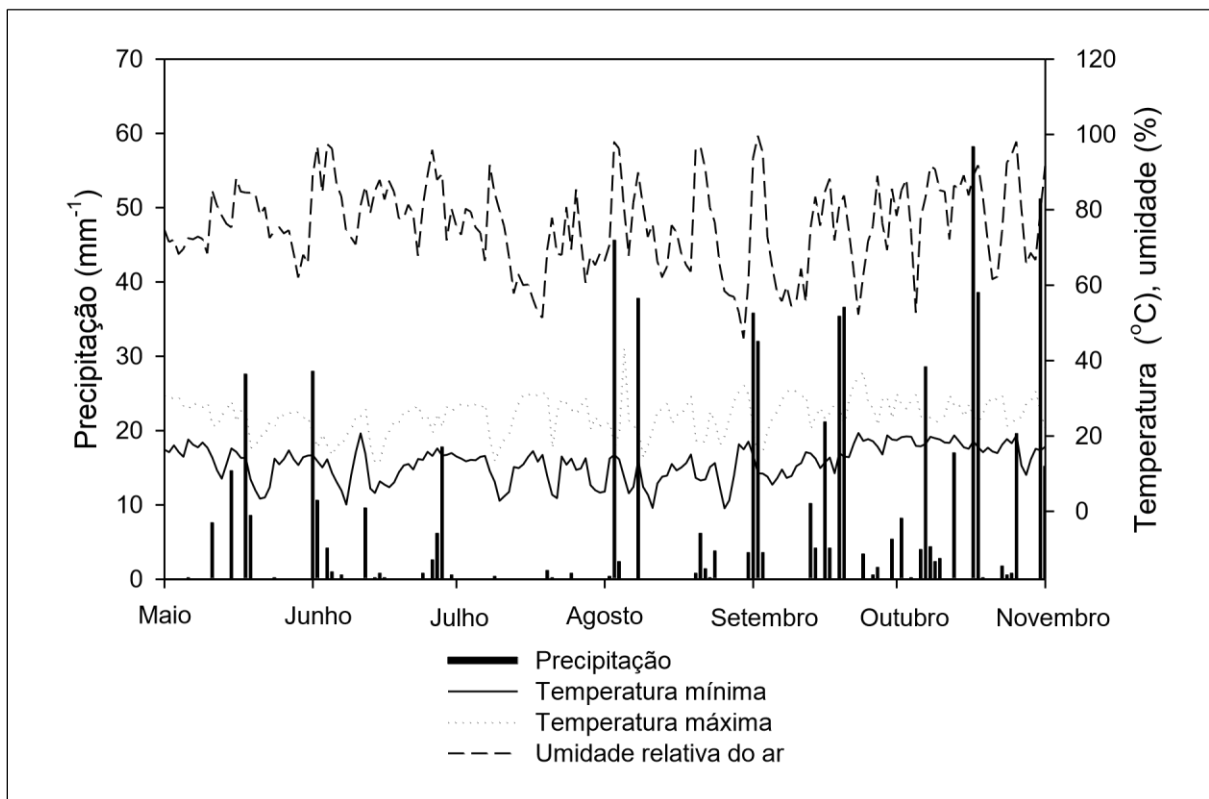


Figura 1. Variáveis meteorológicas de precipitação, temperatura mínima e máxima, umidade relativa do ar e vento durante a condução do estudo no decorrer do ciclo da cultura do cártamo em Toledo-PR, no ano de 2018.

Fonte: SIMEPAR (2018).



### 3.2 Caracterização do solo

A área experimental possui solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico Típico, textura argilosa (EMBRAPA, 2014). Com teor de 20% de areia, 18,75% de silte e 61,25% de argila, com pouca ou nenhuma cobertura de massa vegetal seca.

A Tabela 1 apresenta as características químicas do solo para a área experimental na profundidade de 0-20 cm.

**Tabela 1.** Atributos químicos do solo da área experimental.

pH (CaCl <sub>2</sub> )	P (Mg/dm <sup>3</sup> )	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V (%)
----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----										
5,10	35,2	0,63	8,6	2,3	0,00	6,2	11,6	11,6	17,8	65,2

Em que SB é a soma de bases K+Ca+Mg, t é a CTC efetiva e T é a CTC a pH 7,0, V é a saturação de bases. Análise realizada pelo laboratório Solanálise.

### 3.3 Descrição do maquinário e regulagens

Na operação de semeadura foi utilizada semeadora-adubadora modelo IMASA 908 de 7 linhas de plantio espaçadas de 0,45 m. Os mecanismos para abertura de sulcos de sementes são do tipo disco duplo e para distribuição de fertilizantes são do tipo facão. O órgão de recobrimento de sulcos, rodas compactadoras, é constituído por um sistema de duas rodas de metal revestidas com borracha sólida com ângulo

“V”.

A regulagem das três pressões aplicadas sobre o solo pelas rodas compactadoras foi operada manualmente acionando-se a tração de uma mola helicoidal. Os três níveis de pressão das rodas compactadoras foram determinados pela relação entre a força aplicada sobre o solo e a área de contato das rodas. A regulagem de profundidade de semeadura nesta semeadora se dá pelo ajuste das rodas limitadoras de profundidade em relação ao disco duplo sulcador de deposição das sementes. As rodas limitadoras de profundidade são deslocadas no sentido vertical e ajustadas por meio da modificação do batente limitador de curso. Ambas

as regulagens foram modificadas fileira por fileira da máquina em cada parcela durante a operação de semeadura.

A regulagem do dosador de sementes foi feita pelo ajuste na transição de engrenagens e acionamento por pneus de tração. O dosador foi montado com discos adaptados para a cultura do cártamo e regulado para distribuir 24 sementes por metro. Para a adubação de base foi empregado adubo formulado 10-15-15 (N-P-K) com distribuição de 300 kg ha<sup>-1m</sup>, conforme indicação da necessidade de adubação da cultura e análise química do solo.

A semeadora-adubadora foi tracionada por trator New Holland® TL90, com 90 cv de potência, montada na barra de tração. A velocidade de semeadura manteve a faixa de 5 km/h.

### **3.4 Descrição do experimento e delineamento experimental**

As parcelas experimentais foram constituídas por 3 linhas de 10 m, com espaçamento entre linhas de 0,45 m (Figura 2). Foi utilizado um genótipo de cártamo fornecido pelo Instituto Mato-grossense do algodão-IMAmt. O genótipo possui percentual germinativo de 50%, segundo análises laboratoriais previamente realizadas.

O delineamento experimental utilizado foi composto por blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 × 3, com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos por duas profundidades de semeadura (4,5 e 6,5 cm) e três cargas de pressão aplicadas sobre o solo pela roda compactadora (117,7; 156,9 e 196,1 N). As cargas foram definidas de acordo com o aumento da tração do sistema de molas existente na semeadora-adubadora, ou seja, para a carga de 117,7 kgf cm<sup>-2</sup> não foi utilizada nenhuma força de compressão da mola, apenas a carga da roda; carga 156,9 kgf cm<sup>-2</sup> foi utilizada a primeira regulagem de compressão da mola; carga 196,1 N foi obtida com a segunda regulagem de compressão da mola.

As pressões escolhidas foram estimadas por meio da determinação das cargas exercidas, medindo-se a massa das rodas compactadoras por meio de uma balança de gancho. Calculou-se a pressão pela área de contato das rodas compactadoras com resultado em kgf cm<sup>-2</sup> e convertido em Newton.

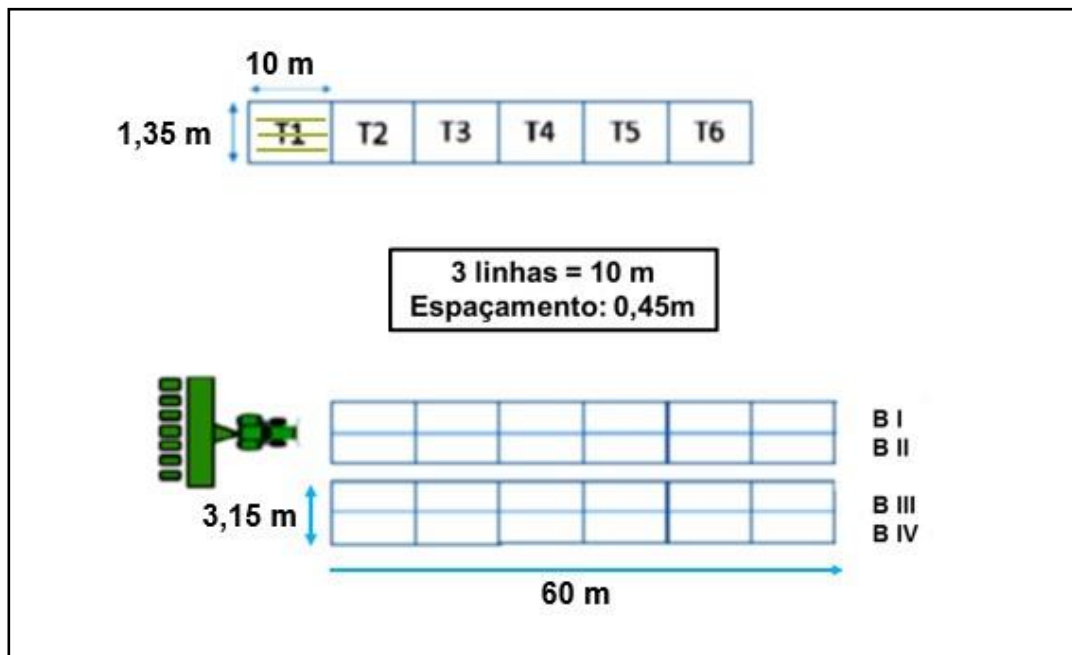


Figura 2. Croqui e delineamento experimental.

### 3.5 Implantação e condução do experimento

Um mês antes da implantação do experimento uma operação de gradagem foi executada para eliminação de plantas daninhas e nivelamento do terreno. As sementes foram tratadas com fungicida Vitavax® Thiram 200SC, na dosagem de 300 mL do produto comercial/100 kg de sementes.

A semeadura foi realizada 14 de maio de 2018, com umidade relativa do ar em 76%, temperatura máxima de 27 °C e sem precipitação. Os tratamentos culturais para o controle de plantas daninhas e pragas foram realizados à medida que fossem necessários.

O experimento foi conduzido e avaliado em quatro etapas, do início até o final do ciclo da cultura. Na primeira etapa, foram avaliados o estágio de emergência que compreendeu o início até a estabilização com avaliações a campo todos os dias para a determinação do número de plântulas emergidas/dia. Na segunda etapa, 30 dias após a estabilização da emergência, foram coletadas as primeiras amostras de plantas para avaliação dos caracteres morfométricos (Figura 3). A terceira etapa das avaliações ocorreu quando as plantas atingiram 50% da floração, com a coleta de amostras para a realização das análises não destrutivas. A quarta e última etapa

compreendeu as avaliações do final do ciclo, com a coleta de amostras para os dados de produtividade a partir da colheita e debulha manual das cápsulas. O ciclo teve duração de 160 dias.



Figura 3. Campo experimental 30 dias após a estabilização da emergência.

### **3.6 Variáveis analisadas**

#### **3.6.1 Índice de velocidade de emergência (IVE)**

Para a determinação do IVE, foi selecionado um metro linear de cada parcela para a contabilização da emergência. As plântulas foram consideradas emergidas a partir do momento que romperam a superfície solo, quando um cotilédone era visível de um ângulo qualquer. O campo experimental foi acompanhado todos os dias após a data da semeadura, a fim de determinar a data do início e término da emergência (estabelecimento da emergência) para cada tratamento. Seguindo a metodologia proposta por Maguire (1962), este índice é expresso em sementes/ dia.

$$VE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n}$$

Em que:

$E_1, E_2 \dots E_n$ : número de plântulas normais contabilizadas, na primeira, segunda e última contagem.

$N_1, N_2 \dots N_n$ : número de dias da sementeira, na primeira, segunda e última.

### 3.6.2 Tempo médio de emergência (TME)

Após as análises do índice de emergência realizou-se o cálculo do tempo médio de emergência, segundo metodologia proposta por Laboriau e Valadares (1976), expressa em dias.

$$TMG = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i}$$

Em que:

$n_i$  = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem;  $t_i$  = tempo decorrido entre o início da germinação e a  $i$ -ésima contagem.

### 3.6.3 Velocidade média de emergência (VME)

A ser calculada após a determinação do tempo médio de emergência, expressa em dias<sup>-1</sup>.

$$VME = \frac{1}{t}$$

Em que:

$t$  = tempo médio de emergência.

### 3.6.4 Porcentagem de emergência (PE)

Realizou-se a contagem final do estande de plântulas emergidas, expressa em porcentagem (%).

$$E = \frac{\text{n}^\circ \text{ de sementes emergidas}}{\text{total de sementes}} \times 100$$

### 3.6.5 Altura de plantas

Foi determinada em duas épocas, quando a cultura atingiu 30 dias após a estabilização da emergência e quando apresentou 50% de seu florescimento. Com o auxílio de fita métrica graduada, mediu-se desde o nível do solo até a parte mais alta da planta em centímetros, de quatro plantas ao acaso dentro de cada parcela.

### 3.6.6 Diâmetro, comprimento de caule

Foram aferidos quando a cultura apresentou 30 dias após a estabilização da emergência e quando apresentou 50% de seu florescimento, de quatro plantas aleatórias de cada parcela. Para o diâmetro utilizou-se um paquímetro digital na região basal do caule, unidade em milímetros e o comprimento do caule (cm) com auxílio de uma régua graduada.

### 3.6.7 Número de ramificações principais por planta

Foi quantificado o número de ramificações principais coletando-se ao acaso quatro plantas de cada parcela quando a cultura apresentou 50% de seu florescimento.

### 3.6.8 Massa seca de plantas

Foi analisada quando a cultura apresentou 30 dias após a estabilização da emergência de quatro plantas aleatórias de cada parcela. Sendo feita a massa seca

em estufa com circulação de ar forçada a 65 °C por 72h e posterior pesagem em balança de precisão.

### **3.6.9 Número de capítulos por planta**

Foi quantificado quando a cultura atingiu a maturação completa dos capítulos, de quatro a seis plantas aleatórias por parcela, contando-se o número total de capítulos por planta.

### **3.6.10 Número de plantas por metro**

Contabilizado no momento da colheita dos capítulos, contou-se o número de plantas totais em um metro linear aleatório de cada parcela.

### **3.6.11 Produtividade**

Foi estimada após a maturação completa dos capítulos com coleta e debulha manual das capsulas e limpeza dos grãos de um metro quadrado de cada parcela. As amostras passaram por pesagem em balança de precisão, com quatro casas decimais, adotando-se grau de umidade de 13% padronizado e o cálculo corrigido para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

## **3.7 Coleta de dados e análise estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação da emergência

Na Tabela 2, é apresentado o índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), velocidade média de emergência (VME) e porcentagem de emergência (E%) de plântulas de cártamo. Não foi observada diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos profundidade de semeadura e pressão da roda compactadora para as avaliações na emergência.

**Tabela 2.** Índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), velocidade média de emergência (VME) e porcentagem de emergência (E%) de plântulas de cártamo em função de profundidades e pressões na semeadura.

Tratamentos	IVE (semente dia <sup>-1</sup> )	TME (dias)	VME (dias)	E (%)
Profundidade (cm)				
4,5	0,81	3,7	0,28	31,5
6,5	0,73	4,4	0,25	30,2
Pressão (N)				
117,7	0,74	4,3	0,24	30,7
156,9	0,82	3,9	0,28	32,2
196,1	0,76	3,9	0,27	29,6
Teste F	Probabilidade de F			
Profundidade (A)	0,2038	0,1942	0,3757	0,5357
Pressão (B)	0,5132	0,6552	0,5180	0,6296
A x B	0,2471	0,1310	0,1060	0,6298
CV (%)	18,09	28,90	31,03	17,41

CV: Coeficiente de variação.

Galant (2017) constatou para a cultura do cártamo maior índice de velocidade de emergência nas profundidades de 2 e 4 cm em solo de textura argilosa. Já para a profundidade de 6 cm visualizou decréscimo da porcentagem de germinação em comparação às profundidades de 2 e 4 cm e, conseqüentemente, o índice de velocidade de emergência diminuiu para 7,17 sementes dia<sup>-1</sup>. Neste caso, é possível reforçar que os índices apresentados dependem da reação das porcentagens de emergências, em que no estudo citado as porcentagens de emergências foram superiores.



Dado que Souza et al. (2009) observaram baixos índices de velocidade de emergência de *Bidens pilosa* em razão do aumento das profundidades de semeadura. Na profundidade de 2 cm a porcentagem de emergência foi de 9,35% com índice de 0,18 sementes dia<sup>-1</sup> e para a profundidade 4 cm a porcentagem de emergência foi de 6,07% com índice de 0,04 sementes dia<sup>-1</sup>.

Tanveer et al. (2012) observaram, trabalhando com uma espécie selvagem de cártamo (*C. Oxyacantha*) sensibilidade das plântulas quando submetidas ao aumento da profundidade de semeadura. Testando as profundidades de 0 a 6 cm. Os autores verificaram redução da porcentagem de emergência de 72,5 para 35% com o aumento de profundidade de 0 para 6 cm, respectivamente (TANVEER et al., 2012).

Nos estudos de Mikkelson et al. (2009) em solos argilosos e arenosos, a emergência e o crescimento inicial de cártamo foi prejudicada quando a profundidade de semeadura aumentou de 3 para 5 cm. Os autores concluem que o mau estabelecimento e o vigor das plântulas são de fato problemas para a produção de cártamo e podem estar associados tanto à profundidade de semeadura, quanto com o tipo de solo e condições ambientais. Além disso, indicam que as recomendações de profundidade de semeadura para o cártamo variam entre as regiões, sendo de 1,5 a 4 cm no sul da Austrália e de 4 a 7 cm em New South Wales.

Silva, Nascente e Silveira (2017) verificaram, em experimento com plântulas de arroz semeadas na profundidade de 3 cm em relação as semeadas na profundidade de 6 cm, que quando as plântulas foram semeadas na profundidade de 6 cm houve redução de estande de 54 para 42 plântulas por m. Os autores associam o ocorrido aos problemas de vigor de sementes quando estas foram depositadas em maiores profundidades, uma vez que necessitaram de maior quantidade de reservas de nutrientes para conseguirem emergir.

As baixas taxas de porcentagem de emergência que reduziram o estande de plantas neste estudo podem ser atribuídas aos problemas na qualidade das sementes. Dessa forma, o vigor das sementes, atributo que define o estabelecimento da emergência rápida e uniforme de plântulas normais em condições de campo diversas, pode ter contribuído para a ausência de diferença estatística entre os tratamentos. Mesmo tendo realizado antecipadamente o teste de germinação em laboratório a fim de diminuir estes efeitos, bem como o ajuste do

estande na semeadora, o comportamento da germinação das sementes à campo pode ser influenciado por vários fatores que atuam simultaneamente ou isoladamente durante o processo germinativo, tais como: luminosidade, amplitude de variação térmica ideal, umidade e disponibilidade de oxigênio. E no processo de emergência a quantidade de reservas suficientes para suportar o crescimento da plântula por meio da camada de solo é decisiva para que a plântula consiga emergir e compor o estande (BEWLEY; BLACK, 1986).

No entanto, Abud et al. (2010) apresentam em seu estudo que o tamanho das sementes não foi capaz de interferir na emergência. Assim, o vigor das plântulas de cártamo não foi influenciado. Os autores apontam que a mobilização das substâncias de reserva independe da quantidade de reserva contida na semente, pois a plântula é capaz de translocar igualmente as substâncias para os pontos de crescimento.

Considerando isoladamente as pressões aplicadas pela roda compactadora, é possível constatar que não houve diferença estatística para nenhuma das três pressões avaliadas. Os resultados deste estudo corroboram com os de Cortez et al. (2005) acerca da cultura do algodoeiro, utilizando rodas compactadoras tipo “V simples” com níveis similares de cargas verticais (0, 5, 100, 150 e 200 N). Em solo sob resteva de crotalária, não observaram diferenças estatísticas nas avaliações de emergência para as variáveis velocidade de germinação e porcentagem de germinação. Os autores conferem a falta de significância às condições de umidade do solo, uma vez que o experimento foi realizado sob plantio direto o que provavelmente teria facilitado a manutenção de alta umidade na camada compactada diminuindo a resistência do solo e facilitando a germinação.

Efeitos significativos de pressões exercidas pelas rodas compactadoras foram observados na emergência nas culturas da soja e milho em solos de textura argilosa (MODOLO et al., 2007; NETO; LOPES, 2012).

Na cultura da soja, Modolo et al. (2007) observaram, ao testar teores de água no solo e níveis de cargas aplicadas por rodas compactadoras de borracha, tipo convexa (0, 50, 90 e 140 N), menores índices de velocidade de emergência para a aplicação de cargas de 0 a 50 N. Esta faixa de carga limitou o processo de germinação e emergência das plântulas, pois proporcionou o aumento do diâmetro médio dos agregados e a formação de bolsões de ar sobre a semente comprometendo, assim, o contato solo-semente e a absorção de água. Entretanto,

os tratamentos com a configuração de carga 140 N também tiveram baixos índices de velocidade de emergência por conta da ocorrência de encrostamento superficial do solo, o que ocasiona dificuldade na entrada de oxigênio, aumenta o gasto energético e prejudica a emergência das plântulas. A compactação do solo após a semeadura provoca mudanças nas propriedades físicas e químicas do solo interferindo na taxa de emergência das plântulas (HILLEL, 1998; ZUO et al., 2017).

Neto e Lopes (2012) perceberam a diminuição do tempo de emergência para a cultura do milho conforme o aumento de cargas verticais sobre rodas ângulo “V” 60° para as profundidades de 2 e 3 cm, em 2,3 e 0,6 dias, respectivamente. Nesta situação, segundo os autores, a compactação do solo acima da semente em menores profundidades de semeadura minimizou os efeitos do estresse hídrico que ocorreu durante o experimento, período de seis dias sem a ocorrência de chuvas logo após a semeadura.

Dugato e Palma (2018) não observaram, ao avaliar parâmetros de emergência em plantas de milho, diferença estatística significativa no índice de velocidade de emergência, velocidade de emergência e população de plantas sob configurações de ângulo de abertura e de pressão (176 e 372 N) em rodas tipo “V simples” sobre um Latossolo Vermelho de textura argilosa. Todavia, mesmo não observando influência do mecanismo de compactação de sulcos, em razão das condições de solo e umidade que foram favoráveis no momento da semeadura e decorrer do experimento, os autores ressaltam a importância da utilização de rodas de pressão para o contato-solo semente, pois, em situações de déficit hídrico, pode comprometer a emergência do milho.

No tocante à falta de interação das pressões exercidas pelas rodas compactadoras com as profundidades de semeadura, pode-se conferir tal ocorrido à ineficiência do sistema de pressão da semeadora utilizada, em que a pressão resultante da tensão da mola (carga) pode não ter fornecido a diferença resultante no sistema, ou até mesmo devido ao mecanismo de controle de profundidade, em que as rodas estão ligadas, fazendo com que a determinação das forças seja retirada. Assim, neste caso, os valores encontrados para as pressões correspondem à ação da gravidade sobre a massa da roda, não tendo o efeito do tensionamento da mola. Desta maneira, a escolha de qualquer uma das cargas impostas pelas rodas compactadoras poderá ser utilizada, pois a profundidade de semeadura não será alterada, bem como os parâmetros de emergência das

plântulas. Estes resultados confirmam os obtidos por Grotta et al. (2007) para a cultura da soja em função de profundidades de semeadura e cargas verticais.

Contestando tal hipótese, Neto e Lopes (2012) verificaram interação entre profundidades de semeadura e cargas verticais aplicadas sobre as rodas compactadoras. Quando aplicada carga de 88,2 N na profundidade teórica de 2 cm resultou em aumento de aproximadamente 0,5 cm na profundidade real. Contudo, elevando-se o peso aplicado pelas rodas de 98,98 a 428,2 N para a profundidade teórica de 5 cm, a profundidade real diminuiu em 0,6 cm. Os autores levantam a hipótese de que a força exercida pelas rodas elevou o nível do solo na linha de semeadura diminuindo, assim, a profundidade de deposição das sementes.

Correlacionando testes em laboratório de avaliação da qualidade fisiológica de sementes de canola com a emergência de plântulas no campo, Ávila et al. (2005) constataram que o índice de velocidade de emergência e a velocidade de emergência não apresentaram correlação significativa com a emergência das plântulas testadas no campo e, portanto, concluem que estes índices não são adequados para avaliar a qualidade fisiológica das sementes de canola. O mesmo pôde ser observado por Braz e Rossetto (2009) para a cultura do girassol. Os resultados encontrados nestes estudos levantam a hipótese sobre a precisão dos índices para avaliação do potencial fisiológico de uma semente, pois as plantas a campo estão sujeitas às condições adversas e podem apresentar comportamentos discrepantes.

Os teores de água no solo no momento da semeadura permitiram o bom rendimento e qualidade da operação de semeadura, encontrando-se no estágio de friabilidade (GASSEN; GASSEN, 1996). As condições meteorológicas durante a condução do presente estudo podem ser consideradas favoráveis à germinação do cártamo, de modo que estiveram entre as temperaturas médias ótimas para seu desenvolvimento na faixa de 20 – 35 °C (CORONADO, 2010). O regime pluviométrico após a semeadura, durante a fase de germinação e emergência atendeu às necessidades exigidas pela cultura.

## 4.2 Crescimento e produtividade de grãos

As médias das variáveis comprimento de raiz, altura de plantas, diâmetro de caule e massa seca de planta aos 30 dias após a emergência são apresentadas na Tabela 3. Observa-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para as variáveis comprimento de raiz, altura, diâmetro de caule e massa seca de planta em função da profundidade de semeadura.

**Tabela 3.** Comprimento de raiz, altura de plantas, diâmetro de caule e massa seca de planta (MS) aos 30 DAE em função de profundidades e pressões da roda compactadora na semeadura.

Tratamentos	Comp. raiz (cm)	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	MS (g)
Profundidade (cm)				
4,5	10,2 a	18,1 a	6,1 a	1,93 a
6,5	9,2 b	15,6 b	5,4 b	1,38 b
Pressão (N)				
117,7	10,0	17,3	5,9	1,81
156,9	9,7	16,5	5,7	1,61
196,1	9,3	16,8	5,7	1,55
Teste F	Probabilidade de F			
Profundidade (A)	0,0314	0,0043	0,0033	0,0019
Pressão (B)	0,4558	0,7057	0,4947	0,3782
A x B	0,1257	0,7806	0,2131	0,9331
CV (%)	10,5	10,8	9,2	22,4

CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5 % de significância.

Os valores de comprimento de raiz (10,2 cm), altura de planta (18,1 cm), diâmetro de caule (6,1 mm) e massa seca de planta (1,93 g) na profundidade de 4,5 cm foram superiores quanto à semeadura em profundidade de 6,5 cm. Os dados apontam que até aos 30 dias após a emergência as plantas apresentaram diferenças em seu crescimento tanto no crescimento da raiz, como na parte aérea. Não houve interação dos fatores profundidade de semeadura e pressões da roda compactadora (Tabela 3).

Seguindo os estudos de Gallant (2017), observou-se aos 30 dias após a emergência das plantas de cártamo, diferença significativa apenas para o comprimento de raiz, dentre as demais variáveis morfométricas analisadas, quanto às profundidades de semeadura. De acordo com seus resultados, o maior comprimento radicular foi alcançado na profundidade de 10 cm, tendo média de 10,6 cm e o menor observado na profundidade 2 cm, com média de 6,81 cm de comprimento.

Segundo Chen et al. (2015), o crescimento do sistema radicular está relacionado ao metabolismo fisiológico e ao acúmulo de biomassa acima do solo. A proporção adequada entre raiz/parte aérea, possibilita o crescimento das plantas e é um indicador que reflete a coordenação do acúmulo de biomassa tanto dos tecidos das raízes quanto nos tecidos acima do solo. Dessa maneira, considerando que o cártamo possui sistema radicular pivotante que pode reciclar e absorver nutrientes nas camadas mais profundas do solo, este estudo a relação adequada raiz/parte aérea é observada no tratamento profundidade de 4,5 cm (Tabela 3) e contribuiu para o aumento da massa seca e, conseqüentemente, para o crescimento das plantas 30 dias após a emergência.

A altura de planta, diâmetro de caule, número de ramos principais, número de capítulos por planta e plantas por metro quando a cultura atingiu 50% da floração plena não foram afetados pelas profundidades e pressões da roda compactadora, bem como pela interação dos fatores (Tabela 4).

A produtividade de grãos foi influenciada pelas profundidades e pressões de forma isolada. Maior produtividade de grãos foi obtida para a semeadura na profundidade de 4,5 cm com rendimento de 868 kg ha<sup>-1</sup> em comparação a semeadura em profundidade de 6,5 cm (Tabela 4).

Em relação ao fator pressão de roda compactadora, a maior produtividade de grãos foi observada em pressão de 196,1 N em comparação com a pressão de 117,7 N, com valores de 725 e 443 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 4).

**Tabela 4.** Altura de plantas, diâmetro de caule, número de ramos (NR), número de capítulos (NC) e plantas por metro no estádio de 50% da floração plena e produtividade de grãos ao final do ciclo em função de profundidades e pressões da roda compactadora na semeadura.

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	NR (No)	NC (No)	Plantas por m	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
Profundidade (cm)						
4,5	134,4	13,0	7,12	11,35	6,7	868 a
6,5	133,5	13,1	7,14	12,22	6,0	341 b
Pressão (N)						
117,7	134,3	13,1	7,03	12,41	5,6	443 b
156,9	133,2	12,9	6,93	10,41	6,5	645 ab
196,1	134,4	13,2	7,43	11,37	6,8	725 a
Teste F	Probabilidade de F					
Profundidade (A)	0,7039	0,8925	0,9656	0,5598	0,2032	0,0002
Pressão (B)	0,9104	0,9257	0,6662	0,5533	0,2775	0,0355
A × B	0,0686	0,8229	0,6662	0,1945	0,7222	0,0948
CV (%)	4,54	10,43	16,65	30,21	24,40	45,6

CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5 % de significância.

A presença de diferença estatística nos tratamentos profundidade no tocante à produtividade do cártamo, mesmo na ausência de significância nos parâmetros avaliados durante o estádio de emergência (Tabela 2) contraria os resultados obtidos por Silva, Nascente e Silveira (2017) com plantas de arroz de terras altas. No estudo citado, o índice de velocidade de emergência foi significativamente afetado pela configuração de profundidade 3 cm a qual favoreceu o estande de plantas. Todavia, estes efeitos não se estenderam à produtividade de grãos do arroz, ainda com estande de plantas reduzido nos demais tratamentos a capacidade de “compensar” a falta de plantas, que é uma característica do arroz, pois, por meio do aumento de perfilhamento, é possível fazer com que as produtividades fiquem semelhantes.

Para o cártamo, essa compensação da variação espacial também pode ser comum. Como possui hábito de crescimento semiderminado, a produção de maior número de grãos nos capítulos se dá pelo melhor desenvolvimento no número de hastes e/ou com a perda de alguns capítulos (MÜNDEL et al., 1994).

A visibilidade de diferença estatística na variável produtividade quanto à profundidade de semeadura 4,5 cm pode estar atrelada ao fato de que esta configuração de profundidade amenizou os efeitos do baixo vigor das sementes, identificados no estágio de emergência e promoveu o crescimento das plântulas. Menores profundidades de semeadura permitem que plântulas emerjam com menor gasto de energia, resultando em plantas mais fortes (ZUO et al., 2017).

De tal forma, os resultados apresentaram diferenças significativas aos 30 dias após a estabilização da emergência para as características morfológicas e teores de massa seca das plantas (Tabela 3). Após 30 dias do estabelecimento da cultura houve maior acúmulo de massa seca, o que, posteriormente, refletiu no aumento de produtividade. A correlação do maior acúmulo de massa seca com o acréscimo na produtividade de grãos foi relatada por Gomes et al. (2012) na cultura do girassol.

Da mesma maneira, os tratamentos de pressão em relação à produtividade apresentaram resultados significantes, apesar de não sinalizar diferença significativa para os parâmetros avaliados no estágio de emergência (Tabela 2), tampouco após 30 dias do estabelecimento da emergência (Tabela 3), bem como no estágio reprodutivo (Tabela 4). Os resultados obtidos neste estudo corroboram com os de Grotta et al. (2007) para a inexistência de influência de cargas verticais para os parâmetros do estágio de emergência na cultura da soja. Contudo, contradizem os resultados obtidos para a variável rendimento de grãos. De acordo com os autores, uma possível tendência de diminuição de rendimento é apontada pelo aumento da compactação do solo acima da semente, o que não ocorreu neste estudo.

A existência de diferença estatística na variável produtividade pode estar relacionada ao fato de que maiores cargas impostas pela roda compactadora, de acordo com as condições físicas e umidade do solo no momento da semeadura, favoreceram o processo de crescimento do cártamo. Conforme Cortez, Carvalho Filho e Silva (2004), a compactação adequada pelas rodas compactadoras eleva a



permeabilidade do solo, maximiza a condução de água e absorção de nutrientes na zona radicular.

A compactação do solo benéfica ao rendimento de grãos pôde ser relatada por Zuo et al. (2017) na cultura da canola em que o maior peso de mil sementes foi para a operação da semeadura seguida de compactação do solo. Já para a cultura do girassol, a compactação imposta pelo tráfego de máquinas em um Latossolo Vermelho distrófico típico, limita o volume do solo explorado pelas raízes no perfil e diminui a produtividade da cultura (SCAPINELLI et al., 2016).

Outra hipótese a ser considerada é a condição da estrutura física do solo no estudo proposto, pois este encontrava-se com pouca ou nenhuma cobertura vegetal e foi submetido à uma operação com grade niveladora um mês antes da implantação do experimento. Conforme Tormena et al. (2002), o efeito da mobilização do solo pelos implementos é mais expressivo em superfície, ocasiona o fraturamento dos agregados e o aumento da porosidade total do solo viabilizando, assim, elevados teores de macroporosidade a qual está diretamente relacionada com a difusão de oxigênio no solo, o que, conseqüentemente, irá possibilitar maior volume de poros drenáveis.

Deste modo, para o estudo em evidência, supõem-se que o sistema de preparo tenha mobilizado o solo e alterado superficialmente sua estrutura, pelo fraturamento dos agregados e desenvolvimento de poros. Em um segundo momento, para as fases de crescimento das plantas de cártamo, a compactação exercida pela semeadora na maior tensão de carga aplicada pelas rodas compactadoras, favoreceu o melhoramento da estrutura do solo anteriormente desestruturado, diminuiu a macroporosidade excessiva e aumentou a densidade que nestas condições afetaria a disponibilidade de água às plantas temporalmente. Assim, contribuiu para a redução da rápida perda de água no solo no período de déficit hídrico, registrado no decorrer da fase de pré-florecimento.

Em decorrência disso, o favorecimento da retenção da umidade do solo, proporcionado pelo aumento dos níveis de compactação superficial, exercidos pelas rodas, neste período, pode ter sido responsável pelos ganhos no rendimento dos grãos, portanto, diferença significativa na variável produtividade. Associando a disponibilidade de água com a produtividade das culturas, tendência similar foi constatada por Gomes et al. (2012), ao estudar a aplicação de lâminas de água na cultura do girassol, quando verificaram que a produtividade de grãos se apresentou

45,4% maior para o tratamento com aplicação da maior lâmina de irrigação (6.963 kg ha<sup>-1</sup>) em comparação com o tratamento sem irrigação (4.788 kg ha<sup>-1</sup>).

Em contrapartida, o efeito do sistema de preparo do solo convencional na produtividade da cultura do cártamo pôde ser percebido por Altuntas et al. (2018). Os autores constataram que o sistema de preparo do solo convencional com arado de aiveca refletiu em maiores parâmetros de produtividade comparado ao sistema de plantio direto. As diferenças no rendimento de grãos são atribuídas ao clima e fatores ambientais, visto que o estudo foi realizado em condições de seca, por dois anos consecutivos. Já as diferenças nos parâmetros, índice de velocidade de emergência e porcentagem de emergência não foram consideradas significativas (ALTUNTAS et al., 2018).

Entretanto, no estudo proposto, a produtividade do cártamo ficou abaixo da capacidade de rendimento apresentada pela cultura, conforme a literatura. De acordo com Possenti e Paulino (2010), a cultura do cártamo pode apresentar produção média de grãos por hectare em torno de 1000 a 3000 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que esse rendimento pode ser afetado pelo genótipo, práticas culturais, fertilidade do solo, condições ambientais, disponibilidade de água e temperatura (KOUTROUBAS; PAPADOSKA, 2005).

A baixa produtividade da cultura pode estar relacionada com um período de veranico ocorrido entre os meses de julho a agosto (Figura 1), período que coincidiu com os estádios de pré-floração e formação dos capítulos. Conforme os dados do SIMEPAR (2018), o regime pluviométrico entre estes dois meses ficou abaixo dos 100 mm o qual não atendeu o mínimo exigido para a cultura do cártamo antes da floração de 300 mm de chuva (OYEN; UMALI, 2007).

Os efeitos negativos do déficit hídrico para o cártamo, puderam ser verificados por Omid et al. (2012). O rendimento de sementes e o número de capítulos por planta tiveram redução de 36,5 e 37,8% respectivamente, quando as plantas foram submetidas à escassez de água no período anterior à formação dos botões florais.

Além disso, a ocorrência do fungo *Alternaria spp.*, em razão da elevada quantidade de chuvas próximo ao período da colheita (Figura 1), também pode ter sido responsável pela diminuição da produtividade e danos aos grãos. Fato verificado por Rech (2012) quando, ao avaliar o desempenho de cártamo em função da época de semeadura e do controle químico da mancha de alternária, verificou

diminuição da produtividade de 527 kg ha<sup>-1</sup> no tratamento testemunha sem o controle químico do fungo.

## 5. CONCLUSÃO

As profundidades de semeadura e as pressões impostas pela roda compactadora não afetaram a emergência das plântulas de cártamo.

O comprimento de raiz, altura de planta, diâmetro de caule e massa seca de planta aos 30 DAE foram aspectos beneficiados pela semeadura em profundidade de 4,5 cm em relação à profundidade de 6,5 cm.

A produtividade de grãos foi maior em semeadura na profundidade de 4,5 cm enquanto em relação ao fator pressão de roda compactadora, maior produtividade de grãos foi observada em pressão de 196,1 N.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEL, G. H. Growth and yield of safflower in three temperature regimes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 67, n. 5, p. 639-642, 1975.
- ABUD H. F. et al. Morphology of seed and seedling of safflower. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 259-265, 2010.
- ABUD, H. F. et al. Emergência e desenvolvimento de plântula de cártamos em função do tamanho das sementes. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 95-99, 2010a.
- ALMEIDA, A. C. S. et al. Emergência de picão preto em diferentes profundidades de semeadura e diferentes ambientes. **Revista de Agricultura Neotropical**, Mato Grosso do Sul, v. 2, n. 1, p. 60-65, 2015.
- ALTUNTAS, E. et al. Effects of Different Soil Tillage Systems on Plant Emergence and Yield Parameters in Safflower Farming of Central Anatolia of Turkey (First Year). **Journal of New Results in Science**, Turkey, v. 7, n. 3, p. 17-27, 2018.
- ALVES, M. M. et al. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Platymiscium fl oribundum* Vog. em função de diferentes posições e profundidades de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 12, p. 2129-2135, dez, 2014.
- ANICÉSIO, E. C. A de. **Nitrogênio e potássio na adubação do cártamo cultivado em latossolo vermelho**. 2014. 74p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Rondonópolis, 2014.
- ÁVILA, M. R. et al. Testes de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência das plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 62-70, 2005.
- BARZOTTO, F. et al. **Resposta de cultivares de soja à germinação sob temperaturas sub ótimas**. Trabalho de Pesquisa, departamento de Fitotecnia - Universidade Federal de Santa Maria. 2012.
- BELLÉ, R. A. et al. Safflower grown in different sowing dates and plant densities. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2145-2152, 2012.
- BERGLUND, D. R.; RIVELAND, N.; BERGMAN, J. **Safflower production**. 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10365/9154>>. Acesso em: 2 jul. 2018.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds. **Physiology of development and germination**. New York: Plenum Press Publishing Corporation, 1986. p.37.
- BORTOLHEIRO, F. P. de A. P. **Caracterização de linhagens de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em condições de deficiência hídrica e reidratação**. 2015, 68p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 399 p. 2009.

BRAUNACK, M.V.; DEXTER, A.R. **Soil aggregation in the seedbed: A review. II. effect of aggregate sizes on plant growth**. Department of Soil Science, Waite Agricultural Research Institute, Glen Osmond, Austrália, 1989.

BRAZ, M. R. Sá.; ROSSETTO, C. A. V. Correlação entre testes para avaliação da qualidade de sementes de girassol e emergência das plântulas em campo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2004-2009, out, 2009.

CALOIS SEEDTEC. **Guia para produção de cártamo**. Testes de adaptação e registro 2017.

CARDOSO, E. A. et al. Emergência de plântulas de *Erythrina velutina* em diferentes posições e profundidades de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.9, p. 2618-2621, 2008.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 590p. 2012.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 4. ed, 429p. 2000.

CASSEL, P.K.; BOWEN, H.D.; NELSON, L.A. Na evolution of mechanical impedance of three tillage treatments on Norfolk Loamy Sand. **Soil Science of America Journal**, Madison, v. 42, p. 116-120, 1978.

CHEN, Y.L. et al. Effects of nitrogen application on post-silking root senescence and yield of maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, p. 835–842, 2015.

CHAPMAN, G.W.; ALLAN, T.G. **Técnicas de estabelecimento de plantaciones forestales**. Roma: FAO - Organizacion Das Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación, 206p. 1989.

COLNAGO, L. A. et al. Rapid analyses of oil and fat content in agri-food products using continuous wave free precession time domain NMR. **Magnetic Resonance in Chemistry**, v. 49, p. S113-S120, 2011.

CORONADO, L. M. **El cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en México**. Ciudad Obregon: SGI, 2010.

CORTEZ, J. W.; et al. Efeito de cargas verticais exercidas sobre a roda compactadora na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) **FAZU em Revista**, Uberaba, n. 2, p. 45-50, 2005.

CORTEZ, J. W. et al. Comportamento da cultura do sorgo em função do tipo de rodas compactadoras e cargas verticais impostas na operação de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p.461-469, 2006.

CORTEZ, J.W.; CARVALHO FILHO, A.; SILVA, R.P. **Plantadeiras: adensamento**. Cultivar Máquinas, Pelotas, n. 35, p. 14-16, 2004.

CRUZ, J. C. et al. In: **Cultivo do Milho: Sistema de Produção 1**, Embrapa Milho e Sorgo: Brasil, 2010. 6 ed.

DAJUE, L; MÜNDEL, H. H. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.): Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crop. IPGRI: **International Plant Genetic Resource Institute**, Rome, 81p. 1996.

DANTAS, C. V. S. et al. Influência da sanidade e déficit hídrico na germinação de sementes de *Carthamus tinctorius* L. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3 p. 574 - 582, 2011.

DIAS JR., M.S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, p. 175-182, 1996.

DUGATO, D.; PALMA, M. A. Z. Pressure and angle of the seed-fertilizer drill press wheel on corn emergence. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n.10, p.726-731, 2018.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Brasília, DF: Embrapa, 4ed. 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: Um Sistema Computacional de Análise Estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

FURLANI, C.E.A. et al. Influência da compactação do solo na emergência das plântulas de milho a diferentes profundidades de semeadura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 9, n. 3, p.147-53, 2001.

GALANT, N. B. **Profundidades de semeadura na emergência de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)**. 2017. 64p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

GASSEN, D.; GASSEN, F. **Plantio direto: o caminho do futuro**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996.

- GOMES, E. P. et al. Produtividade de grãos, óleo e massa seca de girassol sob diferentes lâminas de irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.3, p.237–246, 2012.
- GROTTA, D. C. C. et al. Influência da profundidade de semeadura e da compactação do solo sobre a semente na produtividade do amendoim. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 547-552, 2008.
- GROTTA, D. C. C. et al. Cultura da soja em função da profundidade de semeadura e da carga vertical sobre a fileira de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.487-492, 2007.
- HILLEL, D. **Environmental Soil Physics**. Academic Press, London, 1998.
- HUMMEL, J.W.; GRAY, L.E.; NAVE, W.R. Soybean emergence from field seedbed environments. **Transaction of ASAE**, Saint Joseph, v. 24, n.4, p.872-878, 1981.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Pesquisadores do IAPAR relatam nova praga em cártamo, 2017.** Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/noticias/makepdf.php?storyid=2108>. Acesso em: 1 ago. 2017.
- JASPER, S.P. et al. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* H.) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 395403, 2010.
- KOAKOSKI, A. et al. Desempenho de semeadora-adubadora utilizando-se dois mecanismos rompedores e três pressões da roda compactadora. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.5, p.725-731, 2007.
- KOUTROUBAS, S. D.; PAPADOSKA, D. K. Adaptation, grain yield and oil content of safflower in Greece. In: INTERNATIONAL SAFFLOWER CONFERENCE, 6., 2005, Istambul. Anais.[...] Istambul: [s.n.], 2005. p. 161-167.
- LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 660 p. 2015.
- MEDEIROS, P. T. **Viabilidade técnica do biodiesel metílico do óleo de duas variedades de *Carthamus tinctorius* L. como substituto do diesel de petróleo**, 2011. 68p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, 2011.



MIKKELSON, E. et al. The effect of sowing depth on safflower germination and early growth in clay and sandy soils. **Longerenong College**, Longerenong, Austrália, 2009.

MODOLO, A. J. et al. Efeito do teor de água do solo e da carga aplicada pela roda compactadora na velocidade de emergência da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, p. 587-592, 2007.

MODOLO, A. J. et al. Efeito de cargas aplicadas e profundidades de semeadura no desenvolvimento da cultura do feijão em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 739-745, 2010.

MÜNDEL, H.H. et al. **Safflower production on the Canadian Prairies**. Lethbridge: Canada. 2004, 36p.

MÜNDEL, H. H. et al. Seeding-date effects on yield, quality and maturity of safflower. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 74, n. 2, p. 261–266, 1994.

NETO, P. H. W.; LOPES, A. R. C. Emergence of corn according to the sowing depth of the seed and loads on press wheels. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 326-332, 2012.

NIELSEN, S. K. et al. Seed drill depth control system for precision seeding. **Computers and Electronics in Agriculture**, Denmark, v.144, p. 174-180, 2018.

NOSHEEN, A. et al. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on root morphology of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **African Journal of Biotechnology**, Africa, v. 10, n. 59, p. 12639-12649, 2011.

OELKE, E. A. et al. **Safflower: Alternative field crops Manual**. Wisconsin: Cooperative Extension, 1992. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/safflower.html>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

OMIDI, A. H. et al. Effect of cultivar and water regime on yield and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Turkish Journal of Field Crops**, Turkey, v. 17, n.1, p.10-15, 2012.

OYEN, L. P. A.; UMALI, B. E. *Carthamus tinctorius* L. In: HAM, V. D. V.; MKAMILO, G. S. (Editores). *Prota 14: Óleos vegetais / oléagineux*. [CD-ROM]. PROTA, Wageningen, Holanda. 2007.

PACHECO, E. P. **Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão com modificações no tubo condutor de sementes**. 1994. 61p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 1994.

PEREIRA, I.A.; CRUZ, J.C. Plantio, espaçamento, densidade, quantidade de sementes. Sistema de produção. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2000.

PINTO, A.C. et al. Biodiesel: an overview. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 16, n. 6B, p.1313-1330, 2005.

PORTELA, J.A; SATLER, A.; FAGANELLO, A. Índice de emergência de plântulas de soja e de milho em semeadura direta no sul do Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 17, n. 2, p. 71-78, 1997.

POSSENTI, R.A; PAULINO, V. T. Composição da torta de cártamo (*Carthamus tinctorium* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e perfil de ácidos graxos dos óleos extraídos. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais [...]** Salvador: UFBA, 2010. p. 1-4.

RAINBOW, R. **Press wheels and their use in seedling**. South Australian Research and Development Institute, Alexandria, 2000.

RECH, J. **Desempenho agrônômico do cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função da época de semeadura e do controle químico da mancha de alternaria**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Grande Dourados, 2012.

REIS, A.V. **Erros na semeadura**. Cultivar Máquinas, Pelotas, n.2, p.12-13, 2001.

REIS, E.F. et al. Influência de mecanismos rompedores de solo no desempenho de uma semeadora-adubadora de plantio direto. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, Cuba, v. 12, p. 1-6, 2003.

RIBEIRO, M.F.S. **Mecanização agrícola**. In: DAROLT, M.R. Plantio Direto: pequena propriedade sustentável. Londrina: IAPAR, p.95-112, 1998.

RIVERA, D.; JÁUREGUI, B. M.; PECO, B. The fate of herbaceous seeds during topsoil stockpiling: Restoration potential of seed banks. **Ecological Engineering**, Madrid, v. 44, p. 94-101, 2012.

ROSA, L. S. et al. Emergência, crescimento e padrão de qualidade de mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke sob diferentes níveis de sombreamento e profundidades de semeadura. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, v. 52, p. 87-98, 2009.

ROSO, R. et al. Germination of *Echium plantagineum* L. seeds submitted to dormancy overcoming and variations in temperature, light and depth of sowing. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.39, n.3, p. 262-271, 2017.

SAMANCI, B.; O' ZKAYNAK, E. Effect of Planting Date on Seed Yield, Oil Content and

Fatty Acid Composition of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars Grown in the Mediterranean Region of Turkey. **J. Agronomy & Crop Science**, Berlin, n. 189, p. 359-360, 2003.

SCAPINELLI, A. et al. Sistema radicular e componentes produtivos do girassol em solo compactado. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p. 474-486, 2016.

SCHMIDT, P.B. Sobre a profundidade ideal de sementeira do mogno (aguano) *Swietenia macrophylla* King. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 5, n. 17, p. 42-47, 1974.

SILVA R. P. da. et al. Efeito da profundidade de sementeira e de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais na temperatura e no teor de água do solo durante a germinação de sementes de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 929-937, 2008.

SILVA, C. J.; **Caracterização agrônômica e divergência genética de acessos de cârtamo**. 2013. 51p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

SILVA, J. G. da.; NASCENTE, A. S.; SILVEIRA, P. M. da. Velocidade de sementeira e profundidade da semente no sulco afetando a produtividade de grãos do arroz de terras altas. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 13, n. 1, p. 77-85, 2017.

SILVA, P. R. A. et al. Emergência de plântula de milho em diferentes profundidades de sementeira. **Irriga**, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p.178-185, 2015.

SILVA, R. P. **Efeito de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais em profundidades de sementeira nas características agrônômicas do Milho (*Zea mays* L.)**. 2002. 101p. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

SIMEPAR. Sistema Meteorológico do Paraná. 2018.

SOUZA, M.C. et al. emergência de *Bidens pilosa* em diferentes profundidades de sementeira. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 1, p. 29-34, 2009.

SOUZA, P. H. N. et al. Efeito da profundidade de sementeira na emergência e distribuição longitudinal do milho (*zea mays*) em sistema de plantio direto. In: XII Seminário Nacional Milho Safrinha. **Anais [...]** Dourados, 2013.

TANAKA, D. L.; MERRILL, S. D. Deep-rooted safflower cuts fertilizers losses. **Agricultural Research**, p.17, 1998.

TANVEER, A. et al. Environmental factors affecting the germination and seedling emergence of *Carthamus oxyacantha* M. Bieb. (Wild Safflower). **Pakistan Journal of Weed Science Research**, Pakistan, v. 18, n. 2, p. 221-235, 2012.

TORMENA, C. A. et al. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

VIVAS, M. J. **Culturas Alternativas – Cártamo, Sésamo e Camelina**. Melhoramento, p.183-192, 2002.

ZUO, Q. et al. The effect of sowing depth and soil compaction on the growth and yield of rapeseed in rice straw returning field. **Field Crops Research**, China, v. 203, p. 47– 54, 2017.