

**Efeito do mecanismo sulcador e densidade de plantas na cultura da canola, na
resistência a penetração e na cultura da soja subsequente**

**Furrow opener and plant density on canola crop, penetration resistance and subsequent
soybean crop**

**Efecto del mecanismo de surco y densidad de plantas en el cultivo de canola, resistencia
a la penetración y posterior cultivo de soja**

Recebido: 22/09/2020 | Revisado: 28/09/2020 | Aceito: 13/10/2020 | Publicado: 14/10/2020

Felipe Milla

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7488-0635>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: felipe.milla95@gmail.com

Leandro Rampim

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8300-7424>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: rampimleandro@hotmail.com

Pedro Henrique Harmatiuka

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3476-8504>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: pedro_hharmatiuka@hotmail.com

André Luiz Maziero Regiani

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7927-4324>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: andreluiz.regiani@hotmail.com

Marcelo Marques Lopes Muller

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5466-2398>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: mmuller@unicentro.br

Vanessa de Oliveira Faria

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3683-3656>

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

E-mail: wanessa_olfr@hotmail.com

Amanda Alvea Pacheco

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8285-4696>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: amandapacheco700@gmail.com

Chaiane Olanik

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4824-8753>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: chaiaolanik@hotmail.com

Pamela Estyse Campos Bini

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6146-5547>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: pamelacambosbini@gmail.com

Resumo

A canola (*Brassica napus* L.) se apresenta como cultura invernal economicamente e agronomicamente interessante para produtores sul brasileiros. Há questionamento sobre a tecnologia de implantação da cultura. Assim, o objetivo neste trabalho foi avaliar o sistema de sulcamento para distribuição de adubo e da população de plantas na implantação da canola, e seus efeitos na resistência do solo à penetração e na cultura da soja subsequente. Foram utilizadas duas populações de canola (20 e 40 plantas m^{-2}) e dois sistemas sulcadores (facão e disco duplo) com seis repetições em blocos ao acaso. Semeou-se com uma semeadora pneumática de precisão com espaçamento de 50 cm entre linhas. Na canola as variáveis avaliadas foram: Número de plantas por metro linear (NP), Massa de mil sementes (MMS), Produtividade (P), Comprimento de raiz (CR), Volume de raiz (VR), Massa seca de parte aérea (MSPA), Massa seca de raiz (MSR) e resistência à penetração (RP). Na soja foi quantificado a Produtividade, a Massa de mil sementes e o Diâmetro de Caule (DC). A população de 40 plantas m^{-2} proporciona maior produtividade, independente do sistema de sulcamento. O sulcador em facão promoveu maior CR, e menores MSPA e MSR. Há menor RP na linha de semeadura ao utilizar haste sulcadora, após implantação da canola. O manejo da canola, nos quesitos população e sistema de sulcamento, não afetaram a soja implantada na sequência.

Palavras-chave: Facão; Disco duplo; Manejo físico; Compactação.

Abstract

Canola (*Brassica napus* L.) presents itself economically and agronomically interesting as a winter crop for southern Brazilian producers. There is questioning about the seeding technology for this crop. Thus, the objective of this work was to evaluate the furrowing mechanism (of the fertilizer distribution system) and plant population in the canola crop, and its effects on soil penetration resistance and subsequent soybean crop. Two plant densities of canola (20 and 40 plants m⁻²) and two furrow openers (furrowing shank and double disc) were used with six repetitions in random blocks. It was sown with a pneumatic precision seeding machine with 50 cm spacing between lines. In canola, the variables evaluated were: Plant number per meter (PN), Thousand seeds mass (TSM), Grain Yield (GY), Root length (RL), Root volume (RV), Shoot dry matter (SDM), Root dry matter (RDM) and penetration resistance (PR). In soybean, yield, thousand seeds weight and stem diameter (SD) were quantified. The density of 40 plants m⁻² provides greater yield, regardless of the furrowing mechanism. There is less PR in the sowing line when using a furrowing shank, after the canola seeding. The furrowing shank promoted higher RL, and lower SDM and RDM. Canola management, in terms of population and furrow mechanism, did not affect the soybean cultivated in the sequence.

Keywords: Furrowing shank; Double disc; Physical management; Compaction.

Resumen

La canola (*Brassica napus* L.) es un cultivo de invierno de interés económico y agronómico para los productores del sur de Brasil. Se cuestiona la tecnología para implantar la cultura. Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar el sistema de surcos para la distribución de fertilizantes y población vegetal en la implantación de canola, y sus efectos sobre la resistencia del suelo a la penetración y posterior cultivo de soja. Se utilizaron dos poblaciones de la canola (20 y 40 plantas m⁻²) y dos sistemas surcadores (varón surcador y doble disco) con seis repeticiones en bloques al azar. Se sembró con una sembradora neumática de precisión con 50 cm de distancia entre líneas. En canola, las variables evaluadas fueron: Número de plantas por metro (NP), Masa de mil semillas (MMS), Productividad (P), Longitud de raíz (LR), Volumen de raíz (VR), Masa seca de parte aérea (MSPA), masa seca de raíz (MSR) y resistencia a la penetración (RP). En soja se cuantificó la Productividad, el MMS y el DT. La población de 40 plantas m⁻² proporciona una mayor productividad, independientemente del sistema de surcos. El varón surcador promovió un LR más alto y un MSPA y MSR más bajos, así como un RP más bajo en la línea de siembra. El manejo de canola no afectó a la soja implantada en la secuencia.

Palabras clave: Varón surcador; Disco doble; Manejo físico; Compactación.

1. Introdução

A canola (*Brassica napus* L.) vem se apresentando como cultura economicamente e agronomicamente interessante para produtores paranaenses. Como opção de cultura de inverno, a canola representa uma alternativa de renda e rotação de culturas, pela elevada tolerância ao déficit hídrico e às baixas temperaturas, também apresenta precocidade, baixo custo de produção e possibilidade cultivo mecanizado (Tomm, 2008). No estado do Paraná, a canola tende a ser atraente e competitiva, especialmente nas regiões com ocorrência de geadas fortes que impossibilitam a produção de milho segunda safra, além de apresentar elevada flexibilidade e adaptação a diferentes condições climáticas e tipos de solo. O grão possui características mais modernas e desejáveis como fonte de energia e alimento, o que o inclui de maneira significativa no mercado (Tomm, 2007).

A inserção da cultura canola na rotação tem impacto positivo na conservação do solo, protegendo-o da erosão, ciclando nutrientes e mantendo maior umidade (Giacomini et al., 2003). Além de recolher o potássio dos restos culturais, as brássicas, como os nabos e as colzas, são eficientes na ciclagem do nitrogênio, e ao considerar que a cultura da soja absorve elevada quantidade de N, a exigência de adubação nitrogenada para as próximas culturas também pode ser minimizada (Giacomini et al., 2003). Do ponto de vista fitossanitário, a rotação de culturas com canola pode melhorar a sanidade das raízes em cultivos de gramíneas como trigo e milho, principalmente pela otimização do uso dos nutrientes do solo (Tomm, 2008). A canola pode ter efeito cultural no controle de doenças que comprometem a qualidade de grãos de gramíneas, como a brusone (*Pyricularia grisea*) no trigo (Tomm et al., 2018). Por outro lado, vale a pena ressaltar que a canola é um hospedeiro alternativo para patógeno *Sclerotinia sclerotiorum*, causador do mofo-branco na soja (Tomm, 2008), portanto é arriscado rotacionar canola em áreas que apresentam histórico dessa doença, pois pode prejudicar o desenvolvimento sequencial da cultura da soja no verão.

A época ideal de semeadura da maioria dos cultivares de canola na região Centro-Sul do Paraná, compreende final de março a final de maio (Almeida et al., 2014). Isso ocorre várias semanas antes da semeadura de cereais de inverno, e após a colheita dos cultivares de soja mais tardios. Para produtores que cultivam trigo, cevada e triticale no inverno, cultivar canola traz vantagem logística à propriedade, pois desconcentra a semeadura de culturas de inverno em junho e julho, além de apresentar perspectiva para alcançar elevada rentabilidade. Para a semeadura de canola é recomendado utilizar o menor espaçamento entre linhas que a semeadora

permitir, preferencialmente 17 cm, proporcionando maior produtividade (Tomm, 2008). O autor também observou que, na presença de solos compactados, é preferível o uso de haste sulcadora no sistema de distribuição de adubo, equipamento disponível somente para semeadoras de soja e milho (espaçamento de 40-45 cm), mesmo com aumento do espaçamento entre linhas (Tomm, 2007). A população recomendada para híbridos de canola na região é de 40 plantas/m² (Almeida et al., 2014).

A planta tem desenvolvimento radicular em profundidade prejudicado em solos compactados, pois nessas condições o volume de solo explorado pelas raízes é menor, limitando sua taxa de crescimento e produtividade das culturas anuais (Spliethoff, Pott, et al., 2020). Para Bergamin et al. (2010), como a compactação interfere na anatomia das raízes das culturas, é adequado utilizar resistência à penetração como indicador físico. A resistência do solo a penetração é altamente relacionada tanto com densidade do solo quanto o teor de água (Benedetti et al., 2010). Collares et al. (2008) verificaram indicativo de compactação ao utilizar resistência à penetração por apresentar relações direta com crescimento das raízes, em condições de tráfego de máquinas. O intenso tráfego de máquinas nos sistemas de cultivo pode levar a compactação do solo, evidenciada pela elevada resistência do solo, que se mostra eficiente para a avaliação da qualidade física do solo e identificação de camadas compactadas (Spliethoff, Rampim, et al., 2020).

A interferência mecânica é uma estratégia para mitigar os efeitos da compactação, assim como o uso de adubos verdes e culturas alternativas na rotação (Rampim et al., 2020; Spliethoff, Rampim, et al., 2020). O uso da haste sulcadora (facão) no mecanismo de deposição de fertilizante promove mobilização de solo a mais de 10 cm de profundidade e 3 cm ao lado da linha de semeadura, podendo romper camadas compactadas logo abaixo da superfície do solo, promovendo redução de sua densidade e resistência a penetração, bem como aumento da macroporosidade, o que favorece o desenvolvimento de raízes da canola no sulco descompactado e o aumento da produtividade (Mello et al., 2003; Tomm et al., 2009). Assim, o facão pode substituir o disco duplo para distribuir fertilizante na linha de semeadura.

A operação realizada com disco duplo é mais barata que com haste sulcadora, pois exige menos esforço de tração do trator, refletindo em menor consumo de combustível, e tem maior rendimento operacional uma vez que o movimento giratório do disco realiza o corte da palhada, diminuindo o embuchamento (Jasper & Silva, 2015). O uso de sulcador na implantação das culturas pode reduzir a compactação do solo, que pode melhorar o desempenho das culturas sequenciais (Rampim et al., 2020). Adequar a tecnologia para a produção de canola é importante para alcançar elevado teto de produtividade, proporcionando maior lucratividade

com cultivo desta cultura destinada ao inverno, confrontando com cereais como trigo e cevada. Desta forma, é pertinente estudar e compreender a condição de semeadura e a população de plantas em espaçamento de 50 cm entre linhas, que possibilitam expressar o máximo desenvolvimento, produtividade e rentabilidade da canola.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do mecanismo sulcador (disco duplo e haste sulcadora) e da densidade de semeadura na cultura da canola, na resistência à penetração do solo e na cultura da soja subsequente.

2. Metodologia

O trabalho apresentado é uma pesquisa experimental em campo, utilizando da metodologia de estudo de caso de natureza quantitativa (Pereira et al., 2018). O experimento foi realizado em campo entre o outono de 2016 e o verão 2016/17, e se encontra em uma propriedade rural localizada no município de Cantagalo – PR, região Centro-Sul do Paraná. A área experimental é posicionada em altitude de 840m em relação ao nível do mar e coordenadas geográficas 24°16'22,32" S e 52°06'08,09" O.

Utilizando o histórico climático da estação meteorológica automatizada da propriedade, enquadra-se o clima do município dentro da classificação climática de Köppen & Geiger como Cfa, definida por clima subtropical úmido com verão quente e sem estação seca definida, e os parâmetros de enquadramento são a temperatura média do mês mais frio menor que 18°C (15,3 °C na média da estação), temperatura média do mês mais quente maior que 22°C (22,2°C) e precipitação do mês mais seco superior a 30 mm (44,3 mm) (Aparecido et al., 2016). Pelo trabalho do autor, nota-se que o município se localiza em uma região de transição entre climas Cfa e Cfb.

O talhão apresenta solo classificado pelo SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação do Solo 2018) como Nitossolo, sendo definido pela presença de horizonte diagnóstico subsuperficial B nítico. O horizonte diagnóstico B nítico é caracterizado pelo desenvolvimento de estrutura e de cerosidade (Santos et al., 2018). Com base em análise química e granulométrica do solo realizada na área experimental em 2015, encontram-se valores médios para as propriedades do solo de: 700 g dm⁻³ de argila; 250 g dm⁻³ de silte e 50 g dm⁻³ de Areia, classificado como textura muito argilosa. A capacidade de troca de cátions e teor de matéria orgânica do solo são altos, respectivamente 13,77 cmol_c dm⁻³ e 57 mg dm⁻³ (Broch & Ranno, 2008), e o teor de alumínio é baixo (0,04 cmol_c dm⁻³). Todos os nutrientes analisados (K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe) encontram-se em teores muito altos, com exceção do fósforo que se

encontra em teor baixo (Broch & Ranno, 2008). Na análise física prévia, por resistência a penetração e avaliação de porosidade por anéis volumétricos no perfil do solo, foi identificada uma camada potencialmente compactada entre 10 e 30 cm de profundidade.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 4, com seis repetições, totalizando 48 parcelas. O primeiro fator foram dois sistemas de sulcamento e distribuição de fertilizante no sulco de semeadura, disco duplo e sulcador em haste afastado (facão). O segundo fator foi a semeadura de quatro populações de plantas de canola: 20 plantas m^{-2} , 40 plantas m^{-2} , 60 plantas m^{-2} e 80 plantas m^{-2} . Após a Emergência, foi quantificada a população das parcelas e verificou-se a inadequação da população observada nas parcelas de 60 plantas m^{-2} e 80 plantas m^{-2} , visto que a semeadora não conseguiu realizar a semeadura pela elevada quantidade de sementes, necessitando de elevada rotação dos discos dosadores, o que danificou muitas sementes. Dessa maneira, esses dois tratamentos não foram considerados para as avaliações na cultura da canola, porém manteve-se as parcelas para avaliar o efeito do mecanismo sulcador na resistência à penetração e nas respostas na cultura da soja.

Cada parcela apresentou dimensões de 4,5 m de largura por 9 m de comprimento. O experimento com a soja foi implantado sobre as mesmas parcelas, havendo as mesmas dimensões. A semeadura da soja foi realizada transversalmente às linhas da cultura da canola.

A cultivar de canola utilizada foi o híbrido Hyola 61, cultivar que apresenta alta estabilidade sob deficiência hídrica e frios intensos e resistência poligênica à canela preta, características desejadas para o cultivo na região (Tomm, 2007). O experimento foi implantado em campo no dia três de maio de 2016. Foi utilizada semeadora pneumática de precisão modelo Stara[®] Victoria Top DPS Control, de 18 linhas espaçadas a 0,5 m. As 9 linhas à direita (no sentido do movimento do trator) foram equipadas com o sistema sulcador do tipo facão auto retrátil atrás do disco de corte em cada linha, enquanto as linhas restantes, à esquerda, utilizaram o disco duplo atrás do disco de corte. Foi acrescido taxa de sementes 20% maior que a esperada, levando-se em conta a taxa de germinação de 83%. A primeira chuva ocorreu em seis de maio.

Todos os tratamentos na cultura da canola foram sujeitos aos mesmos manejos fitossanitários, seguindo as recomendações para a cultura na região (Almeida et al., 2009). Na adubação de base foi distribuído 200 kg ha^{-1} de Monoamônio-fosfato (MAP) + FTE (complexo de micronutrientes). Após a semeadura, foi realizada a adubação nitrogenada, potássica e sulfurosa de cobertura, sendo 80 kg ha^{-1} de ureia (45% N), 60 kg/ha de KCl (58% K_2O) e 80 kg ha^{-1} de Sulfurgran (90% enxofre elementar). Todas as operações foram distintas, com uso do distribuidor a lança, no mesmo rastro do pulverizador. O rastro do pulverizador não transpassa as parcelas.

A colheita das parcelas foi manual, com corte das plantas da quarta e quinta linha de cada parcela, mediu-se o comprimento exato dessas linhas (em torno de 9 m) e o número de plantas também foi contado. Essas plantas foram armazenadas em *bags* de rafia e posteriormente trilhadas em uma trilhadora de cereais.

No florescimento da cultura de canola, com amostragem de cinco plantas por parcela, foi avaliado a massa seca da parte aérea, a massa seca de raiz, o volume de raiz e o comprimento do sistema radicular. Foram selecionadas plantas ao acaso, de forma que o solo ao redor das plantas foi afrouxado com uma cortadeira que também auxiliou ao arranque da planta, que foi ensacada. Retirou-se a terra do sistema radicular usando água corrente, mediu-se o comprimento em centímetros do coleto até o extremidade da raiz principal (estendida), e o volume de raízes (com corte no coleto para separação da parte aérea) em mililitros foi medido ao observar a alteração de volume de água na imersão das raízes em proveta. Também foi fotografado o formato do sistema radicular (Figura 1). As plantas (parte aérea + raiz) foram enviadas para estufa a 65°C para secagem durante 48 horas. Em seguida foi realizado a pesagem em balança de precisão das partes separadas, sendo expresso os resultados em gramas. Para a cultura de canola, foi avaliado a massa de mil grãos e produtividade de grãos.

No momento da colheita da canola contou-se o número de plantas por metro linear. A massa de mil grãos e produtividade de grãos da canola foram obtidas em área útil de 9 m² (2 linhas de cada parcela foram recolhidas, totalizando 1 m x 9 m). As plantas foram trilhadas para obtenção dos grãos, que foram pesados em balança de precisão. Os dados de produtividade foram convertidos para kg ha⁻¹. A massa de mil grãos foi avaliada em oito amostras de 100 grãos de cada parcela, e pesadas com balança de precisão, sendo os resultados expressos em g.

No ensaio de campo, foi efetuado avaliações de penetrometria após implantação da canola. A resistência do solo à penetração foi determinada em três pontos por parcela até a profundidade de 0,45 m, utilizando-se penetrômetro Penetrolog PLG 1020, sendo realizado avaliação na linha e entrelinha da cultura da canola. Também foi determinado a umidade do solo com aparelho medidor de umidade do solo.

Na sequência, após a colheita da canola, foi implantada a cultura da soja, conforme recomendações técnicas para implantação e condução na região (Fontoura et al., 2015; Spader et al., 2016), na qual se avaliou a interferência da cultura da canola com seus respectivos tratamentos utilizados no trabalho. A cultivar utilizada foi a TMG 7262, com população de 220 mil plantas ha⁻¹, implantada com a mesma semeadora da canola, apenas com sulcador disco duplo. Para a adubação de base foi utilizada a mistura granulada 3-21-21. A data de semeadura foi 28 de novembro de 2016.

Para a cultura sucessiva da soja, foi avaliado a massa de mil grãos e produtividade de grãos. Na cultura da soja também foi avaliado o diâmetro de coleto/caule no ponto de colheita, com uso de paquímetro, em mm.

Os dados foram submetidos ao Teste F, ao nível de 5% de probabilidade e as médias das populações e dos mecanismos sulcadores foram submetidas ao Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, assim como a interação entre os dois tratamentos e os blocos. Foi utilizado o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

3. Resultados e Discussão

As parcelas conduzidas sobre a população de 60 plantas m^{-2} e de 80 plantas m^{-2} foram eliminadas para as avaliações na canola, pois no florescimento após realizado a contagem de plantas adultas, verificou-se que a população de plantas ficou com média de 35,9 e 30,5 plantas m^{-2} , respectivamente, diferente do esperado. Isso se deve à dificuldade de distribuição de sementes na semeadora pneumática. Após a semeadura, ao abrir o suporte do disco alveolado do distribuidor pneumático, observou-se elevada quantidade de sementes danificadas entre as partes do mecanismo, o que significa que a semeadora de precisão não foi capaz de operar na rotação dos mecanismos dosadores para semente com tamanho pequeno, como as sementes de canola (colza).

A população (POP) exerceu influência significativa em todas as variáveis analisadas na canola, com exceção do comprimento de raiz (CR). O sistema de sulcamento (SIS) demonstrou diferença significativa nos valores de CR, massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR). A interação entre as fontes de variação (FV) População e Sistema não apresentaram significância em nenhuma variável. A POP demonstrou diferença no número de plantas (NP) por metro linear, o que significa que as populações foram adequadas já que a densidade esperada dos tratamentos, 20 e 40 plantas m^{-2} , estão dentro do intervalo para os valores encontrados, enquanto a FV SIS não expressou diferença.

Quanto à fonte de variação POP, a produtividade e a massa de mil sementes (MMS) foram superiores para 40 plantas m^{-2} , de fato, é a população recomendada na região (Almeida & Tomm, 2007). Não houve diferença significativa entre os valores de produtividade e MMS obtidos nos diferentes sistemas de sulcamento, mesmo o Disco Duplo (DD) apresentando valor de produtividade maior, muito próximo da diferença mínima significativa (DMS).

A POP não influenciou no CR. Quanto à FV SIS, o sulcador em Facão (F) proporcionou superior crescimento radicular em profundidade. Isso provavelmente se deve à ruptura

mecânica da camada compactada, sobre a qual o disco duplo não teve efeito. É possível visualizar na Figura 1 a diferença no formato e comprimento das raízes das plantas produzidas nos sistemas de F e DD.

Figura 1 - Raízes de canola na população de 40 plantas m^{-2} implantadas com sulcador disco duplo (A, B, C) e facão (D).



Fonte: Autores.

O Volume de Raiz foi maior na POP 20 plantas m^{-2} que em 40 planta m^{-2} . Esse efeito é justificável, pois com a metade da densidade há mais espaço para a raiz ocupar. O DD não foi estatisticamente superior ao F nessa variável, mas o valor foi próximo do DMS. Observa-se na (Figura 1) e nos resultados de comprimento de raiz (Tabela 1) que no F a raiz tem maior crescimento em profundidade, enquanto no DD a raiz cresce mais superficialmente. É importante destacar que a metodologia de arranquio das plantas de canola com auxílio de cortadeira não seja tão eficiente em retirar as raízes que crescem mais profundamente.

As variáveis MSPA e MSR demonstraram o mesmo comportamento quanto às FVs POP e SIS desse trabalho (Tabela 1), o que pode significar que essas grandezas possuem correlação. A massa seca por planta e por raiz foi maior nas plantas na POP de 20 plantas m^{-2} , provavelmente porque cada planta teve mais espaço e recursos para se desenvolver do que no tratamento de 40 plantas m^{-2} . Como se observa na Tabela 1, as raízes no sistema DD tiveram mais massa que no F, e o volume de raízes também teve valor maior, apesar de não atingir a

DMS. Uma explicação provável é o crescimento radicular mais superficial e condições de desenvolvimento mais adequadas proporcionadas pelo DD nessa safra. A parte aérea das plantas no SIS F tiveram menos massa que no DD, sendo possível que a maior demanda de energia para desenvolver o sistema radicular em profundidade pode ter reduzido o desenvolvimento na parte aérea.

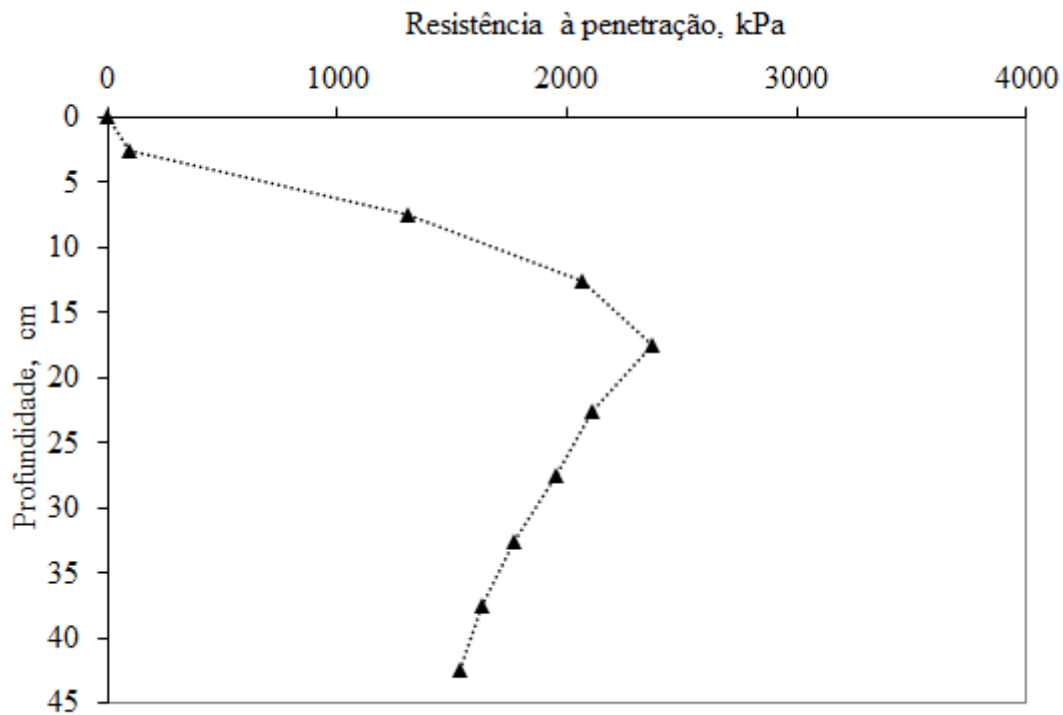
Tabela 1 - Média de Número de plantas por metro linear (NP), Massa de Mil Sementes (MMS, em g), Produtividade de Grãos (PG, em kg ha⁻¹), Comprimento de Raiz (CR, em cm), Volume de Raiz (VR, em cm³), Massa seca da Parte Aérea (MSPA, em g) e Massa Seca da Raiz (MSR, em g) devido a atuação de diferentes populações de canola (20 e 40 pl m⁻²) e sistema sulcador (disco duplo e facão) Cantagalo/PR, 2016.

Fonte de variação	NP m ⁻¹	MMS (g)	PG (kg ha ⁻¹)	CR (cm)	VR (cm ³)	MSPA (g)	MSR (g)
População (POP)							
20 pl m ⁻²	18.07 b	4.08 b	2027.83 b	16.85 a	252.67 a	70.70 a	9.93 a
40 pl m ⁻²	38.93 a	4.27 a	2170.92 a	16.93 a	167.08 b	44.98 b	6.25 b
Sistema (SIS)							
Disco Duplo (DD)	29.23 a	4.13 a	2157.75 a	15.68 b	236.00 a	69.20 a	9.95 a
Facão (F)	27.77 a	4.21 a	2041.00 a	18.10 a	183.75 a	46.48 b	6.23 b
DMS	4.35	0.187	121,21	1.76	55.65	16.62	2.02

*significativo a 5% de probabilidade de erro; DMS = diferença mínima significativa.

Antes da implantação do experimento foi realizada penetrometria em umidade média de 40%, identificando a camada que havia maior resistência a penetração (RP), como se verifica na Figura 2, em que a camada entre 10 – 25 cm apresentou maior resistência a penetração (com valor 2369 kPa na camada 15-20 cm).

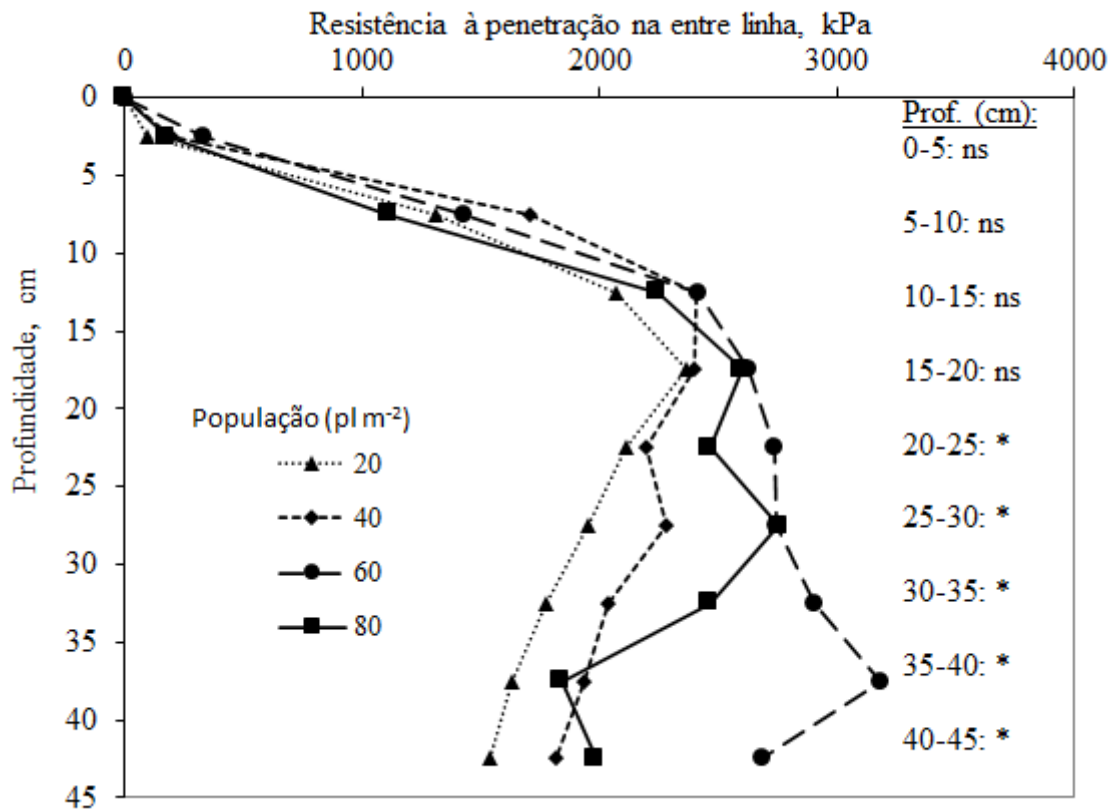
Figura 2 - Resistência a penetração na área experimental, antes da implantação do experimento. Cantagalo/PR, 2016.



Fonte: Autores.

Os resultados de penetrometria foram obtidos dois meses após a implantação da cultura da canola. A umidade obtida no momento da avaliação da penetrometria, na entrelinha do sulco de semeadura, foi de 39% e 43% na camada superficial (0-10cm) e na camada subsuperficial (10-20cm), respectivamente. Enquanto a umidade obtida na linha do sulco de semeadura foi de 37% e 42% na camada superficial (0-10cm) e na camada subsuperficial (10-20cm), respectivamente. Considerando a FV POP, a RP na entrelinha foi semelhante em todas as camadas até a profundidade de 20 cm, independente da população de plantas (Figura 3). Contudo, nas camadas abaixo de 20 cm, foi detectado diferença entre as populações, com valores inferiores de RP nas populações de 20 e 40 plantas m^{-2} , fato possivelmente ligado ao bom desenvolvimento de plantas e de seu sistema radicular, enquanto nas parcelas de populações 60 e 80 plantas m^{-2} o desenvolvimento das plantas pode ter sido inadequado devido a problemas na implantação.

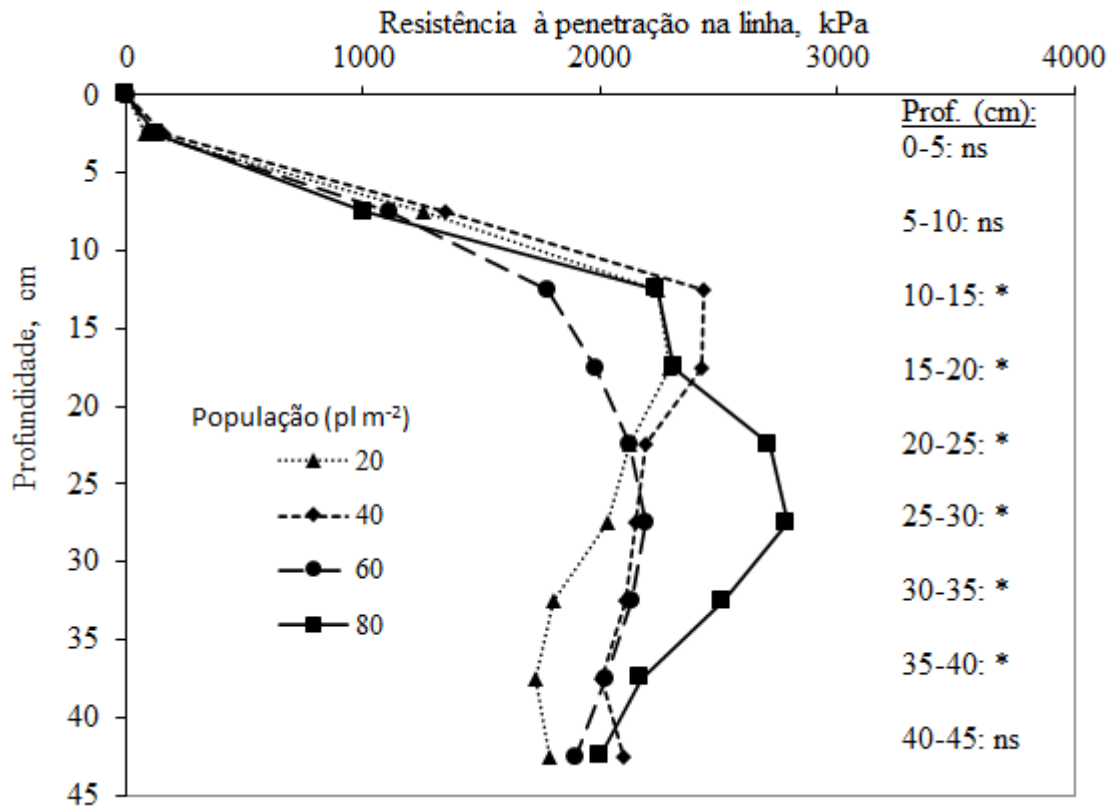
Figura 3 - Resistência na entre linha para cada população da cultura de canola, realizada independentemente de disco ou haste. Cantagalo/PR, 2016. * e ns: significativo e não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade de erro.



Fonte: Autores.

Para a análise na linha de semeadura, também foi detectado diferença entre as populações nas camadas intermediárias do perfil do solo, possivelmente pelo efeito do sistema radicular abaixo dos 25 cm da população 20 plantas m^{-2} , que teve vigoroso crescimento, enquanto nas camadas entre 10 e 25 cm pode haver interferência dos tratamentos com sulcador, que podem estar minimizando os efeitos das populações (Figura 4).

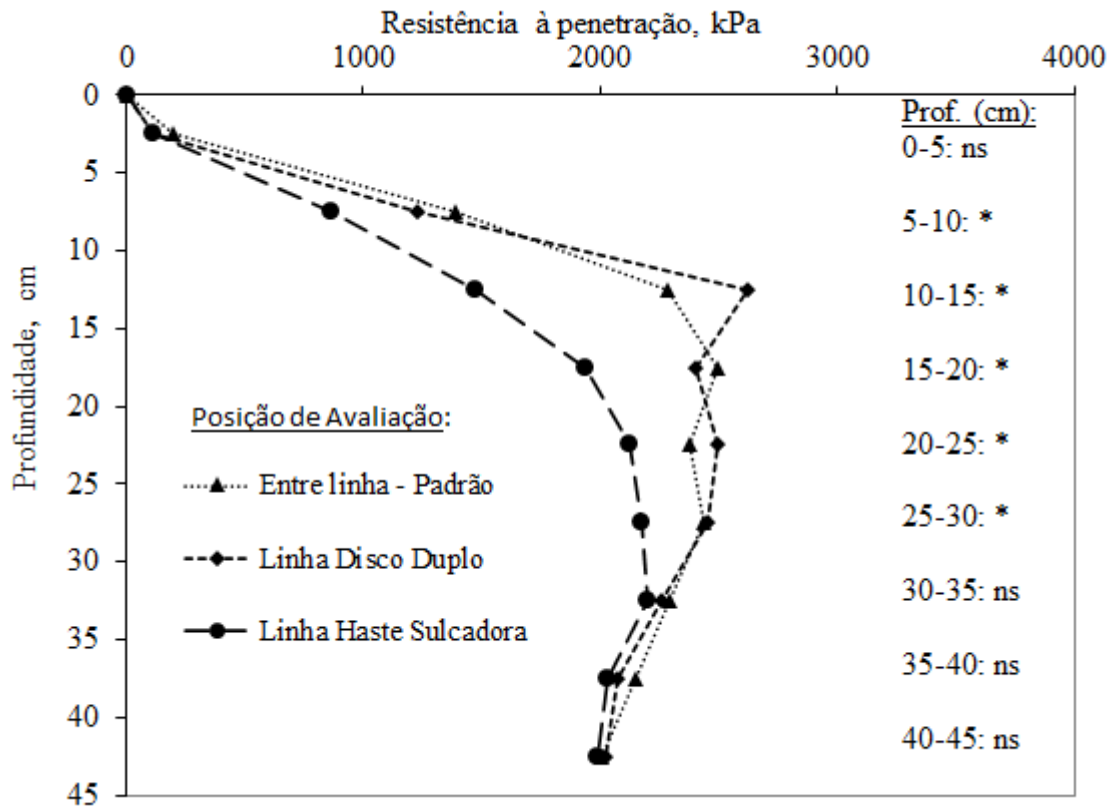
Figura 4 - Resistência na linha para cada população da cultura de canola, realizada independentemente de disco ou haste. Cantagalo/PR, 2016. * e ns: significativo e não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade de erro.



Fonte: Autores.

Sobretudo, ao analisar a Figura 5 verifica-se menor RP na linha de semeadura ao utilizar haste sulcadora, entre as camadas de 5 até 30 cm, enquanto o uso de disco duplo ficou semelhante a entrelinha da cultura, demonstrando que o uso de haste sulcadora promove melhoria física do solo na linha por onde atua. O uso de sulcador facção é uma estratégia para mitigar os efeitos da compactação (Rampim et al., 2020; Spliethoff, Rampim, et al., 2020), favorecendo desenvolvimento de raízes (Mello et al., 2003; Tomm et al., 2009).

Figura 5 - Resistência na entre linha (padrão), linha com disco duplo e linha com haste sulcadora na cultura de canola. Cantagalo/PR, 2016. * e ns: significativo e não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade de erro.



Fonte: Autores.

O experimento com soja não demonstrou diferença estatística entre as médias das parcelas quanto ao tratamento População (SIS), Sistema de sulcamento (SIS), nem quanto a interação dessas duas fontes de variação (POP*SIS). As diferenças entre as médias das variáveis massa de mil sementes (MMS) e diâmetro de coleto (DC) ficaram muito inferiores à DMS. A média de produtividade da soja nesse experimento foi de 4.180,2 kg ha⁻¹, a MMS médio obtido foi 181 g e o DC foi 7,475 mm. Desta forma, a utilização de diferentes populações na cultura da canola e uso de sulcador tipo disco duplo ou sulcador não interferiram na cultura da soja subsequente.

4. Considerações Finais

Não é possível semear canola em populações superiores a 60 plantas m⁻² na tecnologia utilizada no experimento, ou seja, semeadora pneumática com disco vertical.

Na canola, a população de 40 plantas m⁻² proporciona maior produtividade, independente do sistema de sulcamento, na região Centro-Sul do Paraná.

A utilização de haste sulcadora na semeadura de canola promove aprofundamento das raízes.

O uso de haste sulcadora promove menor resistência à penetração na linha de semeadura, enquanto o disco duplo não modifica a resistência à penetração em relação à entrelinha.

O manejo da canola, nos quesitos população e sistema de sulcamento, não afetam a cultura da soja na sequência.

Em trabalhos futuros, para esclarecer a relação da cultura da canola com a compactação, é interessante buscar a resposta da canola a outros métodos de melhoria física do solo, bem como repetição desses trabalhos em mais locais e anos, relacionando o efeito do ambiente sobre o cultivo.

5. Agradecimentos

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e Fundação Araucária (Fundação Araucária de Apoio Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná), pelo apoio financeiro.

Referências

Almeida, J. L. de, Antoniazzi, N., & Deggeroni, A. (2009). Novos híbridos de canola e seu manejo. Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA). Retrieved from <https://cooperado.agraria.com.br/>

Almeida, J. L. de, Fostim, M. L., & Tomm, G. O. (2014). Canola seeding time as a strategy to stabilize grain yield in subtropical Brazil. Embrapa Trigo-Artigo em anais de congresso (ALICE). Retrieved from <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/>

Aparecido, L. E. de O., Rolim, G. de S., Richetti, J., Souza, P. S. de, & Johann, J. A. (2016). Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, 40(4), 405–417. doi:10.1590/1413-70542016404003916

Benedetti, M. M., Duarte, I. N., Melo Júnior, H. B., & Borges, E. N. (2010). Resistência do solo à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico típico sob diferentes usos. *Enciclopédia Biosfera*, 6, 1–9.

Bergamin, A. C., Vitorino, A. C. T., Lempp, B., Souza, C. M. A. de, & Souza, F. R. de. (2010). Anatomia radicular de milho em solo compactado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(3), 299–305. doi:10.1590/S0100-204X2010000300010

Broch, D. L., & Ranno, S. K. (2008). Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da soja. *Tecnologia de produção de soja e milho, 2009*, 5–36. Retrieved from <http://www.fundacaoms.org.br/>

Collares, G. L., Reinert, D. J., Reichert, J. M., & Kaiser, D. R. (2008). Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(3), 933–942. doi:10.1590/S0100-06832008000300003

Ferreira, D. F. (2019). Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, 37(4), 529–535. doi:10.28951/rbb.v37i4.450

Fontoura, S. M. V., Vieira, R. C. B., Viero, F., Bayer, C., Anghinoni, I., & Moraes, R. P. (2015). Fertilidade do solo e seu manejo em plantio direto do Centro-Sul do Paraná. (1o ed). Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA). Retrieved from <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/>

Giacomini, S. J., Aita, C., Vendruscolo, E. R. O., Cubilla, M., Nicoloso, R. S., & Fries, M. R. (2003). Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de

plantas de cobertura de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(2), 325–334. doi:10.1590/S0100-06832003000200012

Jasper, S. P., & Silva, P. R. A. (2015). Comparação econômica de diferentes mecanismos sulcadores de semeadoras em plantio direto de milho. *Nucleus*, 12(1), 181–188. doi:10.3738/1982.2278.1185

Mello, L. M. M., Pinto, E. R., & Yano, É. (2003). Distribuição de sementes e produtividade de grãos da cultura do milho em função da velocidade de semeadura e tipos de dosadores. *Engenharia Agrícola*, 23(3), 563–567. Retrieved from <https://www.agrolink.com.br/downloads/120805.pdf>

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. Brasil. Retrieved from <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/15824>

Rampim, L., Pott, C. A., Volanin, A. J. D., Spliethoff, J., Camilo, E. L., Camilo, M. L., Conrado, A. M. C., Kolling, C. E., Conrado, P. M., & Neto, E. G. (2020). Influência do manejo mecânico e da adubação verde nos atributos físicos de Latossolo. *Research, Society and Development*, 9(5), Article 5. doi:10.33448/rsd-v9i5.3258

Santos, H. G. dos, Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C. dos, Oliveira, V. A. de, Lumbrreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A. de, Araujo Filho, J. C. de, Oliveira, J. B. de, & Cunha, T. J. F. (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Embrapa ORCD. Retrieved from <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/>

Spader, V., Makuch, E. I., Moraes, J. F. de, & Soares, A. (2016). Soja e Herbologia. Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA). Retrieved from <https://cooperado.agraria.com.br/>

Spliethoff, J., Pott, C. A., Rampim, L., Watzlawick, L. F., & Jadoski, S. O. (2020). Limites de compactação do solo para *Ilex paraguariensis*. *Research, Society and Development*, 9(5), Article 5. doi:10.33448/rsd-v9i5.3101

Spliethoff, J., Rampim, L., Pott, C. A., & Lustosa, S. B. C. (2020). Implicação de grades amostrais na determinação da resistência do solo à penetração e indicação de manejo. *Research, Society and Development*, 9(9), Article 9. doi:10.33448/rsd-v9i9.7871

Tomm, Gilberto O., Ferreira, P. E. P., Pasinato, A., Österlein, N., Iriarte, L. B., Mazzilli, S., & de Mori, C. (2018). Canola production in South America. *Embrapa Trigo-Resumo em anais de congresso (ALICE)*. Retrieved from <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/>

Tomm, Gilberto Omar. (2007). Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul. *Sistema de Produção Online, Embrapa Trigo*, 1(3), 32. Retrieved from <https://www.canolabr.com/>

Tomm, Gilberto Omar. (2008). Canola. *Revista Plantio Direto*, 5. Retrieved from <http://www.cnpt.embrapa.br/>

Tomm, Gilberto Omar, Ferreira, P. E. P., de Aguiar, J. L. P., de Castro, A. M. G., Lima, S. M. V., & de Mori, C. (2009). Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil. *Embrapa Trigo-Documents (INFOTECA-E)*, 82. Retrieved from <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Felipe Milla – 35%

Leandro Rampim – 25%

Pedro Henrique Harmatiuka – 5%

André Luiz Maziero Regiani – 5%

Marcelo Marques Lopes Muller – 10%

Vanessa de Oliveira Faria – 5%

Amanda Alvea Pacheco – 5%

Chaiane Olanik – 5%

Pamela Estyse Campos Bini – 5%