

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar
Curso de Agronomia



Tese

Desempenho agrônômico de soja e milho implantados com semeadoras desenvolvidas para a agricultura familiar

Nixon da Rosa Westendorff

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

W525d Westendorff, Nixon da Rosa

Desempenho agrônômico de soja e milho implantados com semeadoras desenvolvidas para a agricultura familiar / Nixon da Rosa Westendorff ; Ângelo Vieira dos Reis , orientador ; Fabrício Ardais Medeiros, coorientador. — Pelotas, 2022.

110 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Agricultura familiar. 2. Soja. 3. Milho. 4. Arranjo espacial. 5. Espaçamento. I. , Ângelo Vieira dos Reis, orient. II. Medeiros, Fabrício Ardais, coorient. III. Título.

CDD : 631.35

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Nixon da Rosa Westendorff

Desempenho agrônômico de soja e milho implantados com semeadoras desenvolvidas para a agricultura familiar

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Ângelo Vieira dos Reis (DER-FAEM-UFPEL)

Co-orientador: Prof. Dr. Fabrício Ardais Medeiros (DER-FAEM-UFPEL)

Pelotas, 2022

Nixon da Rosa Westendorff

Desempenho agrônômico de soja e milho implantados com semeadoras desenvolvidas para a agricultura familiar

Tese de doutorado apresentada como requisito para obtenção do grau de Doutor em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 19/05/2022

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ângelo Vieira dos Reis (Orientador)

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Prof. Dr. Mauro Fernando Ferreira

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Prof. Dr. Mateus da Silveira Pasa

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Prof. Dr. Rodrigo Rizzi

Doutor em Sensoriamento Remoto pelo Instituto nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Prof. Dr. Antonio Lilles Tavares Machado - Suplente

Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela oportunidade de experimentar a vida e tentar fazer dela uma boa caminhada, com dedicação e atenção àqueles que amo. Agradeço e dedico do fundo do meu coração esse trabalho, à minha esposa, professora Dr.^a Alessandra Pereira Rodrigues, que nunca mediu esforços para me apoiar em todos os momentos. Agradeço as minhas filhas Rafaela e Guilhermina por me darem razão na busca desse objetivo. Agradeço a minha mãe, por ter me dado à vida e por ter sempre acreditado que eu seria capaz de ir onde eu quisesse. Agradeço muitíssimo aos meus sogros, Jaime Dias Rodrigues Neto e Nara Maria Pereira Rodrigues, pelo aporte e apoio incondicional. Agradeço meu orientador professor Dr. Ângelo Vieira dos Reis pela paciência, dedicação e disponibilidade. Agradeço ao meu co-orientador e parceiro professor Dr. Fabrício Ardais Medeiros por todas as reuniões e busca incessável pelos melhores rumos do trabalho. Agradeço ao professor do Centro de Engenharias da UFPel (CENGE) Dr. Giuseppe Stefanello e ao Professor Dr. Sandro Silva Teixeira do IFSul pela cedência das sementeiras envolvidas no estudo. Agradeço a todos os professores do Núcleo de Inovação em Máquinas e implementos Agrícolas (NIMEq) pelas contribuições. Agradeço ao professor Dr. Thiago Aumonde, pelas contribuições primorosas que levaram a associação dos resultados de engenharia e manejo na melhor inferência sobre os resultados agrônômicos do estudo. Agradeço imensamente ao professor Dr. Rodrigo Rizzi pela disponibilidade nas análises resultantes das imagens, cerne principal do terceiro artigo dessa tese. Agradeço a todos os colegas do NIMEq, em especial aos engenheiros agrícolas Dr. Tiago Custódio e MSc. César Moraes parceira de todas as horas. Agradeço a todos estagiários e colegas de curso que de uma maneira ou outra doaram seu tempo e sua atenção em etapas do trabalho, em especial os amigos José Vitor Silva, Rihan Cardoso Centeno, Henrique Andrade, Henrique Carlos Hadler Troger, Márcio Levien, Douglas Silva da Rosa, Marlon Sigales, Bruna Alves e Edson Lambrecht. Agradeço ao NIMEq pela estrutura que esteve a minha disposição. Agradeço a Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM) e a Universidade Federal de Pelotas (UFPel) pela oportunidade e investimento em minha formação. Quero

dedicar meu último agradecimento ao meu pai, Alfeu Fernandes Westendorff
(*In Memoriam*) de quem herdei minha paixão pela agricultura.

Resumo

WESTENDORFF, Nixon da Rosa. **Desempenho agrônômico de soja e milho implantados com semeadoras desenvolvidas para a agricultura familiar.** 2019.116p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A agricultura familiar exerce papel fundamental na segurança alimentar no país e no mundo. Porém, as dificuldades enfrentadas pelos agricultores familiares causam, além da falta de interesse dos jovens pelo trabalho rural, grande penosidade na execução das tarefas na lavoura. Dessa forma, a busca por equipamentos adequados e concebidos para os trabalhos na propriedade e que sejam desenvolvidos para agricultura familiar são de grande importância. Dentre os equipamentos que vêm sendo concebidos, semeadoras ganham destaque. O NIMEq, (Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas), da Universidade Federal de Pelotas (UFPe), tem desenvolvido protótipos de semeadoras para a agricultura familiar com a finalidade de facilitar o trabalho do segmento. Porém, esses equipamentos carecem de informações sobre resultados agrônômicos de seu uso. A cultura do milho é uma das culturas mais importantes na agricultura familiar, porém outras culturas, como a soja, começam a ganhar importância, principalmente pelo aumento do sistema de cultivo orgânico e por sua compatibilidade com o modelo de agricultura familiar. Assim, o objetivo desse trabalho foi testar três protótipos de semeadoras desenvolvidos pelo NIMEq para a agricultura familiar nas culturas do milho e da soja, nos sistemas de semeadura direta e convencional e comparando-as com uma semeadora de pequeno porte produzida em escala comercial. Além disso, testou-se a mudança do arranjo espacial da cultura da soja em dois anos de experimentação pela utilização de um protótipo de semeadora de tração humana empurrada, alterando o espaçamento entrelinhas da cultura para 0,15 m e comparando-a com a semeadora produzida em escala comercial com espaçamento de 0,45 m. Foram avaliadas as variáveis-resposta índice de velocidade de emergência das culturas (IVE), espaçamentos aceitáveis, duplos e falhos entre plantas, massa seca da parte aérea (MSPA) e cobertura do solo promovida pela cultura (CS). Os protótipos atendem a expectativa de níveis de qualidade de semeadura quando comparados com a semeadora comercial. O protótipo com sulcador por hastes ainda atingiu resultados superiores em algumas variáveis pela conservação da umidade no momento da semeadura das culturas. O protótipo com preparo localizado, ao contrário, ressentiu-se da condição de baixa umidade no momento da semeadura e teve resultado inferior em algumas variáveis, sendo esse um cuidado a ser tomado em sua utilização nesse tipo de condição. Com a mudança do arranjo espacial da cultura da soja houve aumento de produção de MSPA no espaçamento de 0,15 m nos dois anos.

Além disso, houve superior CS pela cultura quando espaçada a 0,15 m em comparação ao espaçamento de 0,45 m nos dois anos de cultivo.

Palavras-chave: Agricultura familiar, soja, milho, arranjo espacial, espaçamento.

Abstract

WESTENDORFF, Nixon da Rosa. **Agronomic performance of soybean and corn implanted with seeders developed for family farming**. 2019. 116p. Master's Thesis (Masters Degree) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Federal University of Pelotas, Pelotas, Brazil.

Small holders play a fundamental role in food security in the country and in the world. However, the difficulties faced by family farmers cause, in addition to the lack of interest of young people in rural work, great pain in the execution of tasks in the farming. Thus, the search for suitable equipment designed for work on the property and developed for family farming is of great importance. Among the equipment that has been designed, seeders stand out. NIMEq, (Innovation Center in Agricultural Machinery and Equipment), of the Federal University of Pelotas (UFPeI), has developed prototype seeders for family farming in order to facilitate the work of the segment. However, these equipments lack information about the agronomic results of their use. Corn is one of the most important crops in family farming, but other crops, such as soybeans, are beginning to gain importance, mainly due to the increase in the organic farming system and its compatibility with the family farming model. Thus, the objective of this work was to test three prototypes of seeders developed by NIMEq for family farming in corn and soybean crops, in direct and conventional sowing systems and comparing them with a small seeder produced on a commercial scale. In addition, the change in the spatial arrangement of the soybean crop was tested in two years of experimentation by the use of a prototype of a human-powered push seeder, changing the row spacing of the crop to 0.15 m and comparing it with the seeder produced on a commercial scale with 0.45 m spacing. The response variables were: crop emergence speed index (IVE), acceptable, double and faulty spacings between plants, shoot dry mass (MSPA) and soil cover promoted by the crop (CS). The prototypes meet the expectation of seeding quality levels when compared to the commercial seeder. The prototype with a rod furrower still achieved superior results in some variables due to the conservation of moisture at the time of sowing the crops. The prototype with localized preparation, on the other hand, suffered from the low humidity condition at the time of sowing and had a lower result in some variables, which is a care to be taken when using it in this type of condition. With the change in the spatial arrangement of the soybean crop, there was an increase in the production of MSPA at a spacing of 0.15 m in both years. In addition, there was a higher CS by the crop when spaced at 0.15 m compared to the spacing of 0.45 m in the two years of cultivation.

Keywords: Small holders farming, Soybeans, Corn, Spatial Arrangement, Spacing.

Lista de Figuras

Figura 1 – Área de condução do experimento do milho. EMBRAPA-ETB, 2018.	30
Figura 2 – Croqui de alocação do experimento com a cultura do milho. EMBRAPA-ETB, 2018.....	31
Figura 3 – Semeadoras utilizadas no experimento com o milho. EMBRAPA- ETB, 2018.	31
Figura 4 – Preparo da área experimental com a cultura do milho. EMBRAPA- ETB, 2018.	32
Figura 5 – Coleta da distância entre plantas de milho. EMBRAPA ETB, 2018.	34
Figura 6 – Emergência de plantas de milho no sistema de semeadura direta (SSD) em função de diferentes protótipos de semeadoras concebidas para a agricultura familiar e semeadora comercial de pequeno porte. EMBRAPA ETB, 2018.	37
Figura 7 – Emergência de plantas de milho no sistema de semeadura convencional (SSC) em função de diferentes protótipos de semeadoras concebidas para a agricultura familiar e semeadora comercial de pequeno porte. EMBRAPA-ETB, 2018.....	38
Figura 8 – Área de condução do experimento da soja. EMBRAPA-ETB, 2018.	51
Figura 9 – Croqui de alocação do experimento com a cultura da soja. EMBRAPA-ETB, 2018.....	52
Figura 10 – Semeadoras utilizadas no experimento com a soja. EMBRAPA- ETB, 2018.	52
Figura 11 – Preparo da área experimental com a cultura da soja. EMBRAPA- ETB, 2018.	53
Figura 12 – Coleta da distância entre plantas de soja. EMBRAPA ETB, 2018.	56
Figura 13 – Emergência de plantas de soja no sistema de semeadura direta (SSD) em função de diferentes protótipos de semeadoras concebidas para a agricultura familiar e semeadora comercial de pequeno porte. EMBRAPA ETB, 2018.	58
Figura 14 – Emergência de plantas de soja no sistema de semeadura convencional (SSC) em função de diferentes protótipos de semeadoras concebidas para a agricultura familiar e semeadora comercial de pequeno porte. EMBRAPA ETB, 2018.....	59
Figura 15 – Área de condução do experimento de mudança de espacialidade da cultura da soja. EMBRAPA-ETB, 2018.	74

Figura 16 – Croqui de alocação do experimento de espacialidade com a cultura da soja. EMBRAPA-ETB, 2018.	75
Figura 17 – Semeadoras utilizadas no experimento de mudança do arranjo espacial da soja. EMBRAPA-ETB, 2018.	75
Figura 18 – Preparo da área experimental para o experimento de mudança do arranjo espacial da cultura da soja. EMBRAPA-ETB, 2018.	76
Figura 19 – Imagens utilizadas na determinação do percentual de cobertura do solo (CS) pela cultura da soja aos 28 dias após a emergência (DAE) semeada a 0,45 m (EMBRAPA-ETB, 2019) (1) imagens originais, (2), matrizes resultantes da equação proposta por Gitelson et al. (2002) e (3) imagem de CS.	79
Figura 20 – Imagens utilizadas na determinação do percentual de cobertura do solo (CS) pela cultura da soja aos 28 dias após a emergência (DAE) semeada a 0,15 m (EMBRAPA-ETB, 2019) (1) imagens originais, (2), matrizes resultantes da equação proposta por Gitelson et al. (2002) e (3) imagem de CS.	80
Figura 21 – Local de instalação dos experimentos no segundo ano. UFPel/FAEM, 2020.	81
Figura 22 – Caixas de alvenaria e semeadura do experimento de arranjo espacial de soja no segundo ano. UFPel/FAEM, 2020.	82
Figura 23 – Caixas de alvenaria na condição semi-campo na coleta da variável cobertura do solo (CS) em diferentes datas após a emergência da cultura da soja (21, 28, 35, 42 e 49 DAE), em dois diferentes espaçamentos (0,15 e 0,45 m). UFPel/FAEM, 2020.	90
Figura 24 – Cobertura do solo (CS) por plantas de soja, por avaliação visual, em diferentes datas após a emergência da cultura (21, 28, 35, 42 e 49 DAE), em dois diferentes espaçamentos (0,15 e 0,45 m). UFPel/FAEM, 2020.	90
Figura 25 – Cobertura do solo (CS) por plantas de soja, por avaliação de imagens, em diferentes datas após a emergência da cultura (21, 28, 35, 42 e 49 DAE), em dois diferentes espaçamentos (0,15 e 0,45 m). UFPel/FAEM, 2020.	91
Figura 26 – Cobertura do solo (CS) por plantas de soja em diferentes datas após a emergência da cultura (21, 28, 35, 42 e 49 DAE), em espaçamento de 0,15 m, em dois diferentes métodos de avaliação (visual e por imagens). UFPel/FAEM, 2020.	92
Figura 27 – Cobertura do solo (CS) por plantas de soja em diferentes datas após a emergência da cultura (21, 28, 35, 42 e 49 DAE), em espaçamento de 0,15 m, em dois diferentes métodos de avaliação (visual e por imagens). UFPel/FAEM, 2020.	93

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Índice de velocidade de emergência (IVE) da cultura do milho aos 10 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida em escala comercial. EMBRAPA-ETB, 2019.	37
Tabela 2 – Estande final de plantas da cultura do milho aos 10 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente. EMBRAPA-ETB, 2019.	39
Tabela 3 – Espaçamentos duplos (ED) entre plantas de milho aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente. EMBRAPA-ETB, 2019.	39
Tabela 4 – Espaçamentos aceitáveis (EA) entre plantas de milho aos 15 dias após a emergência (DAE) de milho em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar, comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente e diferentes sistemas de cultivo. EMBRAPA-ETB, 2019.	40
Tabela 5 – Espaçamentos falhos (EF) entre plantas de milho aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente. EMBRAPA-ETB, 2019.	41
Tabela 6 – Espaçamentos falhos (EF) entre plantas de milho aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do sistema de cultivo. EMBRAPA-ETB, 2019.	42
Tabela 7 – Massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura do milho aos 32 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente. EMBRAPA-ETB, 2019.	43
Tabela 8 – Massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura do milho aos 32 dias após a emergência (DAE) em função do sistema de cultivo. EMBRAPA-ETB, 2019.	43
Tabela 9 – Índice de velocidade de emergência (IVE) na cultura da soja aos 10 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar e diferentes sistemas de cultivo, comparadas com um modelo de semeadora produzida em escala comercial. EMBRAPA-ETB, 2019.	57
Tabela 10 – Estande final de plantas da cultura da soja aos 10 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente. EMBRAPA-ETB, 2019.	60

Tabela 11 – Estande final de plantas da cultura da soja aos 10 dias após a emergência (DAE) em função do sistema de semeadura. EMBRAPA-ETB, 2019.	60
Tabela 12 – Espaçamentos duplos (ED) entre plantas de soja aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente. EMBRAPA-ETB, 2018.	61
Tabela 13 – Espaçamentos duplos (ED) entre plantas de soja aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do sistema de cultivo. EMBRAPA-ETB, 2018.	62
Tabela 14 – Espaçamentos falhos (EF) entre plantas de soja aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras e sistemas de semeadura, construídas para a agricultura familiar, comparadas com um modelo de semeadora produzida em escala comercial. EMBRAPA-ETB, 2018.	63
Tabela 15 – Espaçamentos aceitáveis (EA) entre plantas de soja aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras e sistemas de semeadura, construídas para a agricultura familiar, comparadas com um modelo de semeadora produzida em escala comercial. EMBRAPA-ETB, 2018.	64
Tabela 16 – Massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura da soja aos 35 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras, e sistemas de cultivo, comparadas com um modelo de semeadora produzida em escala comercial. EMBRAPA-ETB, 2018.	66
Tabela 17 – Cobertura do solo (CS) (%) aos 28, 35 e 42 dias após a emergência da cultura da soja em função de espaçamentos entrelinhas por semeadora de tração humana de empurrar concebida para a agricultura familiar (0,15 m) comparada com um modelo de semeadora produzida em escala comercial (0,45 m). EMBRAPA–ETB, 2019.	84
Tabela 18 – Massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura da soja aos 42 dias após a emergência (DAE) em função do uso de semeadora de tração humana de empurrar (0,15 m) comparada com um modelo de semeadora produzida em escala comercial (0,45 m). EMBRAPA–ETB, 2019.	86
Tabela 19 – Cobertura do solo (CS) (%) por avaliação visual aos 21, 28, 35, 42 e 49 dias após a emergência da cultura da soja (DAE) em função de espaçamentos entrelinhas, simulando semeadura a campo, por semeadora de tração humana de empurrar concebida para a agricultura familiar (0,15 m) comparada com um modelo de semeadora produzida em escala comercial (0,45 m). UFPel/FAEM, 2020.	88

Tabela 20 – Cobertura do solo (CS) (%) por avaliação de imagens aos 21, 28, 35, 42 e 49 dias após a emergência da cultura da soja (DAE) em função de espaçamentos entrelinhas simulando semeadura a campo por semeadora de tração humana de empurrar concebida para a agricultura familiar (0,15 m) comparada com um modelo de semeadora produzida em escala comercial (0,45 m). UFPel\FAEM, 2020. 89

Tabela 21– Massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura da soja aos 49 dias após a emergência (DAE) em função de diferentes espaçamentos de semeadura simulando o uso de semeadora de tração humana com espaçamento de 0,15 m comparada com um modelo de semeadora produzida comercialmente com espaçamento de 0,45 m. FAEM – UFPel, 2020. 94

Lista de abreviaturas e siglas

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CS	Cobertura do solo
DAE	Dias após a emergência
DAS	Dias a pós a sementeira
ED	Espaçamentos duplos entre plantas
EEM	Espectro eletromagnético
EA	Espaçamento aceitáveis entre plantas
EF	Espaçamentos falhos entre plantas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRAPA-ETB	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Estação Terras Baixas
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IVE	Índice de velocidade de emergência
IVP	Infravermelho próximo
MSPA	Massa seca da parte aérea
NIMEq	Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas
PPGSPAF	Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas
SSC	Sistema de sementeira convencional
SSD	Sistema de sementeira direta
TCR	Taxa de crescimento relativo
UFPeI	Universidade Federal de Pelotas
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i> (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos)
VE	Estádio vegetativo emergencial

Sumário

1.	Introdução Geral e Revisão de Literatura	18
1.1.	Agricultura Familiar	18
2.	Culturas	14
2.1.	Milho	14
2.2.	Soja	15
3.	Semeadoras para a agricultura familiar	18
4.	Objetivos	23
4.1.	Objetivo Geral	23
4.2.	Objetivos Específicos	23
5.	Hipóteses:	24
6.	Artigo 1 – Análise do estande da cultura do milho obtido pelo emprego de semeadoras desenvolvidas para a agricultura.	25
6.1.	Resumo	25
6.2.	Abstract	26
6.3.	Introdução	27
6.4.	Material e Métodos	30
6.5.	Resultados e Discussão	36
6.6.	Conclusões	45
7.	Artigo 2 – Homogeneidade de distribuição de plantas de soja semeadas com semeadoras desenvolvidas para a agricultura familiar na cultura da soja.	46
7.1.	Resumo	46
7.2.	Abstract	47
7.3.	Introdução	48
7.4.	Material e Métodos	51
7.5.	Resultados e Discussão	57
7.6.	Conclusões	67

8. Artigo 3 – Mudança no arranjo espacial da cultura da soja por semeadora de tração humana desenvolvida para a agricultura familiar.	68
8.1. Resumo.....	68
8.2. Abstract	70
8.3. Introdução	71
8.4. Material e Métodos.....	74
8.5. Resultados e Discussão.....	84
8.6. Conclusões	95
9. Considerações finais.....	96
10. Referências Bibliográficas.....	98
11. Anexos.....	105
11.1. Anexo I:.....	105
11.2. Anexo II:.....	106

1. Introdução Geral e Revisão de Literatura

1.1. Agricultura Familiar

Segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2019), diferentes países definem critérios e parâmetros para identificar os agricultores familiares, a fim de projetar políticas que tratem especificamente de seus problemas, restrições e potencial de desenvolvimento. Observando diferentes tamanhos das propriedades, dependendo dos ecossistemas agrícolas e sistemas de produção, alguns desses critérios e parâmetros incluem que:

- A gestão da produção agrícola seja assumida por um membro da família;
- O tamanho da propriedade varie com o ecossistema agrícola e os sistemas de produção;
- Ser a propriedade rural o local onde reside a família;
- Seja maior a proporção de trabalho familiar na força de trabalho total da propriedade;
- Seja maior a proporção de rendimento agrícola no rendimento total da propriedade.

No Brasil, agricultor familiar e/ou empreendedor rural é aquele que pratica atividades no meio rural; que não possua mais de quatro módulos fiscais; utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas de seu estabelecimento; tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento e; conduza seu estabelecimento ou empreendimento com sua família (BRASIL, 2006). São considerados também agricultores familiares: silvicultores, aquicultores, extrativistas, pescadores, indígenas quilombolas e assentados da reforma agrária (BRASIL, 2006).

Dados do censo agropecuário de 2017 (SIDRA, 2017) mostram que naquele ano havia 5 milhões dos estabelecimentos agrícolas familiares no Brasil, o que representa 77% dos estabelecimentos rurais do país. Os dados do censo de 2017 indicam que a agricultura familiar, nesse ano, empregava 67,7% da população rural (redução de 20% da mão de obra total ocupada quando comparada com Censo de 2006) e era responsável por 23% do valor bruto da produção agrícola do país (VBP) (redução de 42% quando comparado com 2006), ocupando 23% das terras agricultáveis do país (redução de 5,5% quando comparado com os dados de 2006) (IBGE, 2006; SIDRA, 2017).

No mundo, dados mais atualizados, indicam haver cerca de 500 milhões de propriedades familiares, sendo que essas representam 90% dos estabelecimentos agrícolas mundiais (FAO, 2019). Assim, há indicação que as propriedades familiares são as grandes responsáveis pela nutrição, segurança alimentar, do manejo dos recursos naturais, bem como da coesão da comunidade rural e da sua herança cultural (FAO, 2019).

Dentre as principais informações coletadas pelo Censo Agro 2017 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) percebe-se uma diminuição dos jovens no campo, enquanto a população rural do Brasil fica mais velha. Esse é um dos grandes desafios para a manutenção e o fortalecimento da agricultura familiar (IBGE, 2017).

Quando foi realizado o censo agropecuário de 2006 (IBGE, 2006), os trabalhadores rurais com mais 65 anos representavam 17,52% da população do campo. Hoje, esse grupo subiu para 21,4%. A faixa etária entre 55 e 65 anos passou de 20% para 24% do total corroborando com a informação de envelhecimento da população rural. Ao contrário, o grupamento entre 35 e 45 anos de idade diminuiu de 21,93% para 18,29% e os jovens entre 25 e 35 anos, que representavam 13,56% dos trabalhadores rurais em 2006, hoje representam 9,48% (SIDRA, 2017). Dessa forma há que se buscarem alternativas para que os jovens permaneçam, ou retornem ao campo, como, por exemplo, novas técnicas ou equipamentos que possam diminuir a penosidade do trabalho rural (TEIXEIRA et al., 2014).

Embora haja uma ampla exploração das propriedades agrícolas familiares no Brasil, essas apresentam baixos níveis de rentabilidade e produtividade, devido à baixa adoção de práticas com níveis tecnológicos

mínimos para a melhora desses índices (CASTRO; NASCIMENTO, 2017). Nesse sentido, a mecanização agrícola com foco na agricultura familiar, além de reverter o fluxo migratório, que ora se apresenta, pode corroborar para o aumento dos índices de rentabilidade e produtividade nas propriedades agrícolas familiares brasileiras.

Porém, o custo de aquisição de máquinas agrícolas para uso nas propriedades familiares é extremamente elevado para os padrões desta agricultura hoje vigente no país, além da escassez de modelos específicos a esse fim. Além disso, o agricultor familiar não está preparado para escolher uma máquina ou um implemento agrícola seguindo critérios técnicos. O custo de operação e manutenção desses equipamentos, muitas vezes escolhidos de maneira equivocada, poderá comprometer sua capacidade financeira (ANDERSSON, 2010; BALESTRA, 2016).

Por isso, há que se pensar e projetar equipamentos adequados à agricultura familiar, no intuito de entregar uma tecnologia adequada, com custo realista e principalmente, pensando-se na transferência de conhecimento ao produtor buscando a melhor escolha, tanto para uso, quanto para o custo de aquisição e manutenção de máquinas ou implementos.

2. Culturas

2.1. Milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta anual, estival, cespitosa, com baixo afilamento. Pertence à classe Liliopsida, família Poaceae, possui hábito ereto e metabolismo C_4 (via de fixação de carbono) (BERGAMASCHI; MATZENAUER 2014), que a torna extremamente eficiente na regulação da fotossíntese para fixação do CO_2 , com conseqüente vigor na produção de massa e uma ampla adaptação às diferentes condições de clima, porém com maior taxa de conversão de fotoassimilados em climas mais quentes com maior incidência de luz (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Por ser o cereal mais produzido no mundo o milho tem grande importância na cadeia produtiva agrícola (FAO, 2016). No mundo, segundo a USDA (2022), serão colhidos na safra 2021/22, 203,9 milhões de ha, havendo um aumento de 2,5% na área cultivada, em comparação com a safra 2020/21. A produção estimada da safra 2021/22 é de 1,21 bilhões de Mg e produtividade média de 5,9 Mg ha⁻¹. Segundo o órgão americano, haverá um acréscimo de 7,5% na produção mundial quando comparado com a safra 2020/21 (USDA, 2022).

O Brasil semeou na safra 2021/22 com a cultura do milho (incluindo 1^a, 2^a e 3^a safras) 21,24 milhões de hectares. Esse resultado gerou em um aumento de 6,5% na área cultivada em relação à safra 2020/21 (CONAB, 2022a). A produtividade prevista da safra brasileira 2021/22 é de 5,44 Mg ha⁻¹, produtividade essa 24,6% superior à safra 2020/21 (CONAB, 2022a). Com o aumento da produtividade e da área cultivada em comparação à safra anterior, a produção total do cereal tem uma projeção de aumento de 32,7%, passando de 87,1 milhões de Mg na safra 2020/21 para 115,6 milhões de Mg na safra brasileira 2021/22 (CONAB, 2022a).

Dentre as culturas que ocupam maior destaque nas propriedades familiares, sem dúvida, o milho é uma das mais significativas. Segundo dados

de 2006, 46% do milho produzido no país era de origem da agricultura familiar (IBGE, 2006), porém com a expansão da área cultivada e com o aumento da tecnologia empregada na cultura, a produção familiar de milho perdeu espaço para a produção não-familiar. Pelos dados de 2017, o milho produzido pela agricultura familiar representa 21% do total nacional (SIDRA, 2017).

Além da alimentação humana, o milho tem grande importância nas cadeias produtivas de aves, suínos, leite e, em menor proporção, na produção de ração para pecuária – o que causa grande impacto em propriedades familiares – tanto na forma de grão quanto na forma de silagem.

No mundo, o grão tem importância na produção de combustível (etanol), principalmente nos Estados Unidos. Além disso, o grão ainda é utilizado para fabricação de uma grande diversidade de produtos, como adesivos líquidos e medicamentos (REUNIÃO..., 2017).

No estado do Rio Grande do Sul, pelo censo agropecuário de 2006, mais de 95% dos estabelecimentos que produzem milho tem menos de 100 ha, o que demonstra a importância da produção agrícola da cultura no meio agrícola familiar (IBGE, 2006), sendo o milho cultura de relevante importância em propriedades agrícolas familiares. Os dados do CENSO de 2017 revelam que, naquele ano, a agricultura familiar gaúcha era responsável por 45,7% do milho produzido em território gaúcho (SIDRA, 2017).

2.2. Soja

A soja (*Glycine max* L.) é uma planta herbácea anual, pertencente a classe Magnoliopsida, família Fabaceae, de hábito ereto e tipos de crescimento diretamente relacionados com o porte da planta, podendo ser esses tipos: determinado, indeterminado e semideterminado.

Outra característica importante é que a espécie possui grande plasticidade fenotípica, que é a capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia e nos componentes do rendimento (HEIFFIG et al., 2006).

É uma planta do ciclo C₃ (via de fixação de carbono) que é menos eficiente na fixação do carbono pelas altas taxas de fotorrespiração quando comparada com plantas do ciclo C₄ e CAM. Porém, essa característica a torna mais adaptada a climas mais amenos e úmidos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

No mundo, a área cultivada de soja projetada em 130,1 milhões de hectares na safra 2021/22. A USDA, órgão americano, estima a produção mundial 350,7 milhões de Mg (USDA, 2022). O Brasil é o maior produtor mundial da *commoditie*. O país estima encerrar a safra 2021/22 colhendo 40,8 milhões de hectares com a cultura, aumento de 9,2% na área cultivada em relação à safra 2020/21 (CONAB, 2022b). A produtividade média brasileira para a safra 2021/22 é projetada em 3 Mg ha⁻¹, redução de 17,5% na produtividade em relação a última safra. Com a redução na produtividade, embora tenha ocorrido o aumento de área semeada, a produção terá uma diminuição estimada em 12,8% em relação à safra anterior (CONAB, 2022b).

Para a soja, pelos dados do censo agropecuário de 2006, a cultura começava a constar como alternativa no modelo familiar de produção, pois 16% da produção oleaginosa no país já tinham por origem a agricultura familiar (IBGE, 2006). Já os dados do censo de 2017 mostram que percentualmente a agricultura familiar perdeu espaço no total da cultura produzida no país, pois sua contribuição foi reduzida de 16 para 10% do total produzido no Brasil (SIDRA, 2017).

Esse fato se deve principalmente pelo grande avanço tecnológico que a agricultura empresarial experimentou na última década, tanto em genética de cultivares, quanto em mecanização e práticas de cultivo, que promoveram um aumento significativo de produtividade e produção (GAZZONI; CATTELAN; NOGUEIRA, 2019). O aumento da produção brasileira de soja na última década foi de 113% (CONAB, 2022), demonstrando claramente o papel das tecnologias no cultivo da *commoditie*. O resultado disso foi que a agricultura familiar, mesmo tendo melhorado seus índices, não foi capaz de acompanhar o aumento de produtividade da agricultura empresarial na produção de soja perdendo espaço no percentual da produção brasileira de soja, pois na maioria absoluta dos casos, o acesso a essa tecnologia não se concretiza da mesma forma entre os dois modelos de agricultura.

Porém, com a expansão da produção orgânica de soja, e a proximidade desse modelo com a agricultura familiar, há cada vez um número maior de produtores a voltar suas atenções a esse formato de cultivo, na busca de um nicho de mercado, tanto por ideologia, quanto por remuneração, já que a soja

orgânica detém um valor agregado superior à soja de cultivo transgênico (TOLEDO; ZONIN, 2020).

3. Semeadoras para a agricultura familiar

Com a projeção de aumento de cultivo de grãos e pelo fortalecimento da agricultura familiar, muitos estudos têm sido desenvolvidos em nível acadêmico visando à melhoria dos processos de produção de alimentos com foco no produtor familiar. A grande maioria das operações agrícolas – desde que bem conduzidas e empregando-se tecnologia adequada – pode ser mecanizada, como por exemplo, a semeadura. A mecanização dessas tarefas pode resultar na melhoria da eficiência das atividades e retorno financeiro superior ao produtor (KLAVER et al., 2013) mas principalmente na redução das dificuldades e penosidades do trabalho (TEIXEIRA, 2014), visto o envelhecimento da população rural (SIDRA, 2017).

Dentre as pesquisas desenvolvidas, muitas têm por foco projeto e construção de semeadoras para utilização em propriedades familiares. O NIMEq (Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), tem desenvolvido alguns protótipos de semeadoras para a agricultura familiar com a finalidade de facilitar o trabalho, agregar lucro e sustentabilidade à agricultura familiar.

Têm-se modelos de semeadoras, resultantes dessas pesquisas, acopladas a tratores de rabiças (MEDEIROS et al., 2015); também modelos tracionados, tanto por animais (cavalo ou boi), quanto por tratores de rabiças (TEIXEIRA, 2014) e ainda; semeadoras tracionadas (empurradas) pelo próprio homem (STEFANELLO et al., 2014), todas elas capazes de operar, inclusive, no sistema de semeadura direta (SSD), dando uma nova possibilidade para os agricultores familiares utilizarem formas conservacionistas de cultivo de grãos em suas propriedades.

A semeadora/adubadora de precisão de Medeiros (2015) possui como diferencial o preparo localizado do sulco realizado por enxadas rotativas dispostas imediatamente a frente da linha de semeadura. Por sua vez, a linha de semeadura é constituída de discos duplos, seguido por roda compactadora

do sulco de semeadura. Outro diferencial da semeadora é que ela é dotada de sistema de mola elíptica para o suporte da linha de semeadura, o que possibilita a absorção das irregularidades do terreno, além de prover a pressão necessária à semeadura das culturas (MEDEIROS et al., 2015). A semeadora/adubadora possui um dosador de sementes de saída dupla que abastece as linhas do protótipo, além de depósitos e mecanismos próprios à adubação. Todos esses mecanismos estão acoplados a um trator de rabiças (Tobata).

Outra semeadora envolvida em nosso estudo é uma semeadora concebida no modelo agrícola de base ecológica (TEIXEIRA, 2014) – portanto sem mecanismos para a adubação – que possui como característica mais marcante a mínima mobilização do solo no momento da semeadura. Para isso, o protótipo conta com uma haste sulcadora e monida de uma ponteira sulcadora na extremidade que tem contato com o solo. Além disso, o protótipo é dotado de disco de corte de palha disposto imediatamente à haste sulcadora onde é realizada a semeadura. De estrutura leve, mas robusta, o que lhe confere a capacidade de semear tanto no cultivo convencional, quando no sistema de semeadura direta.

Pode ser acoplada e, portanto, utilizada, tanto por tração animal (cavalo ou boi), quanto por trator de duas rodas (rabiças), o que a torna versátil para os agricultores em transição entre sistemas de semeadura. Como a semeadora de Medeiros (2015), possui duas linhas de semeadura também abastecida por um dosador de saída dupla de sementes.

Cabe aqui ressaltar que os protótipos desenvolvidos pelo NIMEq experimentados nessa tese, foram testados em suas teses de origem somente quanto ao seu desempenho funcional, ou seja, foram analisados em suas capacidades de colocar semente e adubo no solo de maneira controlada, porém, sem a existência de testes agronômicos, existindo assim uma lacuna de análises de desempenho, sendo essa uma das justificativas do trabalho.

Existem poucas opções de semeadoras de pequeno porte produzidas em escala comercial disponíveis aos agricultores familiares. Porém, as opções existentes no mercado demandam a utilização de tratores de quatro rodas, além de possuírem custo de aquisição elevado (NIEMCZEWSKI et al., 2014) sendo teoricamente – já que são protótipos e não modelos produzidos em

escala comercial – superior ao custo de aquisição dos modelos de pequeno porte acima citados.

Dessa forma, a busca por equipamentos de porte reduzido, que possam facilitar o trabalho, diminuir a fadiga e aumentar a produtividade, pela melhora dos processos agrícolas, torna-se uma demanda emergente para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar no país.

A melhora no arranjo espacial das culturas também tem sido busca constante da pesquisa agrônômica, pois já é de amplo conhecimento que o arranjo de plantas com disposições ideais permite minimizar a competição intraespecífica além de maximizar o aproveitamento dos recursos ambientais (HEIFFIG et al., 2006). A redução do espaçamento entrelinhas da soja tem se mostrado uma ferramenta promissora na busca do melhor arranjo possível da cultura, pois pode melhorar sua capacidade competitiva e ainda incrementar o seu rendimento final (KUMAGAI, 2021). Essa melhora no rendimento está associada a alguns fatores tais como: melhora na utilização da água, redução da competição intraespecífica, maior habilidade competitiva contra as plantas daninhas (competição interespecífica) e melhora na interceptação da energia solar (RAMBO et al., 2003).

Porém, há uma limitação estrutural das semeadoras de precisão (modelos que são utilizadas para o cultivo da soja, por exemplo) na diminuição do espaçamento entrelinhas. Nos equipamentos disponíveis comercialmente, os mecanismos de precisão das semeadoras geralmente estão próximos ao solo para diminuir o espaço percorrido pela semente, o que faz com que a homogeneidade de distribuição das sementes seja satisfatória e haja uma diminuição de falhas de semeadura e deposições duplas de sementes. Assim, o número de sementes com deposição aceitável deverá ser adequado. Por essa configuração, ocorre uma restrição de espaçamento mínimo entre linhas em função da presença dos mecanismos de semeadura de precisão o mais próximo possível da zona de deposição das sementes (REIS; FORCELLINI, 2009).

No modelo de agricultura familiar, pela possibilidade da utilização de semeadoras de uma linha tracionadas pelo homem, por exemplo, (STEFANELLO et al., 2014), pode-se contornar essa limitação de modelos convencionais, buscando a melhora do arranjo espacial da cultura da soja na

busca da máxima expressão de seu potencial produtivo. No modelo citado, por tratar-se de uma semeadora de apenas uma linha de cultivo, pode-se reduzir o espaçamento da soja para até 0,15 m mantendo-se a população adequada para a maioria das cultivares indicadas para a cultura.

Essa diminuição de espaçamento entrelinhas pode melhorar substancialmente o arranjo espacial da cultura, com melhora na capacidade da soja pela obtenção dos recursos ambientais, aumento da habilidade competitiva da cultura contra plantas daninhas por esses recursos, diminuição da competição intraespecífica, bem como a melhora interceptação da radiação solar pela cultura (RAMBO et al., 2003), sendo assim também compatível com o modelo orgânico de produção.

Assim, os estudos pertencentes a essa tese tiveram por objetivo avaliar, em campo, e condições de semi-campo no segundo ano (capítulo 3), o desempenho funcional de três protótipos de semeadoras desenvolvidas com foco na agricultura familiar pelo NIMEq: uma acoplada a um trator de rabiças com sulcador rotativo para adubação; com tração animal com deposição de sementes por sulcador, e; uma semeadora de tração humana, comparando-as com uma semeadora de pequeno porte produzida em escala comercial (Semeadora marca Semeato[®] modelo PH3).

Nos primeiros dois artigos, os estudos testaram duas semeadoras: uma com sulcador por hastes para a semeadura (TEIXEIRA et al., 2014) e; outra com preparo localizado (MEDEIROS et al., 2015), comparando-as com uma semeadora de pequeno porte produzida em escala comercial (Semeadora marca Semeato[®] modelo PH3) nas culturas do milho (artigo 1) e da soja (artigo 2) nos sistemas de semeadura direta e convencional (em ambos os artigos). O terceiro artigo trata da mudança do arranjo espacial da cultura da soja pela utilização de um protótipo de semeadora de tração humana empurrada de uma linha concebida para a agricultura familiar (STEFANELLO et al., 2014), semeando a cultura num espaçamento de 0,15 m, e comparando os resultados com a semeadura a 0,45 m realizado pela semeadora comercial marca Semeato[®] modelo PH3.

Dentre as variáveis, nos dois primeiros artigos, avaliou-se o índice de velocidade de emergência das plântulas; uniformidade de distribuição de sementes (através das variáveis: número de espaçamentos aceitáveis entre

plantas; número de espaçamentos falhos e; número de espaçamentos duplos) e; massa seca das culturas de milho e soja em dois sistemas de cultivo (sistema de semeadura direta e convencional). Para o terceiro artigo foram avaliadas as variáveis-resposta cobertura do solo promovida pela cultura e; massa seca da cultura da soja no sistema de semeadura direta (SSD).

Os experimentos estavam projetados para serem repetidos, porém, a forte estiagem ocorrida no RS no último bimestre do ano de 2019 (anexo II), impossibilitou essa execução. No segundo ano, foi repetido apenas o estudo de mudança espacial da soja promovido pelo protótipo de uma linha de empurrar (terceiro artigo), em condições de semi-campo (caixas de alvenaria), para a obtenção de maiores subsídios para as inferências.

4. Objetivos

4.1. Objetivo Geral

Avaliar o desempenho agronômico das culturas do milho e da soja semeados por protótipos desenvolvidos para a agricultura familiar comparando-os com uma semeadora produzida comercialmente.

Avaliar o desempenho da cultura da soja, em função da mudança da distribuição espacial através da diminuição do espaçamento de semeadura da cultura de 0,45 m a 0,15 m pela utilização de uma semeadora de uma linha de tração humana empurrada concebida à agricultura familiar.

4.2. Objetivos Específicos

- a) Avaliar o desempenho funcional dos protótipos de semeadoras.
- b) Mensurar as variáveis biológicas das culturas frente aos tratamentos.
- c) Avaliar o efeito da mudança do arranjo espacial da cultura da soja promovida pelo uso do protótipo de semeadora de uma linha de tração humana empurrada.
- d) Utilizar o método de coleta digital da variável cobertura do solo da cultura da soja.

5. Hipóteses:

- a) Os protótipos de semeadoras terão desempenho igual ou superior ao modelo de semeadora comercial na cultura do milho e da soja nas variáveis avaliadas;
- b) A redução do espaçamento da cultura da soja de 0,15 m para 0,45 m aumentará a cobertura do solo promovida pela cultura e aumentará a produção de massa seca da parte aérea da soja na unidade de tempo;
- c) O método de coleta de imagens determinará, de forma adequada, a cobertura do solo promovida pela soja em relação ao solo.

6. Artigo 1 – Análise do estande da cultura do milho obtido pelo emprego de semeadoras desenvolvidas para a agricultura.

6.1. Resumo

A agricultura familiar tem papel fundamental na segurança alimentar e dessa maneira, sua atividade deve ser valorizada e preservada. A penosidade do trabalho rural realizado sem mecanização tem desmotivado a fixação dos jovens no campo, o que causa um envelhecimento da população rural, sendo motivo de preocupação quanto ao futuro do modelo familiar de produção. A cultura do milho, sem dúvida, é a mais importante à agricultura familiar por ser chave, tanto à comercialização, quanto à manutenção dos animais na propriedade, na forma de grão ou silagem. Porém, seu cultivo de forma não mecanizada é sacrificante ao produtor. Para amenizar as dificuldades do trabalho rural, equipamentos têm sido idealizados e concebidos para esse fim. Dentre esses se destacam as semeadoras. O NIMEq, (Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), tem desenvolvido alguns protótipos de semeadoras para a agricultura familiar com a finalidade de facilitar o trabalho na propriedade familiar. Dentre eles estão dois protótipos que podem ser acoplados a tratores de rabiças e possui capacidade de semear com precisão tanto em sistemas de semeadura convencional, quanto em semeadura direta. Um dos protótipos possui sulcador por hastes para a semeadura e o outro possui preparo localizado para a semeadura. Assim, o objetivo desse estudo foi comparar os protótipos de semeadoras concebidos à agricultura familiar supracitados com um modelo de semeadora de precisão de pequeno porte produzido em escala comercial na cultura do milho nos sistemas de semeadura convencional e direta. Como variáveis-resposta foram analisadas o índice de velocidade de emergência da cultura do milho (IVE), os espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos entre plantas de milho e a massa seca da parte aérea da cultura (MSPA) aos 32 dias após a emergência (DAE). Os protótipos tiveram resultados satisfatórios nas variáveis avaliadas quando comparados com a semeadora comercial. O protótipo com sulcador por hastes teve resultado superior em algumas variáveis em função da conservação da umidade escassa no momento da semeadura da cultura. Ao contrário, a semeadora com preparo localizado teve, em algumas variáveis, seu desempenho prejudicado em função da condição de déficit hídrico inicial, sendo esse um aspecto a ser considerado em sua utilização.

Palavras-chave: Agricultura familiar; milho; velocidade de emergência; homogeneidade de distribuição.

6.2. Abstract

Small holders play a fundamental role in food security and, therefore, its activity must be valued and preserved. The hardship of rural work carried out without mechanization has discouraged young people from settling in the countryside, which causes an aging of the rural population, being a reason for concern about the future of the family model of production. The corn crop is undoubtedly the most important to family farming as it is key, both for commercialization and for the maintenance of animals on the property, in the form of grain or silage. However, its cultivation in a non-mechanized way is sacrificing to the producer. To alleviate the difficulties of rural work, equipment has been idealized and designed for this purpose. Among these, seeders stand out. The NIMEq, (Innovation Center in Agricultural Machinery and Equipment), of the Federal University of Pelotas (UFPEl), has developed some prototypes of seeders for family agriculture in order to facilitate work on the family property. Among them are two prototypes that can be coupled to pigtail tractors and have the ability to sow with precision both in conventional sowing systems and in direct sowing. One of the prototypes has a rod furrower for sowing and the other has a localized preparation for sowing. Thus, the objective of this study was to compare the prototypes of seeders designed for family farming mentioned above with a small precision seeder model produced on a commercial scale in corn in conventional and direct sowing systems. As response variables, the corn crop emergence speed index (IVE), the acceptable, flawed and double spacings between corn plants and the dry mass of the aerial part of the crop (MSPA) at 32 days after emergence were analyzed (DAE). The prototypes had satisfactory results in the evaluated variables when compared with the commercial seeder. The prototype with a rod furrower had a superior result in some variables due to the conservation of scarce moisture at the time of sowing the crop. On the contrary, the seeder with local preparation had, in some variables, its performance impaired due to the initial water deficit condition, which is an aspect to be considered in its use.

Keywords: Small holders farming, maize, emergency speed; homogeneity of distribution.

6.3. Introdução

Agricultor familiar e/ou empreendedor rural é aquele que pratica atividades no meio rural; não possui mais de quatro módulos fiscais; utiliza predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas de seu estabelecimento; tem renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento e; dirige seu estabelecimento ou empreendimento com sua família (BRASIL, 2006).

Os dados oficiais mais recentes, do censo agropecuário de 2017, mostram que a agricultura familiar representa 3,89 milhões dos estabelecimentos agrícolas do Brasil, emprega 67% da população do setor rural e é responsável por cerca de 40% da produção agrícola do país, apesar de ocupar apenas 23% das terras agricultáveis do país (SIDRA, 2017).

Dentre as culturas que ocupam maior destaque nas propriedades familiares, sem dúvida, o milho é uma das culturas mais significativas. No Brasil a área total cultivada de milho foi de 21,2 milhões de hectares na safra 2021/22, incluindo 1^a, 2^a e 3^a safras. A produtividade média brasileira da cultura na safra 2021/22 esta projetada em 5,44 Mg ha⁻¹ e a produção da safra 2021/22 estimada em 115,6 milhões de Mg do grão (CONAB, 2022a). Ainda, segundo dados de 2006, 46% do milho produzido no país eram de origem da agricultura familiar (IBGE, 2006). Porém, os dados mais recentes, mostram que a agricultura familiar no ano de 2017 passou a contribuir com apenas 12,5% do total de milho produzido no país (SIDRA, 2017), uma redução significativa quando comparado ao ano de 2006.

Desde a safra 2004/05 a 2019/20 (que foi a safra recorde do país), a produção nacional do grão subiu 192% (CONAB, 2022a). Esse vultoso aumento se deu em função, principalmente, do aumento de cultivo da segunda safra no período. Mesmo com o aumento de 47% no consumo interno na última década, não houve capacidade de absorção interna da produção do cereal, abrindo-se uma oportunidade no período de, além do avanço em pesquisa voltada para o fortalecimento da cultura, aumento das exportações, o que impacta no PIB nacional (REUNIÃO..., 2017). Dessa forma, a agricultura

familiar, além do uso do grão como chave na propriedade, pode beneficiar-se desse momento de expansão da cultura.

A cultura do milho tem grande importância na alimentação humana e animal nas cadeias produtivas de aves, suínos, leite e em menor proporção na produção de ração para pecuária – o que causa grande impacto em propriedades familiares – tanto na forma de grão quanto na forma de silagem.

No estado do Rio Grande do Sul, pelo censo agropecuário de 2017, 45,7% do milho produzido no estado era de origem familiar, o que demonstra a importância da produção agrícola da cultura nesse modelo de produção, sendo, cultura importante nestas propriedades (SIDRA, 2017).

Ainda no Sul do Brasil, o milho produzido pela agricultura familiar, desempenha função essencial pela garantia da segurança alimentar, melhoria das condições do solo – pela diversificação/rotação/consorciação com outras culturas na consolidação do sistema de semeadura direta – gerando renda e mantendo o homem no campo (MACHADO; FONTANELLI, 2014). Por esses motivos, o desenvolvimento de tecnologias que possam promover a sustentabilidade dos modelos agrícolas familiares e a melhoria de vida dos agricultores é de vital importância (EMBRAPA, 2018).

Nesse sentido, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com foco em projetos e construção de semeadoras para utilização em propriedades agrícolas familiares. O NIMEq (Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), tem desenvolvido alguns protótipos de semeadoras para a agricultura familiar com a finalidade de facilitar o trabalho e agregar lucro e sustentabilidade a esse modelo de agricultura. Têm-se modelos de semeadoras resultantes dessas pesquisas acopladas a tratores de rabiças e com preparo localizado do solo no momento da semeadura (MEDEIROS et al., 2015) e também modelos tracionados, tanto por animais (cavalo ou boi), quanto por tratores de duas rodas, com semeadura realizada por sulcadores de hastes (TEIXEIRA, 2014) capazes de cultivar inclusive no sistema de semeadura direta, dando uma nova possibilidade para os agricultores familiares utilizarem formas conservacionistas de cultivo de grãos em suas propriedades.

Porém, esses protótipos acima descritos e desenvolvidos pelo NIMEq experimentados nessa tese, foram testados em suas teses de origem somente

quanto ao seu desempenho funcional, ou seja, foram analisados em suas capacidades de colocar semente e adubo no solo de maneira controlada, sem a existência de testes agronômicos, existindo assim uma lacuna em suas análises de desempenho.

Assim o objetivo desse estudo é avaliar e comparar dois protótipos de semeadoras desenvolvidos para uso na agricultura familiar desenvolvidas pelo NIMEq, com um modelo de semeadora compacta produzida em escala comercial quanto aos parâmetros agronômicos do milho em dois sistemas de semeadura: semeadura direta (SSD) e; semeadura convencional (SSC).

6.4. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no campo, na área da EMBRAPA Clima Temperado, Estação Terras baixas (EMBRAPA-ETB) (31°48'12" S e; 52°24'48" O) no município de Capão do Leão (Figura 1). Para a condução do estudo foi utilizado delineamento em faixas – pela restrição de utilizar apenas um protótipo ou a semeadora comercial em cada uma das faixas (DUARTE, 1996) – com seis repetições para cada tratamento. O experimento teve dimensões de: 30,0 m de comprimento; 21,2 m de largura. As faixas tiveram 2,70 m de largura com espaço entre si de 1,0 m para caminhamento dos pesquisadores no momento das coletas das variáveis e no manejo da cultura e ainda 1,0 m de largura entre os sistemas de cultivos (semeadura direta e convencional).

A unidade experimental (parcela) teve 2,70 m de largura x 5 m de comprimento (13,50 m²), onde foram alocadas seis linhas de semeadura da cultura do milho, espaçadas a 0,45 m para cada um dos níveis do fator semeadora, conforme o croqui de alocação do experimento (Figura 2).



Figura 1 – Área de condução do experimento do milho. EMBRAPA-ETB, 2018.

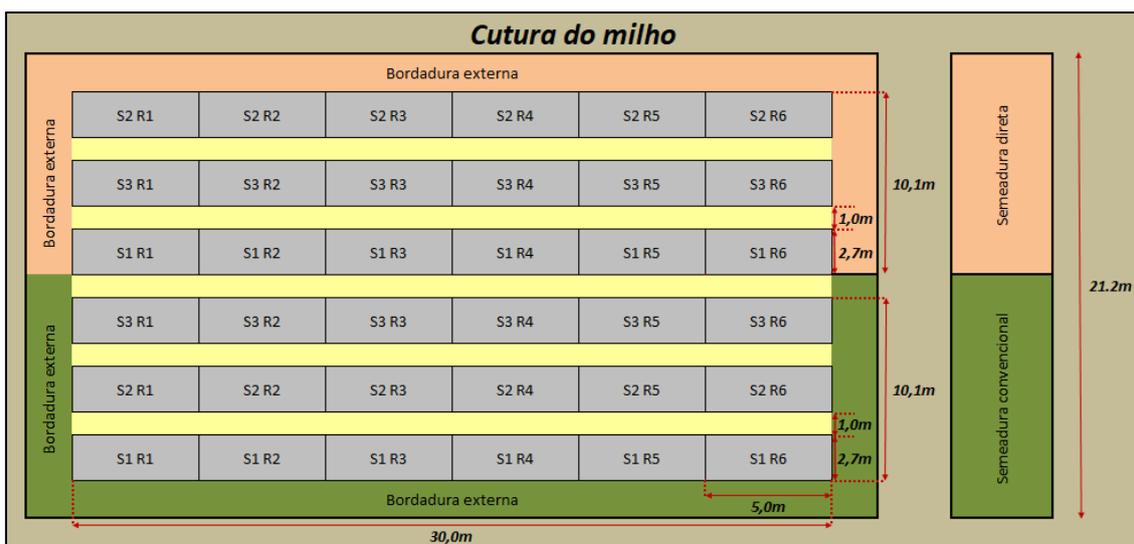


Figura 2 – Croqui de alocação do experimento com a cultura do milho. EMBRAPA-ETB, 2018.

O experimento foi arranjado em esquema fatorial 3 x 2 com seis repetições, onde o fator A (semeadoras) foi composto por três níveis: semeadora de pequeno porte produzida em escala comercial (Semeadora marca Semeato[®] modelo PH3); semeadora acoplada a um trator de rabiças com preparo localizado (Sulcador rotativo) (MEDEIROS et al., 2015) e; semeadora com tração animal com sulcador de hastes (Sulcador) (TEIXEIRA, 2014). Os equipamentos utilizados como níveis do fator de tratamento estão ilustrados na figura 3.



Figura 3 – Semeadoras utilizadas no experimento com o milho. EMBRAPA-ETB, 2018.

O fator B (sistema de semeadura) foi composto por dois níveis: sistema de semeadura direta (SSD) e; sistema de semeadura convencional (SSC). Foi utilizada a semente do milho híbrido P3340 VYHR da empresa Pioneer[®] com linhas de semeadura espaçadas a 0,45 m, semeando-se cerca de 3,7

sementes de milho m^{-1} , objetivando uma população fixa em 75.000 plantas de milho ha^{-1} , tanto para os protótipos quanto para a semeadora comercial. Ambos os protótipos possuem um dosador de saída dupla, que, por sua vez, abastece as duas linhas de semeadura, produzido pela empresa IMASA[®], com discos tipo horizontais. Foi utilizado disco de carreira dupla com 50 furos e diâmetro de 10 mm, conforme o indicado ser adequado pelo produtor de semente pela peneira. Foi utilizado anel separador de 4 mm. Os ejetores de sementes são duplos do tipo roseta. A semeadora comercial também possuía dosador com discos tipo horizontal.

Foram utilizados discos de carreira simples com 28 furos com alvéolo de 10 mm conforme adequado para a peneira. Foi utilizado separador de 3 mm com ejetor de carreira simples do tipo roseta. Para a condução da cultura, foram utilizadas as recomendações técnicas preconizadas (REUNIÃO..., 2017). O solo da área experimental foi classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2013a). O solo foi previamente preparado em 11/09/2018 para a padronização da área com utilização de grade aradora e grade niveladora, como mostrado na figura 4.



Figura 4 – Preparo da área experimental com a cultura do milho. EMBRAPA-ETB, 2018.

Foi realizada uma dessecação prévia à semeadura em área total para a formação de palhada no SSD e visando o preparo para o SSC no dia 21/11/2018, utilizando-se o herbicida glifosato Original[®] 480 g/l (360 e.a.) na dose de 5 l ha^{-1} do produto comercial, utilizando-se um pulverizador costal elétrico que manteve uma vazão constante de 120 l de volume de calda ha^{-1} .

O preparo do solo nas unidades experimentais, onde o fator de tratamento foi o SSC, ocorreu no dia 04/12/2018, utilizando-se grade niveladora. Nas unidades onde o nível do fator foi o SSD, foi realizada a dessecação da área no sistema plante-aplique, no dia 06/12/2018 utilizando-se o herbicida glifosato Original[®] 480 g/l (360 e.a.) na dose de 5 l ha⁻¹ do produto comercial, utilizando-se um pulverizador costal elétrico com vazão constante de 120 l de volume de calda ha⁻¹.

A semeadura da cultura foi realizada em função dos tratamentos anteriormente descritos, no dia 05/12/2018. Para a semeadura utilizou-se grafite agrícola na dose de 4 g do produto comercial kg⁻¹ de semente. A velocidade de semeadura foi de 4 km h⁻¹ para os protótipos e para a semeadora comercial.

A correção do solo foi realizada conforme as necessidades da cultura e informada pela análise de solo (Anexo I). A adubação, para a semeadora comercial e por sulcador rotativo, foi realizada por seus mecanismos próprios para tal e para a semeadora de sulcador por hastes foi realizada em cobertura, de maneira manual, na dose de 380 kg ha⁻¹ do adubo 05-20-20, pois, a semeadora, tendo sido sua concepção baseada no conceito de agricultura ecológica, não possui mecanismos de adubação na linha de semeadura (TEIXEIRA, 2014).

Cabe aqui ressaltar que a semeadora de tração animal com sulcador de hastes também foi projetada para sua utilização acoplada a um trator de rabiças e assim ela foi utilizada nesse estudo. Para a semeadora acoplada ao trator de rabiças com preparo localizado por sulcador rotativo, bem como a semeadora comercial, foi realizada a adubação na linha pelos mecanismos das semeadoras regulando-se sua dosagem em 380 kg ha⁻¹ do adubo 05-20-20.

As variáveis analisadas para os tratamentos foram: índice de velocidade de emergência (IVE) da cultura do milho a campo; uniformidade de distribuição de sementes (através das covariáveis: número de espaçamentos aceitáveis entre plantas (EA); espaçamentos falhos (EF > 50% EA) e; espaçamentos duplos (ED < 50% EA)) (COELHO, 1996) e; massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura do milho aos 32 dias após a emergência (DAE). A distância ideal entre as sementes de milho, considerando-se a população de 75.000 plantas ha⁻¹ seria de 27,3 cm. Assim, consideraram-se distâncias aceitáveis

entre plantas de milho entre 13,6 a 40,9 cm. Abaixo de 13,6 cm consideraram-se espaçamentos duplos e acima de 40,9 cm consideraram-se espaçamentos falhos entre plantas.

Para determinar o IVE foi utilizada a metodologia descrita por MAGUIRE (1962) em que: após sete dias da semeadura avaliou-se a emergência, obtida pela contagem do número de plântulas emergidas diariamente, durante 10 dias, sendo essa uma variável adimensional. A contagem foi realizada desconsiderando-se o metro inicial e final de cada uma das unidades experimentais e ainda as linhas laterais da unidade experimental pelo efeito de bordadura, ou seja, foi realizada a contagem nos 3 m das quatro linhas centrais da unidade experimental. Considerou-se plântula emergida de milho a que estava no estágio vegetativo emergencial (VE) com a exposição da extremidade do coleóptilo (RITCHIE; HANWAY, 1989). A porcentagem do número de plântulas emergidas foi realizada diariamente até 10 dias de contagem e com os resultados das contagens determinou-se o índice de velocidade de emergência IVE (MAGUIRE, 1962).

Para a determinação da uniformidade de semeadura na emergência plena, foram realizadas medidas da distância entre as plantas de milho no dia 27/12/2018 aos 15 DAE, com o auxílio de régua milimetrada e/ou trena rígida, descontando-se o metro inicial e final da parcela e as linhas laterais (bloqueando-se o efeito de bordadura na unidade experimental), ou seja, em 3 m das quatro linhas centrais da unidade experimental conforme a figura 5.



Figura 5 – Coleta da distância entre plantas de milho. EMBRAPA ETB, 2018.

Após a obtenção dos dados, por meio da mensuração, realizou-se a conversão dos resultados para espaçamentos aceitáveis entre plantas (EA),

número de espaçamentos duplos ($ED < 0,5 EA$) e número de espaçamentos falhos ($EF > 1,5 EA$) (COELHO, 1996) sendo essas então as variáveis analisadas.

Para a análise da variável massa seca da parte aérea da cultura (MSPA), foi coletada a totalidade da parte aérea da cultura do milho no metro central de uma das linhas de cultivo da unidade experimental em cada uma das repetições, ou seja, foi coletado o material de um metro representativo da unidade experimental contendo 4 plantas aos 32 dias após a emergência da cultura (DAE). O material vegetal foi seco em estufa com ventilação forçada por 72 h à 60 °C para a estabilização da umidade (BIANCO; PITELLI; CARVALHO, 2007). Após a secagem, o material foi pesado em balança analítica e os resultados de massa foram então ajustados para a unidade de megagrama ha^{-1} ($Mg ha^{-1}$) e então analisados.

Os resultados obtidos para todas as variáveis-resposta foi realizada a análise de variância e, quando significativos os efeitos dos tratamentos para o modelo pelo teste F ($\alpha \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey à probabilidade de erro de 5% ($\alpha \leq 0,05$).

6.5. Resultados e Discussão

Houve efeito significativo para o teste F em todas as variáveis analisadas em função dos fatores de tratamento. O teste de Shapiro-Wilk à probabilidade de erro de 5% ($\alpha \leq 0,05$) demonstrou a distribuição normal dos erros para as variáveis: espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos, não sendo necessária a transformação dos dados. Para as variáveis IVE e MSPA foi necessária a transformação dos dados pelo método de Box-Cox, visando estabilizar a variância e buscar a distribuição normal (AZEVEDO; ANDRADE JÚNIOR; FERNANDES, 2016). Houve interação dos fatores de tratamento somente para a variável EA. Para todas as outras variáveis estudadas somente houve efeito principal de um ou dos dois fatores de tratamento.

Para a variável IVE, houve somente efeito principal do fator semeadora (Tabela 1). O IVE foi superior para a semeadora dotada de sulcador por haste para a semeadura, seguida da semeadora comercial e em seguida pela semeadora com preparo localizado. Tal resultado pode ser atribuído à estiagem desde a metade do mês de novembro de 2018, conforme mostram os dados climatológicos dos meses de novembro e dezembro de 2018 (Anexo II) que ocorria no período da semeadura. A semeadura que estava prevista para a segunda quinzena do mês de novembro de 2018 foi retardada até que houvesse previsão de precipitação, o que ocorreu no dia 12/12/2018 (9,4 mm) (Anexo II).

A estiagem inicial fez com que a germinação fosse retardada no protótipo com preparo localizado, sendo que a emergência da cultura para esse protótipo ocorreu somente cinco dias após os outros níveis do fator, independentemente do sistema de cultivo (Figuras 6 e 7), fato esse que interferiu significativamente no IVE das plântulas resultantes das sementes depositadas por essa semeadora (Tabela 1).

A semeadora com sulcador de hastes obteve resultados superiores às outras em função de sua menor mobilização do solo conservando a umidade para o início do processo germinativo das sementes. Ao contrário, a semeadora com preparo localizado, ocasionou uma perda de umidade no momento de déficit hídrico ocasional, fazendo com que o seu resultado tenha sido inferior aos outros dois equipamentos testados (Tabela 1).

Tabela 1 – Índice de velocidade de emergência (IVE) da cultura do milho aos 10 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida em escala comercial. EMBRAPA-ETB, 2019.

Semeadora	IVE (adimensional)	² CV (%)
Sulcador de hastes	¹ A 23,54	40,20
Comercial	B 10,85	
Preparo localizado	C 4,71	
³ DMS	5,27	

¹Letras maiúsculas comparam o índice de velocidade de emergência de sementes de milho na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV). ³Diferença mínima significativa.

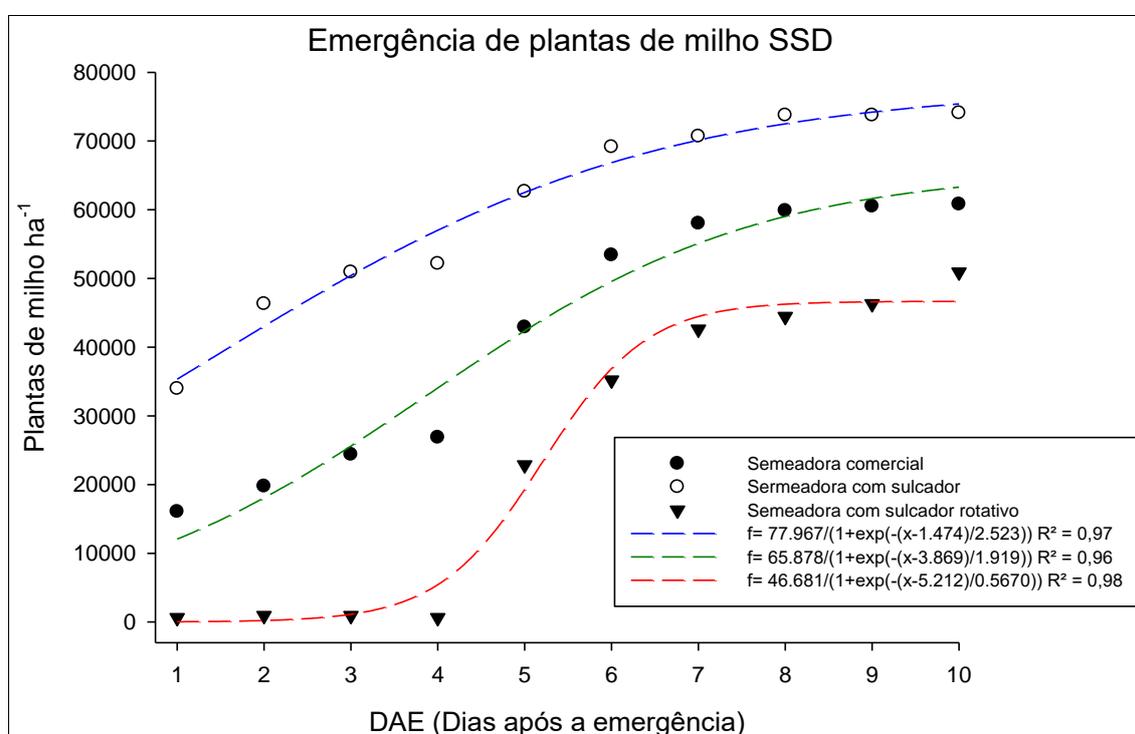


Figura 6 – Emergência de plantas de milho no sistema de semeadura direta (SSD) em função de diferentes protótipos de semeadoras concebidas para a agricultura familiar e semeadora comercial de pequeno porte. EMBRAPA ETB, 2018.

Independentemente do sistema de cultivo, o estabelecimento do estande de plantas pela emergência, indicada pelo modelo matemático utilizado, mostra semelhança em função das condições de umidade e possivelmente de temperatura, para todas as semeadoras conforme ilustrado pelas figuras 6 e 7. Nota-se que a conservação da umidade pela semeadora por sulcador de hastes facilitou o rápido estabelecimento do estande de plantas, pois ao final da contagem aos 10 DAE, houve estabilização do modelo e germinação de praticamente a população semeada.

Podem ser percebidas perdas de estande final na população da cultura do milho tanto para semeadora comercial, quanto para a semeadora com preparo localizado, independente do sistema de cultivo (Figuras 6 e 7). A perda de estande para semeadora com preparo localizado mostrou-se ainda superior quando comparada com a semeadora comercial (Tabela 2).

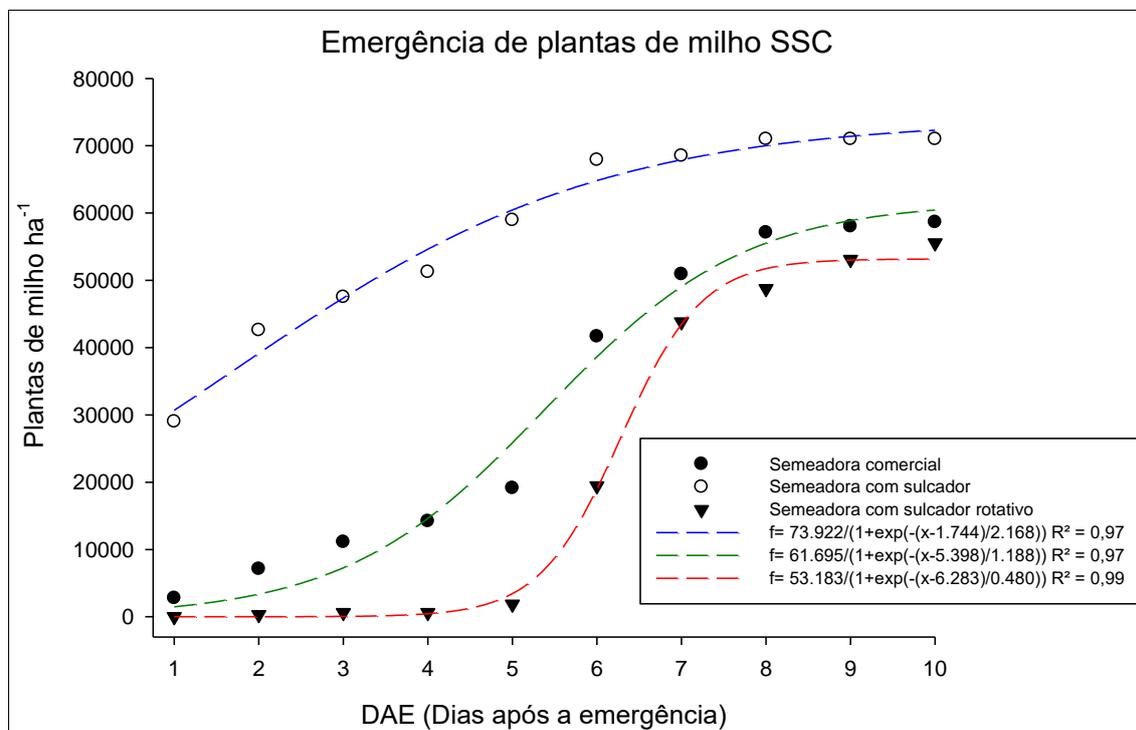


Figura 7 – Emergência de plantas de milho no sistema de semeadura convencional (SSC) em função de diferentes protótipos de semeadoras concebidas para a agricultura familiar e semeadora comercial de pequeno porte. EMBRAPA-ETB, 2018.

O estande final de plantas de milho foi afetado em função do uso de semeadora, conforme a tabela 2. Esse comportamento decorre dos fatores acima descritos relacionados à conservação de umidade do solo no momento da semeadura da cultura do milho. O estresse causado pela falta de umidade fez com que houvesse redução de estande de 25,6% para a semeadora comercial; 3,4% para a semeadora com sulcador de hastes e; 40,8% para a semeadora com preparo localizado, tendo-se por base o estande final de 75.000 plantas.

Segundo Silva et al (2015), períodos de até 22 dias de déficit hídrico afetaram o estande final de plantas de milho no SSD e SSC. Houve uma redução de 31% no estande final da cultura no SSD com déficit hídrico de 22 dias e uma redução do estande de 40% no SSC (SILVA et al., 2015).

Tabela 2 – Estande final de plantas da cultura do milho aos 10 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente. EMBRAPA-ETB, 2019.

Semeadora	Estande (plantas ha ⁻¹)	² CV (%)
Sulcador de hastes	¹ A 72.531	7,64
Comercial	B 59.722	
Preparo localizado	C 53.241	
³ DMS (plantas ha ⁻¹)	4.752	

¹Letras maiúsculas comparam o estande final de plantas de milho aos 10 DAE na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

³Diferença mínima significativa.

Os espaçamentos duplos entre plantas foram inferiores para ambos os protótipos quando comparados à semeadora comercial, independentemente do sistema de cultivo, conforme evidenciado na tabela 3. Esse resultado demonstra a qualidade de semeadura alcançada pelos protótipos, pois a velocidade de semeadura – fator que claramente interfere na qualidade das deposições – foi bloqueada para esse fator.

Tabela 3 – Espaçamentos duplos (ED) entre plantas de milho aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente. EMBRAPA-ETB, 2019.

Semeadora	Espaçamentos duplos (%)	² CV (%)
Sulcador de hastes	¹ A 3,68	76,48
Preparo localizado	A 3,87	
Comercial	B 9,64	
³ DMS (%)	4,39	

¹Letras maiúsculas comparam espaçamentos duplos entre plantas de milho, na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

³Diferença mínima significativa.

Reis e Forcellini (2002) citam que o erro de dosagem afeta negativamente a regularidade da distribuição, sendo esse o fator que mais interfere na precisão da semeadura. Velocidades de semeadura até 6 km⁻¹ não aumentaram os espaçamentos duplos entre plantas de milho (BOTTEGA et al., 2014), porém quando a velocidade de semeadura foi 9 km⁻¹, houve aumento dos espaçamentos duplos entre plantas de milho, pois a ocorrência de deposições duplas na semeadura do milho está diretamente relacionada ao aumento da velocidade de semeadura (BOTTEGA et al., 2017).

Dessa forma, tendo sido a velocidade bloqueada no experimento em 4 km⁻¹ para todos os níveis do fator, percebe-se que os protótipos tiveram

qualidade superior na variável quando comparados com a semeadora comercial.

Os mecanismos dosadores pneumáticos longitudinais podem diminuir os espaçamentos duplos entre plantas com o aumento da velocidade de semeadura da cultura do milho quando comparados com mecanismos dosadores horizontais tradicionais (ORMOND et al., 2018). Porém, esse também foi um fator bloqueado no estudo, pois todas as semeadoras avaliadas possuem o sistema com discos horizontais com tecnologia equivalente, ratificando que houve superioridade dos protótipos para a variável (Tabela 3).

Para os espaçamentos aceitáveis entre plantas, a semeadora com preparo localizado teve desempenho inferior às demais semeadoras no sistema de semeadura direta, porém a semeadora com hastes não foi diferente da semeadora comercial (Tabela 4).

Tabela 4 – Espaçamentos aceitáveis (EA) entre plantas de milho aos 15 dias após a emergência (DAE) de milho em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar, comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente e diferentes sistemas de cultivo. EMBRAPA-ETB, 2019.

Semeadora	Espaçamentos aceitáveis (%)				³ DMS (%)	⁴ CV (%)
	Sistema de cultivo					
	Direto		Convencional			
Comercial	¹ a ² A	66,11	bB	53,82	11,94	15,48
Sulcador de hastes	aA	79,28	aA	78,18	8,21	8,06
Preparo localizado	bB	33,78	bA	57,20	16,28	27,82
DMS (%)		17,20		11,61	---	---
CV (%)		19,20		12,21	---	---

¹Letras minúsculas comparam espaçamentos aceitáveis entre plantas de milho (%) por semeadoras, na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ²Letras maiúsculas comparam a espaçamentos aceitáveis entre plantas de milho (%) em função do sistema de cultivo, na linha, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ³Diferença mínima significativa. ⁴Coefficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

No sistema convencional de semeadura, a semeadora de hastes teve desempenho superior às demais e a semeadora com preparo localizado não diferiu daquela produzida em escala comercial (Tabela 4). Considerando-se o sistema de cultivo, a semeadora comercial e a semeadora com preparo localizado tiveram uma diminuição de espaçamentos aceitáveis entre plantas no sistema de semeadura convencional.

A semeadora com preparo localizado teve uma diminuição de aceitáveis no SSD. A semeadora com sulcador de hastes não diferiu na variável em função do sistema de semeadura (Tabela 4).

A velocidade de semeadura também afeta significativamente os espaçamentos aceitáveis entre plantas. Quando as velocidades de semeadura variam de 4,7 até 12,3 km⁻¹, pode ser observada uma diminuição de até 24 % no número de espaçamentos aceitáveis, com aumento de falhos e duplos e diminuição da produtividade da cultura do milho (ORMOND et al., 2018). A distribuição mais adequada das sementes de milho é conseguida com velocidades de deslocamento entre 4 e 6 km⁻¹ (BOTTEGA et al., 2017).

Para os espaçamentos falhos ente plantas de milho, percebe-se superioridade na variável para a semeadora de hastes comparada com as outras semeadoras. Porém, a semeadora com preparo localizado não diferiu da semeadora comercial, demonstrando que nenhum dos protótipos teve desempenho inferior ao produto comercial (Tabela 5).

Tabela 5 – Espaçamentos falhos (EF) entre plantas de milho aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente. EMBRAPA-ETB, 2019.

Semeadora	Espaçamentos falhos (%)	² CV (%)
Sulcador de hastes	¹ A 14,04	36,61
Comercial	B 31,83	
Preparo localizado	B 31,04	
³ DMS (%)	9,93	

¹Letras maiúsculas comparam os espaçamentos falhos entre plantas de milho por semeadoras, na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ³Diferença mínima significativa. ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

Os espaçamentos falhos entre plantas de milho, assim como as outras variáveis analisadas nesse estudo, referentes à homogeneidade de distribuição, estão intimamente associadas à velocidade de deslocamento no momento da semeadura. Dessa forma é importante perceber o resultado aqui obtido, pois como já enfatizado, tanto a velocidade, quanto o tipo de dosador utilizado, são efeitos bloqueados no experimento.

Houve aumento de 28 % nos espaçamentos falhos entre plantas de milho com o aumento da velocidade de deslocamento de 4,7 até 12,3 km⁻¹.

Para reduzir essa diferença em até 25%, para velocidades superiores, os mecanismos pneumáticos são uma alternativa (ORMOND et al., 2018).

Para a variável também houve o efeito principal do fator sistema de cultivo. Pôde-se perceber que houve uma diminuição dos espaçamentos falhos entre plantas no sistema de semeadura direta (Tabela 6), muito provavelmente em função das condições de umidade já descritas nos resultados.

Isso ocorreu, principalmente, pela contabilização das plantas efetivamente emergidas na unidade experimental e não pela deposição das sementes, já que pelos resultados das outras variáveis estudadas percebeu-se que as perdas foram superiores para o SSC que o SSD em função da menor umidade contida no SSC por ocasião do preparo do solo para a semeadura dos tratamentos.

Tabela 6 – Espaçamentos falhos (EF) entre plantas de milho aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do sistema de cultivo. EMBRAPA-ETB, 2019.

Sistema de cultivo	Espaçamentos falhos (%)	² CV (%)
Direto	¹ A 21,57	27,37
Convencional	B 29,70	
³ DMS (%)	6,72	

¹Letras maiúsculas comparam os espaçamentos falhos entre plantas de milho por semeadoras, na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ³Diferença mínima significativa. ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

A massa seca da parte aérea cultura do milho (MSPA) foi significativamente afetada em função das semeadoras utilizadas e pelo sistema de cultivo implantado. Houve uma diminuição da MSPA para o protótipo com preparo localizado. O retardo no estabelecimento da cultura em função do déficit hídrico e pela perda de umidade no momento da semeadura por essa semeadora, em função de seu mecanismo de preparo, foi determinante para o resultado obtido (Tabela 7).

Já as outras semeadoras não diferiram entre si, demonstrando que há qualidade do protótipo com sulcador de hastes na semeadura pela comparação com o modelo comercial.

A condição de baixa umidade foi preponderante para a diminuição da variável, ocasionando resultado inferior da semeadora com preparo localizado por característica específica do modelo, demonstrando que deve ser

considerada com cuidado a umidade do solo no momento de implantação da cultura.

Tabela 7 – Massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura do milho aos 32 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente. EMBRAPA-ETB, 2019.

Semeadora	MSPA (Mg ha ⁻¹)	² CV (%)
Sulcador de hastes	¹ A 2,286	14,25
Comercial	A 2,177	
Preparo localizado	B 1,461	
³ DMS (Mg ha ⁻¹)	0,282	

¹Letras maiúsculas comparam a produção de massa seca de milho por semeadoras, na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

³Diferença mínima significativa.

Isso demonstra que a produção de MSPA é uma variável muito sensível ao déficit hídrico, principalmente em determinados estados fenológicos da cultura, como o enchimento de grãos. Houve perda de 22 % de MSPA no período de enchimento dos grãos de milho quando comparado ao tratamento sem restrição hídrica (PIAS et al., 2017).

Tabela 8 – Massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura do milho aos 32 dias após a emergência (DAE) em função do sistema de cultivo. EMBRAPA-ETB, 2019.

Sistema de cultivo	MSPA (Mg ha ⁻¹)	² CV (%)
Direto	¹ A 2,163	14,25
Convencional	B 1,768	
³ DMS (Mg ha ⁻¹)	0,191	

¹Letras maiúsculas comparam a produção de massa seca de milho por semeadoras, na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

³Diferença mínima significativa.

Considerando haver um déficit hídrico de 22 dias sem precipitação, a cultura do milho experimentou uma redução de MSPA de 51 % no sistema de semeadura direta quando comparado com a condição normal de umidade do solo (capacidade de campo) para a cultura (SILVA et al., 2015). Para o sistema de semeadura convencional as perdas foram ainda superiores (65 %), demonstrando que o sistema de semeadura é importante para a variável em períodos de estiagem. Considerando que os dois sistemas tiveram os mesmos 22 dias de estiagem, a perda de MSPA foi 45 % superior no sistema convencional aos 75 dias após a semeadura da cultura (SILVA et al., 2015).

Os resultados dos autores supracitados foram mais severos, mas demonstram uma tendência que, por fim, corroboram com os resultados aqui de descritos. Com apenas 32 DAE da cultura do milho no estudo já houve perda significativa de 18 % de MSPA na cultura no SSC quando comparado com o SSD (Tabela 8).

Por resultados obtidos em diversos trabalhos, para a variável, parece haver uma correlação direta na perda de MSPA e a produtividade. Segundo Almeida et al (2017) quando em diferentes sistemas de irrigação da cultura, desde o cultivo em sequeiro experimentando períodos de estiagem até a irrigação controlada levando-se em consideração a evapotranspiração da cultura, perdas de MSPA para a pior condição foram evidenciadas em 18 %.

Em condições de estiagem no modelo de sequeiro (sem irrigação) e com períodos de estiagem em comparação com a irrigação controlada em função das necessidades da cultura pela evapotranspiração, além da perda de MSPA já citada, houve perda de 54 % de produtividade de grãos (ALMEIDA et al., 2017). Tal informação reforça a importância da perda experimentada da variável MSPA com o uso do protótipo com preparo localizado na condição adversa de déficit hídrico.

Ao se comparar o cultivo de milho no semiárido chinês, pode-se perceber que vários modelos de irrigação da cultura quando comparados com o sistema tradicional (sem irrigação), promoveram um incremento médio de 13,3 % de MSPA da cultura (ZHANG et al., 2019). Nesse mesmo estudo, foi verificada que essa diminuição de MSPA contribuiu para uma perda média de 20 % na produtividade da cultura pela condição de déficit hídrico à cultura. Dessa forma é possível correlacionar à perda da variável MSPA e produtividade de forma indireta.

6.6. Conclusões

O modelo construtivo de semeadura por sulcador com hastes favoreceu a mesma em condições de restrição hídrica.

O IVE é superior à semeadora comercial. O processo germinativo nas condições iniciais de estabelecimento favoreceu a semeadora com hastres, sendo o estande final, superior às outras semeadoras.

A semeadora com sulcador rotativo teve desvantagem em relação às demais pelas mesmas condições ambientais limitantes.

O preparo localizado esgotou umidade já escassa no momento da implantação do estudo. O IVE, para a semeadora foi inferior aos dois outros níveis do fator.

O estande final da cultura foi inferior para a semeadora com preparo localizado.

Houve menos espaçamentos duplos de sementes de milho para ambos os protótipos testados quando com a semeadora comercial.

Os EA entre plantas foram semelhantes da semeadora com sulcador quando comparada com a semeadora comercial em ambos os sistemas de semeadura.

A semeadora com sulcador rotativo teve espaçamentos aceitáveis inferiores ao modelo comercial no SSD e não diferiu desse modelo no SSC. A semeadora comercial e a semeadora com sulcador rotativo tiveram diminuição dos EA no SSC quando comparado com o SSD. A semeadora com sulcador por hastes não diferiu entre os sistemas de cultivo.

Os EF foram inferiores no modelo com sulcador comparado com as outras semeadoras. A semeadora com sulcador rotativo teve EF não diferiu do modelo comercial. Os EF foram superiores no SSC em comparação com o SSD.

Houve uma diminuição do acúmulo de MSPA no modelo de semeadora com sulcador rotativo na comparação com os outros modelos de semeadora.

Houve uma diminuição de acúmulo de MSPA no SSC em comparação com o SSD.

7. Artigo 2 – Homogeneidade de distribuição de plantas de soja semeadas com semeadoras desenvolvidas para a agricultura familiar na cultura da soja.

7.1. Resumo

A agricultura familiar exerce função essencial na sustentabilidade agrícola, através da fixação do homem no campo e pela segurança alimentar. Porém, a dificuldade de realização das tarefas nas propriedades familiares tem desmotivado a permanência dos jovens no campo. Como resultado disso, há uma forte tendência de envelhecimento da população rural, o que torna as tarefas ainda mais penosas. A cultura da soja, embora seja uma *commoditie*, começa a surgir como alternativa aos agricultores familiares, pois com a alta remuneração da soja cultivada em sistema orgânico e pela compatibilidade desse sistema com o modelo de agricultura familiar, essa passa a se tornar cada vez mais presente nas propriedades familiares. Contudo, sem a mecanização adequada aos produtores familiares, seu cultivo torna-se dificultado. Para amenizar as dificuldades do trabalho rural, equipamentos têm sido idealizados e concebidos para esse fim. Dentre esses se destacam as semeadoras. O NIMEq, (Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), tem desenvolvido alguns protótipos de semeadoras para a agricultura familiar com a finalidade de facilitar o trabalho no campo. Dentre eles estão dois protótipos que podem ser acoplados a tratores de rabiças e possuem capacidade de semear com precisão tanto em sistemas de semeadura convencional, quanto em semeadura direta. Um dos protótipos possui sulcador por hastes para a semeadura e o outro possui preparo localizado para a semeadura. Assim, o objetivo desse estudo foi comparar os dois protótipos de semeadoras concebidos à agricultura familiar supracitados com um modelo de semeadora de precisão de pequeno porte, produzida em escala comercial, na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. Como variáveis-resposta foram analisadas o índice de velocidade de emergência da cultura da soja (IVE), espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos e a massa seca da parte aérea da cultura (MSPA) aos 35 dias após a emergência da cultura (DAE). De forma geral, os protótipos tiveram resultados satisfatórios nas variáveis avaliadas quando comparados com a semeadora comercial. O protótipo com sulcador por hastes teve resultado superior em algumas variáveis em função da conservação da umidade escassa no momento da semeadura da cultura. Ao contrário, a semeadora com preparo localizado teve, em algumas variáveis, seu desempenho prejudicado em função da condição de déficit hídrico inicial, sendo esse um aspecto a ser considerado em sua utilização.

Palavras-chave: Agricultura familiar; soja; velocidade de emergência; homogeneidade de distribuição.

7.2. Abstract

Small holders play an essential role in agricultural sustainability, through the establishment of man in the countryside and food security. However, the difficulty of performing the tasks in family properties has demotivated the permanence of young people in the field. As a result, there is a strong aging trend in the rural population, which makes the tasks even more difficult. Although soybean cultivation is a commodity, it is beginning to emerge as an alternative to family farmers, because with the high remuneration of soybean grown in the organic system and the compatibility of this system with the family farming model, it becomes increasingly present in family properties. However, without proper mechanization for family farmers, cultivation becomes difficult. To alleviate the difficulties of rural work, equipment has been devised and designed for this purpose. Among these, stand out the sowing machines. NIMEq, (Center for Innovation in Agricultural Machinery and Equipment), Federal University of Pelotas (UFPEl), has developed some prototype sowing machines for small holders in order to facilitate work in the field. Among them are two prototypes that can be coupled to walking tractors and are capable of precision sowing in both conventional and direct seeding systems. One of the prototypes has a stem furrower for sowing and the other has localized preparation for sowing. Thus, the objective of this study was to compare the two prototypes of seeders designed for small holders with a small precision seeder model, produced on a commercial scale, in soybean cultivation in direct and conventional sowing systems. As response variables, the soybean crop emergence rate index (IVE), acceptable, faulty and double spacing, and the shoot dry mass (MSPA) at 35 days after crop emergence (DAE) were analyzed. In general, the prototypes had satisfactory results in the evaluated variables when compared with the commercial seeder. The prototype with stem furrower was superior in some variables due to the conservation of scarce moisture at the time of sowing the crop. In contrast, the seed drill with localized preparation had, in some variables, its performance impaired due to the condition of initial water deficit, which is an aspect to be considered in its use.

Keywords: Small holders farming, soybean, emergency speed; homogeneity of distribution.

7.3. Introdução

Segundo a FAO (2019) a agricultura familiar desempenha papel de grande importância na promoção da segurança alimentar, nutricional e tem ampla contribuição para a construção de sociedades mais inclusivas e equitativas ao redor do mundo.

Estima-se que existam 500 milhões de propriedades familiares ao redor do mundo, que representa mais de 90 % dos estabelecimentos rurais (FAO, 2019). Fica evidente assim a contribuição da agricultura familiar à produção de alimentos e seu papel na segurança alimentar do planeta.

Dados do censo agropecuário de 2017 (SIDRA, 2017), mostram que a agricultura familiar reduziu nos últimos anos, devido à falta de perspectivas que os jovens têm ao ficar no campo, demonstrados também pelo notável envelhecimento da população rural (SIDRA, 2017). Em comparação com os dados gerados no ano de 2006 (IBGE, 2006), houve reduções de 10,5% no número de estabelecimentos rurais familiares no Brasil, 20% da mão de obra ocupada no setor rural e 5 % na ocupação das terras agricultáveis existentes no país de 2006 a 2017 (IBGE, 2006; SIDRA, 2017).

Muitas culturas são essenciais para as propriedades familiares brasileiras, como milho (7 % do total nacional), feijão preto (39 % do total nacional), mandioca (43 % do total nacional) e muitas hortaliças (IBGE, 2006; SIDRA, 2017). Porém alguns horizontes começam a surgir como alternativa à agricultura familiar. Dentre essas possibilidades, a soja surge como uma cultura com potencial de exploração.

Embora seja uma *commoditie*, a soja, assim como outros alimentos, também tem grande apelo de mercado por serem organicamente produzidos, trazendo ao produtor uma remuneração diferenciada. Mesmo tendo relação direta com a flutuação de remuneração com o produto convencional, sua valorização é cerca de 35 % superior à produção de soja não-orgânica. Além disso, o produtor de soja orgânica pode ter um custo de produção 50 % inferior ao modelo de produção com insumos químicos (CI ORGÂNICOS, 2020). Assim, com o aumento dessa demanda e a compatibilidade do cultivo orgânico com a agricultura familiar, a soja passa a ser uma interessante alternativa ao agricultor familiar (INAGAKI; JUNKEIRA; BELON, 2018).

No mundo, a área colhida com a cultura da soja será de 130,1 milhões de hectares na safra 2021/22, um aumento projetado de 1,27 % na área cultivada em relação à safra 2020/21. A produção mundial estimada para a safra atual é de 350,7 milhões de Mg, porém, mesmo com o aumento da área cultivada, as estimativas indicam uma redução de 4,9 % na produção da oleaginosa (USDA, 2022). Essa redução deve-se, principalmente a diminuição da produção na região sul do Brasil pela estiagem em 2022 (CONAB, 2022b).

O Brasil, maior produtor mundial da *commoditie*, está cultivando na safra 2021/22 40,8 milhões de hectares com a cultura (CONAB, 2022b). A produtividade média brasileira para essa safra está estimada em 3 Mg ha⁻¹. A produção nacional da oleaginosa é prevista em 122,4 milhões de Mg em 2022, redução prevista de 12,8 % em comparação a safra 2020/21 (CONAB, 2022b).

Para soja, pelos dados do censo agropecuário de 2006, a cultura começava a constar como alternativa no modelo familiar de produção, pois 16 % da produção oleaginosa no país já tinham por origem a agricultura familiar (IBGE, 2006). Já os dados do censo de 2017 mostram que percentualmente a agricultura familiar perdeu espaço no total da cultura produzida no país, pois sua contribuição foi reduzida para 10 % do total produzido no Brasil (SIDRA, 2017).

Esse fato se deve principalmente pelo grande avanço tecnológico que a agricultura empresarial experimentou na última década, tanto em genética de cultivares, quanto em mecanização e práticas de cultivo, que promoveram um aumento significativo de produtividade e produção (GAZZONI; CATTELAN; NOGUEIRA, 2019).

Porém, pelo fortalecimento da agricultura familiar nos últimos anos, em função do apelo comercial dos alimentos orgânicos, muitos estudos têm sido desenvolvidos em nível acadêmico visando a melhoria dos processos de produção de alimentos com foco no produtor familiar. A grande maioria das operações agrícolas – desde que bem conduzidas e empregando-se tecnologia adequada – pode ser mecanizada, como por exemplo, a semeadura, podendo resultar na melhoria da eficiência das atividades e retorno financeiro superior ao produtor (KLAVER et al., 2013) mas principalmente na redução das dificuldades do trabalho rural (TEIXEIRA, 2014).

Dentre as pesquisas desenvolvidas, muitas têm por foco o projeto e a construção de semeadoras para utilização em pequenas propriedades. O NIMEq (Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), tem desenvolvido alguns protótipos de semeadoras para a agricultura familiar com a finalidade de facilitar o trabalho e agregar lucro e sustentabilidade à agricultura familiar. Têm-se modelos de semeadoras resultantes dessas pesquisas acopladas a tratores de rabiças (MEDEIROS et al., 2015); também modelos tracionados, tanto por animais (cavalo ou boi), quanto por tratores de duas rodas (TEIXEIRA, 2014), ambas capazes de cultivar inclusive no sistema de semeadura direta, dando uma nova possibilidade para aos agricultores familiares utilizarem formas conservacionistas de cultivo de grãos em suas propriedades.

Os protótipos desenvolvidos pelo NIMEq estudados nessa tese, foram testados, em suas teses de origem, somente quanto ao seu desempenho funcional, ou seja, foram analisados em suas capacidades de colocar semente e adubo no solo de maneira controlada, porém, sem a existência de testes agrônômicos, existindo assim uma lacuna em suas análises de desempenho agrônômico.

Existem poucas opções de semeadoras de pequeno porte produzidas em escala comercial disponíveis aos agricultores familiares. Porém, as opções existentes no mercado demandam a utilização de tratores de quatro rodas, além de possuírem elevado custo de aquisição (NIEMCZEWSKI et al., 2014).

Dessa forma, a busca por equipamentos de pequeno porte que possam facilitar o trabalho, diminuir a fadiga e aumentar a produtividade, pela melhora dos processos agrícolas, torna-se uma demanda emergente para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar no país.

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar, e comparar dois protótipos de semeadoras desenvolvidas para uso na agricultura familiar desenvolvidas pelo NIMEq, a um modelo de semeadora compacta comercial produzida em escala quanto aos parâmetros agrônômicos, como emergência e produção de massa seca, buscando perceber se suas características têm a capacidade de igualar ou superar os resultados obtidos com o uso da semeadora padrão (comercial) em dois sistemas de semeadura de soja (semeadura direta (SSD) e semeadura convencional (SSC)).

7.4. Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo, na área da EMBRAPA Clima Temperado, Estação Terras baixas (EMBRAPA-ETB), (31°48'12" S e; 52°24'48" O), no município de Capão do Leão (Figura 8). Para a condução do estudo foi utilizado delineamento em faixas – pela restrição de utilizar apenas um protótipo ou a semeadora comercial em cada uma das faixas (DUARTE, 1996) – com seis repetições para cada tratamento. O experimento teve dimensões de: 30 m de comprimento; 21,2 m de largura. As faixas tiveram 2,70 m de largura com espaço entre si de 1 m para caminhamento dos pesquisadores no momento das coletas das variáveis e no manejo da cultura e ainda 1 m de largura entre os sistemas de cultivos (semeadura direta e convencional).

A unidade experimental (parcela) teve 2,70 m de largura x 5 m de comprimento (13,50 m²), onde foram alocadas seis linhas de semeadura da cultura da soja espaçada a 0,45 m para cada um dos níveis do fator semeadora, conforme o croqui de alocação do experimento (Figura 9).



Figura 8 – Área de condução do experimento da soja. EMBRAPA-ETB, 2018.

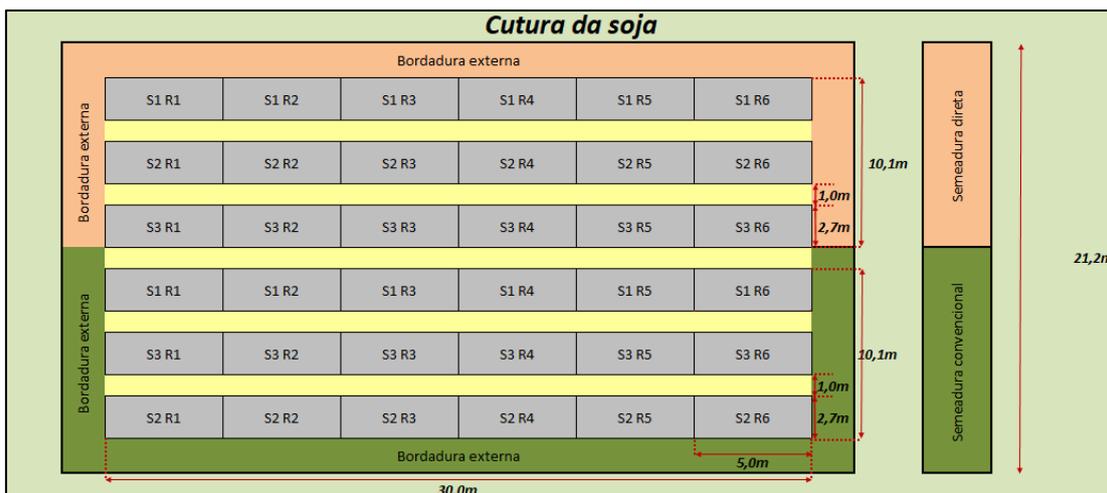


Figura 9 – Croqui de alocação do experimento com a cultura da soja. EMBRAPA-ETB, 2018.

O experimento foi arranjado em esquema fatorial 3 x 2 com seis repetições, onde o fator A (semeadoras) foi composto por três níveis: semeadora de pequeno porte produzida em escala comercial (Semeadora marca Semeato[®] modelo PH3); semeadora acoplada a um trator de rabiças com preparo localizado (Sulcador rotativo) (MEDEIROS et al., 2015); semeadora com tração animal com sulcador de hastes (TEIXEIRA, 2014). Os equipamentos utilizados como níveis do fator de tratamento estão ilustrados na figura 10.

Semeadora comercial

Semeadora com
sulcador rotativo

Semeadora com
sulcador de hastes



Figura 10 – Semeadoras utilizadas no experimento com a soja. EMBRAPA-ETB, 2018.

O fator B (sistema de semeadura) foi composto por dois níveis: sistema de semeadura direta (SSD) e; sistema de semeadura convencional (SSC).

Foi utilizada a semente de soja 96Y90 de hábito de crescimento indeterminado da empresa Pioneer[®] com linhas de semeadura espaçadas a 0,45 m, semeando-se 14 sementes de soja m⁻¹, mantendo-se a população fixa

em aproximadamente 300.000 plantas de soja ha^{-1} , tanto para os protótipos, quanto para a semeadora comercial.

Ambos os protótipos possuem um dosador de saída dupla, produzido pela empresa IMASA[®], com discos tipo horizontais. Foi utilizado discos de carreira dupla com 120 furos com diâmetro de 8 mm, conforme o indicado ser adequado pelo produtor de semente e anel separador de 4 mm. Os ejetores de sementes são duplos do tipo roseta. A semeadora comercial também possuía dosadores com discos do tipo horizontal. Foram utilizados discos de carreira simples com 90 furos com alvéolo de 8 mm conforme adequado para a peneira e anel separador de 4 mm com ejetor de carreira dupla do tipo roseta.

Para a condução da cultura, foram utilizadas as recomendações técnicas preconizadas (INDICAÇÕES..., 2018). O solo da área experimental foi classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2013a).

O solo foi previamente preparado em 11 setembro de 2018 para a padronização da área com utilização de grade aradora e grade niveladora, como mostrado na figura 11. Foi realizada uma dessecação prévia à semeadura em área total para a formação de palhada no SSD e visando o preparo para o SSC no dia 21/11/2018, utilizando-se o herbicida glifosato Original[®] 480 g/l (360 e.a.) na dose de 5 l ha^{-1} do produto comercial, utilizando-se um pulverizador costal elétrico que manteve uma vazão constante de 120 l de volume de calda ha^{-1} .



Figura 11 – Preparo da área experimental com a cultura da soja. EMBRAPA-ETB, 2018.

O preparo do solo nas unidades experimentais, onde o fator de tratamento foi o SSC, ocorreu no dia 04/12/2018 utilizando-se grade aradora e

niveladora. Nas unidades onde o nível do fator foi SSD foi realizada a dessecação da área no sistema plante-aplique, no dia 06/12/2018 utilizando-se o herbicida glifosato Original[®] 480 g/l (360 e.a.) na dose de 5 l ha⁻¹ do produto comercial, utilizando-se um pulverizador costal elétrico com vazão constante de 120 l de volume de calda ha⁻¹.

A semeadura da cultura da soja foi realizada em função dos tratamentos anteriormente descritos, no dia 05/12/2018. Para a semeadura utilizou-se grafite agrícola na dose de 4 g do produto comercial kg⁻¹ de semente. Também foi utilizado um inoculante turfoso na dose de 100 g para cada 50 kg de semente de soja conforme indicado para promover a nodulação das plantas visando à fixação biológica de nitrogênio pela cultura (INDICACAOES..., 2018). A velocidade de semeadura foi de 4 km h⁻¹ para os protótipos e para a semeadora comercial.

A adubação dos experimentos foi realizada conforme as necessidades da cultura e informada pela análise de solo (Anexo I). A adubação foi realizada em cobertura de maneira manual, na dose de 380 kg ha⁻¹ do adubo 05-20-20 para a semeadora com sulcador de hastes, pois como sua concepção foi baseada no conceito de agricultura ecológica, essa não possui mecanismos de adubação na linha de semeadura (TEIXEIRA, 2014). Cabe aqui ressaltar que a semeadora de tração animal com sulcador de hastes também foi projetada para sua utilização acoplada a um trator de rabiças e assim ela foi utilizada nesse estudo. Para a semeadora acoplada ao trator de rabiças com preparo localizado por sulcador rotativo, bem como a semeadora comercial, foi realizada a adubação na linha pelos mecanismos das semeadoras regulando-se sua dosagem em 380 kg ha⁻¹ do adubo 05-20-20.

As variáveis analisadas para os tratamentos foram: índice de velocidade de emergência (IVE) da cultura; uniformidade de distribuição de sementes (através das covariáveis: espaçamentos aceitáveis entre plantas (EA); espaçamentos falhos entre plantas (EF > 50 % EA) e; espaçamentos duplos entre plantas (ED < 50 % EA)) (COELHO, 1996) e; massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura da soja aos 35 dias após a emergência (DAE). A distância ideal entre as sementes de soja, considerando-se a população de 300.000 plantas ha⁻¹ é de 7,14 cm. Assim, consideraram-se distâncias aceitáveis entre plantas de milho entre 3,57 a 10,7 cm. Abaixo de 3,57 cm consideraram-se

espaçamentos duplos e acima de 10,7 cm consideraram-se espaçamentos falhos entre plantas. Assim, consideraram-se distâncias aceitáveis entre plantas de milho entre 3,57 a 10,7 cm. Abaixo de 3,57 cm consideraram-se espaçamentos duplos e acima de 10,7 cm consideraram-se espaçamentos falhos entre plantas.

Para determinar o IVE foi utilizada a metodologia descrita por MAGUIRE (1962) onde: após 7 dias da semeadura avaliou-se a emergência, obtida pela contagem do número de plântulas emergidas diariamente, durante 10 dias. A contagem foi realizada desconsiderando-se o metro inicial e final de cada uma das unidades experimentais e ainda as linhas laterais da unidade experimental pelo efeito de bordadura, ou seja, foi realizada a contagem nos 3 m das quatro linhas centrais da unidade experimental. Considerou-se plântula emergida o estágio VE (cotilédones acima da superfície do solo) (FEHR; CAVINESS, 1977). A porcentagem do número de plântulas emergidas foi realizada diariamente até 10 dias de contagem e com os resultados das contagens determinou-se o IVE (MAGUIRE, 1962).

Para a determinação da uniformidade de semeadura na emergência plena, foram realizadas medidas da distância entre as plantas de soja no dia 27/12/2018 aos 15 DAE, com o auxílio de régua milimetrada e/ou trena rígida, descontando-se o metro inicial e final da parcela e as linhas laterais (bloqueando-se o efeito de bordadura na unidade experimental), ou seja, em 3 m das quatro linhas centrais da unidade experimental conforme a figura 12.

Após a obtenção dos dados, por meio da mensuração, realizou-se a conversão dos resultados para espaçamentos aceitáveis entre plantas (EA), número de espaçamentos duplos ($ED < 50 \% EA$) e número de espaçamentos falhos ($EF > 50 \% EA$) (COELHO, 1996) sendo essas então as covariáveis analisadas.

Para a análise da variável MSPA da cultura, foi coletada a totalidade da parte aérea da cultura da soja no metro central de uma das linhas de cultivo da unidade experimental em cada uma das repetições, ou seja, foi coletado o material de 1 m representativo que contivesse 15 plantas de soja na unidade experimental aos 35 dias após a emergência da cultura da soja (DAE). O material vegetal foi seco em estufa com ventilação forçada por 72 h à 60 °C para a estabilização da umidade (BIANCO; PITELLI; CARVALHO, 2007). Após

a secagem, o material foi pesado em balança analítica e os resultados de massa foram então ajustados para a unidade de megagrama ha^{-1} (Mg ha^{-1}) e então analisados.



Figura 12 – Coleta da distância entre plantas de soja. EMBRAPA ETB, 2018.

Os resultados obtidos para todas as variáveis-resposta foram submetidos à análise de variância e, quando significativos os efeitos dos tratamentos para o modelo pelo teste F ($\alpha \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey à probabilidade de erro de 5 % ($\alpha \leq 0,05$).

7.5. Resultados e Discussão

Houve efeito significativo para o teste F em todas as variáveis analisadas em função dos fatores de tratamento. O teste de Shapiro-Wilk à probabilidade de erro de 5 % ($\alpha \leq 0,05$) demonstrou a distribuição normal dos erros não sendo necessária a transformação dos dados. Houve interação dos fatores de tratamento para as variáveis IVE, EA, EF e MSPA da cultura da soja aos 35 DAE. Para todas as outras variáveis estudadas somente houve efeito principal para um ou para os dois fatores de tratamento.

Para a variável IVE da cultura da soja, no SSD, a semeadora com sulcador por hastes obteve resultado superior às outras semeadoras. Ainda, a semeadora comercial teve resultado superior à semeadora com preparo localizado por sulcador rotativo (Tabela 9).

No SSC, a semeadora com sulcador por hastes foi superior à semeadora com preparo localizado, mas não foi superior a semeadora comercial. Já a semeadora comercial não foi superior à semeadora com preparo localizado nem a com sulcador de hastes (Tabela 9). Esse resultado pode ser atribuído ao déficit hídrico no momento da semeadura da cultura e ao mecanismo de sulcador por hastes, que conservou melhor a umidade na implantação da cultura, como pode ser evidenciado pelos dados climatológicos e o gráfico de precipitação constantes no anexo II.

Tabela 9 – Índice de velocidade de emergência (IVE) na cultura da soja aos 10 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar e diferentes sistemas de cultivo, comparadas com um modelo de semeadora produzida em escala comercial. EMBRAPA-ETB, 2019.

Semeadora	IVE (adimensional)				³ DMS	⁴ CV (%)
	Sistema de semeadura					
		Direta		Convencional		
Sulcador de hastes	¹ a ² A	45,23	aA	30,26	18,94	36,97
Comercial	bA	28,35	abB	16,22	7,59	25,49
Preparo localizado	cA	17,11	bA	13,68	12,18	26,98
DMS		10,62		18,28	---	---
CV (%)		26,11		36,54	---	---

¹Letras minúsculas comparam o índice de velocidade de emergência de sementes de soja por semeadoras, na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ²Letras maiúsculas comparam o IVE de sementes de soja em função do sistema de cultivo, na linha, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ³Diferença mínima significativa. ⁴Coefficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

Pelo preparo localizado, a semeadora como sulcador rotativo fez com que, em parte, a umidade já escassa pelo período de estiagem tornasse ainda mais limitante ao processo germinativo da cultura com repercussão no estabelecimento e estande final de plantas conforme mostrado nas figuras 13, 14 e tabela 10. O resultado não pode ser atribuído somente ao preparo, mas sim a condição que desfavoreceu a absorção de água pelas sementes da cultura. Graficamente percebe-se que após a precipitação ocorrida no dia 12/12/2018 de 9,4 mm (Anexo II), houve uma retomada na germinação da soja pela semeadora com sulcador rotativo, tendo essa um estande numericamente (mas não estatisticamente) superior de plantas de soja quando comparada com a semeadora comercial (Figuras 13 e 14 e Tabela 10).

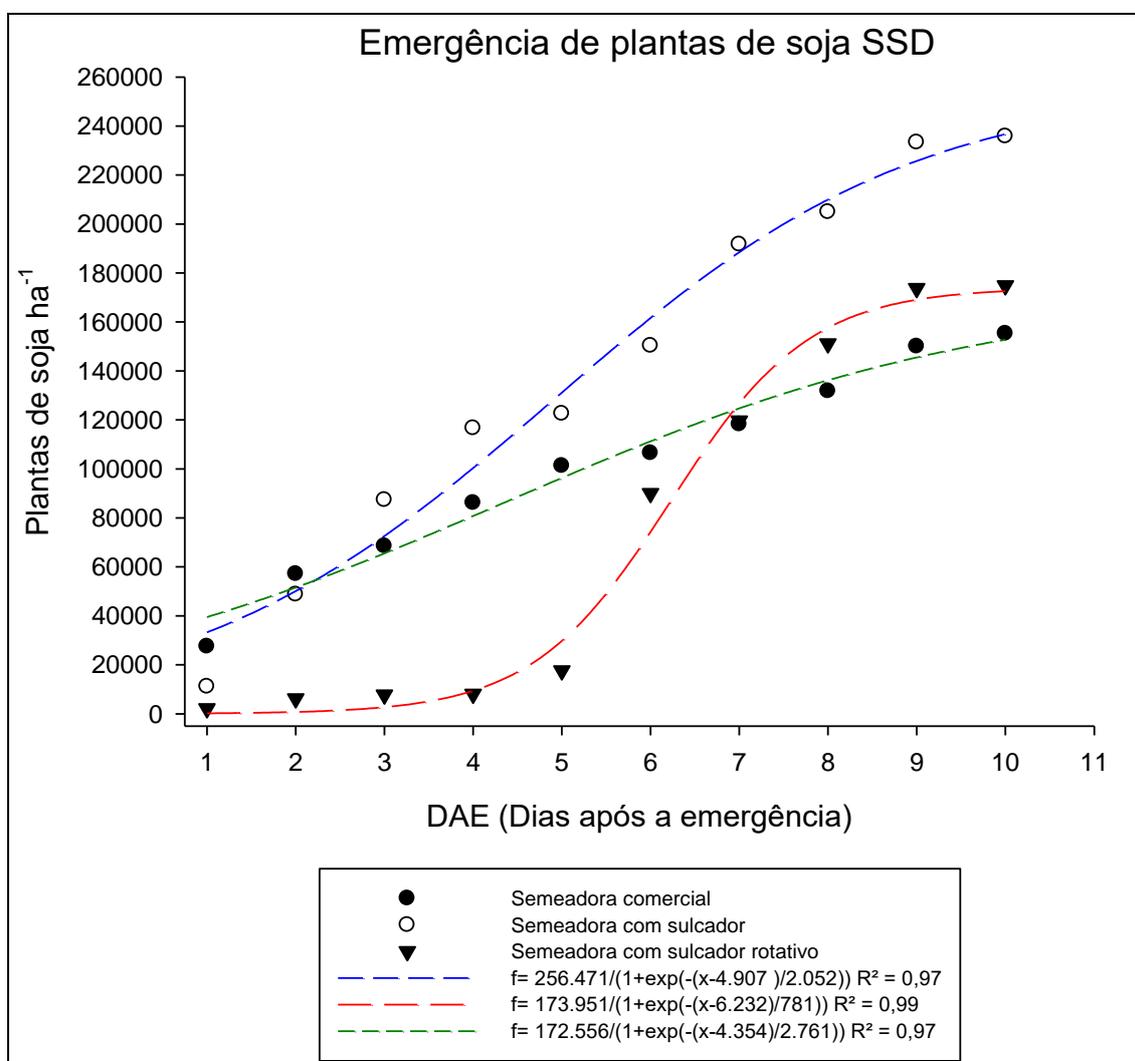


Figura 13 – Emergência de plantas de soja no sistema de semeadura direta (SSD) em função de diferentes protótipos de semeadoras concebidas para a agricultura familiar e semeadora comercial de pequeno porte. EMBRAPA ETB, 2018.

Ao contrário, a semeadora com sulcador conservou mais a umidade escassa no momento da semeadura e obteve resultado superior na variável sobre as outras semeadoras testadas (Tabela 10).

Como no SSD (Figura 13), no SSC graficamente percebe-se a vantagem obtida pela semeadora de hastes pela menor mobilização do solo na deposição das sementes, o que novamente lhe forneceu uma melhor condição inicial de germinação quando comparada com as outras duas semeadoras na emergência das plantas de soja (Figura 14).

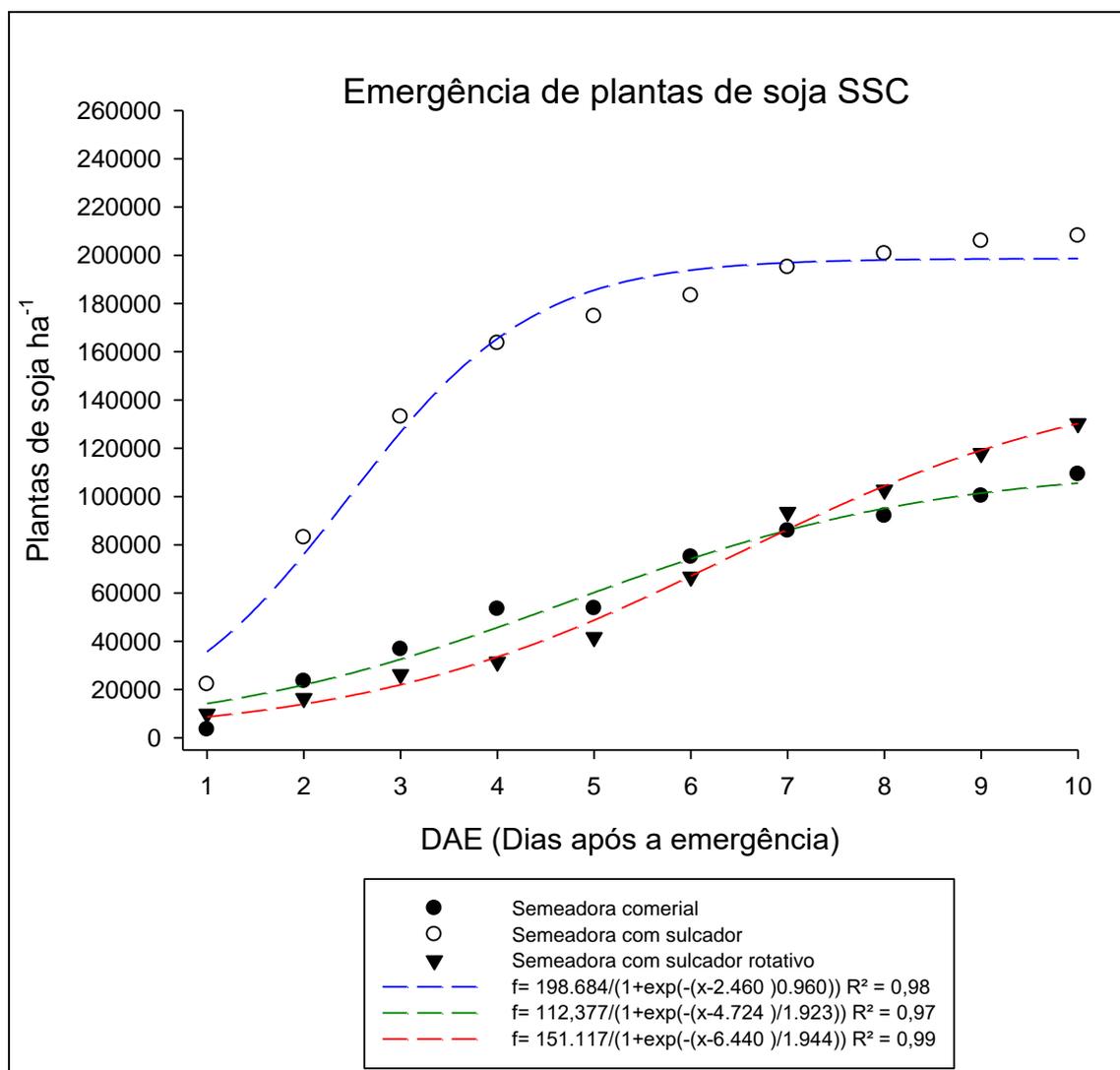


Figura 14 – Emergência de plantas de soja no sistema de semeadura convencional (SSC) em função de diferentes protótipos de semeadoras concebidas para a agricultura familiar e semeadora comercial de pequeno porte. EMBRAPA ETB, 2018.

Independentemente do sistema de semeadura da cultura, pela condição de umidade já supracitada, houve perda de estande final da cultura em comparação a população pretendida pela semeadura que era de 300.000

plantas de soja ha^{-1} , muito provavelmente pela condição limitante no momento da germinação. Devido às condições adversas de estiagem no momento da semeadura, na média dos sistemas, as perdas foram superiores para a semeadora comercial e com preparo localizado não diferindo as duas entre si (Tabela 10).

Tabela 10 – Estande final de plantas da cultura da soja aos 10 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente. EMBRAPA-ETB, 2019.

Semeadora	Estande (plantas ha^{-1})	² CV (%)
Sulcador de hastes	¹ A 221.912	15,23
Comercial	B 132.252	
Preparo localizado	B 152.005	
³ DMS (plantas ha^{-1})	25.587	

¹Letras maiúsculas comparam o estande final de plantas de soja aos 10 DAE na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV). ³Diferença mínima significativa.

Considerando somente os sistemas de semeadura, na média das semeadoras, as perdas foram superiores no SSC, demonstrando que pelo preparo prévio para semeadura, houve perdas superiores de umidade já limitante, o que afetou de forma mais preponderante o estande final de plantas no SSC (Tabela 11). O estoque superior de água SSD pode reduzir os efeitos do déficit hídrico na soja cultivada nesse sistema de semeadura quando comparado com o SSC (MARTORANO et al., 2009), diminuindo assim a perda final de estande da cultura pela estiagem no SSD.

Tabela 11 – Estande final de plantas da cultura da soja aos 10 dias após a emergência (DAE) em função do sistema de semeadura. EMBRAPA-ETB, 2019.

Sistema de semeadura	Estande (plantas ha^{-1})	² CV (%)
Direta	¹ A 188.270	15,23
Convencional	B 149.177	
³ DMS (plantas ha^{-1})	17.849	

¹Letras maiúsculas comparam o estande final de plantas de soja aos 10 DAE na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV). ³Diferença mínima significativa.

A disponibilidade de água é fator crucial, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento da cultura da soja: germinação/emergência e; floração/enchimento de grãos. Durante a germinação e emergência, tanto o

excesso quanto o déficit de água são prejudiciais ao estande final de plantas. A semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50 % de seu peso em água para assegurar boa germinação e proceder ao restante do processo de emergência (EMBRAPA, 2013b).

O estresse hídrico desde o momento da semeadura da soja prolongando-se até os 21 dias após a semeadura da cultura (DAS) causa diminuição significativa da germinação da cultura, chegando à ausência total de geminação antes mesmo dos 21 DAS sem a irrigação (PEREIRA et al., 2016).

Para a variável, ED, houve o efeito principal dos fatores semeadora e sistema de cultivo. Para o fator semeadora, o protótipo com preparo localizado foi superior ao modelo comercial, mas não diferiu do protótipo com sulcador de hastes. Já protótipo com sulcador de hastes não diferiu do protótipo com sulcador rotativo, mas também não foi superior estatisticamente ao modelo comercial (Tabela 12).

Tabela 12 – Espaçamentos duplos (ED) entre plantas de soja aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras construídas para a agricultura familiar comparadas com um modelo de semeadora produzida comercialmente. EMBRAPA-ETB, 2018.

Semeadora	Espaçamentos duplos (%)		² CV (%)
Sulcador de hastes	¹ AB	9,84	45,31
Comercial	B	13,92	
Preparo localizado	A	6,43	
³ DMS (%)	4,58		

¹Letras maiúsculas comparam espaçamentos duplos entre plantas de soja, na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV). ³Diferença mínima significativa.

Embora a plasticidade fenotípica – que é capacidade de crescimento da cultura quando existe disponibilidade de espaço e recursos (água, nutrientes e luz) em função das condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia e nos componentes do rendimento (HEIFFIG et al., 2006; BALBINOT JR et al., 2018) – da cultura da soja permita certa recuperação da espécie por espaçamentos duplos causando maior distância entre plantas, o aumento da produção das plantas localizadas nas bordas dessas falhas não compensa a perda de produção causada pela falta das plantas, podendo assim ocasionar prejuízo à produtividade (FISS et al., 2018).

A velocidade de semeadura é fator preponderante para a correta homogeneidade de distribuição da semeadura da soja. O aumento da velocidade de semeadura da soja comparando-se as velocidades de 4, 6, 8 e 10 km h⁻¹ causa um aumento linear dos espaçamentos duplos em solos arenosos e aumento quadrático em solos argilosos (SANTOS et al., 2017).

Para minimizar o efeito do aumento da velocidade na homogeneidade de distribuição podem-se utilizar mecanismos dosadores que mantêm a regularidade da distribuição, ou que amenizam o efeito da velocidade na distribuição, como dosadores a vácuo (BOYKO et al., 2018).

Como no estudo os efeitos decorrentes da velocidade ou do efeito diferenciado de dosadores foram bloqueados, os resultados são devido à características de cada modelo de semeadora no momento da deposição das sementes. Todas as semeadoras possuíam discos horizontais e a velocidade de semeadura foi bloqueada (4 km h⁻¹) para todos os níveis desse fator.

Considerando o sistema de semeadura, na média das semeadoras, houve maior número de espaçamentos duplos entre plantas de soja no SSC do que no SSD (Tabela 13).

Tabela 13 – Espaçamentos duplos (ED) entre plantas de soja aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do sistema de cultivo. EMBRAPA-ETB, 2018.

Sistema de semeadura	Espaçamentos duplos	² CV (%)
Direta	¹ A 5,40	45,31
Convencional	B 14,73	
³ DMS (%)	6,72	

¹Letras maiúsculas comparam espaçamentos duplos entre plantas de soja por semeadoras, na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ³Diferença mínima significativa. ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

O resultado pode ser explicado pela falta de emergência total das plantas de soja em função do déficit hídrico solo no momento da semeadura nos dois sistemas, porém mais acentuado no SSC pelo preparo, já que efetivamente só foram computadas as plantas emergidas. Houve maior disponibilidade hídrica no SSD que no SSC, como evidenciado pelos dados climatológicos do período (Anexo II) e na tabela 13.

Para a variável EF, houve interação entre os fatores de tratamento. Os protótipos não diferiram da semeadora comercial no SSD. Porém, no SSC,

ambos os protótipos tiveram desempenho inferior quando comparados com a semeadora comercial, gerando um percentual superior de EF (Tabela 14). Quando avaliados os sistemas de cultivo, percebe-se que, para a semeadora comercial, o percentual de falhas foi semelhante, independente do sistema. Já para os protótipos, houve percentual inferior de EF no SSD que no SSC (Tabela 14).

Embora a profundidade de semeadura estivesse limitada por mecanismos próprios a esse fim, o preparo do solo no SSC pode ter contribuído para um aprofundamento superior das sementes de soja pelos protótipos que, somados a restrição hídrica superior no SSC, podem ter colaborado para o aumento dos EF entre plantas de soja nesse sistema de cultivo pela falta de emergência das plântulas (Tabela 14).

Tabela 14 – Espaçamentos falhos (EF) entre plantas de soja aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras e sistemas de semeadura, construídas para a agricultura familiar, comparadas com um modelo de semeadora produzida em escala comercial. EMBRAPA-ETB, 2018.

Semeadora	Sistema de semeadura		³ DMS (%)	⁴ CV (%)
	Direta	Convencional		
Sulcador de hastes	¹ a ² A 13,06	bB 36,83	5,55	17,29
Comercial	abA 20,98	aA 28,69	9,04	26,22
Preparo localizado	bA 23,87	bB 40,77	9,00	21,65
DMS (%)	10,42	5,44	---	---
CV (%)	35,99	10,03	---	---

¹Letras minúsculas comparam espaçamentos falhos entre plantas de soja (%) por semeadoras, na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ²Letras maiúsculas comparam a porcentagem de espaçamentos falhos entre plantas de soja em função do sistema de cultivo, na linha, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ³Diferença mínima significativa. ⁴Coefficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

Falhas de semeadura têm efeito direto na produtividade da cultura da soja, pois, embora havendo plasticidade fenotípica da espécie, essa característica por si só não é capaz de ser compensatória do potencial de produção com a presença da planta (FISS et al., 2018).

Dentre os fatores que mais afetam a porcentagem de espaçamentos falhos, a velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora, com certeza, esta entre os mais importantes. Aumentos lineares da velocidade de semeadura entre 2 e 12 km h⁻¹, além de aumentar a quantidade de

espaçamentos duplos e diminuir o percentual de aceitáveis, promoveu aumento significativo de espaçamentos falhos (REYNALDO et al., 2016). Além disso, esse mesmo autor infere que a melhor regularidade de distribuição das sementes de soja, com conseqüente resposta na produtividade, foi alcançada na velocidade de 4 km h⁻¹ (REYNALDO et al., 2016), velocidade essa utilizada e bloqueada para os níveis do fator semeadora na condução desse estudo.

Para a variável EA houve interação dos fatores de tratamento. A semeadora com preparo localizado teve menor porcentagem de espaçamentos aceitáveis no SSD e no SSC que as outras duas semeadoras. Já a semeadora com sulcador de hastes não diferiu da semeadora comercial independentemente do sistema de semeadura (Tabela 15).

Tabela 15 – Espaçamentos aceitáveis (EA) entre plantas de soja aos 15 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras e sistemas de semeadura, construídas para a agricultura familiar, comparadas com um modelo de semeadora produzida em escala comercial. EMBRAPA-ETB, 2018.

Semeadora	Sistema de semeadura		³ DMS (%)	⁴ CV (%)
	Direta	Convencional		
Sulcador de hastes	a ¹ A ² 79,28	aB 47,54	7,05	8,64
Comercial	aA 66,11	aB 52,45	14,10	18,49
Preparo localizado	bA 49,53	bB 33,78	13,50	25,19
DMS (%)	17,20	9,72	---	---
CV (%)	19,20	13,01	---	---

¹Letras minúsculas comparam espaçamentos aceitáveis entre plantas de soja (%) por semeadoras, na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ²Letras maiúsculas comparam a porcentagem de espaçamentos aceitáveis entre plantas de soja em função do sistema de cultivo, na linha, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ³Diferença mínima significativa. ⁴Coefficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

Como percebido em outras variáveis, houve diminuição significativa da variável no SSC quando comparado ao SSD, independente da semeadora. Como citado anteriormente, esse fato está relacionado à condição hídrica do momento da semeadura e pelo preparo do solo no SSC, visto que foram computadas somente plantas efetivamente emergidas e não somente as depositadas em função da dificuldade desse tipo de contagem no campo.

Assim como para o número de espaçamentos falhos ou duplos, a porcentagem de espaçamentos aceitáveis é fortemente afetada pela velocidade de semeadura. Com aumento da velocidade de deslocamento da semeadora, testadas às velocidades de 2, 4, 6, 8, 10 e 12 km h⁻¹, houve

diminuição gradual dos espaçamentos aceitáveis entre plantas de soja (REYNALDO et al, 2016). Por consequência do aumento dos espaçamentos duplos e falhos e diminuição dos espaçamentos aceitáveis, com o aumento da velocidade de semeadura, o autor pôde comprovar também diminuição da produtividade da cultura da soja como efeito dos tratamentos. Dessa forma fica evidente que a diminuição dos espaçamentos aceitáveis entre plantas de soja tem interferência direta na produtividade da cultura, podendo acarretar perdas de receita ao agricultor.

Para a variável MSPA houve interação entre os fatores de tratamento. Independente do sistema de cultivo da soja as semeadoras não diferiram entre si (Tabela 16). Um fato interessante que chama a atenção é que, no protótipo com sulcador rotativo, mesmo havendo diminuição dos espaçamentos aceitáveis no SSD em relação às outras duas semeadoras (Tabela 15), não houve diminuição, para o protótipo, de MSPA. Esse fato pode ter decorrido pela plasticidade fenotípica da cultura em se apropriar das condições de maior espaço e ter produzido mais MSPA por planta por mesma unidade de área (Tabela 15). Cabe salientar que esse fato pode não se refletir em igual produção de grãos final entre os tratamentos (FISS et al., 2018).

Os protótipos e a semeadora comercial diferiram na produção de MSPA em função do sistema de semeadura, havendo maior produção da variável no SSC quando comparado ao SSD (Tabela 16).

Maiores perdas de MSPA foram experimentadas no SSD do que no SSC muito provavelmente pela condição hídrica inicial. Com a regularização da condição hídrica, houve melhor capacidade de recuperação no SSC em função de características intrínsecas da espécie e/ou em função das condições locais. Existem ferramentas que podem amenizar os efeitos danosos do déficit hídrico na cultura da soja, como por exemplo, a aplicação de silício via foliar (TEODORO et al., 2015) ou ainda a utilização de hidrogel – que atuam como reguladores da disponibilidade de água para as culturas (FIDELIS et al., 2018) – podendo essas ferramentas prover maior capacidade da cultura resistir a essa condição adversa, minimizando assim a perda de MSPA da cultura sob estresse hídrico.

Tabela 16 – Massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura da soja aos 35 dias após a emergência (DAE) em função do uso de diferentes protótipos de semeadoras, e sistemas de cultivo, comparadas com um modelo de semeadora produzida em escala comercial. EMBRAPA-ETB, 2018.

Semeadora	Sistema de semeadura		³ DMS (MG)	⁴ CV (%)
	Direta	Convencional		
Sulcador de hastes	¹ a ² B 0,791	aA 1,294	0,262	19,57
Comercial	aB 0,584	aA 1,585	0,248	17,93
Preparo localizado	aB 0,768	aA 1,565	0,212	14,12
DMS (MG)	0,214	0,335	---	---
CV (%)	20,02	15,09	---	---

¹Letras minúsculas comparam a produção de massa da massa seca da parte aérea de soja por semeadoras, na coluna, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ²Letras maiúsculas comparam a produção de massa da massa seca da parte aérea de soja em função do sistema de cultivo, na linha, pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). ³Diferença mínima significativa. ⁴Coefficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

7.6. Conclusões

Houve diminuição do IVE para a semeadora com preparo localizado nas condições experimentais no SSD em relação as outras semeadoras.

No SSC a semeadora com sulcador por hastes foi superior às outras semeadoras. Ainda no SSC não houve diferença entre a semeadora com preparo localizado e a semeadora comercial.

Houve perda de estande final para as semeadoras comercial e para a semeadora com preparo localizado na média dos sistemas de semeadura.

Na média das semeadoras, o SSC teve uma perda superior de estande final de plantas de soja quando comparado com o SSD.

Na média dos sistemas de semeadura, a semeadora com preparo localizado teve menor percentual de ED comparada com a semeadora comercial, mas não diferiu da semeadora com sulcador de hastes.

Ainda para a variável, houve menos ED no SSD do que no SSC, na média das semeadoras.

No SSD a semeadora com sulcador por hastes teve menos EF do que a semeadora com preparo localizado, porém não diferiu da semeadora comercial.

A semeadora com preparo localizado não diferiu do modelo comercial. A semeadora comercial não diferiu entre sistemas de semeadura. Já os protótipos tiveram um aumento de EF no SSC quando comparado com o SSD.

A semeadora com preparo localizado teve menos EA do que as outras semeadoras no SSD. A semeadora com sulcador de hastes e o modelo comercial não diferiram entre si na variável no SSD. As semeadoras não diferiram entre si na variável no SSC. Considerando os sistemas de semeadura, houve mais EA no SSD que no SSC para todas as semeadoras.

As semeadoras não diferiram entre si na produção de MSPA, independentemente do sistema de semeadura. Considerando os sistemas de semeadura, houve maior produção de MSPA no SSC que no SSD.

8. Artigo 3 – Mudança no arranjo espacial da cultura da soja por semeadora de tração humana desenvolvida para a agricultura familiar.

8.1. Resumo

A agricultura familiar é a grande responsável pela segurança alimentar no país e no mundo. Diversas são as culturas-chave para a agricultura familiar, dentre elas o feijão, o milho, a mandioca e muitas hortaliças. Porém algumas culturas surgem como oportunidade para o agricultor familiar, dentre elas, a soja. A cultura da soja, embora seja uma *commoditie*, aparece como alternativa aos agricultores familiares pela alta remuneração do cultivo em sistema orgânico e pela compatibilidade desse sistema com o modelo de agricultura. Porém, dentro do sistema orgânico, o uso de herbicidas é proibido, causando grande dificuldade de controle das plantas daninhas. Com isso, novas ferramentas de manejo na cultura, que possam tornar a cultura mais competitiva com as plantas daninhas, podem ser adotadas. Dentre elas, a diminuição do espaçamento entrelinhas da cultura. Para se adotar tal manejo, as semeadoras convencionais de precisão existentes no mercado esbarram na limitação de diminuição do espaçamento entrelinhas pela posição dos elementos de semeadura. Essa limitação pode ser contornada pela utilização de uma semeadora de apenas uma linha de cultivo. Assim, pode-se buscar uma mudança no arranjo espacial da cultura o mais ideal possível, mantendo-se a população adequada da soja. O NIMEq, (Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), desenvolveu uma semeadora puncionadora com uma linha, de tração humana empurrada, que permite a adoção desse arranjo espacial da cultura, tornando possível o cultivo orgânico da soja nas propriedades familiares. Diante o exposto, o objetivo desse estudo foi comparar dois arranjos espaciais da cultura da soja no sistema direto de semeadura. Para isso, foram realizados estudos em dois anos consecutivos. No primeiro ano foi realizado um estudo no campo testando um arranjo espaçado a 0,15 m, pelo protótipo concebido pelo NIMEq comparando-o com a cultura semeada a 0,45 m por semeadora de pequeno porte produzida em escala comercial. No segundo ano, por conta da forte estiagem ocorrida na região, foi realizado um estudo em semi-campo em caixas de alvenaria, simulando a mesma situação testada no campo no ano anterior. Como variáveis-resposta foram analisadas a cobertura do solo (CS) e a massa seca da parte aérea da cultura (MSPA). No primeiro ano a CS foi coletada aos 28, 35 e 42 dias após a emergência (DAE) e a MSPA foi coletada aos 42 DAE. No segundo ano a CS foi coletada aos 21, 28, 35, 42 e 49 DAE e a MSPA aos 49 DAE. Na média das avaliações houve aumento significativo da CS em ambos os anos com o espaçamento de 0,15 m, quando comparado com o espaçamento de 0,45 m, indicando um rápido fechamento entrelinhas da cultura. Corroborando com a hipótese, houve acúmulo significativo da MSPA no espaçamento de 0,15 m, também em ambos os anos, quando comparada

com a soja semeada a 0,45 m, podendo, conforme a literatura, esse incremento reverter-se em aumento de produtividade.

Palavras-chave: Agricultura familiar; soja; arranjo espacial; espaçamento.

8.2. Abstract

Small holders are largely responsible for food security in the country and in the world. There are several key crops for family farming, including beans, corn, cassava and many vegetables. However, some crops appear as an opportunity for the family farmer, among them, soybean. The soybean crop, although a commodity, appears as an alternative on family properties due to the high remuneration of cultivation in an organic system and the compatibility of this system with the agricultural model. However, within the organic system, the use of herbicides is prohibited, causing difficulty in controlling weeds. With this, new crop management tools, which can make the crop more competitive with weeds, can be adopted. Among them, the decrease in the spacing between lines of culture. In order to adopt such management, conventional precision seeders on the market come up against the limitation of reducing the spacing between rows due to the position of the seeding elements. This limitation can be overcome by using a seeder with only one crop row. Thus, a change in the spatial arrangement of the crop can be sought as ideal as possible, maintaining the adequate population of soybeans. NIMEq, (Innovation Center in Agricultural Machinery and Equipment), from the Federal University of Pelotas (UFPEl), developed a punch seeder with a human-powered line, which allows the adoption of this spatial arrangement of culture in family properties. Given the above, the objective of this study was to compare two spatial arrangements of soybean in the direct sowing system. For this, studies were carried out in two consecutive years. In the first year, a study was carried out in the field, testing an arrangement spaced at 0.15 m, by the prototype designed by NIMEq, comparing it with the crop sown at 0.45 m by a small seeder produced on a commercial scale. In the second year, due to the severe drought in the region, a semi-field study was carried out in masonry boxes, simulating the same situation tested in the field in the previous year. As response variables, the soil cover (CS) and the dry mass of the aerial part of the crop (MSPA) were analyzed. In the first year, CS was collected at 28, 35 and 42 days after emergence (DAE) and MSPA was collected at 42 DAE. In the second year, CS was collected at 21, 28, 35, 42 and 49 DAE and MSPA at 49 DAE. In the average of the evaluations, there was a significant increase in CS in both years with the spacing of 0.15 m, when compared with the spacing of 0.45 m, indicating a fast closing between crop rows. Corroborating the hypothesis, there was a significant accumulation of MSPA in the spacing of 0.15 m, also in both years, when compared to soybeans sown at 0.45 m, according to the literature, this increase may revert to an increase in productivity.

Keywords: Family Farming; soybean; spatial arrangement; spacing.

8.3. Introdução

No mundo, a área cultivada de soja será de mais de 130 milhões de hectares na safra 2021/22, um aumento de 1,3 % na área cultivada em relação à safra 2020/21. A produção nessa safra está estimada em mais de 350 milhões de Mg (USDA, 2022). O Brasil, que é o maior produtor mundial do grão, terá uma diminuição de produção em função da estiagem que atinge o sul do país na safra corrente (CONAB, 2022).

Para soja, pelos dados do censo agropecuário de 2006, a cultura ainda era incipiente no modelo familiar de produção, pois 16% da produção oleaginosa no país tinha por origem a agrícola familiar (IBGE, 2006). Pelo avanço tecnológico experimentado pela agricultura empresarial e a expansão do agronegócio nos últimos anos, fez com que a agricultura familiar perdesse espaço na contribuição da soja produzida no país. Os dados do censo de 2017 mostram que percentualmente a agricultura familiar reduziu sua contribuição para 10% do total produzido no Brasil (SIDRA, 2017).

Porém, com o aumento da remuneração e da área de produção orgânica e convencional da cultura e, pela compatibilidade com o modelo familiar, a soja passa a ser uma nova alternativa e poderá, nos próximos anos, estar mais presente nas propriedades familiares, pois a remuneração da cultura no modelo orgânico é superior quando comparada com o modelo convencional e transgênica da *commoditie* (TOLEDO; ZONIN, 2020).

Com a projeção de aumento de cultivo de grãos e pelo fortalecimento da agricultura familiar, muitos estudos têm sido desenvolvidos em nível acadêmico visando à melhoria dos processos de produção de alimentos com foco no produtor familiar. A grande maioria das operações agrícolas – desde que bem conduzidas e empregando-se tecnologia adequada – pode ser mecanizada, como por exemplo, a semeadura, podendo resultar na melhoria da eficiência das atividades e retorno financeiro superior ao produtor (KLAVAR et al., 2013) mas principalmente na redução das dificuldades do trabalho rural (TEIXEIRA, 2014).

Dentre as pesquisas desenvolvidas, muitas têm por foco projeto e construção de semeadoras para utilização em propriedades familiares. O NIMEq (Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas), da

Universidade Federal de Pelotas (UFPel), tem desenvolvido alguns protótipos de semeadoras com a finalidade de facilitar o trabalho e agregar lucro e sustentabilidade à agricultura familiar. Têm-se, por exemplo, uma semeadora de tração humana de empurrar (STEFANELLO et al., 2014), capaz de cultivar inclusive no sistema de semeadura direta, dando uma nova possibilidade para os produtores familiares utilizarem formas conservacionistas de cultivo em suas propriedades.

O protótipo desenvolvido pelo NIMEq e estudado nessa tese, foi testado, na sua tese de origem, somente quanto ao seu desempenho funcional, ou seja, foram analisadas suas capacidades de colocar semente no solo de maneira controlada, porém, sem a existência de testes agronômicos, existindo assim uma lacuna em suas análises de desempenho.

Existem poucas opções de semeadoras de pequeno porte produzidas em escala comercial disponíveis aos agricultores familiares. E ainda, as opções existentes no mercado demandam a utilização de tratores de quatro rodas, além de possuírem custo de aquisição elevado (NIEMCZEWSKI et al., 2014).

Dessa forma, a busca por equipamentos de pequeno porte que possam facilitar o trabalho, diminuir a fadiga e aumentar a produtividade, pela melhora dos processos agrícolas, torna-se uma demanda emergente para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar no país.

A melhora no arranjo espacial das culturas tem sido busca constante da pesquisa agrônômica, pois já é de amplo conhecimento que o arranjo de plantas com disposições ideais permite minimizar a competição intraespecífica além de maximizar o aproveitamento dos recursos ambientais (HEIFFIG et al., 2006). A redução do espaçamento entrelinhas da soja tem se mostrado uma ferramenta promissora na busca do melhor arranjo possível da cultura, pois pode incrementar o seu rendimento final (KUMAGAI, 2021). Essa melhora no rendimento está associada a alguns fatores tais como: melhora na utilização da água, redução da competição intraespecífica, maior habilidade competitiva contra as plantas daninhas e melhora na interceptação da energia solar (RAMBO et al., 2003; BIANCHI et al., 2010).

Porém, há uma limitação estrutural das semeadoras de precisão (modelos que são utilizadas para o cultivo da soja, por exemplo) na diminuição do espaçamento entrelinhas. Nos equipamentos disponíveis comercialmente,

os mecanismos das semeadoras de precisão geralmente estão próximos ao solo e dessa forma, ocorre uma restrição de espaçamento mínimo em função da presença dos mecanismos de semeadura de precisão o mais próximo possível da zona de deposição das sementes, sendo que a maioria dos dosadores de precisão existentes no mercado, não permite o emprego de distâncias entre linhas inferiores a 0,35 m (REIS; FORCELLINI, 2009).

No modelo de agricultura familiar, pela possibilidade da utilização de semeadoras de uma linha de tração humana de empurrar, por exemplo, (STEFANELLO et al., 2014), pode-se reduzir essa limitação de modelos convencionais, buscando a melhora do arranjo espacial da cultura da soja na busca da máxima expressão de seu potencial produtivo. No modelo citado, por tratar-se de uma semeadora de apenas uma linha de cultivo, pode-se reduzir o espaçamento da soja para até 0,15 m mantendo-se a população adequada da cultura. Essa diminuição de espaçamento entrelinha pode melhorar substancialmente o arranjo espacial da cultura, com melhora na capacidade da soja pela obtenção dos recursos ambientais, competição com plantas daninhas por esses recursos, diminuição da competição intraespecífica, bem como a melhora absorção da radiação solar pela cultura (RAMBO et al., 2003; BIANCHI et al., 2010).

Diante do exposto, o trabalho teve por objetivo, no primeiro ano de cultivo, avaliar a mudança do arranjo espacial da cultura da soja pela utilização de um protótipo de semeadora de tração humana de empurrar de uma linha concebida para a agricultura familiar (STEFANELLO et al., 2014), semeando a cultura da soja em um espaçamento de 0,15 m, e comparando os resultados com a semeadura a 0,45 m realizado pela semeadora comercial. No segundo ano, em condições de semi-campo, o experimento teve por objetivo simular, em condições de maior controle, a utilização da semeadora de empurrar de uma linha e compará-la com a semeadora de escala comercial marca Semeato® modelo PH3.

8.4. Material e Métodos

No primeiro ano, o experimento foi conduzido a campo, na área da EMBRAPA Clima Temperado, Estação Terras baixas (EMBRAPA-ETB), (31°48'12" S e; 52°24'48" O), no município de Capão do Leão (Figura 15). Para a condução do estudo foi utilizado delineamento em faixas – pela restrição de utilizar apenas a semeadora de tração humana de empurrar e a semeadora comercial em cada uma das faixas (DUARTE, 1996) – com seis repetições para cada tratamento. O experimento teve dimensões de: 30 m de comprimento; 6,4 m de largura. As faixas tiveram 2,70 m de largura com espaço entre si de 1 m para caminhar dos pesquisadores no momento das coletas das variáveis e no manejo da cultura da soja.

A unidade experimental (parcela) teve 2,70 m de largura x 5 m de comprimento (13,50 m²), onde foram alocadas seis linhas de semeadura da cultura da soja espaçada a 0,45 m para a semeadora comercial e 18 linhas de cultivo para a semeadora de tração humana de empurrar espaçadas a 0,15 m, conforme o croqui de alocação do experimento (Figura 16).



Figura 15 – Área de condução do experimento de mudança de espacialidade da cultura da soja. EMBRAPA-ETB, 2018.

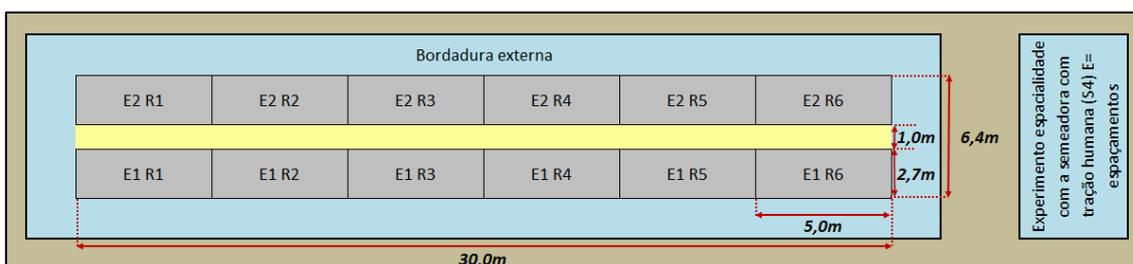


Figura 16 – Croqui de alocação do experimento de espacialidade com a cultura da soja. EMBRAPA-ETB, 2018.

O fator de tratamento foi composto por dois níveis: semeadora com tração humana de empurrar e semeadora de pequeno porte produzida em escala comercial (Semeadora marca Semeato[®] modelo PH3). Cada nível do fator possui um diferente espaçamento da cultura da soja que, através das variáveis-resposta, é o objetivo principal do estudo. A semeadora comercial semeou a cultura da soja no espaçamento de 0,45 m. A semeadora de tração humana de empurrar semeou a cultura com espaçamento de 0,15 m. O experimento foi conduzido no sistema de semeadura direta (SSD). Os equipamentos utilizados como níveis do fator de tratamento estão ilustrados na figura 17.

Semeadora comercial
(marca Semeato[®] modelo PH3)

Semeadora puncionadora de tração
humana de empurrar (*Punch planter*)



Figura 17 – Semeadoras utilizadas no experimento de mudança do arranjo espacial da soja. EMBRAPA-ETB, 2018.

Foi utilizada a semente de soja 96Y90 de hábito de crescimento indeterminado da empresa Pioneer[®] mantendo-se a população fixa em aproximadamente 300.000 plantas de soja ha⁻¹. Para a condução da cultura, foram utilizadas as recomendações técnicas preconizadas

(INDICAÇÕES..., 2018). O solo da área experimental foi classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico Solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2013a).

O solo foi previamente preparado em 11 setembro de 2018 para a padronização da área com utilização de grade aradora e grade niveladora, como mostrado na figura 18. Foi realizada uma dessecação prévia à semeadura em área total para a formação de palhada no SSD e visando o preparo para o SSC no dia 21/11/2018, utilizando-se o herbicida glifosato Original[®] 480 g/l (360 e.a.) na dose de 5 l ha⁻¹ do produto comercial, utilizando-se um pulverizador costal elétrico que manteve uma vazão constante de 120 l de volume de calda ha⁻¹.



Figura 18 – Preparo da área experimental para o experimento de mudança do arranjo espacial da cultura da soja. EMBRAPA-ETB, 2018.

A semeadura da cultura da soja foi realizada em função dos tratamentos anteriormente descritos, no dia 05/12/2018. Posteriormente foi realizada a dessecação da área no sistema plante-aplique, no dia 06/12/2018 utilizando-se o herbicida glifosato Original[®] 480 g/ (360 e.a.) na dose de 5 ha⁻¹ do produto comercial, utilizando-se um pulverizador costal elétrico com vazão constante de 120 l de volume de calda ha⁻¹.

Para a semeadura utilizou-se grafite agrícola na dose de 4 g do produto comercial kg⁻¹ de semente. Também foi utilizado um inoculante turfoso na dose de 100 g para cada 50 kg de semente de soja conforme indicado para promover a nodulação das plantas para fixação biológica de nitrogênio pela cultura (INDICAÇÕES..., 2018). A velocidade de semeadura foi de 4 km h⁻¹

para a semeadora de tração humana de empurrar e para a semeadora comercial.

A adubação do experimento foi realizada conforme as necessidades da cultura e informada pela análise de solo (Anexo I). A adubação foi realizada em cobertura de maneira manual, na dose de 380 kg ha⁻¹ do adubo 05-20-20 para a semeadora de tração humana de empurrar, pois essa não possui mecanismos para tal. Para a semeadora comercial, foi realizada a adubação na linha pelos seus mecanismos regulando-se sua dosagem em 380 kg ha⁻¹ do adubo 05-20-20.

As variáveis analisadas para os tratamentos no primeiro ano foram: Cobertura do solo (CS) promovida pela cultura da soja aos 28, 35 e 42 dias após a emergência (DAE) e massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura da soja aos 42 dias após a emergência (DAE).

Para se determinar a CS, utilizou-se uma câmera digital semiprofissional marca Nikon, modelo Coolpix P510 com resolução de 4608 x 3456 pixels (16 megapixel) equipada com lentes objetiva Nikkor com zoom ótico de 42 X, distância focal de 4,3 - 180 mm. As imagens foram adquiridas a 1,20 m de altura com o auxílio de tripé em todas as datas de coleta e em todas as parcelas. Em ambos os estudos, anteriormente à aquisição das imagens digitais, retiraram-se as plantas que poderiam dificultar a identificação da soja em função da confusão espectral (plantas espontâneas), sendo que as que não foram detectadas em tal momento foram suprimidas manualmente das imagens.

Visando a determinação da CS, as imagens digitais foram processadas no software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas, versão 5.5.6 (Câmara et al., 1996)) como se segue: primeiramente, estas foram separadas nos três canais de cores que as compõem, sejam eles: azul, verde e vermelho. Este processo é feito automaticamente pelo SPRING por ocasião da importação da imagem. Em seguida, os canais do verde e do vermelho foram combinados por meio da equação proposta por Gitelson et al. (2002), que explora a diferença na resposta espectral dos alvos nas porções do vermelho e do verde do espectro eletromagnético (EEM), da seguinte forma: $(\text{verde} - \text{vermelho}) / (\text{verde} + \text{vermelho})$.

A equação resultou em uma matriz de valores com variação teórica entre -1 e +1. Nesse caso, o solo possui maior reflectância na porção do vermelho em relação a do verde e tais valores tendem a ser negativos. Já a vegetação seca possui reflectância similar em ambas às porções utilizadas e os valores resultantes tendem a zero. Já a vegetação verde possui reflectância mais alta na porção do verde em relação a do vermelho e, assim, os valores da matriz resultante da equação são positivos.

Então, a partir de uma inspeção visual seguida de uma operação de fatiamento, consideraram-se como representativos de vegetação verde os pixels cujos valores da matriz fossem iguais ou maiores que 0,03, resultando em uma imagem de CS. Por fim, estabeleceu-se a relação percentual entre os pixels representativos de vegetação verde e o total de pixels da matriz, visando determinar a CS pela cultura. Como exemplo, o resultado dos tratamentos até a imagem final onde foram determinados os percentuais de CS da cultura da soja em relação ao solo na semeadura da soja pela semeadora PH3 (0,45 m) está indicado na figura 19.

Para o tratamento da semeadura da soja à distância de 0,15 m (semeadora de tração humana de empurrar) o tratamento das imagens é ilustrado na figura 20.

Para a análise da variável MSPA, foi coletada a totalidade da parte aérea da cultura da soja no metro central de uma das linhas de cultivo da unidade experimental para a semeadora comercial em cada uma das repetições, ou seja, foi coletado o material de um metro representativo da unidade experimental, totalizando 15 plantas aos 42 dias após a emergência da cultura da soja (DAE). Para a semeadora de tração humana foram coletadas em duas linhas de cultivo representativas 15 plantas de soja aos 42 DAE, equalizando o número de plantas entre os níveis do fator de tratamento.

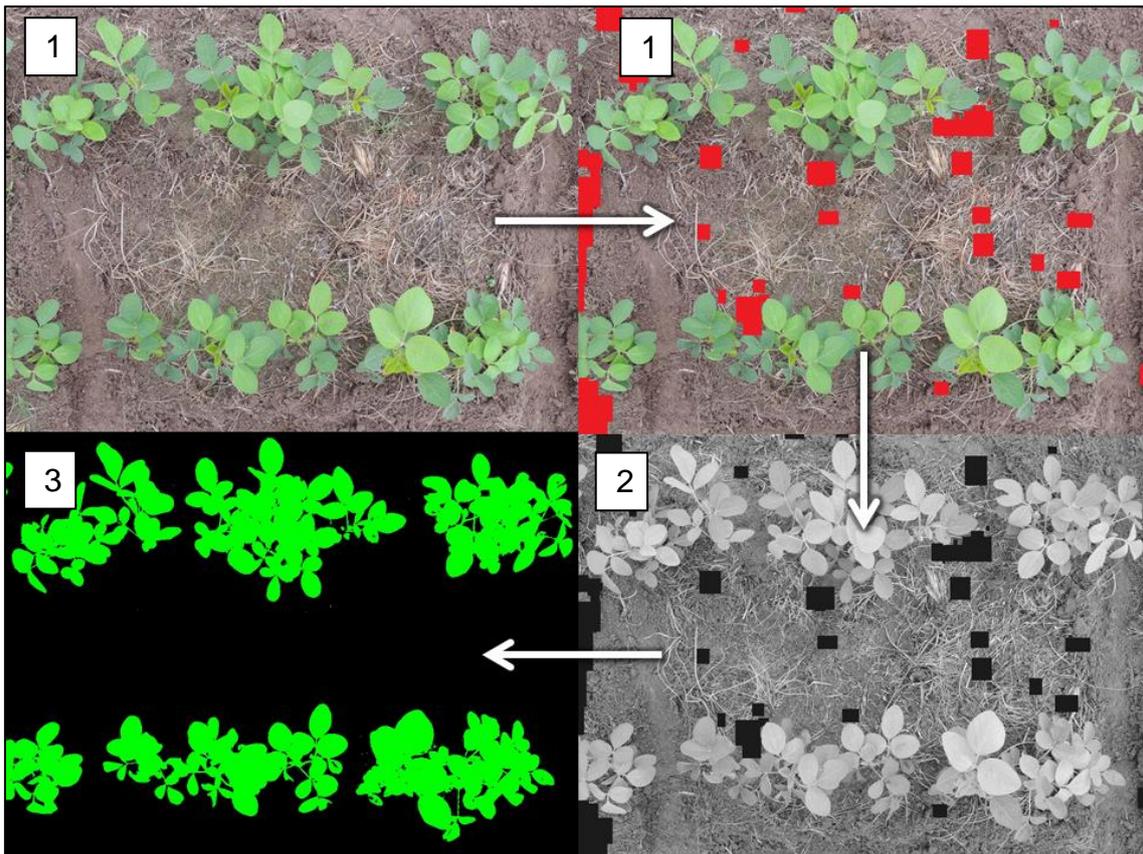


Figura 19 – Imagens utilizadas na determinação do percentual de cobertura do solo (CS) pela cultura da soja aos 28 dias após a emergência (DAE) semeada a 0,45 m (EMBRAPA-ETB, 2019) (1) imagens originais, (2), matrizes resultantes da equação proposta por Gitelson et al. (2002) e (3) imagem de CS.

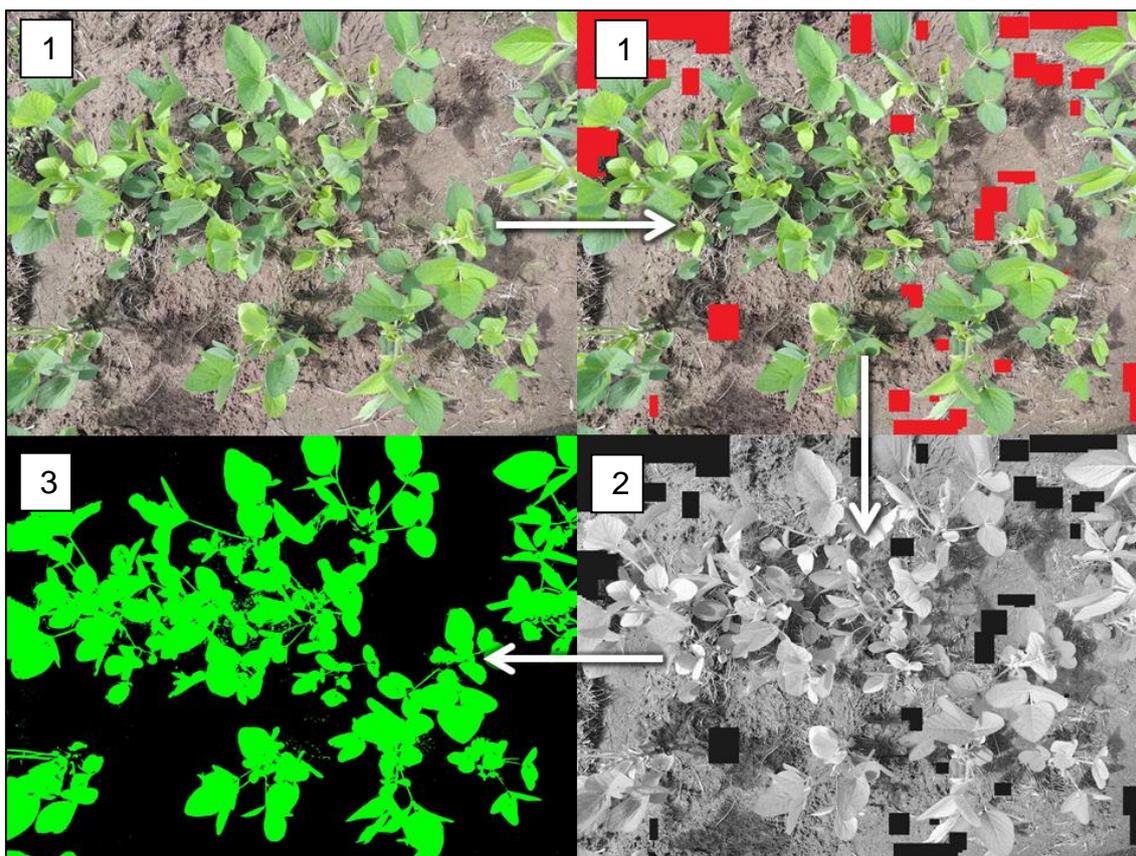


Figura 20 – Imagens utilizadas na determinação do percentual de cobertura do solo (CS) pela cultura da soja aos 28 dias após a emergência (DAE) semeada a 0,15 m (EMBRAPA-ETB, 2019) (1) imagens originais, (2), matrizes resultantes da equação proposta por Gitelson et al. (2002) e (3) imagem de CS.

O material vegetal foi seco em estufa por 72 h a 60 °C para a estabilização da umidade. Após a secagem, o material foi pesado em balança analítica e os resultados foram então ajustados para a unidade de megagrama ha^{-1} (Mg ha^{-1}) e então analisados.

Mesmo tendo sido projetado para um estudo em dois anos com repetição a campo para a validação dos resultados obtidos no primeiro ano, no segundo ano o experimento foi conduzido em condições semi-campo em função da condição limitante imposta pela forte estiagem ocorrida no estado do Rio Grande do Sul no ano agrícola 2019/20 (SEAPDR, 2020). A metodologia do experimento realizado no segundo ano será detalhada a seguir.

O experimento foi instalado no complexo de casas de vegetação da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) (31°48’03” S e; 52°24’41” O), (Figura 21), no dia 13/01/2020 em caixas de alvenaria (Figura 22 A).



Figura 21 – Local de instalação dos experimentos no segundo ano. UFPel/FAEM, 2020.

O experimento foi conduzido em DIC com um fator de tratamento e cinco repetições, onde o fator foi composto por dois níveis: semeadura da soja manualmente (Figura 22 B, C e D) com espaçamentos de 0,15 m e 0,45 m, simulando a semeadura da semeadora com tração humana de empurrar e semeadora de pequeno porte produzida em escala comercial (Semeadora marca Semeato[®] modelo PH3), respectivamente. Para a semeadura da soja com espaçamento 0,15 m foi construído um gabarito para a que a semeadura atingisse o desenho espacial desejado (Figura 22 B). Cada nível do fator possui um diferente espaçamento da cultura da soja que, através das variáveis-resposta, é o objetivo principal do estudo.

Conforme o experimento do primeiro ano foi utilizada semente de soja 96Y90 de hábito de crescimento indeterminado da empresa Pioneer[®] mantendo-se a população fixa em aproximadamente 300.000 plantas de soja ha⁻¹. Para a condução da cultura, foram utilizadas as recomendações técnicas preconizadas (INDICAÇÕES..., 2018). O experimento foi mantido livre de plantas espontâneas durante toda sua condução pelo arranquio das plantas nas datas de cada coleta da variável.

O solo das caixas também é classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2013a). Foi utilizado um inoculante turfoso na dose de 100 g para cada 50 kg

de semente de soja conforme indicado para promover a nodulação das plantas visando à fixação biológica de nitrogênio pela cultura (INDICAÇÕES..., 2018).



Figura 22 – Caixas de alvenaria e semeadura do experimento de arranjo espacial de soja no segundo ano. UFPel/FAEM, 2020.

As variáveis analisadas para os tratamentos foram: CS promovida pela cultura da soja aos 21, 28, 35, 42 e 49 DAE e MSPA da cultura da soja aos 49 DAE. A MSPA foi coletada como descrito na metodologia para o primeiro ano.

No segundo ano, a variável CS foi coletada de duas formas: A primeira foi pela análise visual do percentual da CS pela média de dois avaliadores em cada uma das datas de avaliação (21, 28, 35, 42 e 49). A segunda forma foi a digital e seguiu a metodologia como descrito no experimento realizado no primeiro ano. A tomada da variável nessas duas formas serviu para comparar os dois métodos, já que os avaliadores que coletaram a variável de modo visual têm larga experiência nesse tipo de avaliação.

Os resultados obtidos para todas as variáveis-resposta foram submetidos à análise de variância e, quando significativos os efeitos dos tratamentos para o modelo pelo teste F ($\alpha \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de “t” à probabilidade de erro de 5 % ($\alpha \leq 0,05$). Além

disso, foi realizada a regressão dos resultados pelo modelo não linear polinomial quadrático e a sobreposição dos métodos na regressão para a percepção gráfica da utilização de cada método de avaliação da variável CS.

8.5. Resultados e Discussão

Primeiro serão descritos e discutidos os resultados referentes ao primeiro ano do experimento. Em seguida, os resultados do segundo ano de experimento na condição de semi-campo.

Para todas as variáveis analisadas, pelo teste de Shapiro-Wilk, houve distribuição normal dos erros não sendo assim necessária a transformação dos dados. Houve efeito significativo da mudança de espaçamento na cultura da soja em todas as variáveis-resposta. Para a CS promovida pela cultura, em todas as datas de avaliação, houve maior CS quando o espaçamento utilizado foi o de 0,15 m realizado pela semeadora de tração humana (Tabela 17). Aos 28 DAE após a emergência da cultura havia 72% mais CS para o espaçamento de 0,15 m quando comparado com o espaçamento de 0,45 m da semeadora comercial. Aos 35 DAE, a variável foi 104% superior para o espaçamento mais reduzido. Aos 42 DAE a CS foi 87% superior quando a semeadura foi realizada no espaçamento de 0,15 m (Tabela 17).

Tabela 17 – Cobertura do solo (CS) (%) aos 28, 35 e 42 dias após a emergência da cultura da soja em função de espaçamentos entrelinhas por semeadora de tração humana de empurrar concebida para a agricultura familiar (0,15 m) comparada com um modelo de semeadora produzida em escala comercial (0,45 m). EMBRAPA–ETB, 2019.

Semeadora	Cobertura do Solo (CS) pela soja (%)		
	28 DAE	35 DAE	42 DAE
Tração humana (0,15 m)	*23,15	*35,48	*28,38
Comercial (0,45 m)	13,46	17,36	15,14
¹ DMS (%)	6,85	5,29	3,74
² CV (%)	16,68	14,18	12,21

*Diferença significativa da cobertura do solo pela cultura soja, na coluna, pelo teste “t” ($\alpha \leq 0,05$). ¹Diferença mínima significativa. ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

Houve diminuição da CS independentemente do espaçamento da segunda para a terceira data de avaliação. Essa diminuição é explicada pelo excesso de pluviosidade ocorrida no período entre os 35 e 42 DAE, conforme os dados de precipitação da segunda semana de janeiro de 2019 (Anexo II). Essa condição prejudicou o desenvolvimento da cultura da soja, tanto que uma

quarta data de coleta estava programada e foi abortada pela condição imposta pelo clima. Vale salientar que, como o objetivo aqui pretendido é perceber a diferença entre os tratamentos, pôde-se observar que essa diminuição foi proporcional a ambos os níveis do fator em função da condição de excesso hídrico no período (Tabela 17, Anexo II).

Pela plasticidade fenotípica da espécie – que é a capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia e nos componentes do rendimento (HEIFFIG et al., 2006) – respostas rápidas de adaptação ao arranjo de plantas podem ser notadas e positivamente quantificadas, pelo aumento da produtividade com a melhora na distribuição espacial de plantas (RAMBO et al., 2003; BIANCHI et al., 2010; MODOLO et al., 2016).

Além da melhora na produtividade, existe uma diminuição da competição intraespecífica (RAMBO et al., 2003) e uma melhora da capacidade competitiva da cultura com plantas daninhas (competição interespecífica) pela melhora no arranjo espacial das plantas de soja com a diminuição do espaçamento entrelinhas (BIANCHI et al., 2010).

A cultura da soja, quando semeada com espaçamento de 0,19 m conseguiu promover uma maior interceptação da luz, pela maior cobertura do solo da cultura e pelo rápido fechamento entrelinhas, com resultante aumento de produtividade (EDWARDS; PURCELL, 2005). Além disso, a redução do espaçamento do cultivo da soja também promove uma diminuição das perdas de água por evaporação pela rápida cobertura do solo (CALISKAN et al., 2007), principalmente pela utilização de cultivares modernas de soja – porém com características das primeiras cultivares de soja utilizadas no Brasil – que possuem hábito de crescimento indeterminado, com arquitetura mais compacta, o que favorece a redução do espaçamento entrelinhas, bem como diminui o risco de acamamento da cultura (PROCÓPIO et al., 2013).

Estudos mostram que a redução do espaçamento da cultura da soja de 0,40 m para 0,20 m de distância entrelinhas causa um aumento significativo da interceptação da luz solar pela cultura. O fechamento do espaço entrelinhas da soja nos estádios iniciais foi avaliado como forma de expressar a capacidade da cultura em desenvolver seu aparato fotossintético para atingir 95% de interceptação da radiação incidente. Aos 34 DAE, o espaçamento de 0,20 m já

promovia um fechamento de 72% do espaçamento entrelinhas enquanto o espaçamento de 0,40 m promovia o fechamento de 55%, uma diferença de fechamento de 31% entre os tratamentos (PIRES; COSTA; THOMAS, 1998). Tal efeito colaborou para um aumento de produtividade de grãos da ordem de 20% no estudo.

Resultados relevantes de cobertura do solo e apropriação dos espaços pela cultura com a diminuição do espaçamento entrelinhas da cultura estão intimamente relacionados com o hábito de crescimento das cultivares de soja. Cultivares com hábito determinado, que possuem crescimento mais vigoroso e alta ramificação, a resposta é modesta à diminuição do espaçamento. Para uma cultivar de hábito indeterminado, que possui arquitetura mais compacta de plantas, a redução do espaçamento associada a um maior adensamento de plantas, proporcionou mais rápido crescimento das plantas e maior cobertura do solo pela cultura (BALBINOT JR et al., 2016).

Para a MSPA em função de diferentes espaçamentos, houve aumento significativo da variável com redução de espaçamento para 0,15 m aos 42 DAE quando comparado com o espaçamento de 0,45 m (Tabela 18). Pôde-se perceber acúmulo superior de 67% de MSPA aos 42 DAE no tratamento com espaçamento de 0,15 m quando comparado com o tratamento onde a soja foi semeada com espaçamento de 0,45 m (Tabela 18).

A redução do espaçamento entrelinhas da soja de 0,40 para 0,20 m promoveu um aumento de 26% de acúmulo de MSPA no espaçamento reduzido da cultura, com conseqüente aumento de produtividade de grãos da cultura (PIRES; COSTA; THOMAS, 1998).

Tabela 18 – Massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura da soja aos 42 dias após a emergência (DAE) em função do uso de semeadora de tração humana de empurrar (0,15 m) comparada com um modelo de semeadora produzida em escala comercial (0,45 m). EMBRAPA–ETB, 2019.

Semeadora	MSPA Soja (Mg ha ⁻¹)	¹ CV (%)
Tração humana (0,15 m)	*1,140	5,84
Comercial (0,45 m)	0,764	
² DMS (Mg ha ⁻¹)	0,096	

*Diferença significativa da massa seca da cultura soja, na coluna, pelo teste "t" ($\alpha \leq 0,05$).

¹Coefficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV). ²Diferença mínima significativa.

A redução do espaçamento aumentou a quantidade de legumes por m⁻², por conseqüência um aumento total de MSPA (PARCIANELLO et al., 2004). No

mesmo estudo, esse aumento teve correlação positiva com o aumento de produtividade da cultura da soja com a redução do espaçamento de 0,40 para 0,20 m.

A taxa de crescimento relativo da cultura (TCR) é um dos parâmetros mais importantes da análise de crescimento e representa um aumento relativo da massa seca por unidade de tempo. Em uma média de três cultivares avaliando-se a mudança da distância entrelinhas da cultura de 0,40 para 0,20 m, foi possível afirmar que houve um aumento da TCR de 28% quando a cultura foi espaçada a 0,20 m. O aumento da TCR foi acompanhado de um aumento de produtividade final de 7 % (POPOVIĆ et al., 2015).

O sistema cruzado de semeadura também é considerado uma forma de mudança espacial que pode, ou não, ser acompanhada de adensamento da cultura. No sistema de semeadura cruzada da soja mantendo-se a população, houve aumento de 34 % no acúmulo de MSPA da cultura quando comparada com o sistema linear de semeadura, porém esse resultado não foi acompanhado do aumento de produtividade (PEREIRA et al., 2018).

Além das respostas acima descritas, a mudança da espacialidade pode ser uma eficiente ferramenta para o manejo cultural de plantas daninhas na cultura da soja em cultivo orgânico da cultura (SMITH et al., 2011). O rápido fechamento das entrelinhas pelo espaçamento reduzido diminui a incidência de luz no solo – fator geralmente necessário ao estabelecimento dessas na área de cultivo – além de diminuir a competição por outros fatores como espaço e água (BIANCHI et al., 2010). Nesse sistema de cultivo o estabelecimento da cultura é dificultado em função da não utilização de métodos químicos de controle, seja em semeadura convencional ou semeadura direta (SMITH et al., 2011).

Em semeadura direta de soja no cultivo orgânico, sob a formação de palhada de centeio, a redução do espaçamento da soja para 0,19 m, promoveu uma satisfatória supressão das plantas daninhas, não havendo perdas significativas de produtividade final da cultura quando comparada com o tratamento mantido livre das plantas daninhas por capina durante todo o ciclo da cultura (BERNSTEIN et al., 2014).

No segundo ano do experimento em condições de semi-campo, foram observados efeitos significativos para todas as variáveis-resposta em função do

fator de tratamento. A análise visual da percentagem CS, na média de dois avaliadores, mostrou que, independentemente da data de avaliação, o espaçamento de 0,15 m promoveu maior CS do que o espaçamento de 0,45 m (Tabela 19).

Tabela 19 – Cobertura do solo (CS) (%) por avaliação visual aos 21, 28, 35, 42 e 49 dias após a emergência da cultura da soja (DAE) em função de espaçamentos entrelinhas, simulando semeadura a campo, por semeadora de tração humana de empurrar concebida para a agricultura familiar (0,15 m) comparada com um modelo de semeadora produzida em escala comercial (0,45 m). UFPel/FAEM, 2020.

Espaçamento	Cobertura do Solo (CS) pela soja (%)				
	21 DAE	28 DAE	35 DAE	42 DAE	49 DAE
0,15 m	*26,71	*32,14	*45,43	*47,43	*68,14
0,45 m	15,29	22,29	33,14	35,71	46,00
¹ DMS (%)	2,58	3,50	3,27	3,24	5,28
² CV (%)	10,55	11,04	7,15	6,70	7,95

*Diferença significativa da cobertura do solo pela cultura soja por avaliação visual, na coluna, pelo teste "t" ($\alpha \leq 0,05$). ¹Diferença mínima significativa. ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

Analisando a CS pelas imagens, de forma digital, os resultados foram semelhantes, validando o método, independentemente da data de coleta da variável (Tabela 20). Pôde-se perceber também que o resultado dos dois métodos de avaliação foi semelhante nas três primeiras datas de avaliação, porém nas duas últimas datas, o método visual subestimou a CS quando comparado com o método digital (Tabelas 19 e 20). Esse fato indica uma vantagem para o método digital por indicar com mais fidelidade o resultado, o que melhora a tomada de decisão.

Assim como os resultados observados no primeiro ano de experimentação, utilizando o método de coleta de imagens pela análise da equação proposta por Gitelson et al (2002), os resultados observados no segundo ano tiveram o comportamento semelhante, evidenciando a estabilidade e confiabilidade do método de avaliação da variável. Dessa forma, pode-se inferir que a diminuição do espaçamento de 0,45 m para 0,15 m, realmente promove CS superior, o que pode trazer resultar na melhora na capacidade competitiva da cultura da soja com possíveis plantas daninhas (cultura interespecífica) e uma diminuição também da competição intraespecífica, pela melhora do arranjo espacial da cultura (BIANCHI et al.,

2010). Lembrando sempre que, segundo a literatura, essa condição de resposta à redução de espaçamento só é satisfatoriamente observada com a utilização de cultivares de soja com hábito de crescimento indeterminado (PROCÓPIO et al., 2013).

Tabela 20 – Cobertura do solo (CS) (%) por avaliação de imagens aos 21, 28, 35, 42 e 49 dias após a emergência da cultura da soja (DAE) em função de espaçamentos entrelinhas simulando semeadura a campo por semeadora de tração humana de empurrar concebida para a agricultura familiar (0,15 m) comparada com um modelo de semeadora produzida em escala comercial (0,45 m). UFPel\FAEM, 2020.

Espaçamento	Cobertura do Solo (CS) pela soja (%)				
	21 DAE	28 DAE	35 DAE	42 DAE	49 DAE
0,15 m	*27,91	*30,91	*46,58	*59,20	*84,27
0,45 m	19,88	22,14	29,16	42,36	72,07
¹ DMS (%)	1,95	3,15	6,11	7,84	4,33
² CV (%)	7,02	10,20	13,84	13,26	4,76

*Diferença significativa da cobertura do solo pela cultura soja por avaliação de imagens, na coluna, pelo teste “t” ($\alpha \leq 0,05$). ¹Diferença mínima significativa. ²Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV).

Estudo recente indica que, as adoções de espaçamentos reduzidos na cultura da soja, além de promover uma melhora nos parâmetros competitivos da cultura, promovem um incremento na produtividade, algo bastante desejável a qualquer produtor. No norte do Japão, a redução de espaçamento para 0,15 m, retornou superior produtividade na cultura em dois anos consecutivos, em dois locais distintos e com a utilização de duas cultivares diferentes de soja (KUMAGAI, 2021).

A maior CS da cultura da soja fica evidente com a redução do espaçamento de semeadura da cultura de 0,45 para 0,15 m, independentemente da data e do método de coleta da variável (Figuras 23, 24 e 25).

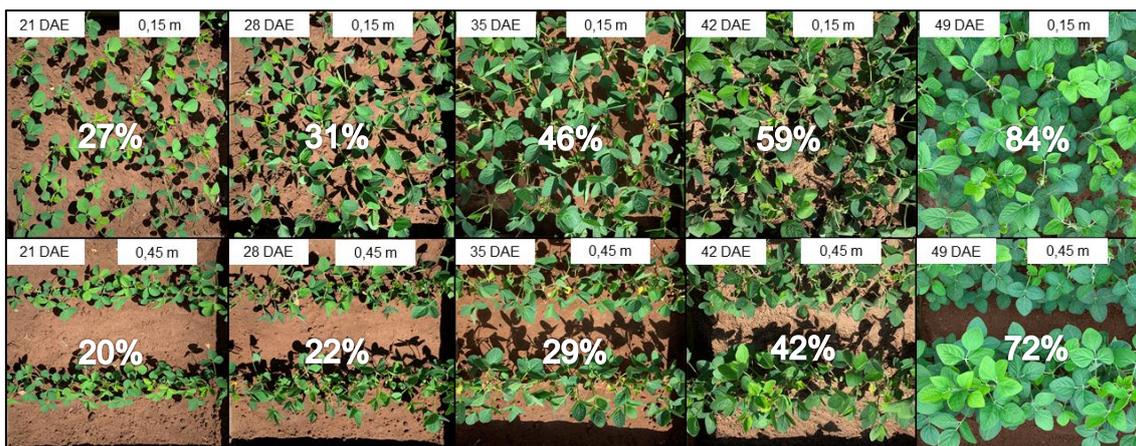


Figura 23 – Caixas de alvenaria na condição semi-campo na coleta da variável cobertura do solo (CS) em diferentes datas após a emergência da cultura da soja (21, 28, 35, 42 e 49 DAE), em dois diferentes espaçamentos (0,15 e 0,45 m). UFPel/FAEM, 2020.

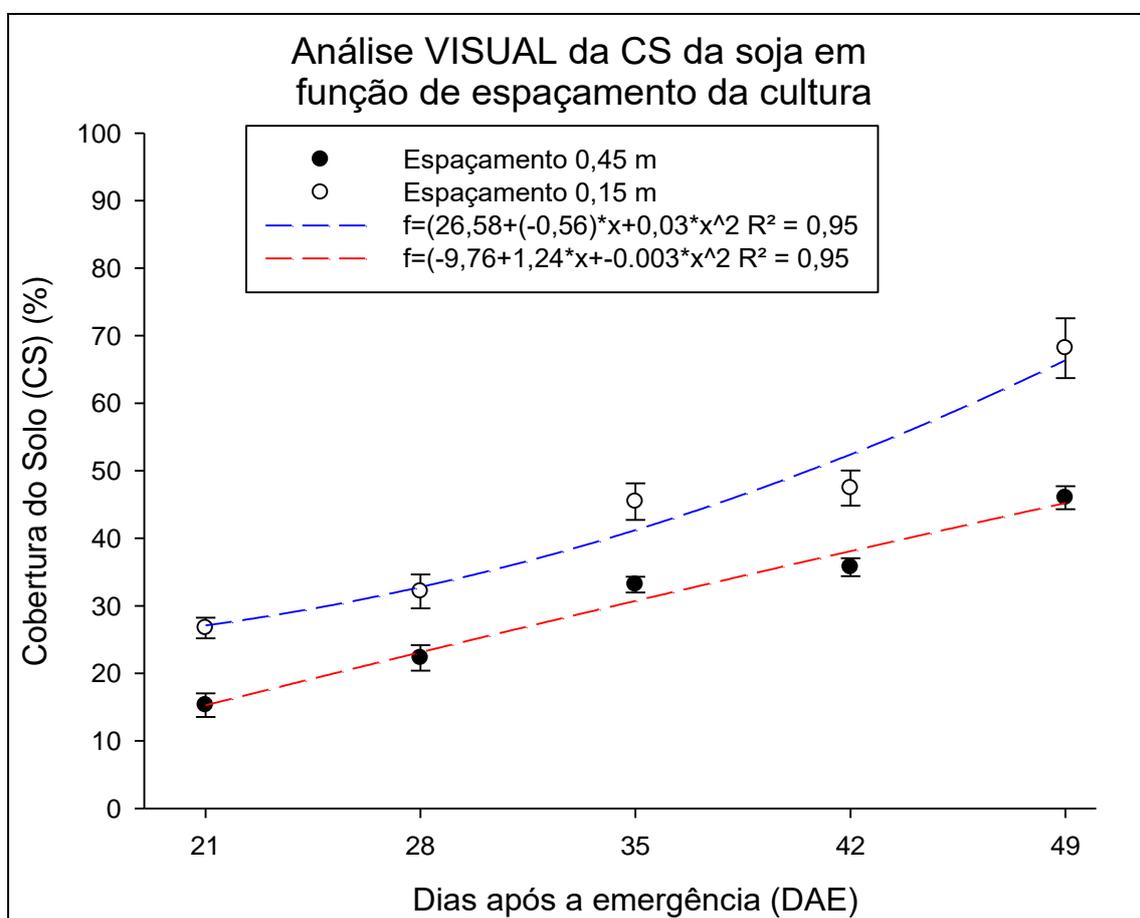


Figura 24 – Cobertura do solo (CS) por plantas de soja, por avaliação visual, em diferentes datas após a emergência da cultura (21, 28, 35, 42 e 49 DAE), em dois diferentes espaçamentos (0,15 e 0,45 m). UFPel/FAEM, 2020.

Assim como o teste de médias, a análise de regressão mostra a superioridade do espaçamento reduzido na variável. Houve ajuste do modelo matemático de 95% para ambos os espaçamentos pela avaliação visual.

Assim, a equação do modelo matemático pode ser utilizada de forma satisfatória para se conhecer qualquer valor no intervalo não amostrado (Figura 24). Independente da data de avaliação, pela análise visual, houve CS superior quando o espaçamento foi reduzido de 0,45 m para 0,15 m (Figura 24).

Quando a coleta da variável foi realizada de forma digital, os ajustes do modelo de regressão foram ainda superiores. Para o espaçamento de 0,45 m, o ajuste do modelo foi de 97 % e para o espaçamento de 0,15 m o modelo teve um ajuste de 99 % (Figura 25). Assim como para a análise visual, a CS da soja foi superior para o método de imagens no espaçamento de 0,15 m, independente da data de avaliação (Figuras 24 e 25).

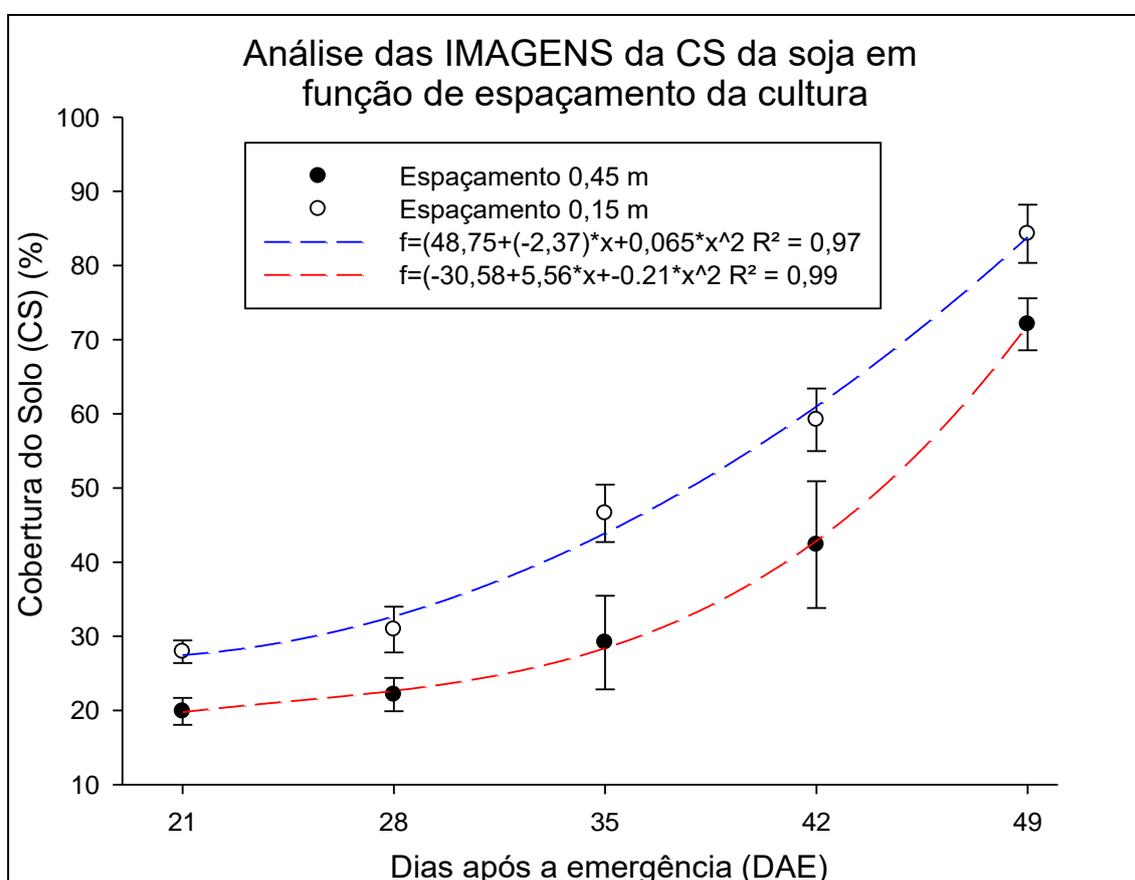


Figura 25 – Cobertura do solo (CS) por plantas de soja, por avaliação de imagens, em diferentes datas após a emergência da cultura (21, 28, 35, 42 e 49 DAE), em dois diferentes espaçamentos (0,15 e 0,45 m). UFPel/FAEM, 2020.

Esse resultado reforça a acurácia do método de coleta da variável proposta, sendo notável que sua utilização dará maior confiabilidade para a utilização do espaçamento reduzido em determinada situação pelo produtor. Porém, esse é um passo inicial de interpretação dos resultados. Novos estudos são necessários para a transferência do método a um dispositivo que seja de

fácil utilização pelo usuário final, no caso específico, o produtor, como para um aplicativo utilizável em um *smartphone* ou *tablet*. Assim, a difusão da tecnologia pode trazer benefícios à tomada de decisão nos campos de cultivo.

Analisando-se graficamente de forma sobreposta os dois métodos de avaliação, no espaçamento de 0,15 m, fica claro que a avaliação visual pôde estimar de forma satisfatória os resultados até a terceira data de avaliação, porém, nas duas últimas datas, a avaliação visual subestimou a CS, pois os resultados, pelo método de análise de imagens, foram estatisticamente superiores (Figura 26).

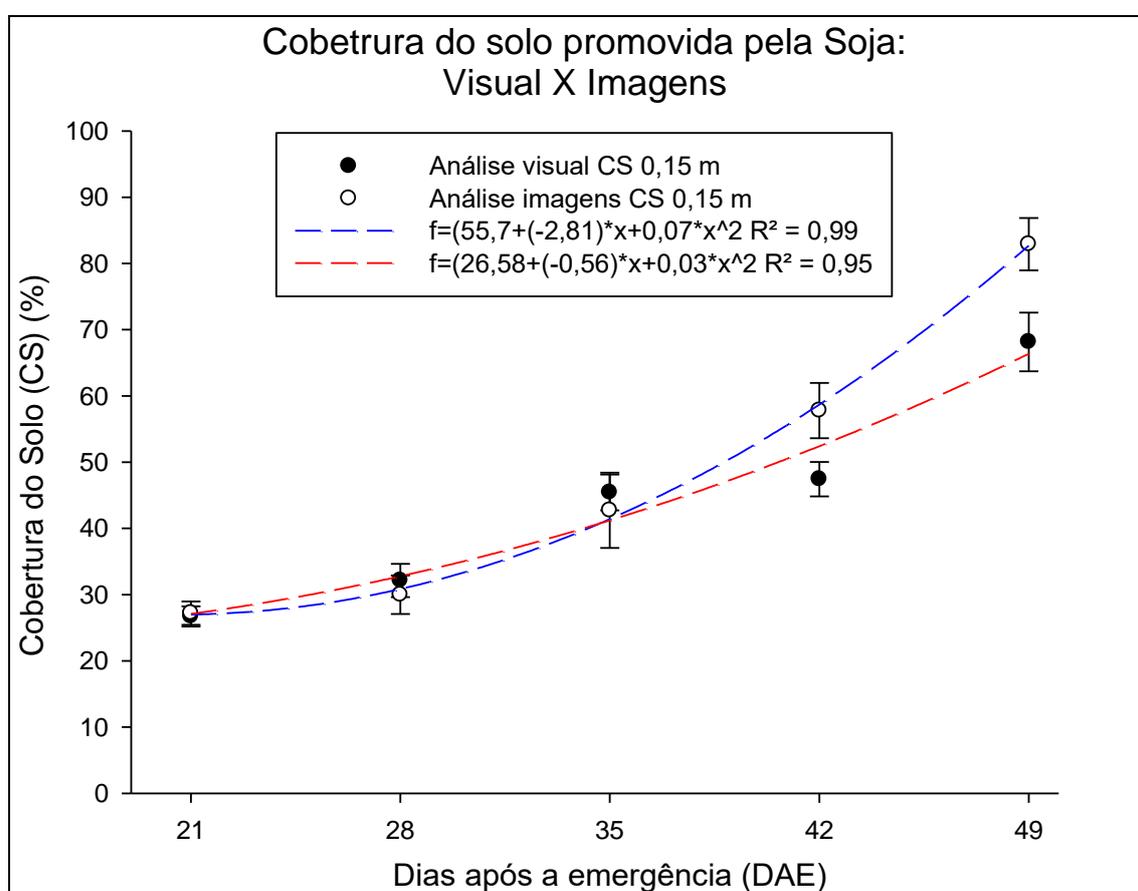


Figura 26 – Cobertura do solo (CS) por plantas de soja em diferentes datas após a emergência da cultura (21, 28, 35, 42 e 49 DAE), em espaçamento de 0,15 m, em dois diferentes métodos de avaliação (visual e por imagens). UFPel/FAEM, 2020.

Os resultados comportaram-se de forma semelhante avaliando-se graficamente de forma sobreposta no espaçamento de 0,45 m, porém o método visual subestimou somente o resultado na data final de avaliação (Figura 27).

Dessa forma, os resultados sugerem que o método de coleta da variável é válido e ainda pode corrigir distorções de avaliação inerentes ao olho humano, por mais experiente que o avaliador possa ser. Assim, pode-se ter maior fidelidade na informação, sendo essa fundamental na tomada de decisão.

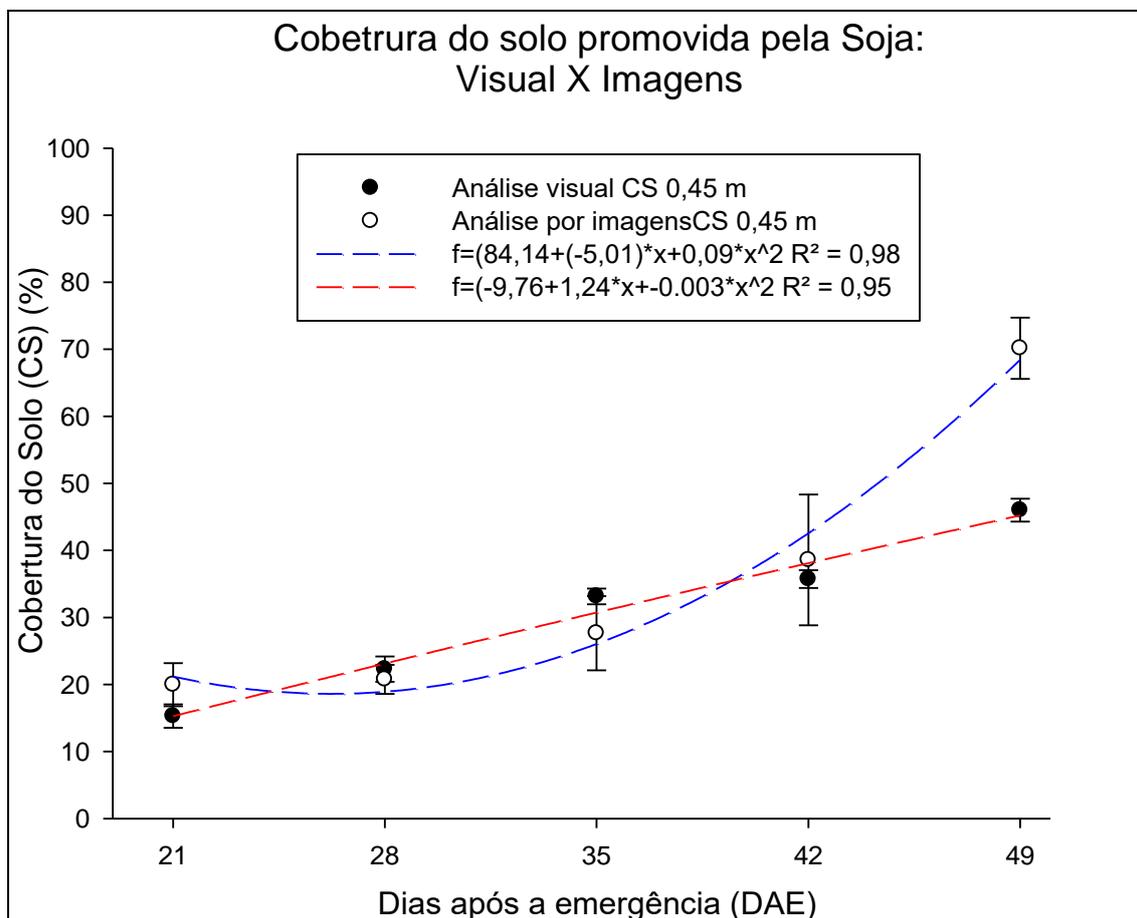


Figura 27 – Cobertura do solo (CS) por plantas de soja em diferentes datas após a emergência da cultura (21, 28, 35, 42 e 49 DAE), em espaçamento de 0,15 m, em dois diferentes métodos de avaliação (visual e por imagens). UFPel/FAEM, 2020.

Em relação à MSPA da soja coletada aos 49 DAE, percebe-se acúmulo superior da variável com redução do espaçamento de 0,45 m para 0,15 m, conforme a tabela 21. Os resultados demonstram que o espaçamento reduzido, além de promover superior CS, promove também, superior acúmulo de massa seca na cultura da soja com a melhora do arranjo espacial da cultura.

Embora se perceba um acúmulo mais modesto de MSPA no experimento realizado na condição de semi-campo, em comparação com o experimento a campo conduzido no ano anterior, a campo, é correto afirmar

que a redução do espaçamento na cultura da soja fornece superior captação da luz incidente o que reflete na maior produção de MSPA (Tabelas 18 e 21).

Tabela 21– Massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura da soja aos 49 dias após a emergência (DAE) em função de diferentes espaçamentos de semeadura simulando o uso de semeadora de tração humana com espaçamento de 0,15 m comparada com um modelo de semeadora produzida comercialmente com espaçamento de 0,45 m. FAEM – UFPel, 2020.

Espaçamentos	MSPA Soja (Mg ha ⁻¹)	¹ CV (%)
0,15 m	*1,828	11,22
0,45 m	1,351	
² DMS (MG ha ⁻¹)	0,229	

* Diferença significativa da massa da massa seca da cultura soja, na coluna, pelo teste “t” ($\alpha \leq 0,05$). ¹Coeficiente de variação dos dados no modelo estatístico (CV). ²Diferença mínima significativa.

Com a redução do espaçamento de 0,45 e 0,70 m para 0,20 m, além do superior acúmulo de MSPA, houve aumento significativo no peso de mil grãos da cultura em 8,2 e 13,5 %, para os espaçamentos de 0,45 e 0,70 m respectivamente. Como consequência disso, na média de dois anos de estudo, a redução de espaçamento promoveu um aumento de produtividade de 7,5 % para o espaçamento de 0,20 m comparada com o espaçamento de 0,45 m e um aumento de produtividade de 14,8 % quando comparada com o espaçamento de 0,70 m (KOLARIĆ et al., 2014). Pode-se perceber assim que MSPA e produtividade podem ser variáveis correlacionadas.

Pelo melhor aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa, em função do maior índice de área foliar e dossel, a redução do espaçamento da cultura da soja de 0,30 para 0,15 m, na Europa Central, também promoveu superior acúmulo de MSPA da cultura em dois anos consecutivos de cultivo (JAŃCZAK-PIENIAZEK et al., 2021).

Dessa forma, pode-se inferir que a redução do espaçamento de semeadura da cultura da soja de 0,45 m para 0,15 m, além de promover uma melhora na habilidade competitiva da cultura com plantas daninhas e acúmulo superior de MSPA, pode resultar em acréscimo de produtividade.

8.6. Conclusões

Independentemente da data de coleta, há aumento da CS com a redução de espaçamento de 0,45 m para 0,15 m.

O método de coleta digital da variável mostra-se válido pela repetição e pela comparação com o método de análise visual pela média de dois experientes avaliadores. O método ainda pode corrigir eventuais distorções inerentes ao olho humano, sendo assim mais confiável.

No experimento a campo, a MSPA foi 67 % superior no tratamento com espaçamento reduzido de semeadura da cultura da soja. Já no experimento na condição de semi-campo foi mais modesto, na ordem de 35 %.

9. Considerações finais

De forma geral, os protótipos de semeadoras desenvolvidos para uso na agricultura familiar desempenharam suas funções de forma satisfatória quando comparados com a semeadora comercial produzida em escala comercial.

Salienta-se a característica de mínima mobilização do solo momento da semeadura promovida pelo protótipo dotado de sulcador de hastes, o que favoreceu de maneira significativa na maioria das variáveis analisadas pela conservação da umidade, visto que no momento da semeadura a condição era de estresse hídrico, sendo essa superior nos resultados frente ao modelo comercial em muitas das variáveis coletadas.

Ao contrário, para a semeadora com preparo localizado, percebeu-se que, justamente essa característica construtiva, fez com que a condição de umidade deva ser considerada com cuidado, pois sua mobilização de solo no momento da semeadura pode esgotar as reservas de umidade em situações de restrição hídrica, fato esse que prejudicou a emergência, o estabelecimento e o estande final das culturas. Porém, qualidades puderam ser percebidas no protótipo, como por exemplo, e baixa quantidade de espaçamentos duplos gerados.

Quanto à modificação do arranjo espacial da cultura da soja, pela utilização do protótipo de semeadora de tração humana de empurrar, percebeu-se que essa modificação favoreceu a produção de massa seca da parte aérea da cultura, bem como a cobertura do solo promovida pelas plantas de soja.

Além disso, a redução do espaçamento mostrou-se uma ferramenta de controle cultural promissora para quando se pensa em cultivo orgânico de soja. A rápida apropriação do espaço pela mudança do arranjo espacial deve promover uma diminuição do fluxo de plantas daninhas (não experimentado) além da diminuição da competição intraespecífica, fazendo com que a cultura

possa ser cultivada nessa modalidade de cultivo, visto que o uso de agrotóxicos para o controle de plantas daninhas no cultivo orgânico é vedado.

O método de coleta digital da variável, pela equação proposto por Gitelson et al (2002), estima de forma adequada a variável cobertura do solo (CS) e pode ser utilizada em substituição ao método de avaliação visual com superior acurácia na estimativa da variável. Novos estudos devem ser realizados para possibilitar a transferência do método de coleta para um dispositivo de uso facilitado, como em um aplicativo a ser utilizado em um *smartfone* ou *tablet*, para que possa ser utilizado pelo usuário final, sendo, assim, transferida a tecnologia.

10. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, A. C. S.; BONIFÁCIO, J.; PUSCH, M.; OLIVEIRA, F. C.; GESEINHOFF, L. O.; BISCARO, G. A. Produtividade e eficiência de uso da água em milho cultivado com diferentes estratégias de manejo hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 11, n. 3, p. 1448-1457, 2017.

ANDERSSON, N. L. M. **Seleção de tratores agrícolas adequados a agricultura familiar**. 2010. Dissertação. Mestrado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

AZEVEDO A. M.; ANDRADE JÚNIOR V. C.; FERNANDES J. S. C. Transformação Box-Cox na homocedasticidade e normalidade uni e multivariada em experimentos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**. v. 34, n. 1, p. 093-101, 2016.

BALBINOT JR, A. A.; OLIVEIRA, M. C. N.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; ZUCARELI, C.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F. Phenotypic plasticity in a soybean cultivar with indeterminate growth type. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 9, p. 1038-1044, 2018.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; NEUMAIER, N.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Semeadura cruzada, espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura influenciando o crescimento e a produtividade de duas cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v. 15, n. 2, p. 83-93, 2016.

BALESTRA, M. R. G. **Efeitos da aquisição de tratores agrícolas por meio do Pronaf Mais Alimentos na Região Central do Rio Grande do Sul – da economia à segurança**. Tese. Doutorado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o Clima**. 1.ed. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p.

BERNSTEIN, E. R.; STOLTENBERG, D. E.; POSNER, J. L.; HEDTCKE, J. L. Weed community dynamics and suppression in tilled and no-tillage transitional organic winter rye–soybean systems. **Weed Science**, v. 62, n. 1, p. 125-137, 2014.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; LAMEGO, F. P.; AGOSTINETTO, D. Papéis do arranjo de plantas e do cultivar de soja no resultado da interferência com plantas competidoras. **Planta Daninha**, v. 28, n.esp, p. 979-991, 2010.

- BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; CARVALHO, L. B. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de *Glycine max* (L.) Merr. e *Euphorbia heterophylla* L. **Ensaio e Ciência**, v. 11, n. 2, p. 61-72, 2007.
- BOTTEGA, E. L.; BRAIDO, R.; PIAZZETTA, H. V. L.; OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N. Efeitos da profundidade e velocidade de semeadura na implantação da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**. v. 19, n. 2, p. 74-78, 2014.
- BOTTEGA, E. L.; VIAN, T.; GUERRA, N.; OLIVEIRA NETO, A. M. Diferentes dosadores de sementes e velocidades de deslocamento na semeadura do milho em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**. v. 22, n. 1, p. 1-5, 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes (RAS)**. Brasília: Mapa/Assessoria de Comunicação Social, 2009. 399p.
- BRASIL. **Lei nº 11.326, de 24 de jul. de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Brasília, DF, jul. 2006.
- BOYKO, A.; POPIK, P.; GERASYMCHUK, I.; BANNYI, O.; GERASYMCHUK, N. Application of the new structural solutions in the seeders for precision sowing as a resource saving direction. **Eastern-European Journal of Enterprise Technologies**. N. 5, v. 1, p. 46-53, 2018.
- CALISKAN, S.; ARSLAN, M.; UREMIS, I.; CALISKAN, M. The effects of row spacing on yield and yield components of full season and double-cropped soybean. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**. v. 31, n. 3, p. 147-154, 2007.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO J. SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling** **Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.
- CASTRO, N. C.; PEREIRA, C. N. Agricultura Familiar, Assistência Técnica e Extensão Rural e a Política Nacional de ATER. In: **Texto para discussão 2343. IPEA**. ed. Brasília, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2017. p.1-48.
- CI ORGÂNICOS. **Centro de Inteligência**. O agricultor que consegue produzir soja orgânica em grandes quantidades. Disponível em: <<https://ciorganicos.com.br/noticia/produtor-soja-organica-quantidades/>>. Acesso em: 05 out. 2020.
- COELHO, José Luís Duarte. Ensaio & certificação das máquinas para a semeadura. In: **Máquinas Agrícolas: Ensaio & certificação**. 1.ed. Piracicaba: Mialhe, 1996. p. 551-570.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Séries Históricas das Safras. Tabela de Levantamento. MilhoSerieHist. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: 20 abr. 2022a.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Séries Históricas das Safras. Tabela de Levantamento. SojaSerieHist. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: 04 mar. 2022b.

DUARTE, João Batista. **Princípios sobre delineamentos em experimentação agrícola**. 1996. Trabalho de especialização. (Especialização em Estatística) – Departamento de Estatística e Informática, do Instituto de Matemática e Física, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1996.

EDWARDS, J. F.; PURCELL, L. C. soybean yield and biomass responses to increasing plant population among diverse maturity groups. **Crop Science**. v. 45, n. 5, p. 1770-1777, 2005.

EMBRAPA. **Avaliação do desempenho de variedades sintéticas de milho no Rio Grande do Sul**. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA MILHO e SORGO, 2018. 10p. (EMBRAPA MILHO e SORGO. Comunicado Técnico, 227).

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013a. 353p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014. – Londrina: Embrapa Soja**, 2013b. 265 p. (Sistema de Produção, n. 16).

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. FoodSupply (2016). Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 19 set. 2018.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. The future of family farming in the context of the 2030 Agenda (2019). Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca4778en/ca4778en.pdf>>. Acesso em: 06 Ago. 2019.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. **Ames: Iowa State University of Science and Technology**. 11 p. (Special Report 80), 1977.

FISS, G.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; CASTELHANOS, C. I. S.; MENEGHELLO, G. E.; AUMONDE, T. Z. Produtividade e características agrônomicas da soja em função de falhas de semeadura. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**. v. 61, s/n, p. 1-7, 2018.

GAZZONI, D. L.; CATTELAN, A. J. NOGUEIRA, M. A. O aumento da produção brasileira de soja representa uma ameaça para a floresta amazônica? **Documentos/EMBRAPA**. EMBRAPA Soja. Londrina, PR. 2019. 30p.

GITELSON, A. A.; KAUFMAN, Y. J.; STARK, R.; RUNDQUIST, D. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. **Remote sensing of environment** v. 80, p. 76-87, 2002.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. D. B. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**. v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **Censo Agropecuário 2006. Brasil, Grandes Regiões, e Unidades da Federação. Segunda Apuração**. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv61914.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2018.

INAGAKI, M. N.; JUNQUEIRA, C. P.; BELLON, P. P. Desafios da produção de soja orgânica como determinante à implantação de seu cultivo para fins comerciais na região oeste do Paraná. **Revista gestão & sustentabilidade ambiental**. v.7, n.1, p.682-699, 2018.

INDICAÇÕES. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2018/2019 E 2019/2020**. Três de Maio, Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM), RS, 2018. 105 p.

JAŃCZAK-PIENIAZEK, M.; BUCZEK, J.; BOBRECKA-JAMRO, D.; SZPUNAR-KROK, E.; TOBIASZ-SALACH, R.; JARECKI, W. Morphophysiology, productivity and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cv. Merlin in response to row spacing and seeding systems. **Agronomy**. v. 11, n. 2, p. 1-18, 2021.

KOLARIĆ, L. J.; ŽIVANOVIĆ, L. J.; POPOVIĆ, V.; IKANOVIĆ, J.; SREBRIĆ, M. Influence of inter-row spacing and cultivar on the productivity of soybean. **Biotechnology in Animal Husbandry**. v. 30, n. 3, p. 517-528, 2014.

KLAVER, P. P. C.; GARCIA, R. F.; VASCONCELOS JÚNIOR, J. F.; CORRÊA JUNIOR, D.; VALE, W. G. Programa computacional para calcular a potência requerida de máquinas e implementos agrícolas. **Revista Ceres**. v. 60, n. 6, p. 890-895, 2013.

KUMAGAI, E. Agronomic responses of soybean cultivars to narrow intra-row spacing in a cool region of northern Japan. **Plant Production Science**. v. 24, n. 1, p. 29-40, 2021.

MACHADO, J. R. de A.; FONTANELI, R. S. Inserção das culturas de milho e sorgo na agricultura familiar na região sul brasileira. In: KARAM, D.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). **Eficiência nas cadeias produtivas e o**

abastecimento global. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. cap. 19, p. 209-224.

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.

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGRO, G. A.; FARIA, R. T.; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. Indicadores para condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 13, n. 4, p. 397-405, 2009.

MEDEIROS, F. A.; REIS, A., V.; MACHADO, A. L. T.; MACHADO, R. L. T.; STEFANELLO, G. Use of walking tractor powered rotary tiller in no-tillage system. **Revista Ciência Agronômica**. v. 46, n. 1, p. 54-63, 2015.

MODOLO, A. J.; SCHIDLOWSKI, L. L.; STORCK, L.; BENIN, G.; VARGAS, T. O.; TROGELLO, E. Rendimento de soja em função do arranjo de plantas. **Revista de Agricultura**. v. 91, n. 3, p. 216-229, 2016.

NIEMCZEWSKI, B. K.; REIS, A. V.; MACHADO, R. L. T.; MACHADO, A. L. T. Validação de um modelo de cálculo por elementos finitos do chassi de uma semeadora de quatro linhas. **Engenharia Agrícola**. v. 34, n. 1, p. 161-170, 2014.

NIKON. **Câmera digital Coolpix P510. Manual de referência**. Nikon Corporation, 2012. 260p. Disponível em: <[http:// https://cdn-10.nikon-cdn.com/pdf/manuals/coolpix/portuguese/P510_BR.pdf](http://https://cdn-10.nikon-cdn.com/pdf/manuals/coolpix/portuguese/P510_BR.pdf)>. Acesso em: 02 out. 2019.

ORMOND, A. T. S.; CARLOS EFURLANI, C. E. A.; OLIVEIRA, M. F.; NORONHA, R. H. F.; TAVARES, T. O.; MENEZES, P. C. Maize Sowing Speeds and Seed-Metering Mechanisms. **Journal of Agricultural Science**. v. 10, n. 9, p. 468-476, 2018.

PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural**. v. 34, n. 2, p. 357- 364, 2004.

PEREIRA, C. S.; MOREIRA, E. F.; FIORINI, I. V. A.; ASSIS, R. P.; ARANTES, S. A. C. M.; SILVA, A. A. Semeadura cruzada e linear na cultura da soja na região de Dom Eliseu-Pará. **Revista de Ciências Agroambientais**. v. 16, n. 2, p. 117-122, 2018.

PEREIRA, C. S.; SERAFIM, R. C.; ZANATTO, I. B.; FIORINI, I. V. Germinação e crescimento inicial de plantas de soja submetidas ao déficit hídrico. **Global Science and Technology**. V. 9, n. 1, p. 33-40, 2016.

PIAS, O. H. C.; LOWE, M. A.; DAMIAN, J. M.; SANTI, R. T.; TREVISAN, R. Componentes de rendimento e produtividade de híbridos de milho em função

de doses de NPK e de deficit hídrico em estádios fenológicos críticos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v. 16, n. 4, p. 422-432, 2017.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. v. 4, n. 2, p. 183-188, 1998.

POPOVIĆ, V.; KOLARIĆ, L. J.; ŽIVANOVIĆ, L. J.; IKANOVIĆ, J.; SREBRIĆ, M.; SIMIĆ, D.; ĐEKIĆ, V.; SIKORA, V. Effect of on-of vegetation spacing: increase in dry weight units of time - relative growth (rgr) of soybean plants. **Agronoma, Veterinara, Tehnologa & Agroekonomista**. v. 21, n. 1-2, p. 21-32, 2015.

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 56, n. 4, p.319-325, 2013.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos de soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**. v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.

REYNALDO, E. F.; MACHADO, T. M.; TAUBINGER, L.; QUADROS, D. Influência da velocidade de deslocamento na distribuição de sementes e produtividade de soja. **Engenharia na Agricultura**. V. 24, n. 1, p. 63-67, 2016.

REIS, A.V.; FORCELLINI, F.A. Dosador mecânico de precisão para sementes miúdas: Testes funcionais. **Agriambi**. v. 13, n. 5, p. 651-656, 2009.

REIS, A.V.; FORCELLINI, F.A. Análise da precisão funcional da semeadora. **Tecno Lógica**. v. 6, n. 2, p. 91-104, 2002.

REUNIÃO. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul: safras 2017/2018 e 2018/2019 / LXII Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Milho; XLV Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Sorgo**. Sertão, RS: EMBRAPA, 2017. 209 p.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. How a corn plant develops. **Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service**. 21 p. (Special Report n. 48), 1989.

SANTOS, T. D.; MEERT, L.; BORGHI, W. A. SILVA, P. S.; FIGUEIREDO, A. S. T. Desenvolvimento inicial de plantas de soja e qualidade de semeadura em função da velocidade de deslocamento da semeadora e textura do solo. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**. V. 10, n. 2, p. 97-103, 2017.

SEAPDR. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural do Estado do Rio Grande do Sul. **Relatório Oficial Nº 1/2020**. Porto Alegre, 2020. Relatório. 25p.

SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática – Banco de Tabelas Estatísticas. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 27 out. 2020.

SILVA, F. A.; FREITAS, F. C. L.; ROCHA, P. R. R.; CUNHA, J. L. X. L.; DOMBROSKI, J. L. D.; COELHO, M. E. H.; LIMA, M. F. Milho parta ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. **Semina**. V. 36, n. 1, p. 327-340, 2015.

SMITH, A. N.; REBERG-HORTON, S. C.; PLACE, G. T.; MEIJER, A. D. Rolled rye mulch for weed suppression in organic no-tillage soybeans. **Weed Science**. v. 59, n. 2, p. 224-231, 2011.

STEFANELLO, G.; MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; MACHADO, R. L. T.; MORAIS, C. S. Estrutura funcional de uma semeadora de tração humana. **Ciência Rural**. v. 44, n. 9, p. 1583-1588, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 954 p.

TEIXEIRA, Sandro Silva. **Desenvolvimento de uma semeadora de precisão voltada para a agricultura familiar de base ecológica**. 2014. 165 f. Tese (Doutorado em Avaliação, otimização e desenvolvimento de tecnologias em mecanização agrícola) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” - FAEM, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; OLIVEIRA, E. P.; CORRÊA, C. C. G.; TORRES, F. E. Acúmulo de massa seca na soja em resposta a aplicação foliar com silício sob condições de déficit hídrico. **Bioscience Journal**. V. 31, n. 1, p. 161-170, 2015.

TOLEDO, E. N. B.; ZONIN, V. J. Agricultura familiar em busca de renda monetária e a relativização da sustentabilidade. **Revista do Desenvolvimento Regional**. v.17, n.4, p.140-167, 2020.

USDA. **United States Department of Agriculture**. World Agricultural Production, Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

11. Anexos

11.1. Anexo I:

Análise química do solo da área experimental

Registro	Identificação da Amostra	Matrioula	Área (ha)	Cultura	Profundidade	Latitude	Longitude
1265	01	-X-	-X-	-X-	-X-	31°48'12" S	52°24'48" W

Nome: Angelo Vieira dos Reis Município: Pelotas
 CPF/CNPJ: Solicitante: Angelo Vieira dos Reis
 Localidade: Entrada: 18/08/2018 Emissão: 28/08/2018

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC _{relativa}	Saturação (%)		Índice SMP
		omol/dm ³					Al	Bases	
1265	5,3	2,4	1,1	0,3	2,5	4,0	7,5	60	6,5

Diagnóstico para acidez do solo e calagem
 pH em água 1:1; Ca, Mg, Al, e Mn trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ e CTC a pH 7,0.

Registro	% MO	% Argila	Classe de Argila	S	P-Mehlich	K	CTC _{pH7}	K
				mg/dm ³			omol/dm ³	
1265	1,10	14	4	-X-	30,5	42	6,2	0,11

Diagnóstico para macronutrientes e recomendação de adubação NPK-S
 Argila determinada pelo método do densímetro; MO por digestão úmida e P, K, Na, Zn e Cu determinados pelo método de Mehlich I.

Registro	Cu	Zn	B	Mn	Na	% Fe	Relações Molares		
	mg/dm ³						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
1265	-X-	-X-	-X-	-X-	28	-X-	2,18	21,82	10,00

Diagnóstico para micronutrientes e relações molares
 S-GO₂ extraído com CaHPO₄ 500 mg L⁻¹ de P e B extraído com água quente.

CONSULTE UM AGRÔNOMO PARA OBTER AS RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO

Os resultados contidos neste documento têm significação restrita e se aplicam somente a(s) amostra(s) ensaiada(s). A(s) amostra(s) ensaiada(s) permanecerá(ão) à disposição do cliente por 30 (trinta) dias consecutivos a contar da data de emissão do Relatório de Ensaio, desde que haja quantidade suficiente. Após este período a(s) amostra(s) será(ão) descartada(s) sem aviso prévio. Não é permitida a reprodução parcial deste documento.



SELO DE QUALIDADE
ANÁLISE BÁSICA
 +MICRONUTRIENTES

Assinatura digital

41-B9-83-63-2F-3D-E9-88-CC-F9-04-53-80-D6-33-F4

Para autenticar, acesse <http://img.tecnologia-s.com.br/pev/>, em "Autenticar" informe a sequência acima.
Eng^o Agr^o Renata Peixoto Eid
 CREA nº 92748 - 8ª Região
 Responsável Técnico

11.2. Anexo II:

Dados climatológicos dos meses de novembro e dezembro de 2018 e janeiro de 2019. EMBRAPA-ETB.

Estação Agroclimatológica de Pelotas									
Convênio Embrapa/UFPel/INMET									
Local: Campus da UFPel				Mês: Novembro			Ano: 2018		
Dias	PB	UR	PR*	PrAc**	EV	EVP	RS	I	N
1	1014,9	81,5	0,0	0,0	4,2	2,8	456	7,9	4,7
2	1010,9	78,5	0,0	0,0	8,5	4,3	564	10,9	2,3
3	1009,5	80,8	6,4	6,4	5,9	2,8	525	9,8	3,3
4	1014,7	82,0	0,0	0,0	6,1	4,4	604	11,9	3,7
5	1014,1	80,3	0,0	0,0	6,1	3,7	567	10,8	3,7
6	1016,4	85,5	0,0	0,0	5,3	3,0	324	4,0	8,3
7	1022,9	79,0	0,2	0,2	6,0	5,3	333	4,2	8,0
8	1018,5	72,3	0,0	0,0	10,9	7,4	614	12,0	2,0
9	1013,2	74,3	0,0	0,0	7,4	4,9	599	11,7	0,7
10	1007,2	73,0	0,0	0,0	4,5	5,2	577	11,0	4,7
11	1008,9	83,0	0,0	0,0	5,8	3,3	421	6,6	2,7
12	1010,0	84,0	0,0	0,0	6,1	3,8	315	3,6	7,0
13	1003,8	87,5	1,8	0,0	2,7	1,8	186	0,0	9,0
14	1003,0	54,0	0,0	1,8	10,6	7,4	495	8,6	3,7
15	1008,4	56,5	0,0	0,0	11,1	6,6	640	12,6	1,0
16	1017,4	77,3	0,0	0,0	8,2	5,9	592	11,2	2,7
17	1008,4	88,5	21,2	0,0	4,6	2,2	308	3,3	8,0
18	1011,5	73,5	12,0	33,2	8,0	4,8	445	7,1	4,3
19	1016,5	58,8	0,0	0,0	6,4	5,6	649	12,7	1,0
20	1016,2	72,0	0,0	0,0	8,3	4,8	632	12,2	1,0
21	1012,6	75,0	0,0	0,0	8,8	5,3	644	12,5	0,7
22	1008,6	76,5	0,0	0,0	7,8	4,3	563	10,2	2,7
23	1006,3	84,8	0,0	0,0	5,5	2,1	333	3,9	8,3
24	1004,9	88,3	8,7	2,3	6,2	2,8	337	4,0	7,7
25	1014,9	71,5	0,0	6,4	8,9	4,9	655	12,7	1,7
26	1018,9	71,0	0,0	0,0	8,7	8,2	569	10,3	3,7
27	1016,7	79,8	0,0	0,0	7,6	6,7	455	6,5	8,7
28	1011,3	92,5	2,6	0,0	3,7	2,5	317	3,4	9,0
29	1008,0	84,8	0,0	2,6	6,2	2,6	467	7,5	6,7
30	1004,8	84,5	0,0	0,0	8,0	3,2	570	10,3	5,3
MÉDIA	1011,8	77,7					491,9		4,5
MÁXIMA	1022,9	92,5	21,2	33,2			655,0		
MÍNIMA	1003,0	54,0					186,0		
TOTAL			52,9	52,9	208,1	132,6		253,4	

* vide legenda ** vide legenda Ioff/avg

Estação Agroclimatológica de Pelotas

Convênio Embrapa/UFPel/INMET

Local: Campus da UFPel				Mês: Dezembro			Ano: 2018		
Dias	PB	UR	PR*	PrAc**	EV	EVP	RS	I	N
1	1007,7	75,8	4,6	0,0	7,8	4,4	506	8,5	4,3
2	1014,4	72,8	0,0	4,6	8,1	4,8	588	10,7	3,7
3	1008,5	48,3	0,0	0,0	11,7	9,3	661	12,7	1,7
4	1002,5	67,3	0,4	0,0	9,2	6,4	604	11,1	4,3
5	1011,1	76,5	0,0	0,4	8,0	4,3	653	12,4	2,3
6	1017,1	71,5	0,0	0,0	8,3	4,5	556	9,9	6,0
7	1020,1	72,5	0,0	0,0	6,4	3,8	637	12,1	4,3
8	1017,8	60,8	0,0	0,0	10,0	7,0	660	12,7	0,3
9	1012,8	64,0	0,0	0,0	8,0	6,6	515	8,7	3,0
10	1013,4	70,0	0,0	0,0	9,6	5,8	636	12,0	1,7
11	1011,6	76,8	0,0	0,0	8,1	5,3	450	6,9	6,3
12	1012,3	85,5	9,4	9,4	5,9	2,8	275	2,1	9,0
13	1011,3	75,0	0,0	0,0	8,8	6,0	542	9,4	4,0
14	1007,9	74,0	1,1	0,0	6,1	4,5	224	0,7	7,7
15	1015,7	73,0	0,0	1,1	5,3	3,8	279	2,2	8,0
16	1013,3	82,8	0,0	0,0	7,7	3,5	636	11,9	2,3
17	1007,8	88,3	8,6	0,0	7,8	3,2	198	-	7,0
18	1015,6	90,8	0,6	9,1	1,0	1,5	198	0,0	10,0
19	1011,7	95,3	5,1	3,1	0,5	1,0	199	0,0	10,0
20	1005,4	91,0	13,4	13,3	2,0	1,2	206	0,2	9,3
21	1003,6	87,0	1,5	2,3	5,1	2,6	320	3,3	7,3
22	1007,1	79,5	0,0	1,4	9,5	3,6	658	12,5	5,3
23	1013,1	81,5	0,0	0,0	7,7	3,0	471	7,4	6,0
24	1015,0	80,8	0,0	0,0	6,9	5,3	637	11,9	3,3
25	1012,8	67,5	0,0	0,0	10,3	8,1	674	12,9	3,0
26	1011,0	79,5	0,0	0,0	9,9	5,8	611	11,2	4,3
27	1007,8	75,8	0,0	0,0	8,6	4,9	619	11,4	3,0
28	1007,3	75,3	0,0	0,0	9,4	5,7	636	11,9	1,3
29	1007,1	82,0	0,0	0,0	8,5	5,0	489	7,9	3,3
30	1007,0	74,5	0,0	0,0	10,2	4,7	578	10,3	4,0
31	1011,7	80,3	0,0	0,0	4,2	3,6	260	1,7	8,3

MÉDIA	1011,0	76,6					489,5		5,0
MÁXIMA	1020,1	95,3	13,4	13,3			674,0		
MÍNIMA	1002,5	48,3					198,0		
TOTAL			44,7	44,7	230,6	142,0		246,6	

* vide legenda

** vide legenda

loft/vng

Estação Agroclimatológica de Pelotas

Convênio Embrapa/UFPel/INMET

Local: Campus da UFPel			Mês: Janeiro				Ano: 2019		
Dias	PB	UR	PR*	PrAc**	EV	EVP	RS	I	N
1	1010,5	83,3	0,0	0,0	6,6	4,6	345	4,0	9,0
2	1004,4	80,8	3,3	0,0	7,9	4,3	425	6,2	7,7
3	1008,0	86,5	27,6	30,4	3,5	1,9	198	0,0	9,3
4	1012,9	72,5	0,0	0,5	7,3	3,8	633	11,9	3,0
5	1012,3	69,3	0,0	0,0	9,7	6,9	639	11,9	1,7
6	1006,1	82,5	0,0	0,0	8,9	4,3	538	9,2	5,3
7	999,2	81,0	4,5	4,5	5,2	3,8	241	1,2	8,3
8	1011,1	78,8	0,0	0,0	10,7	4,8	545	9,4	8,0
9	1007,5	91,0	27,3	24,7	5,1	1,2	196	0,0	9,7
10	1008,4	90,0	44,9	47,5	4,1	2,1	237	1,1	9,3
11	1016,5	84,8	0,0	0,0	0,4	2,3	236	1,1	7,3
12	1014,8	88,0	4,0	0,3	1,2	2,0	196	0,0	10,0
13	1011,8	92,0	0,5	3,8	4,8	2,0	399	5,5	9,0
14	1009,4	87,3	25,0	3,6	1,6	1,6	457	7,1	6,3
15	1007,5	96,5	34,7	21,9	3,8	0,8	202	0,2	10,0
16	1006,6	81,8	5,0	39,6	7,2	2,8	474	7,6	5,7
17	1014,0	88,0	1,0	0,0	4,4	2,1	319	3,4	8,3
18	1010,7	96,5	59,7	8,8	4,2	1,0	194	0,0	10,0
19	1017,3	92,3	13,8	62,3	1,6	1,8	193	0,0	10,0
20	1014,7	84,5	3,3	4,4	3,5	2,4	314	3,3	7,7
21	1012,7	82,3	0,0	2,3	6,4	2,8	588	10,8	4,0
22	1011,9	82,5	0,0	0,0	7,3	3,6	624	11,8	2,0
23	1012,4	87,0	0,0	0,0	3,3	2,3	243	1,4	7,0
24	1016,2	90,5	0,0	0,0	4,0	2,6	239	1,3	8,3
25	1013,3	82,3	0,0	0,0	7,3	4,4	285	10,8	5,3
26	1011,1	84,0	0,0	0,0	9,4	4,0	474	7,8	2,0
27	1010,9	83,5	0,0	0,0	7,0	3,2	545	9,8	2,7
28	1010,6	78,0	1,6	0,0	7,7	4,4	584	10,8	3,7
29	1008,9	65,5	0,0	1,6	10,4	6,6	570	10,5	3,3
30	1008,0	87,8	6,2	0,0	7,6	3,4	409	6,1	9,0
31	1010,7	89,8	3,6	9,8	3,9	1,9	205	0,5	9,3
MÉDIA	1010,7	84,5					378,9		6,8
MÁXIMA	1017,3	96,5	59,7	62,3			639,0		
MÍNIMA	999,2	65,5					193,0		
TOTAL			266,0	266,0	176,0	95,7		164,7	

* vide legenda ** vide legenda loft/vng

