



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MARCELO QUEIROZ AMORIM

**DESENVOLVIMENTO DE MECANISMO SULCADOR ASSOCIADO AO
PROCESSO DE SEMEADURA E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM
FUNÇÃO DO MÉTODO DE SEMEADURA E VELOCIDADE**

FORTALEZA

2017

MARCELO QUEIROZ AMORIM

DESENVOLVIMENTO DE MECANISMO SULCADOR ASSOCIADO AO
PROCESSO DE SEMEADURA E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM
FUNÇÃO DO MÉTODO DE SEMEADURA E VELOCIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas com Linha de Pesquisa em Máquinas e Mecanização Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli.

Coorientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A544d Amorim, Marcelo Queiroz.

Desenvolvimento de mecanismo sulcador associado ao processo de semeadura e características agronômicas em função do método de semeadura e velocidade / Marcelo Queiroz Amorim. – 2017.
203 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli.

Coorientação: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva.

1. Semeadura in situ. 2. Retenção de água. 3. Conservação do solo. I. Título.

CDD 630

MARCELO QUEIROZ AMORIM

DESENVOLVIMENTO DE MECANISMO SULCADOR ASSOCIADO AO
PROCESSO DE SEMEADURA E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM
FUNÇÃO DO MÉTODO DE SEMEADURA E VELOCIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas com Linha de Pesquisa em Máquinas e Mecanização Agrícola.

Aprovada em: 31/01/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alessandro Oliveira da Silva (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Cristiano Zerbato(Conselheiro)
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)

A Deus.

Aos familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre ter guiado meus passos e mostrado o caminho certo nos momentos difíceis em minha vida.

Aos meus pais, pelas lições de vida sobre o que é ser verdadeiramente digno, amando e respeitando o próximo independentemente de cor, religião ou classe social.

A Universidade Federal do Ceará (UFC), pela oportunidade de realização do curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola.

Ao CNPq pelo apoio financeiro e concessão da bolsa, algo substancial para meu total desenvolvimento.

Ao Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli, pela excelente orientação, paciência e compreensão.

Aos Membros da banca Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva e Prof. Dr. Cristiano Zerbato que aceitaram o convite em participar da banca e contribuir para a realização desse projeto.

A todos os integrantes do Núcleo Integrado de Máquinas e Projetos Agrícolas (NIMPA) que participaram ativamente na execução do experimento, Elivânia Maria Sousa Nascimento, Jean Lucas Pereira Oliveira, José Evanaldo Lima Lopes, Paulo Ricardo Alves dos Santos, Francisca Edcarla de Araújo Nicolau, Clíce de Araújo Mendonça e Maria Albertina Monteiro dos Reis.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, em especial, ao Prof. Dr. Daniel Albiero, pelos ensinamentos dentro e fora de sala de aula.

Aos operadores de máquinas Emanuel Júnior Freitas, Deleon Santiago de Oliveira e Sandoval, pela ajuda em dias de trabalho de campo.

A todos aqueles que, de alguma direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O semiárido brasileiro pode ser caracterizado por precipitação pluviométrica irregular, elevadas taxas evapotranspirométricas, solos rasos com baixa fertilidade e baixa capacidade de retenção de água, sendo necessários métodos adequados para retenção de água no solo. Em todos os métodos de preparo do solo para captação da água da chuva *in situ* a semeadura é realizada em momento distinto ao preparo. Portanto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho energético e operacional de um conjunto trator-semeadora equipadas com mecanismo sulcadores, avaliar qualidade de semeadura, qualidade da abertura do sulco e formação do camalhão, desempenho da cultura milho e atributos físicos do solo. O experimento foi instalado na Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici. Para o desempenho energético e operacional, qualidade do processo de semeadura e avaliação cultural do milho, o delineamento experimental em esquema fatorial $(2 \times 3) + 3$, dois locais de semeadura (em cima do camalhão e dentro do sulco), três velocidades (5,5; 7,5; e 9,5 km h⁻¹) e três testemunhas (Semeadura convencional nas velocidades 5,5; 7,5; e 9,5 km h⁻¹), com 4 repetições. Para os atributos físicos do solo, o delineamento experimental foi em esquema fatorial $(2 \times 2 \times 3)$, dois locais de semeadura (em cima do camalhão e dentro do sulco), dois períodos (15 e 120 dias após a semeadura) e três velocidades (5,5; 7,5; e 9,5 km h⁻¹), com 4 repetições. Os dados de desempenho energético e operacional, qualidade de semeadura, produção da cultura e atributos físicos do solo foram submetidos à análise de variância e a teste de médias. Na comparação do fatorial com as testemunhas foi utilizado o Teste de Dunnett ($p < 0,05$). Para qualidade do processo de formação do sulco-camalhão os dados foram avaliados pelo Controle Estatístico de Qualidade (CEQ). A semeadura dentro do sulco apresentou melhor desempenho energético e operacional, sendo que, maior produtividade do milho foi observada para semeadura em cima do camalhão.

Palavras-chave: Semeadura *in situ*. Retenção de água. Conservação do solo.

ABSTRACT

The Brazilian semiarid can be characterized by irregular rainfall in time and space, evapotranspirometric rates high, shallow soils with low fertility and water retention capacity, being necessary methods adequacy to water retention in the soil. In all methods of the tillage to rainwater captation *in situ* the seeding is realized in moment distinct tillage. The objective of this study was to evaluate the energy and operational performance of the tractor-seed equipped with furrow mechanics, evaluation sowing quality, formation of the ridge and sowing in a single operation, cultural with performance and soil physical attributes and maize productivity as a function of two sowing sites and three speeds in the Northeast region. The experiment was installed at the Federal University of Ceará, Pici Campus. For the energetic and operational performance, quality sowing process and cultural evaluation of maize, the experimental in factorial design $(2 \times 3) + 3$, two sowing sites (above the ridge and inside the groove), three speeds (5.5, 7.5 and 9.5 km h⁻¹) and three controls (conventional sowing at speeds 5.5, 7.5 and 9.5 km h⁻¹), with four replications. For the physical attribute of the soil, the experimental was factorial design $(2 \times 2 \times 3)$, two site sowing (above the ridge and inside the groove), two periods (15 and 120 days after sowing) and three speeds (5.5, 7.5 and 9.5 km h⁻¹), with four replications. The data of energy and operational performance, sowing quality, crop production and soil physical attributes were submitted to analysis of variance and to the means test. In the factorial comparison with the controls, the Dunnet test ($p < 0.05$) was used. For process quality formation groove-ridge the data was evaluation of the Statistical Control Quality (SCQ). The seeding within the furrow presented better energy and operational performance, and higher corn productivity was observed for sowing on top of the ridge.

Keyword: Seeding *in situ*. Water retention. Soil conservation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Região que compreende o Polígono das Secas, caracterizada pelos períodos de escassez prolongados	36
Figura 2- Captação de água da chuva <i>in situ</i> com Aração e semeadura no plano... ..	39
Figura 3-Captação de água da chuva <i>in situ</i> com sulcamento pré-semeadura. Abertura do sulco e formação do camalhão (A), implantação da cultura após preparo do solo.....	40
Figura 4- Captação de água da chuva <i>in situ</i> com sulcamento pós-semeadura.. ..	40
Figura 5- Captação de água da chuva <i>in situ</i> com sulco barrado.....	41
Figura 6- Sistema Guimarães Duque ou para captação de água da chuva <i>in situ</i>	42
Figura 7- Sistema Camalhões inclinados ou sistema W para captação de água da chuva <i>in situ</i>	43
Figura 8- Localização da área experimental pertencente Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará.....	50
Figura 9- Dados meteorológicos relativos ao período de condução do experimento (Maio a Setembro de 2016).	51
Figura 10 - Arado de disco fixo montado, tricorpo com discos lisos de 0,60 m de diâmetro utilizado para o preparo da área.	53
Figura 11- Grade leve de arrasto da marca Marchesan, modelo GN, OFF- Set, com 28 discos de 0,508 m de diâmetro utilizada para o preparo da área	53
Figura 12- Ilustração representativa dos estádios em que foram realizadas as adubações adubação de cobertura (V2, V4 e V8)	54
Figura 13- Ilustração representativa dos estádios em que foram realizadas as quatro aplicações de lufenurom contra a presença da lagarta do cartucho (V4, V8, V12 e R1).....	55

Figura 14- Estágio do último aplicação de herbicida na cultura do milho semeado em cima do camalhão (a), dentro do sulco (b) e convencionalmente (c)	55
Figura 15- Pesagem do eixo dianteiro e trazeiro do trator BM 120 4x2 TDA para realização da distribuição de peso	56
Figura 16- Semeadora-adubadora de precisão pneumática modelo JMJM2090EX.00 equipada com sulcadores para abertura do sulco e formação do camalhão	57
Figura 17- Trator 4 x 2 Massey Ferguson 265 usado como trator suporte no comboio para o processo de semeadura.....	57
Figura 18- Célula de carga e sistema de aquisição de dados instalados no trator BM 120 4x2 TDA	58
Figura 19- Fluxômetro e sistema eletrônico com contadores de pulsos trator BM 120 4x2 TDA para a obtenção das leituras dos fluxômetros e cronômetro.....	58
Figura 20- Fluxograma do projeto conceitual da estrutura de fixação do mecanismo sulcador ao chassi da semeadora	62
Figura 21- Estrutura de fixação do sulcador ao chassi da semeadora nas linhas laterais(a e c) e central (b)	64
Figura 22- Estrutura de fixação ligada ao chassi e ao sulcador da semeadora nas linhas laterais (a e c) e central (b)	65
Figura 23 -Vista explodida do sistema sulcador da linha central da semeadora-adubadora com suas partes constituintes	65
Figura 24 -Vista explodida do sistema sulcador das linhas laterais da semeadora-adubadora com suas partes constituintes	66
Figura 25- Peça de fixação do sulcador com o chassi da semeadora da linha central e suas cotas em mm	66
Figura 26- Peça de fixação do sulcador com o chassi da semeadora das linhas laterais e suas cotas em mm	67

Figura 27 -Asa laterais do sulcador com detalhamento dos pontos de encaixe e suas cotas em mm.....	67
Figura 28- Suporte de fixação da asa laterais do sulcador com detalhamento dos pontos de encaixe e suas cotas em mm	68
Figura 29- Bico do sulcador com as principais estruturas de fixação detalhadas e suas cotas em mm.....	68
Figura 30 - Peça desenvolvido para fazer a ligação do mecanismo sulcador ao chassi da semeadora-adubadora	69
Figura 31- Peça desenvolvida ligada ao mecanismo sulcado para abertura do sulco no solo.....	69
Figura 32- Mecanismo sulcado ligado ao chassi da semeadora-adubadora de precisão utilizada para semeadura do milho	70
Figura 33- Semeadura em cima do camalhão (a), semeadura dentro do sulco (b) e semeadura convencional (c)	73
Figura 34 - Croqui do experimento para coleta dos dados durante a execução do experimento	74
Figura 35-Levantamento do perfil da superfície natural (a) e de fundo, após passada do conjunto	78
Figura 36- Início da emergência das plântulas de milho na semeadura em cima do camalhão (a), dentro do sulco (b) e convencional (c).....	82
Figura 37-Curvas características de operação para diferentes valores de n para o teste em frente e verso normal para um nível de significância $\alpha = 0,05$	85
Figura 38-Ilustração da determinação da profundidade do sulco (a), altura do camalhão (b) e paralelismo entre sulcos (c).....	86
Figura 39- Ilustração para determinação da área do canal (A), altura do camalhão (HC) largura da base maior do sulco (B), largura da base menor do sulco (b)	87

Figura 40- Semeadura em cima do camalhão (a), semeadura dentro do sulco (b) e semeadura convencional (c)	92
Figura 41- Plotagem das tensões máximas e mínimas de Von Mises no mecanismo sulcador.....	97
Figura 42- Furos rasgados no suporte, essenciais para a regulagem da maior ou menor abertura das asas do sulcador,que pode conferir fragilidade a peça nas análises de tensões de Von Mises	98
Figura 43- Ponto critico na análise de tensão Van Mises na ligação da asa com o suporte.....	98
Figura 44- Plotagem de deformações máximas e mínimas no estudo de cheio e normal nos componentes do sulcador	99
Figura 45- Assimetria e curtose para desempenho energético e operacional do trator no processo de semeadura	100
Figura 46- Assimetria e curtose para qualidade do processo de semeadura no processo de semeadura	101
Figura 48- Assimetria e curtose para abertura do sulco e formação do camalhão no processo de semeadura do milho. Profundidade do sulco (a), Altura do camlhão (b), paralelismo (c) e área do canal (d).	102
Figura 49-Assimetria e curtose para avaliação cultural do milho no processo de semeadura	103
Figura 50- Assimetria e curtose para características físicas nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m para resistência do solo a penetração (R) e umidade (U).....	104
Figura 51-Valores médios obtidos para o desdobramento dos locais de semeadura dentro das velocidades teóricas para patinamento dos rodados traseiro do trator (PRT).....	106

Figura 52- Valores médios obtidos para o desdobramento das velocidades teóricas dentro dos locais de semeadura para patinamento dos rodados traseiro do trator (PRT).....	107
Figura 53-Valores médios obtidos do desdobramento dos locais de semeadura dentro das velocidades para consumo de combustível em L ha na operação de semeadura	108
Figura 54 - Valores médios obtidos do desdobramento das velocidades dentro dos locais de semeadura para consumo de combustível em L ha na operação de semeadura	109
Figura 55- Valores médios obtidos do desdobramento dos locais de semeadura dentro das velocidades teóricas para velocidade de deslocamento durante semeadura	115
Figura 56- Valores médios obtidos do desdobramento das velocidades teóricas dentro dos locais de semeadura para velocidade de deslocamento durante semeadura	116
Figura 57-Valores médios obtidos do desdobramento dos locais de semeadura dentro das velocidades teóricas para potência na barra de tração durante semeadura do milho.....	117
Figura 58- Valores médios obtidos do desdobramento das velocidades teóricas dentro dos locais de semeadura para potência na barra de tração durante semeadura do milho.....	118
Figura 59-Valores médios obtidos do desdobramento para capacidade de campo efetiva (CCe) durante semeadura do milho	119
Figura 60- Valores médios obtidos do desdobramento para capacidade de campo efetiva (CCe) durante semeadura do milho	120
Figura 61 - Valores médios obtidos do desdobramento dos locais de semeadura dentro das velocidades teóricas para capacidade de campo operacional (CCo) durante semeadura do milho.....	121

Figura 62- Valores médios obtidos do desdobramento das velocidades teóricas dentro dos locais de semeadura para capacidade de campo operacional (CCo) durante semeadura do milho.....	122
Figura 63-Valores médios obtidos do desdobramento dos locais de semeadura dentro das velocidades teóricas para área de elevação (AE) durante semeadura do milho.....	128
Figura 64- Valores médios obtidos do desdobramento das velocidades teóricas dentro dos locais dentro dos locais de semeadura para área de elevação (AE) durante semeadura do milho.....	129
Figura 65-Carta de controle e análise do processo para profundidade do sulco (cm)em dois locais de semeadura na velocidade de 5,5 km h ⁻¹	145
Figura 66-Carta de controle e análise do processo para profundidade do sulco (cm) em dois locais de semeadura na velocidade de 7,5 km h ⁻¹	146
Figura 67-Carta de controle e análise do processo para profundidade do sulco (cm) em dois locais de semeadura na velocidade de 9,5 km h ⁻¹	147
Figura 68- Carta de controle e análise do processo para altura do camalhão (cm) em dois locais de semeadura na velocidade de 5,5 km h ⁻¹	149
Figura 69- Carta de controle e análise do processo para altura do camalhão (cm) em dois locais de semeadura na velocidade de 7,5 km h ⁻¹	150
Figura 70-Carta de controle e análise do processo para altura do camalhão (cm) em dois locais de semeadura na velocidade de 9,5 km h ⁻¹	151
Figura 71-Carta de controle e análise do processo para paralelismo entre sulco (cm) em dois locais de semeadura na velocidade de 5,5 km h ⁻¹	153
Figura 72-Carta de controle e análise do processo para paralelismo entre sulco (cm) em dois locais de semeadura na velocidade de 7,5 km h ⁻¹	154
Figura 73-Carta de controle e análise do processo para paralelismo entre sulco (cm) em dois locais de semeadura na velocidade de 9,5 km h ⁻¹	156

Figura 74-Carta de controle e análise do processo para área do canal (cm ²) em dois locais de semeadura na velocidade de 5,5 km h ⁻¹	157
Figura 75-Carta de controle e análise do processo para área do canal (cm ²) em dois locais de semeadura na velocidade de 7,5 km h ⁻¹	158
Figura 76-Carta de controle e análise do processo para área do canal (cm ²) em dois locais de semeadura na velocidade de 9,5 km h ⁻¹	160
Figura 77-Ilustração para acúmulo de sedimentos dentro do sulco (M) e ausência de material em cima do camalhão (A).....	180

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1- Matriz Morfológica 1 da estrutura de fixação do sulcador ao chassi da semeadora.....83
- Quadro 2- Matriz Morfológica 2 da estrutura de fixação do sulcador ao chassi da semeadora.....84
- Quadro 3- Equipe técnica para determinação dos limites específicos no processo de semeadura.....89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Caracterização física do solo da área experimental, nas camadas de 0,0-0,15 e 0,15-0,30 m, antes da instalação do experimento.....	52
Tabela 2- Características químicas iniciais do solo avaliadas de 0,0-0,15 e 0,15-0,30 m de profundidade	52
Tabela 3- Convenções de fases no processo de projetar para confecção do fluxograma	61
Tabela 4- Propriedades mecânicas de alguns materiais de aço carbono.....	64
Tabela 5- Valores de regulação utilizados como referência para obtenção dos limites específicos na semeadura dentro do sulco e em cima do camalhão	90
Tabela 6- Limites específicos obtidos para análise de capacidade do processo de formação do sulco e camalhão.....	90
Tabela 7- Classificação de ocorrência para avaliação da capacidade do processo da formação do sulco e camalhão.....	91
Tabela 8- Resumo da análise de variância e valores médios obtidos para patinamento das rodas dianteiras (PRD) e traseiras (PRT) do trator e consumo de combustível na operação de semeadura do milho em dois locais de semeadura e três velocidades teóricas	105
Tabela 9- Síntese da análise de variância e valores médios para patinamento das rodas dianteiras (PRD) e traseiras (PRT) do trator e consumo de combustível na operação de semeadura em dois locais e três velocidades em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h ⁻¹)	111
Tabela 10- Síntese da análise de variância e valores médios para patinamento das rodas dianteiras (PRD) e traseiras (PRT) do trator e consumo de combustível na operação de semeadura em dois locais e três velocidades em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h ⁻¹)	112

Tabela 11- Síntese da análise de variância e valores médios para patinamento das rodas dianteiras (PRD) e traseiras (PRT) do trator e consumo de combustível na operação de semeadura em dois locais e três velocidades em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h ⁻¹)	113
Tabela 12- Resumo da análise de variância e valores médios de velocidade, força, potência, capacidade de campo efetiva (CCe) e operacional (CCo) na semeadura do milho em dois locais de semeadura e três velocidades teóricas	114
Tabela 13- Síntese da análise de variância e valores médios para velocidade, força, potência, capacidade de campo efetiva (CCe) e operacional (CCo) na operação de semeadura em dois locais e três velocidades em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h ⁻¹)	123
Tabela 14- Síntese da análise de variância e valores médios para velocidade, força, potência, capacidade de campo efetiva (CCe) e operacional (CCo) na operação de semeadura em dois locais e três velocidades em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h ⁻¹).....	124
Tabela 15- Síntese da análise de variância e valores médios para velocidade, força, potência, capacidade de campo efetiva (CCe) e operacional (CCo) na operação de semeadura em dois locais e três velocidades em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h ⁻¹).....	126
Tabela 16- Resumo da análise de variância e valores médios obtidos para área mobilizada (AM), área de elevação (AE), empolamento do solo e resistência por área mobilizada na semeadura do milho em dois locais de semeadura e três velocidades teóricas	127
Tabela 17- Síntese da análise de variância e valores médios para área mobilizada (AM), área de elevação (AE), empolamento do solo e resistência por área mobilizada em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação	

com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h ⁻¹)	130
Tabela 18- Síntese da análise de variância e valores médios para área mobilizada (AM), área de elevação (AE), empolamento do solo e resistência por área mobilizada em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h ⁻¹)	132
Tabela 19- Síntese da análise de variância e valores médios para área mobilizada (AM), área de elevação (AE), empolamento do solo e resistência por área mobilizada em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h ⁻¹)	133
Tabela 20- Resumo da análise de variância e valores médios obtidos para distribuição longitudinal de sementes (normal, múltiplo e falho) e patinamento da semeadora em dois locais de semeadura e três velocidades teóricas.....	135
Tabela 21- Síntese da análise de variância e valores médios para distribuição longitudinal de sementes (normal, múltiplo e falho) e patinamento da semeadora em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h ⁻¹)	136
Tabela 22- Síntese da análise de variância e valores médios para distribuição longitudinal de sementes (normal, múltiplo e falho) e patinamento da semeadora em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h ⁻¹)	137
Tabela 23- Síntese da análise de variância e valores médios para distribuição longitudinal de sementes (normal, múltiplo e falho) e patinamento da semeadora em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h ⁻¹)	138

Tabela 24- Resumo da análise de variância e valores médios para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), número de dias de emergência de (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE) na operação de semeadura do milho em dois locais de semeadura e três velocidades teóricas	139
Tabela 25- Síntese da análise de variância e valores médios para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), número de dias de emergência de (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE) em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h ⁻¹).....	140
Tabela 26- Síntese da análise de variância e valores médios para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), número de dias de emergência de (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE) em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h ⁻¹).....	141
Tabela 27- Síntese da análise de variância e valores médios para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), número de dias de emergência de (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE) em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h ⁻¹).....	143
Tabela 28- Síntese da análise de variância e valores médios para população inicial, população final e índice de sobrevivência	161
Tabela 29- Síntese da análise de variância e valores médios para população inicial, população final e índice de sobrevivência em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h ⁻¹)	162

Tabela 30- Síntese da análise de variância e valores médios para população inicial, população final e índice de sobrevivência em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h ⁻¹)	163
Tabela 31- Síntese da análise de variância e valores médios para população inicial, população final e índice de sobrevivência em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h ⁻¹)	164
Tabela 32- Síntese da análise de variância e valores médios para altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo.....	165
Tabela 33- Síntese da análise de variância e valores médios para altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmoem comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h ⁻¹).....	166
Tabela 34- Síntese da análise de variância e valores médios para altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmoem comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h ⁻¹).....	167
Tabela 35- Síntese da análise de variância e valores médios para altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmoem comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h ⁻¹).....	168
Tabela 36- Síntese da análise de variância e valores médios para número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira e massa de 1000 grãos (g)	169
Tabela 37- Síntese da análise de variância e valores médios para número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira e massa de 1000 grãos (g)em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h ⁻¹).....	170
Tabela 38- Síntese da análise de variância e valores médios para número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira e massa de 1000 grãos (g)em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h ⁻¹).....	171

Tabela 39- Síntese da análise de variância e valores médios para número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira e massa de 1000 grãos (g)em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h ⁻¹).....	172
Tabela 40- Síntese da análise de variância e valores médios para número de espigas por ha ⁻¹ , prolificidade, produtividade e matéria seca do milho.....	173
Tabela 41- Síntese da análise de variância e valores médios para número de espigas por ha ⁻¹ , prolificidade, produtividade e matéria seca do milhoem comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h ⁻¹)	175
Tabela 42- Síntese da análise de variância e valores médios para número de espigas por ha ⁻¹ , prolificidade, produtividade e matéria seca do milhoem comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h ⁻¹)	176
Tabela 43- Síntese da análise de variância e valores médios para número de espigas por ha ⁻¹ , prolificidade, produtividade e matéria seca do milhoem comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h ⁻¹)	177
Tabela 44- Resistência mecânica do solo à penetração e umidade do solo em cima do camalhão nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.....	178
Tabela 45- Resistência mecânica do solo à penetração e umidade do solo dentro do sulco nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.....	179
Tabela 46- Estatística descritiva para velocidade, consumo em L h ⁻¹ , consumo em ha h ⁻¹ , capacidade de campo operacional (Cco) e capacidade de campo efetiva (Cce).	196
Tabela 47- Estatística descritiva para força, potência, patinamento dos rodados de anteiro (PRD) e traseiros (PRT) do trator.....	196

Tabela 48- Estatística descritiva para área de solo mobilizada, perfil de elevação, empolamento do solo e resistência específica.	197
Tabela 49- Estatística descritiva para espaçamentos normais, múltiplos, falhos e patinamento dos rodados da semeadora (PS).	198
Tabela 50- Estatística descritiva para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), numero de dias de emergência de plântulas (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE).	198
Tabela 51- Estatística descritiva para profundidades do sulco em dois locais de semeadura e três velocidades.....	199
Tabela 52- Estatística descritiva para altura do camalhão em dois locais de semeadura e três velocidades.....	199
Tabela 53- Estatística descritiva para o paralelismo entre sulcos em dois locais de semeadura e três velocidades.....	200
Tabela 54- Estatística descritiva para área do canal em dois locais de semeadura e três velocidades.	200
Tabela 55- Estatística descritiva para população inicial, população final e índice de sobrevivência.	201
Tabela 56- Estatística descritiva para altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo.	201
Tabela 57- Estatística descritiva para número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira e massa de 1000 grãos (g).....	202
Tabela 58- Estatística descritiva para número de espigas por ha ⁻¹ , prolificidade, produtividade e matéria seca do milho.	202
Tabela 59- Estatística descritiva para resistência do solo à penetração e umidade do solo para semeadura em cima do camalhão nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, 15 dias.....	203

Tabela 60- Estatística descritiva para resistência do solo à penetração e umidade do solo para semeadura dentro do sulco nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.....	203
--	-----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	28
2	REVISÃO DE LITERATURA	30
2.1	Sementes graúdas	30
2.2	Preparo do solo	31
2.3	Sistema sulco e camalhão.....	34
2.4	Seca ou escassez de água.....	35
2.4.1	<i>O polígono das secas</i>	36
2.4.2	<i>Políticas públicas</i>	37
2.5	Captação de água de chuva <i>in situ</i>	38
2.5.1	<i>Aração e semeadura no plano</i>	39
2.5.2	<i>Sulcação pré-semeadura</i>	39
2.5.3	<i>Sulcação pós-semeadura</i>	40
2.5.4	<i>Sulco barrado</i>	41
2.5.5	<i>Sistema Guimarães Duque</i>	41
2.5.6	<i>Sistema em W</i>	42
2.5.7	<i>Estudos relacionados</i>	43
2.6	Conjunto trator semeadora-adubadora.....	44
2.7	Projeto de máquinas	46
2.8	Controle Estatístico do Processo	47
3	MATERIAL E MÉTODOS	50
3.1	Material	50
3.1.1	<i>Local das avaliações</i>	50

3.1.2	<i>Dados climáticos</i>	51
3.1.3	<i>Manejo da irrigação</i>	51
3.1.4	<i>Características físicas do solo</i>	52
3.1.5	<i>Preparo inicial da área</i>	52
3.1.6	<i>Insumos</i>	54
3.2	Métodos	60
3.2.1	<i>Adaptação da semeadora adubadora</i>	60
3.2.1.1	<i>Metodologia de projeto utilizada</i>	60
3.2.2	<i>Desempenho energético e operacional</i>	72
3.2.3	<i>Qualidade do processo de semeadura</i>	80
3.2.4	<i>Qualidade do processo de formação do camalhão e abertura do sulco</i>	84
3.2.5	<i>Avaliação da cultura do milho</i>	91
3.2.6	<i>Atributos físicos do solo</i>	95
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
4.1	<i>Verificação e dimensionamento</i>	97
4.2	<i>Normalidade dos dados</i>	100
4.3	<i>Desempenho energético e operacional</i>	104
4.4	<i>Qualidade do processo de semeadura</i>	133
4.5	<i>Qualidade do processo de formação do sulco-camalhão</i>	144
4.5.1	<i>Profundidades do sulco</i>	144
4.5.2	<i>Altura do camalhão</i>	148
4.5.3	<i>Paralelismo entre sulco</i>	152

4.5.4	<i>Área do canal</i>	156
4.6	Avaliação da cultura do milho	160
4.7	Atributos físicos do solo	178
5	CONCLUSÕES	182
	REFERÊNCIAS	183
	APÊNDICE.....	196

1 INTRODUÇÃO

A escassez de água tem ocorrendo com frequência em todas partes do mundo, podendo ser atribuída ao aumento da demanda, crescimento da população e da expansão dos setores agrícola, industrial e energético, e em parte devido às alterações climáticas que vem ocorrendo no planeta. Em determinadas regiões do mundo, como o semiárido brasileiro, a falta de água é ainda mais grave, afetando diretamente a população, animais e plantas, necessitando de uma utilização mais eficiente de água em todos os setores.

O semiárido brasileiro apresenta precipitação pluviométrica irregular, tornando a agricultura atividade de alto risco para os agricultores com problemas relacionados ao manejo de água de chuva e a conservação do solo. Outras características edafoclimáticas como elevadas taxas evapotranspirométricas em quase todo ano, solos rasos com baixa fertilidade e baixa capacidade de retenção de água, acentuam o problema com consequências até mesmo em questões socioeconômicas.

Visando reduzir os riscos da exploração agrícola no semiárido brasileiro, diversas tecnologias foram desenvolvidas, entre estas podem ser citadas as técnicas de preparo do solo para captação de água de chuva *in situ*. A aração e semeadura no plano, sulcação pré-semeadura, sulcação pós-semeadura, sulco barrado, sistema Guimarães Duque e sistema em W, são as mais conhecidas e com comprovação científica de sua eficiência no desenvolvimento das culturas e proteção do solo.

Em todos os métodos citados para preparo do solo para captação da água da chuva *in situ*, a semeadura é realizada em momento distinto ao preparo, necessitando mais de uma operação para consolidação em campo da técnica, conhecimento técnico sobre o assunto e muitas vezes mais de um equipamento específico, dificultando a implantação e difusão destas tecnologias por demandar muita mão-de-obra ou equipamentos para preparo do solo.

É notória a necessidade da criação de semeadoras ou adaptação das já existentes para realizar o processo de abertura do sulco, formação do camalhão e semeadura em uma operação única, sendo necessária a avaliação da qualidade do processo de semeadura e o desempenho energético e operacional do conjunto trator semeadora, para que seja possível a utilização mais eficiente dos recursos com menor gasto de energia e maior eficiência.

Diversos fatores podem contribuir para uma semeadura inadequada e com baixo desempenho energético e operacional de um conjunto mecanizado, podendo ser citada a condição do solo no momento da semeadura, velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora e fatores ligados a máquina que realiza o processo de semeadura como regulagens ou adaptações, sendo importante determinar todos os fatores que influenciam na operação com utilização de ferramentas adequadas durante avaliação.

Dentre essas ferramentas para avaliação podem se destacadas o Controle Estatístico do Processo (CEP) e análise de variância (ANOVA), mediante verificação de normalidade dos dados. O (CEP) é uma ferramenta que tem por finalidade aplicar métodos estatísticos na melhoria da qualidade de processo, produtos ou serviços. Já a ANOVA é um procedimento utilizado para comparar tratamentos, permitindo verificar a ocorrência de diferença entre os mesmos.

Portanto, objetivou-se com esse trabalho desenvolver e avaliar um mecanismo sulcador associado ao processo de semeadura é características agronômicas em função do método de semeadura e velocidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sementes graúdas

De modo geral, as sementes das principais culturas semeadas mecanicamente, são classificadas como sementes miúdas ou graúdas, definido assim o tipo de máquina que vai ser responsável pela semeadura. As semeadoras de fluxo contínuo são as mais utilizadas para semear sementes miúdas, enquanto que as de precisão sementes graúdas.

De acordo com a ABNT (1994), as semeadoras-adubadoras podem ser classificadas como de precisão e semeadoras de fluxo contínuo, sendo as semeadoras de precisão máquinas que realizam a distribuição das sementes uma a uma com intervalo regulares. Já as Semeadoras de fluxo contínuo são máquinas que distribuem as sementes miúdas de forma contínua.

Dentre as principais culturas de sementes graúdas podemos destacar o milho. O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura adaptada a diferentes locais, o que pode ser associado à ampla variabilidade genética de sua espécie (TEIXEIRA; COSTA, 2010), o que permitiu o surgimento de genótipos adaptados a locais em que ha restrições climáticas e de relevo (ARAÚJO; NASS, 2002).

De acordo com suas características botânicas o milho apresenta a seguinte classificação: reino Plantae; divisão Anthophta; classe Monocotiledonae; ordem Poales (DOEBLEY, 1990); família Poaceae; gênero *Zea*; espécie *Zea mayL.* (PATERNIANI; CAMPOS, 1999).

Por pertence ao grupo de plantas com metabolismo fotossintético C4, apresenta um grande potencial produtivo (BERGAMASCHI *et al.*, 2004). Tem a vantagem de produzir uma vasta quantidade de palha, quando comparada com outras culturas, apresenta decomposição lenta, devido sua alta relação C/N, essencial na estabilização do sistema de semeadura direta (FLOSS, 2012).

Suas oscilações metabólicas, aceleração e desaceleração no processo de desenvolvimento, ocorrem dentro dos limites de 10e 30°C (CRUZ *et al.*, 2006). Seus estádios fenológicos são divididos em duas fases importantes: vegetativa (V) e reprodutiva (R) (SANGOI *et al.*, 2010).

No vegetativo, os estádios fonológicos são: emergência (VE), primeira folha (V1), segunda folha (V2), terceira folha (V3), quarta folha (V4) e até o pendoamento

(Vn). No reprodutivo temos os seguintes estádios: pendoamento (R1), grão leitoso (R2), grão pastoso (R3), grão farináceo (R4), grão farináceo duro (R5), maturação fisiológica (R6) (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

Em todo seu desenvolvimento, as variações climáticas como temperatura, disponibilidade hídrica e radiação solar são muito importantes, pois interferem diretamente na produtividade da cultura. Determinar a melhor época para a semeadura é o primeiro passo para atender às exigências da cultura, em conjunto com a otimização das práticas de manejo (SANGOI *et al.*, 2010).

Apresenta uma vasta distribuição geográfica, sendo cultivado em diversas regiões do mundo e considerado o terceiro cereal mais cultivado, no Brasil é a principal commodity de produção nacional com estimativa de produção de grãos de 80.208,4 mil toneladas na safra 2014/2015 (CONAB, 2015).

De acordo com dados do MDIC (2014), os estados produtores brasileiros que exportam milho, têm como principal expoente o Mato Grosso, seguido pelo Paraná e Goiás, representando juntos mais de 84% do volume nacional exportado, gerando emprego e renda alimentando uma vasta rede de produção de seus derivados.

De acordo com CONAB (2015), a área cultivada com milho na safra 2013/2014 no Ceará, foi de 480.000 hectares, com uma produtividade de 835 kg/ha e uma produção total de 401.300 toneladas, valores baixos quando comparados os das grandes regiões produtora.

Vale ressaltar que na região Nordeste do Brasil, boa parte da agricultura praticada e de subsistência (geralmente milho e feijão), que de forma geral, a disponibilidade de água para as culturas é o principal obstáculo enfrentado pelos agricultores, dificultando a produção agrícola em todas as regiões nordestinas (SOUSA *et al.*, 2015).

No entanto, nos últimos anos tem se observado expansão do cultivo de milho, principalmente irrigado, no Ceará, devendo-se ao aumento da demanda por este produto, que foi impulsionada pelo crescimento da produção de aves no estado e no vizinho Pernambuco (EMBRAPA, 2012).

2. 2 Preparo do solo

Realizar o preparo periódico do solo e uma operação muitas vezes necessária. Tem o intuito de propiciar condições adequadas para o desenvolvimento de

uma determinada cultura, porém pode favorecer ou prejudicar o desempenho das semeadoras-adubadoras (FURLANI *et al.*, 2013).

Para Gabriel Filho *et al.* (2010), as condições do solo influenciam diretamente no desempenho do conjunto mecanizado no momento da semeadura interferindo em parâmetros operacionais, sendo este melhor em solo firme, seguido de solo mobilizado e solo com cobertura vegetal.

Existem diversos sistemas de preparo do solo, os quais são enquadrados em categorias como: convencional, cultivo mínimo ou preparo conservacionista e a semeadura direta, em que o processo de preparo do solo é realizado somente no leito de semeadura (ASAE, 1996).

No sistema convencional, o preparo do solo consiste no revolvimento de camadas superficiais. É realizado basicamente com arado e grade. O uso indiscriminado deste sistema de preparo de solo tem causado graves problemas (REICHERT *et al.*, 2009), tais como o aumento da densidade do solo (SILVA *et al.*, 2011).

O preparo periódico com arado mais grade, sem rotação periódica com outros tipos de equipamentos, interferindo no meio ambiente e fatores socioeconômicos, o que tem feito muitos agricultores procurarem alternativas sustentáveis e com menores impactos para o solo (FALCÃO *et al.*, 2013).

Quando aplicado em solos arenosos, propenso a erodibilidade, criam efeitos sinérgicos negativos, podendo favorecer a compactação, empobrecimento progressivo do solo e redução da produtividade das culturas inviabilizando a atividade agrícola (OTSUBO *et al.*, 2013).

Ainda podemos citar como outro efeito negativo causado pela inversão das leivas, a exposição das camadas subsuperficiais do solo ao meio externo, levando-o à oxidação mais acelerada, o qual pode favorecer a perda de carbono para a atmosfera e redução de matéria orgânica do solo (CRUZ *et al.*, 2002).

O cultivo mínimo ou preparo conservacionista, deve apresentar mais de 50% de cobertura do solo, sendo o escarificador o implemento mais utilizado, tendo como vantagens, o fato de que mobiliza o solo sem revolvê-lo, com incorporação de menos de 1/3 do material existente na superfície (ORTIZ-CANAVATE; HERNANZ, 1989).

O preparo com escarificador promove o arrasto de hastes que rompem o solo nos pontos de fraqueza da sua estrutura, sem revolvê-lo intensamente durante a

operação de preparo do solo, não destruir os agregados e deixando maior quantidade de resíduo na superfície (MEDEIROS, 2009).

Para Lanças (2002), o escarificador tem o mesmo princípio de rompimento do solo por propagação das trincas, ou seja, o solo não é cortado como na aração ou gradagem, mas sim rompido nas suas linhas de fraturas naturais ou interfaces dos seus agregados, permitindo que os mesmos permaneçam praticamente inalteráveis ou completamente intactos.

De acordo com Borges *et al.* (2010), o escarificador contribui para uma maior macroporosidade, facilitando o processo de incorporação de calcário no solo, observando-se que solos trabalhados desta forma, tendem a apresentar menores valores de resistência à penetração e densidade, quando comparados com o sistema convencional.

No entanto, o uso desse tipo de implementos produzem superfícies mais rugosas que os equipamentos de disco, como os arados e as grades pesadas (KOCHHANN; DENARDIN, 2000), o que pode propiciar condições inadequadas para a semeadura resultando em distribuição desuniforme das sementes.

De acordo com Silva *et al.* (1999), ao avaliar desempenho operacional de uma semeadora-adubadora em um solo escarificado, foi possível concluir em seu trabalho que em solo com maior rugosidade superficial, as semeadoras-adubadoras distribuem em média menor quantidade de sementes por metro e em profundidade mais acentuada.

Outros parâmetros operacionais também podem sofrer interferência em função do uso do escarificador. Gabriel Filho *et al.* (2010), verificou diferença significativa no patinamento do rodado dianteiro e traseiro, no consumo específico de combustível, na carga dinâmica sobre o rodado traseiro, no coeficiente de tração e na resistência ao rolamento avaliando um conjunto trator-semeadora.

O sistema plantio direto pode ser definido como um manejo conservacionista de áreas agrícolas reduzindo os impactos causados pela atividade agrícolas, minimizando perdas de solo e conservando material vegetal na superfície trazendo sustentabilidade a produção (THOMAZI AZEVEDO; MENDONÇA, 2012).

Segundo Oliveira *et al.* (2012) o acúmulo de material vegetal no solo é uma prática extremamente eficaz na conservação dos nutrientes, matéria orgânica e água. Isto podendo ser atribuído principalmente a grande quantidade de matéria orgânica,

mínimo revolvimento do solo e rotação de cultura que deve ser constante dentro do sistema (JIM *et al.*, 2011).

2. 3 Sistema sulco e camalhão

O sistema sulco e camalhão é uma técnica de preparo do solo que pode ser realizada com diferentes finalidades. Em área com problema de drenagem permite o escoamento da água, favorecendo a aeração do solo, principalmente em cima do camalhão. Em regiões com pouca chuva pode ser construído em curva de nível com o objetivo de proteger o solo e facilitar a infiltração da água, aumentando sua disponibilidade, principalmente dentro do sulco.

O sistema sulco e camalhão é uma técnica muito antiga e ainda bastante utilizada. Em áreas alagadas podem ser confeccionados com o intuito de melhorar a drenagem da área, pois o excesso de água predispõe o solo a permanecer com lençóis freáticos próximos à superfície, limitando o desenvolvimento normal dos sistemas radiculares das culturas (JUNIOR, 2013).

O sistema de plantio com camalhões tem como objetivo proporcionar maior aeração para as raízes com a elevação da parte superior do solo e também melhorar a drenagem, fazendo com que a água seja escoada mais rapidamente, diminuindo o tempo de inundação sofrido pela cultura comparado com o sistema de plantio convencional (MILLAR, 1978).

Na Europa é uma prática bastante difundida, principalmente, para o cultivo de pastagens (SEVENHUIJSEN, 1994). Este sistema adapta-se a áreas sistematizadas com ou sem declive, proporcionando garantia de boa drenagem para cultivos de sequeiro em área com problema de drenagem.

De acordo com Junior (2013), sua confecção pode ser realizada utilizando sulcadores tipo “pé-de-pato” ou camalhoeriras de disco para camalhões estreitos (até 1,00 m de largura) e encanteiradoras equipadas com enxada rotativa ou com discos e formatador de canteiros, para camalhões até 1,80 m de largura.

A largura dos camalhões pode ser definida em função do espaçamento da cultura, combinado à distribuição espacial de plantas que proporcione o melhor desempenho produtivo, e das operações mecanizadas há serem realizadas na lavoura, podendo ainda facilita a irrigação por superfície em área irrigada (SILVA; DUARTE, 2006).

Outra aplicação muito comum do sistema de sulco e camalhão é para captação da água da chuva. Este sistema consiste na modificação da superfície do terreno, de maneira a formar um plano inclinado entre dois sulcos sucessivos, em curva de nível, comumente denominados camalhões, que funciona como área de captação de água da chuva (MARTINS; NOGUEIRA, 2015).

De acordo com Sousa *et al.*(2013) é muito comum a distribuição irregular das chuvas na zona semiárida, sendo importante aumentar o tempo e oportunidade da água de chuva na área de plantio. Segundo Oliveira *et al.*(2012), tal fato é um dos fatores mais limitantes à produtividade agrícola, comprometendo o rendimento das culturas nessas regiões.

As técnicas de preparo do solo, associadas à captação da água da chuva em sulcos construídos em curva de nível, beneficiando as plantas protegendo o solo (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Para Klein e Klein (2014) quando chove pouco a rugosidade do sistema retém a água nos sulcos, porém quando há precipitações é maior, água e solo são perdidos.

2. 4 Seca ou escassez de água

A seca pode ser definida como uma deficiência de precipitação por um período longo de tempo que resulta em falta de água para algumas atividades (piscicultura, agricultura, agropecuária), grupo ou setor ambiental (NDMC, 2007). Para atenuar o problema diversas medidas podem ser tomadas como construções de açudes, barragens subterrâneas ou adoção de técnicas de preparo do solo que permita o acúmulo de água no solo.

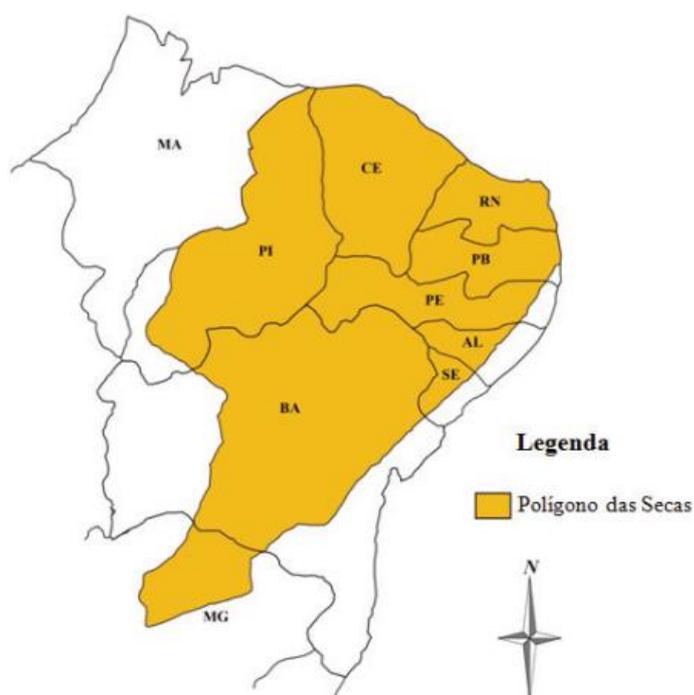
Uma das regiões que mais sofre com a falta de água é o Nordeste brasileiro. A seca no Nordeste brasileiro está situada em uma área denominada de Polígono das Secas, que é caracterizada pelo clima semiárido com chuvas irregulares e por um amplo quadro de subdesenvolvimento socioeconômico (SOARES, 2013). Estando por muito tempo, em evidência como “região problema” do Brasil (SANTOS, 2014).

Dos 1.600.000 km² de terras na região Nordeste do Brasil, um total de 1.500.000 km² apresentam escassez de água (DANTAS *et al.*, 2002). Esse quadro abrange principalmente regiões áridas e semiáridas, totalizando aproximadamente de 40% da superfície e é causada, principalmente, por fatores como clima, solo e condições de manejo agrícola (SOUSA, 2014).

2. 4. 1 O polígono das secas

Segundo SOARES (2013) o sertão é caracterizado, sobretudo, pelo domínio do clima semiárido, que abrange boa parte da região Nordeste, compreendendo, de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), parte do interior do Piauí (especialmente as porções leste e sudeste), todo o Ceará e Rio Grande do Norte, quase toda a porção ocidental da Paraíba e Pernambuco, e uma faixa menor de Alagoas e Sergipe, além de com prender praticamente todo o interior da Bahia (Figura 1).

Figura 1-Região que compreende o Polígono das Secas, caracterizada pelos períodos de escassez prolongados



Fonte: Soares (2013).

Estas regiões são (domínio) são caracterizados pela pluviosidade inferior a 800 mm/ano, pela média de temperatura entre 23°C e 27°C, e por extensões pediplanizadas (processo que leva, em regiões áridas e semiáridas, ao desenvolvimento de áreas aplainadas, ou então superfícies de aplainamento) drenadas por rios temporários e cobertas pela vegetação da Caatinga (SOARES, 2013).

O inverno dessas regiões é sem chuvas, durante cinco ou oito meses do ano, e verões distribuídos por quatro a sete meses, com chuvas irregulares no tempo e no espaço comprometendo o desenvolvimento de atividades agrícolas, as médias pluviométricas da região são pouco significativas (KOSMINSKY; ZUFFO, 2009).

De acordo com a Lei nº 7.827, de 27-09-89, Art. 5, inciso IV, o Polígono das secas contempla uma área de 895254,40 km², envolvendo 1042 municípios e uma população de mais de 19 milhões de habitantes, o que o torna a região semiárida mais povoada do mundo com muitos problemas de ordem socioeconômicos (SOARES, 2013).

2. 4. 2 Políticas públicas

Para Chacon e Bursztyn(2011), as políticas públicas não se preocupam em olhar para essas regiões e escutar com atenção seu povo, apenas repete há décadas uma postura de falta de comprometimento com o mesmo, justificado na maioria das vezes por uma suposta inviabilidade econômica e produtiva da região.

Mesmo que insuficiente, muito tem se invertido em poços artesianos, açudes e cisternas. Estima se que existam mais de 50 mil poços artesianos, dos quais apenas 20 mil estão em funcionamento. O restante fica inativo, ou pela falta de equipamento para realizar o bombeamento, ou por apresentar água de qualidade imprópria para o consumo (SOARES, 2013).

Já os açudes, de acordo Viera (1994), têm eficiência hidrológica estimada em apenas 20% do volume total estocado, podendo ser atribuído das chuvas que carregam os minerais das rochas cristalinas, principalmente no substrato rochoso regional e das barragens dos rios intermitentes que contribuem para evaporação e salga das águas.

Segundo Rebouças (1997), vale ressaltar que, muitos açudes não conseguem encher o suficiente devido à falta de critério hidrológico no dimensionamento das barragens, funcionando mais como evaporímetros do que como fonte segura para reter água. A melhor opção para população tem sido as cisternas, com captação através de calhas especiais, capazes de reduzir a evaporação, água de boa qualidade, mas, muitas vezes insuficientes para secas prolongadas.

No entanto, essas medidas pouco servem para um desenvolver agrícola alto sustentável, sendo necessitando políticas públicas voltadas para desenvolvimento

tecnológico capaz de criar sistemas integrados de cultivo e máquinas específicas para preparo do solo e semeadura, levando em consideração as características edafoclimáticas.

Para Soares (2013), um agravante na situação de seca na região do semiárido é a falta de uma gestão integrada e sustentável de recursos hídricos, desperdícios, falta de gerenciamento e planejamento técnico geram perdas e subaproveitamento de um recurso já escasso, concluindo que é importante empreender esforços na busca por ações conjugadas para solucionar o problema.

2.5 Captação de água de chuva *in situ*

A captação de água de chuva *in situ* pode ser definida como uma forma de preparar o solo para semeadura de culturas, principalmente anuais, como milho, feijão, mandioca, exploradas em condições dependentes de chuva. Tipo de solo, capacidade de infiltração de água no solo e intensidade da precipitação pluviométrica são fatores determinantes para implantação da captação *in situ* (ANJOS *et al.*, 2007).

De acordo com Brito *et al.* (2013) a captação de água de chuva *in situ* é uma técnica que deve estar associada à conservação do solo, trabalhando-se com a finalidade de induzir o escoamento superficial da água para a área de semeadura, aumentando o tempo da infiltração e reduzindo as perdas de água e de solo por erosão e favorecendo o desenvolvimento das culturas.

De acordo com Martins e Nogueira (2015), a existência de solos degradados nas propriedades rurais ocorre devido à falta de conhecimento dos proprietários e funcionários, em relação às práticas conservacionistas e ao manejo sustentável das atividades agropecuárias. Logo, o procedimento de “captar a água da chuva” deve compreender diversas atitudes de respeito natureza.

Sua implantação é limitada para áreas com presença de tocos e pedras. Para se estabelecer um sistema de captação *in situ*, deve-se dispor de informações sobre diferentes fatores relacionados com tamanho da área a ser cultivada, tipo do solo, topografia, quantidade e distribuição das chuvas, tipo de culturas (anuais e perenes), disponibilidade de equipamentos e mão de obra (BRITO *et al.*, 2013).

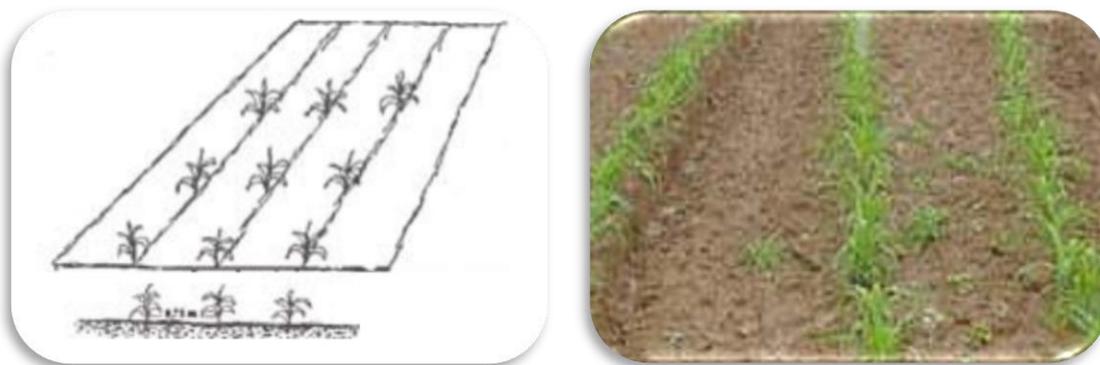
Entre os principais métodos de captação *in situ* pode-se citar: aração e semeadura no plano, sulcamento pré-semeadura ou aração profunda, sulcamento pós-semeadura ou aração parcial, sulco barrado, sistema Guimarães duque ou aração em

faixas e Camalhões inclinados ou sistema W. Todos os métodos citados devem ser implantados em curva de nível e em teremos com declividade inferior a 5%.

2. 5. 1 Aração e semeadura no plano

A aração do solo e semeadura no plano é extensivamente praticada no Semiárido brasileiro com uso de arados de discos ou grade pensada. De acordo com Brito *et al.* (2013), a formação de pequenos microrrelevos devido processo da aração reduz o escoamento da água da chuva aumentando seu armazenamento no perfil do solo. Outro equipamento que pode ser utilizado para implantação desse sistema é o arado de aivecas. Após o solo ser preparado com o uso do arado a semeadura é realizada sempre em curva de nível (Figura 2) e geralmente manual.

Figura 2- Captação de água da chuva *in situ* com aração e semeadura no plano



Fonte: ANJOS *et al.* (2007).

2. 5. 2 Sulcação pré-semeadura

O método consiste na realização de uma aração e abertura dos sulcos a uma distância de 0,75 m utilizando-se o equipamento porta-implementos. Após a confecção dos três ou mais sulcos retornam-se com o equipamento de maneira que o último sulco sirva de linha-guia para a continuidade ao preparo (Figura 3). A partir dessa linha-guia, os demais sulcos serão abertos a cada passagem do equipamento (ANJOS *et al.*, 2007). Após os procedimentos de abertura do sulco e formação dos camalhões a semeadura pode ser realizada.

Figura 3- Captação de água da chuva *in situ* com sulcamento pré-semeadura. Abertura do sulco e formação do camalhão e implantação da cultura após preparo do solo

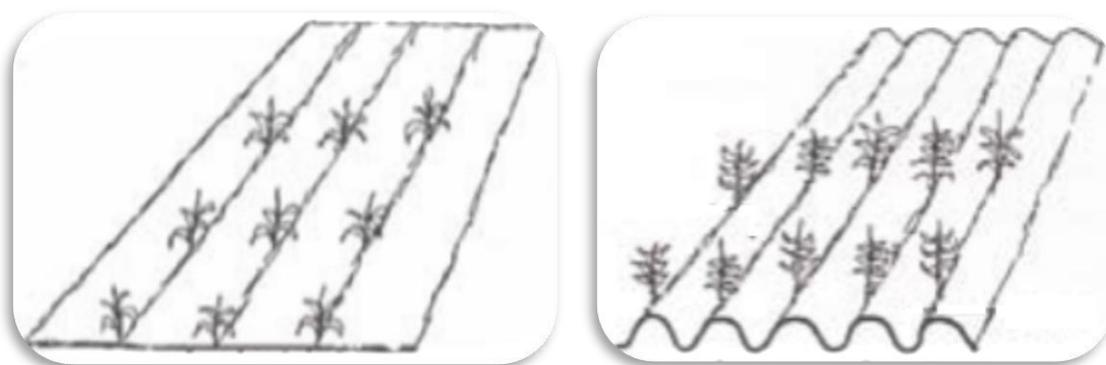


Fonte: Brito *et al.* (2013).

2. 5. 3 Sulcação pós-semeadura

De acordo com Brito *et al.* (2013) este sistema consiste na aração do solo e sementeira no plano antes de abrir os sulcos (Figura 4). A sementeira da cultura deve ser realizada na segunda ou terceira capina, dependendo do cultivo e de seu desenvolvimento inicial. O período mais recomendado para efetuar o sulcamento do solo é entre 30 a 40 dias após a sementeira do feijão-caupi e de 20 a 30 dias após a sementeira do milho, podendo variar para outras culturas (ANJOS *et al.*, 2007).

Figura 4- Captação de água da chuva *in situ* com sulcamento pós-semeadura



Fonte: Adaptado de ANJOS *et al.* (2007).

2. 5. 4 Sulco barrado

Sistema desenvolvido pela Embrapa Semiárido que consiste de uma aração seguida de sulcamento (Figura 5), sendo a sementeira realizada em cima do camalhão ou imediatamente na lateral. O barramento do sulco é feito com um implemento denominado “barrador de sulcos” a uma distância que devem ficar de 2 a 3 m uma da outra, nas entrelinhas de sementeira, sendo o controle da distância das barreiras é feito pelo operador com altura inferior a altura dos camalhões, podendo ser realizado em pré ou pós-semeadura (BRITO *et al.*, 2013).

Figura 5- Captação de água da chuva *in situ* com sulco barrado



Fonte: Brito *et al.* (2013).

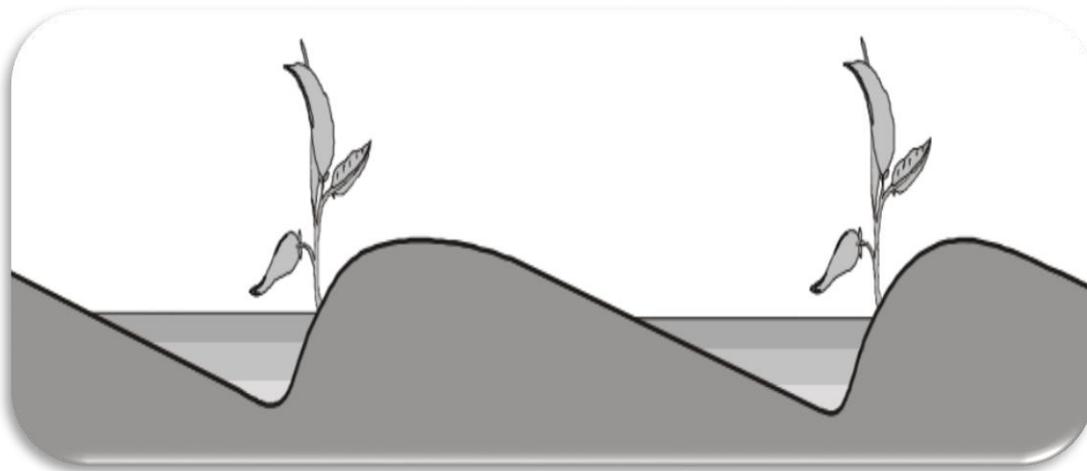
As barreiras dentro do sulco têm a finalidade de impedir o escoamento da água de chuva e promover maior infiltração, podendo ser feitas antes ou depois de o cultivo ser implantado (ANJOS *et al.*, 2007). Os sulcos barrados podem ser efetuados em pré ou pós-semeadura e em quase todos os métodos existentes para captação de água da chuva.

2. 5. 5 Sistema Guimarães Duque

O sistema Guimarães Duque consiste da aração do solo em faixas, a fim de que haja a formação dos sulcos para acumulo de água, seguidos por camalhões altos e largos, confeccionados em curvas de nível (Figura 6). Para isso, utiliza-se o arado

reversível de três discos, retirando-se o disco que fica mais próximo dos pneus traseiros do trator (BRITO *et al.*, 2008).

Figura 6- Sistema Guimarães Duque ou para captação de água da chuva *in situ*



Fonte: Brito *et al.* (2008).

Este sistema de preparo do solo pode ser semipermanente, com duração de 2 a 3 anos, também podendo ser manejado a cada cultivo refazendo o sistema anualmente. Neste caso, há a vantagem de se fazer uma rotação gradual da zona de semeadura a cada ano, além da incorporação de restos de culturas e plantas daninhas, promovendo a reciclagem da matéria orgânica.

2. 5. 6 Sistema em W

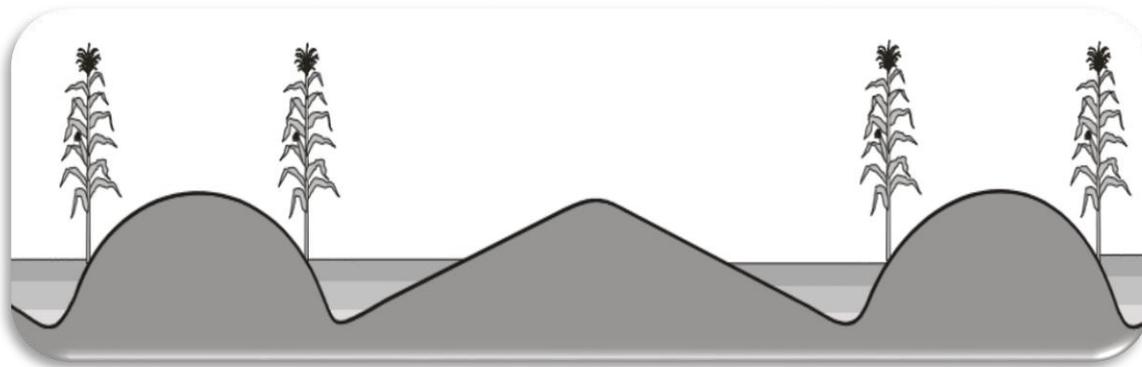
Para Anjos *et al.* (2007), a captação de água de chuva *in situ* com sistema em W, consiste de uma aração, seguida de sulcamento da área de captação de água e dos camalhões onde se faz a semeadura da cultura de interesses, os quais são efetuados em uma só operação.

Esta técnica pode ser implantada, adaptam-se dois sulcadores, tipo bico de pato, à barra porta-implementos, distanciados entre si de 0,75 m, por ser o espaçamento que mais se adapta ao trabalho efetuado com o chassi porta-implementos com rodas (pneus), determinando assim, o camalhão da área de semeadura (ANJOS *et al.*, 2007).

De acordo Anjos *et al.* (2007), a inclinação da área de captação de água é feita alongando-se as asas externas dos sulcadores que deverão facilitar sua formação.

Várias passagens sequenciais do equipamento no terreno em preparo dão origem ao sistema de captação de água de chuva *in situ* de forma em “W” (Figura 7).

Figura 7- Sistema Camalhões inclinados ou sistema W para captação de água da chuva *in situ*



Fonte: adaptado de Anjos *et al.* (2007).

2.5.7 Estudos relacionados

Diversos estudos mostram que o preparo do solo para captação da água da chuva é muito vantajoso, como os realizados por Laime (2012) e Bernal (2007), comprova a eficiência dos sistemas de captação de água, mostrando o aumento da conservação da umidade no solo, o que refletiu no crescimento das culturas.

De acordo com estudos realizados por Wanderley *et al.* (2014) avaliando o crescimento do girassol sob sistema de captação de água *in situ* adubação orgânica foi possível comprovar que ao longo do ciclo o girassol teve o crescimento diferenciado com uso de técnicas para favorecer a captação de água *in situ*.

Sousa *et al.* (2013) avaliando o cultivo de girassol sob técnicas de captação de água da chuva *in situ* no semiárido da Paraíba pode concluir que a técnica proporcionou um maior rendimento da cultura, afirmando que uso de técnicas de captação de água *in situ* pode ajudar as plantas de girassol a tolerar um período de veranico de aproximadamente 15 dias.

Laime *et al.* (2014) avaliando o sistema de captação de água *in situ* sobre o crescimento de pinhão manso, pode perceber ao longo do ciclo que as variáveis de crescimento são beneficiadas pelas formas de preparação do solo, para favorecer a

captação de água *in situ*, em comparação ao tratamento com ausência de técnica de captação.

Brito *et al.* (2008) avaliando perdas de solo e de água em diferentes sistemas de captação *in situ* no semiárido brasileiro verificou que o sistema de preparo do solo com sulcos barrados, para o cultivo do milho, apresentou os menores valores de perdas de água e de solo, enquanto os maiores valores foram obtidos nos tratamentos Guimarães Duque e no sistema tradicional.

2. 6 Conjunto trator semeadora-adubadora

De acordo com Márquez (2004), o trator agrícola é uma máquina de tração que disponibiliza potência aos implementos agrícolas, sendo um conjunto de elementos, os responsáveis por garantir a transmissão da energia mecânica do motor para os diferentes sistemas, hidráulico, TDP e as rodas motrizes.

Monteiro (2008) afirma que, uma das funções dos tratores agrícolas é converter a energia química armazenada nos combustíveis e disponibiliza-lo na forma de energia mecânica, através da força gerada na barra de tração, utilizada para tracionar máquinas e equipamentos agrícolas.

Os combustíveis fósseis são a fonte de energia mais comum para seu acionamento, no entanto, podem ser apontados como os grandes responsáveis pela emissão de gases poluentes na atmosfera. O conhecimento da eficiência energética do trator poderia ser mais um item a ser considerado em sua seleção (SILVEIRA; SIERRA, 2010).

Por serem máquinas de grande porte podem causar compactação do solo, processo que resulta diretamente no aumento de sua densidade (PANDOLFI, 2007), gerando alterações nas propriedades físicas do solo, tais como porosidade, retenção de água, aeração e resistência do solo à penetração das raízes (ASSIS *et al.*, 2009).

A movimentação constante com máquinas é o principal responsável pelo aumento da densidade do solo em grandes fazendas (SILVA *et al.*, 2011), sendo necessária a escolha adequada do trator e do equipamento que irão realizar a operação para que não causem danos ao meio ambiente (MONTEIRO, 2008).

A busca constante em aperfeiçoar seu desempenho se justifica, pois os tratores agrícolas são indispensáveis para produção agrícola, necessária para alimentar a

população mundial (VALE *et al.*, 2011). Portanto, devemos utilizá-lo de forma correta e mais eficiente, aproveitando ao máximo todos seus recursos e reduzir seus impactos negativos.

A semeadura de uma cultura é considerada uma das etapas mais importantes (ALMEIDA *et al.*, 2010) quando bem realizada pode propiciar uma boa germinação, emergência e desenvolvimento das plântulas. Está relacionada com vários fatores, podendo ser destacado a máquina que distribui as sementes e executa a operação (FURLANI *et al.*, 2013).

De acordo Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1994), as máquinas que realizam a semeadura ser classificadas como de precisão e de fluxo contínuo. As semeadoras de precisão distribuem as sementes no leito de semeadura, agrupadas uma a uma, em linhas e em intervalos regulares. Já as semeadoras de fluxo contínuo distribuem as sementes em linha de acordo com a recomendação em kg ha^{-1} .

Na literatura, nada é encontrado sobre semeadora, mecânica ou pneumática, capaz de realizar o processo de abertura do sulco, formação do camalhão e semeadura em uma operação única, levando em consideração as condições edafoclimáticas da região, sendo apenas captação de água de chuva *in situ*, definida como uma forma de preparar o solo para semeadura de culturas perenes ou anuais.

A semeadora capaz de realizar o processo de abertura do sulco, formação do camalhão e semeadura em uma operação única, pode ser definida como semeadora de plantio *in situ*, caracterizando a especificidade desse tipo de máquina. Já todo o processo pode ser definido como sistema de semeadura *in situ*, devendo atender a uma premissa básica, captação de água da chuva e conservação do solo.

Para semeadoras, é importante para adequada deposição da semente ao solo de acordo com a profundidade requerida para cada espécie, uma correta regulagem, pois quando realizada de forma errada pode interferir diretamente no estande inicial da cultura resultando em redução de produtividade (SEKI *et al.*, 2012).

O desempenho operacional do conjunto trator-semeadora pode sofrer interferência de diversos fatores, influenciando em seu desempenho operacional e qualidade da distribuição das sementes ao longo do leito de semeadura, entre estes fatores podemos citar a velocidade de deslocamento e o tipo de preparo do solo (FURLANI ET *et al.*, 2013; GABRIEL FILHO *et al.*, 2010).

A velocidade de deslocamento é um dos principais fatores que afetam a qualidade operacional durante a semeadura (SILVA; GAMERO, 2010). A velocidade

de deslocamento altera o desempenho operacional do trator visto que afeta diretamente o consumo de combustível (FILHO *et al.*, 2010).

De acordo com trabalhos realizados por Furlani *et al.* (2005) utilizando uma semeadora-adubadora, com diferentes velocidades durante a operação de semeadura, foi possível verificar que em velocidade superior a 7 km h⁻¹, houve aumento na patinação dos rodados e nos consumos de combustível horário e por área, além de maior valor de capacidade operacional.

Para Mello *et al.* (2004) a uniformidade de distribuição de sementes dentro do leito de semeadura, através da regulagem adequada da semeadora-adubadora e correta adequação do trator utilizado, tem sido observada como uma das formas de aumento da produtividade dentro de uma lavoura.

Copetti (2012), afirma que a semeadoras representam importante papel dentro do processo produtivo, pois a produtividade de uma cultura pode ser afetada pela variação da uniformidade de distribuição de sementes no sulco de semeadura, reduzindo os lucros dos produtores quando a regulagem do conjunto é feita de forma inadequada.

2.7 Projeto de máquinas

Diante das dificuldades enfrentadas, seja na indústria, agricultura, ou cotidiano das pessoas, suje a necessidade de projetar um produto novo ou adaptar um já existente. Projeto pode ser considerado como uma atividade planejada, um conjunto de atividades correlacionadas e coordenadas, com a finalidade de alcançar objetivos específicos dentro de certos limites financeiros e tempos (ANDRADE, 2010).

Para Freire (2011), pode-se projetar construir, adaptar ou modificar um equipamento de acordo com o interesse da indústria e exigência do mercado consumidor, deve analisar minuciosamente todos os custos, tempo de realização do projeto, qualidade e eficiência do equipamento a se desenvolvido, fazendo desta etapa uma das mais importantes.

De acordo com as considerações feitas por Back (2008), o desenvolvimento de um determinado produto ou determinado processo, até chegar à produção em escala comercial, envolve toda uma série de atividades; projeto preliminar, detalhamento, análise, planejamento da produção, produção, controle de qualidade e assistência ao usuário.

A qualidade de uma máquina pode estar associado a diversos fatores, até mesmo externos, inerente ao seu projeto mecânico. Stoeterau (2004) afirma que, a qualidade de uma máquina está relacionada com os sistemas que o integram, uso a que se destina, esforços mecânicos e térmicos a que será submetida e forma como afeta o meio ambiente.

De acordo com Baforcellini (2002), até a execução de um projeto, o mesmo passa por um conjunto de processo sistemático e necessário que pode ser dividido em quatro fases distintas a serem executadas tendo assim: a definição da tarefa, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado.

Porém, de acordo com modelo proposto por Back *et al.* (2008) para desenvolvimento de um produto, o mesmo deverá passar por oito fases: planejamento do produto, projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar, projeto detalhado, preparação para produção, lançamento do produto e validação do produto.

Todas as metodologias utilizadas para desenvolvida de novos produtos foram elaboradas para atender o setor industrial, dificultado utiliza-las para o desenvolvimento de novas maquinas agrícola para regiões com característica particulares. De acordo com Albiero *et al.* (2011), o grande obstáculo por parte dos pesquisadores é relacionado à adequação das metodologias de engenharia com as necessidades e particularidades das metodologias participativas necessárias a regiões como o semiárido.

Na fase de concepção de um novo produto, diversas metodologias podem ser utilizadas para gerar ideias, entre elas podemos citar: brainstorming, analogia direta, método da instigação de questões, matriz morfológica, método de Dephli, método sintético, método da listagem de atributos, entre outros.

De acordo com Back (2008) é difícil eleger o melhor método, sendo importante que o profissional conheça as principais e na concepção de um novo produto, experimente qual da melhores resultados ou adote diferentes metodologias para gerar soluções alternativas para solucionar o mesmo problema.

2. 8 Controle Estatístico do Processo

A busca por produtos de qualidade é considerada o ponto fundamental dos consumidores no momento ao se adquirir uma mercadoria (SILVA *et al.*, 2008). Sob o ponto de vista econômico, qualidade é a produção de serviços e de produtos a custos

compatíveis com a atividade, obtenção de lucros para o produtor e que satisfaçam às necessidades dos consumidores (FERNANDES *et al.*, 2000).

Sob o ponto de vista agrônomo, qualidade é a realização das operações agrícolas ou a obtenção de produtos que estejam adequados às especificações ou a padrões agrônomo recomendados (SILVA *et al.*, 2008). As operações agrícolas são de fundamental importância para a melhoria de todo o processo produtivo, normalmente realizado sem que haja um controle efetivo para que as variabilidades das mesmas fiquem dentro de padrões aceitáveis (FERNANDES *et al.*, 2000).

O auxílio de técnicas estatísticas no controle das operações agrícolas mecanizadas é uma realidade, pois a qualidade das operações representa diminuição na variabilidade, obtendo-se resultados mais próximos aos limites especificados (MILAN; FERNANDES, 2002), para isso faz se necessário um acompanhamento do processo a fim de detectar alterações.

O Controle Estatístico de Processo (CEP) detecta rapidamente alterações dos parâmetros de determinados processos para que os problemas possam ser corrigidos antes que muitos itens não conformes sejam produzidos (MINGNOTI; FIDELIS, 2001). Para Alencar *et al.* (2007), o CEP é uma prática que permite verificar o comprometimento do processo quanto a limites superiores e inferiores e detectar comportamentos tendenciosos das suas variáveis do processo.

De acordo com Ribeiro e Caten (2011), o CEP é uma ferramenta que pode ser utilizada quando suas amostras possuem distribuição normal; neste enfoque Montgomery (2004) sugere a utilização do gráfico de média móvel exponencialmente ponderada (MMEP) para a análise de processos não normais. Albiero *et al.* (2012) utilizaram a MMEP com sucesso para avaliar processos não normais em semeadoras, indicando adaptações na metodologia.

Paulini *et al.* (2009) afirmam que é muito complicado determinar todos os fatores que influem nas operações agrícolas, desse modo é preciso o uso de ferramentas de qualidade para garantir o desempenho adequado do processo em função dos fatores críticos. De acordo Albiero (2010), em geral o controle estatístico do processo (CEP) considera que suas amostras apresentam distribuição normal, porém nem sempre isso ocorre, pois existem limitações graves com relação à normalidade.

Algumas ferramentas destacam-se no Controle Estatístico de Processo (CEP), sendo elas: histogramas, cartas de controle por variáveis, medidas de tendência central

(média aritmética, mediana e moda), medidas de dispersão (amplitude, desvio-padrão e coeficiente de variação) e medidas de assimetria e de curtose (BONILLA, 1995).

Os limites de controle são estimados pelo valor médio, somado ou subtraído a três vezes o desvio-padrão. Considera-se que p processo está sob controle, quando todos os pontos do gráfico se localizam entre os limites de controle; e quando, no mínimo, um ponto se localiza fora desses limites, considera-se que o processo está fora de controle (SILVA *et al.*, 2008).

Diversos autores utilizam a carta de controle em seus experimentos, possibilitando observar variações ou oscilações em operações agrícolas que estejam fora dos padrões especificados para o processo. Milan e Fernandes (2002) avaliaram por meio do controle de estatístico do processo, a qualidade das operações de preparo do solo com escarificação e gradagem.

Fernandes (1997) trabalhando com operações agrícolas mecanizadas no sistema de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), observou que apesar da operação de subsolagem estar sob controle estatístico, encontrava-se com valores de profundidade de trabalho não compatíveis com as especificações da empresa.

Dodson (1998) avaliando a influência de indicadores de qualidade no custo operacional de um sistema de produção de milho observou que a semeadura encontrava-se fora dos padrões preestabelecidos e apenas 56% dos valores estavam dentro das especificações (entre 4 e 6 sementes m^{-1}).

Lino *et al.* (1999) analisando a fragmentação de fitomassa realizada por uma roçadora em área com predominância de capim-colonião, utilizaram ferramentas preconizadas pelo controle estatístico da qualidade concluindo que a metodologia aplicada foi suficiente e adequada para a caracterização da área antes e depois da operação.

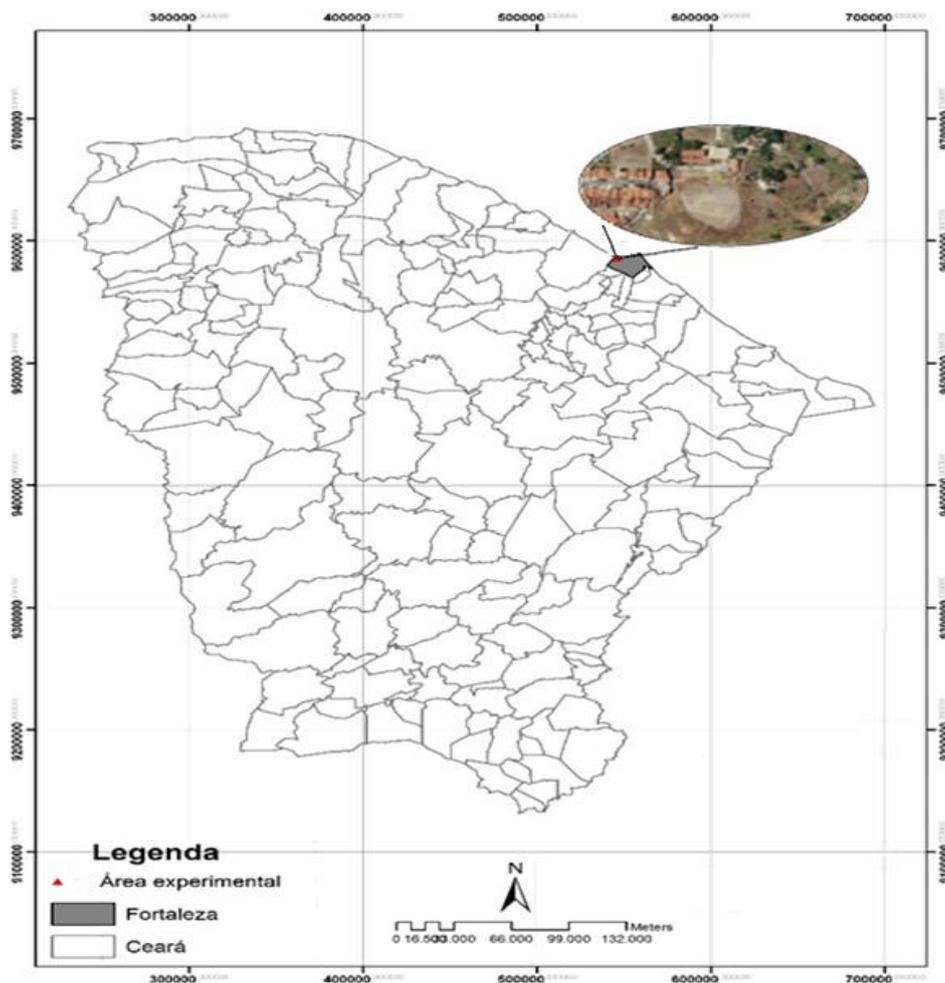
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Local das avaliações

As avaliações foram realizadas na unidade experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, localizada nas coordenadas geográficas de latitude $3^{\circ} 44'S$, longitude $38^{\circ} 34'W$ de Greenwich e altitude de 19,6m (Figura 8). O clima da região é Aw', ou seja, tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono (PINTO, 2008).

Figura 8- Localização da área experimental pertencente Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará

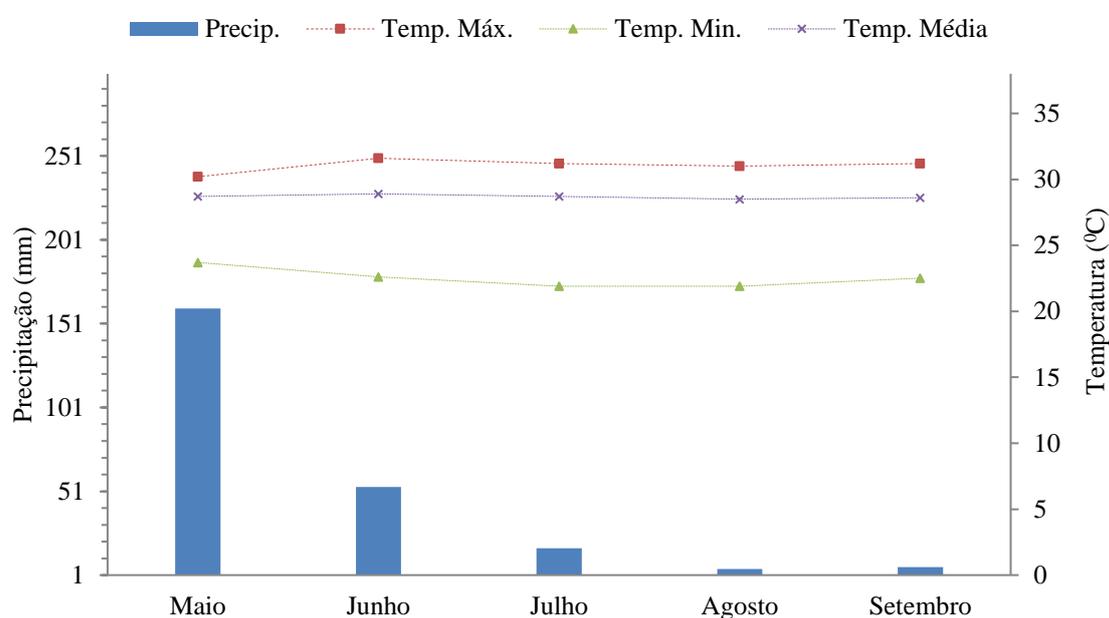


Fonte: Autor (2016).

3.1.2 Dados climáticos

Na Tabela 9 estão apresentados os dados meteorológicos relativos ao período de condução do experimento, onde podemos observar que a temperatura máxima ficou próxima de 32°C. As temperaturas mínimas e médias ficaram próximas de 25 e 29 °C, respectivamente. Maior precipitação média mensal foi observada no mês de maio com 160,1 mm.

Figura 9-Dados meteorológicos relativos ao período de condução do experimento (Maio a Setembro de 2016)



Fonte: Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Adaptado pelo Autor.

3.1.3 Manejo da irrigação

A área experimental, durante condução do milho, recebeu irrigação suplementar por meio de sistema de aspersão convencional. Assim, calculou-se a ET_0 pelo método do tanque classe A, instalado sobre grama com 100 m de bordadura, obtendo-se os coeficientes do tanque pelo método proposto por Doorenbos e Pruitt (1977). No cálculo da ET_c , multiplicou a ET_0 com K_c dos diferentes estádios da cultura principal (milho), suprindo as necessidades hídricas da cultura na insuficiência pluviométrica do período, sendo aplicada lamina de irrigação de acordo a demanda

hídrica nos diferentes estádios fenológicos da cultura, variando entre 0,2 – 1,6 nos diferentes estádios de desenvolvimento fenológico, suprimindo as necessidades hídricas da cultura segundo Guerra *et al.* (2003).

3.1.4 Características físicas do solo

As características físicas e químicas do solo foram determinadas por meio de análise de solo. As amostras foram coletadas, levadas para o Laboratório de Análise do Solo e avaliadas conforme metodologia proposta pela Embrapa (1999). O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo e na Tabela 1 e 2 encontram-se os valores obtidos para caracterização inicial física e química do solo na área experimental.

Tabela 1 -Caracterização física do solo da área experimental, nas camadas de 0,0-0,15 e 0,15-0,30 m, antes da instalação do experimento

Profundidades (m)	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)	Microporosidade (m ³ m ⁻³)	Porosidade Total (m ³ m ⁻³)	Densidade (kg dm ⁻³)
0,0 - 0,15	0,09	0,15	0,24	1,44
0,15 - 0,30	0,06	0,13	0,19	1,45

Tabela 2-Características químicas iniciais do solo avaliadas de 0,0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 m de profundidade

Profundidades (m)	pH (H ₂ O)	Caracterização da área									
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	S	T	V (%)	m (%)
mmol _c dm ⁻³											
0,0-0,15	6,4	13	12	12	18	14,9	0	21	26	81	30
0,15-0,30	6,4	13	0,8	10	16	18,2	0	21	29	72	70

3.1.5 Preparo inicial da área

O solo da área experimental foi preparado convencionalmente, sendo utilizado arado de disco fixo montado, tricorpo com discos lisos de 0,60 m de diâmetro, atuando à profundidade de aproximadamente 0,20 m (Figura 10).

Figura 10-Arado de disco fixo montado, tricurpo com discos lisos de 0,60 m de diâmetro utilizado para o preparo da área



Fonte: Autor (2016).

Também foi utilizada uma grade leve de arrasto da marca Marchesan, modelo GN, OFF- Set, com 28 discos de 0,508 m de diâmetro, trabalhando à profundidade de aproximadamente 0,16 m (Figura 11).

Figura 11-Grade leve de arrasto da marca Marchesan, modelo GN, OFF- Set, com 28 discos de 0,508 m de diâmetro utilizada para o preparo da área



Fonte: Autor (2016).

3.1.6 Insumos

3.1.6.1 Sementes

A semente da variedade de milho utilizada no experimento foi a Alavará, visando uma população de 66.666,64 mil plantas ha^{-1} , com espaçamento entrelinhas de 0,60m, densidade de semeadura de 4 sementes m^{-1} semeado no dia 20/05/2016.

3.1.6.2 Fertilizantes

Durante condução da cultura do milho foram realizadas adubações de base e de cobertura, na adubação de base utilizou-se 250 kg ha^{-1} de fertilizante na formulação comercial de 10-28-20. Na adubação de cobertura, realizadas nos estádios V2, V4 e V8 do milho (Figura 12), foi usado 300 kg ha^{-1} de ureia e 120 kg ha^{-1} de cloreto de potássio.

Figura 12-Ilustração representativa dos estádios em que foram realizadas as adubações adubação de cobertura (V2, V4 e V8)



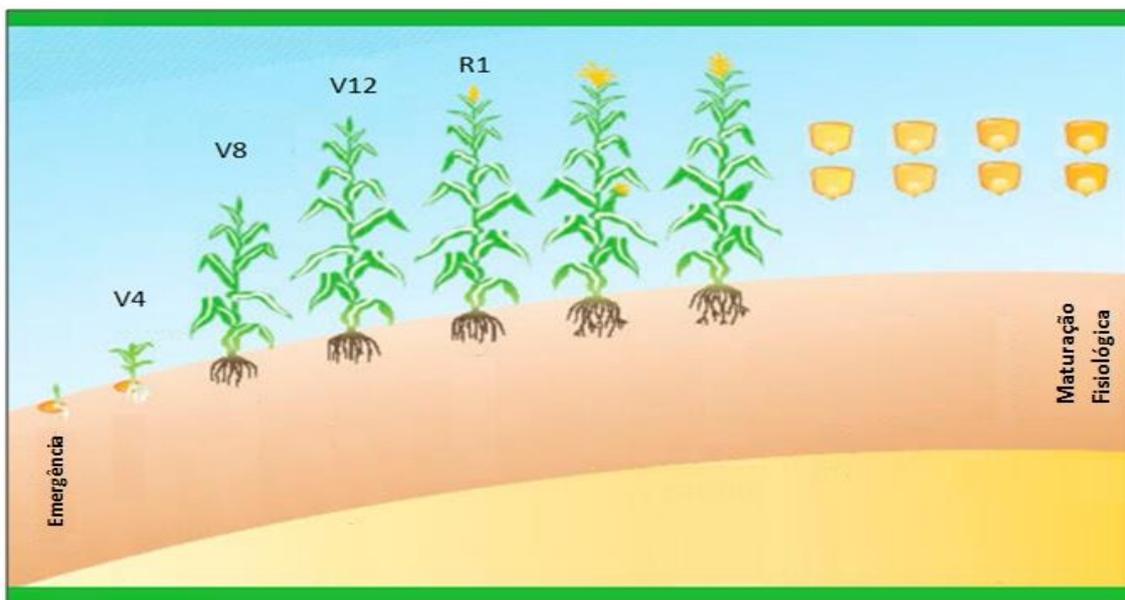
Fonte: Autor (2016).

3.1.6.3 Defensivos agrícolas

Durante o ciclo da cultura foram efetuadas quatro aplicações do produto Lufenurom (i.a) na dose de 18 g ha^{-1} do ingrediente ativo contra a presença da lagarta do

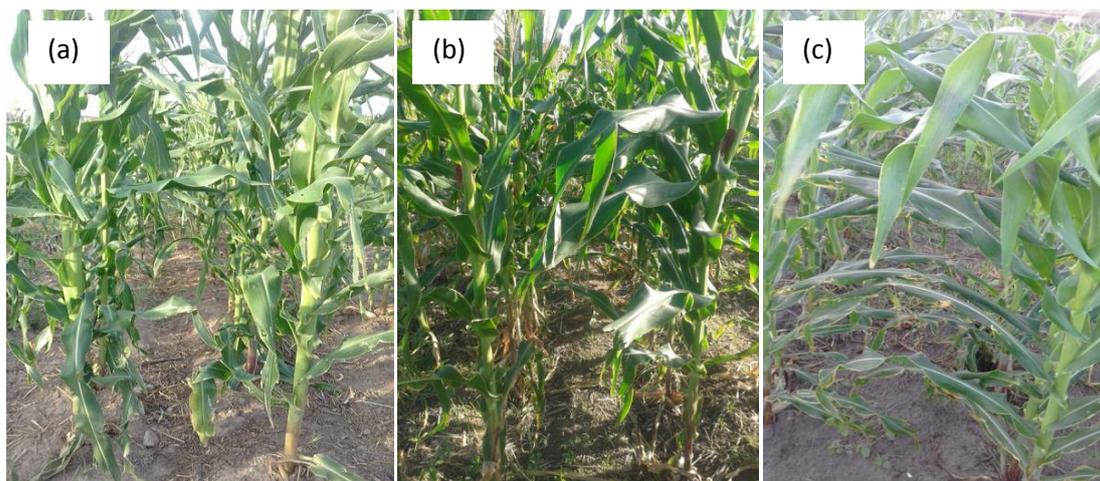
cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e lanat BR inseticida fosforado (princípio ativo: metomil), nos estádios V4, V8, V12 e R1 (Figura 13 e 14).

Figura 13-Ilustração representativa dos estádios em que foram realizadas as quatro aplicações de lufenurom contra a presença da lagarta do cartucho (V4, V8, V12 e R1)



Fonte: Autor (2016).

Figura 14- Estágio da última aplicação de herbicida na cultura do milho semeado em cima do camalhão (a), dentro do sulco (b) e convencionalmente (c)



Fonte: Autor (2016).

3.1.5.4 Máquinas e equipamentos

Para tracionar a semeadora foi utilizado um trator BM 120 4x2 TDA (Tração Dianteira Auxiliar), de 88,26 kW (120 cv) de potência no motor, na rotação de 2000 rpm, com a tração dianteira ligada, equipado com pneus diagonais, eixo dianteiro com pneus 14.9-24 R1 com pressão de inflação de 12 psi (83,73 kPa) e traseiro 18.4-34 R1 com pressão de inflação de 22 psi (110,31 kPa), adequado para operação média, massa total de 6117,5 kg, distribuídos 41,96 % e 58,03% nos eixos dianteiro e traseiro, respectivamente. Possui relação massa/potência de 69,31 kg kW⁻¹ (50,97 kg cv⁻¹).

Figura 15-Pesagem do eixo dianteiro e traseiro do trator BM 120 4x2 TDA para realização da distribuição de peso



Fonte: Autor (2016).

Foi utilizada uma semeadora-adubadora de precisão pneumática modelo JMJM2090EX.00, montada, configurada com 3 linhas, espaçadas por 0,60 m, configurada com disco desencontrado para deposição de fertilizante e sementes, disco vertical pneumático para dosagem de sementes. O acionamento dos sistemas de distribuição de fertilizantes e sementes, realizado por meio de roda motriz côncava de borracha com alívio central (Figura 16).

O depósito de adubo e sementes da semeadora-adubadora com capacidade de 39 litros. A mesma foi equipada com sulcadores com comprimento total de 50 cm e altura de 25 cm para abertura do sulco e formação do camalhão, sendo os mesmos removidos para semeadura das testemunhas nas velocidades avaliadas.

Trator 4 x 2 Massey Ferguson 265 com 47,80 kW (65 cv) de potência no motor, equipado com pneus diagonais, eixo dianteiro 6.00-16 F2 com pressão de inflação de 46 psi (317,15 kPa) e traseiro 14.4-30 com pressão de inflação de 11 psi (75,84 kPa).

Figura 16-Semeadora-adubadora de precisão pneumática modelo JMJM2090EX.00 equipada com sulcadores para abertura do sulco e formação do camalhão



Fonte: Autor (2016).

Adequado com uma relação peso potência de 50 kg cv^{-1} , com distribuição de 60% no eixo traseiro e 40% no eixo dianteiro, equipamento montado, com lastros sólidos e líquidos, acoplado a semeadora de precisão, usado como trator suporte no comboio para o processo de semeadura (Figura 17).

Figura 17-Trator 4 x 2 Massey Ferguson 265 usado como trator suporte no comboio para o processo de semeadura



Fonte: Autor (2016).

Célula de carga da marca HBM, modelo U 10M, com sensibilidade de 135 kW. Para a coleta dos dados da célula de carga foi utilizando sistema de aquisição de dados da HBM modelo Quantum XMX804A com capacidade de monitorar e registrar

informações a uma frequência de 19.200 Hz, programa QuantumX Assistant instalado em um notebook para armazenamento dos dados de força na barra de tração conectado a célula de carga por meio de cabo (Figura 18).

Figura 18-Célula de carga e sistema de aquisição de dados instalados no trator BM 120 4x2 TDA



Fonte: Autor (2016).

Fluxômetro da marca “Flowmate” oval, modelo Oval M-III e LSF 41 com precisão de 0,01 mL. Foi utilizado sistema eletrônico com contadores de pulsos para a obtenção das leituras dos fluxômetros e cronômetro (Figura 19). Câmeras filmadoras para medir o patinamento. Perfilômetro com estrutura de madeira contendo 50 varetas de alumínio colocados na vertical de 60 cm de comprimento e com espaçamento entre varetas de 1cm.

Figura 19- Fluxômetro e sistema eletrônico com contadores de pulsos trator BM 120 4x2 TDA para a obtenção das leituras dos fluxômetros e cronômetro



Fonte: Autor (2016).

Arado de disco fixo montado, tricorpo com discos lisos de 0,60 m de diâmetro. Grade leve de arrasto da marca Marchesan, modelo GN, OFF- Set, com 28 discos de 0,508 m de diâmetro. Bomba costal de 20L, trenas e régua. Anéis de volumétrico, elástico, pano, balança eletrônica S2202 -2200g x 0,01g, estufa com circulação forçada de ar, com controle digital e capacidade de 150 litros.

Foi utilizada uma trilhadora semimecanizada estacionária da marca Maqtron® modelo B-150, com sistema de trilha por impacto, configurada com cilindro dentado, folga do cilindro com o côncavo na parte posterior de 0,10 m e na parte frontal com 0,25 m, peneira superior nº 1 que associada à ventilação forçada permitiu a separação e limpeza dos grãos. As polias da máquina foram reguladas para que a rotação na trilhadora fosse de 850 rpm.

3.2 Métodos

3.2.1 Adaptação da semeadora-adubadora

Foi utilizada uma Semeadora-adubadora de precisão pneumática modelo JMJM2090EX.00, montada, configurada com 3 linhas, com disco duplo desencontrado para deposição de fertilizantes e sementes, disco vertical pneumático de dosagem de sementes, acionamento dos sistemas de distribuição de fertilizantes e sementes realizado por meio de roda motriz traseira côncava de borracha com alívio central para a compactação das sementes, com capacidade do depósito de adubo e sementes de 39 litros.

Também foi utilizado um sulcador com comprimento total de 50 cm e altura de 25 cm. Mesmo permite a regulagem da largura do sulco a ser formado. A fixação do sulcador ao chassi da semeadora foi por meio de uma haste desenvolvida de acordo com as metodologias de projeto.

A haste foi fixada ao chassi por meio de um componente já existente para fixação do disco de corte, o qual foi removido. Este componente pode ser fixado em qualquer local do chassi, permitindo a semeadura em cima do camalhão ou dentro do sulco.

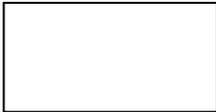
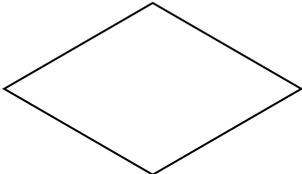
3.2.1.1 Metodologia de projeto utilizada

Para desenvolver a estrutura de fixação do sulcador ao chassi da semeadora foi utilizado o método da matriz morfológica. Para Back (2008), o objetivo da matriz morfológica é forçar uma ordenação de uma situação de problema difuso, descobrindo combinações de fatores normalmente desconhecidos por processo normal, assim, o método da matriz morfológica trabalha melhor quando o problema pode ser dividido em partes menores ou subproblemas.

Neste método a maior demanda está em criar várias soluções para as funções em uma matriz de dois eixos, por meio de uma equipe interdisciplinar, porém o ganho gerado pela quantidade de combinações tem um efeito multiplicador. Após a combinação, as soluções devem ser analisadas sob critérios de viabilidade e sendo descartadas as ideias que não servem para os requisitos do projeto (BACK, 2008).

De acordo com Back (1983) a sequência de eventos de um projeto tem suas fases convencionadas por vários gráficos (Tabela 1), os quais foram adotados para elaboração do o fluxograma do estudo conceitual da estrutura de ligação do mecanismo sulcador ao chassi da semeadora.

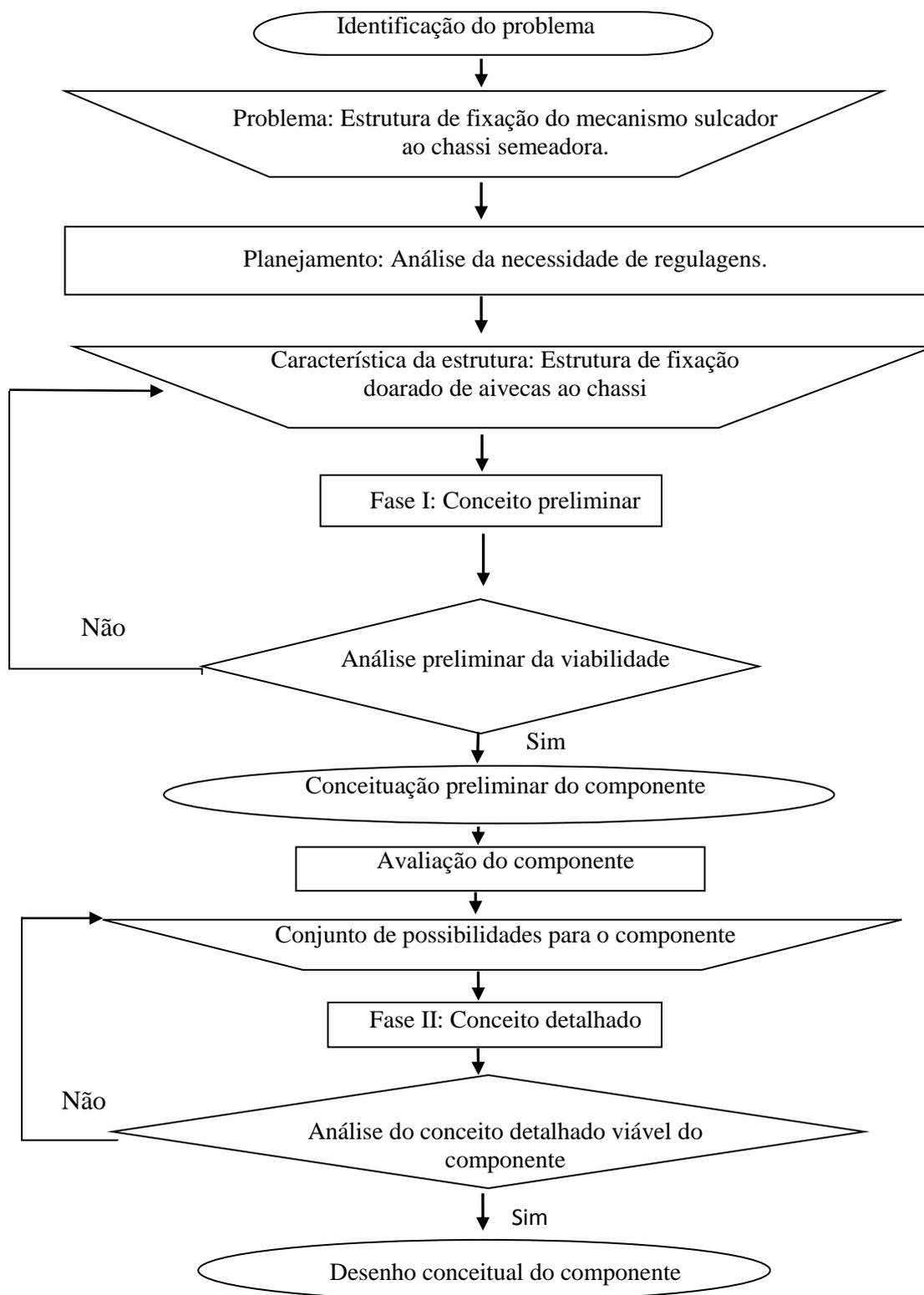
Tabela 1- Convenções de fases no processo de projetar para confecção do fluxograma

Fases do evento	Representação gráfica	Descrição
Início ou fim		Início ou fim da operação
Processo		Processo ou operação executada
Avaliação		Comparação de dados e tomada de decisão
Dados		Informação ou dados de qualquer natureza

Fonte: Back (1983).

Logo depois de serem definidas as fases e o fluxograma, o método morfológico foi aplicado conforme Back (2008) com listagem dos principais parâmetros dos componentes e alternativas para solucionar o problema de cada parâmetro, montagem da matriz morfológica, colocando nas linhas os parâmetros por meio de sua descrição, e nas colunas as alternativas (ALBIERO *et al.*, 2007). O fluxograma segue apresentado na Figura 20.

Figura 20- Fluxograma do projeto conceitual da estrutura de fixação do mecanismo sulcador ao chassi da semeadora



Fonte: Autor (2016).

3.2.1.1.1 Matriz morfológica 1 da estrutura de fixação do sulcador ao chassi da semeadora. Fase 1. Conceito preliminar.

Com base na matriz morfológica 1 (Quadro 1), foi possível descrever a conceituação preliminar da estrutura de fixação do sulcador ao chassi da semeadora: A estrutura será uma haste de geometria cilíndrica reta a qual deverá ser fixada no chassi da semeadora por meio de um componente já existente na semeadura onde era fixada a estrutura do disco de corte permitindo a regulagem de atuação do sulcador pelo deslocamento lateral do conjunto. A mesma deverá ser fixada ao sulcador por meio de parafusos.

Quadro 1- Matriz Morfológica 1 da estrutura de fixação do sulcador ao chassi da semeadora

Componentes	1	2	3	4
Fixação do sulcador ao chassi da semeadora	Madeira Haste com geometria cilíndrica Reta	Haste com geometria cilíndrica levemente curva	Haste com geometria quadrada reta	Haste com geometria cilíndrica levemente curva
Regulagem de atuação Haste/sulcador	Centro da haste	Na parte inferior da haste, na ligação com o sulcador	Na parte superior da hastena estrutura de ligação com o chassi	Deslocamento da peça de engate da haste ao chassi

3.2.1.1.2 Matriz morfológica 2 da estrutura de fixação do sulcador ao chassi da semeadora. Conceito Detalhado.

Com base na matriz morfológica 2 (Quadro 2), foi possível descrever a conceituação detalhada da estrutura de fixação do sulcador ao chassi da semeadora: A estrutura será uma haste de geometria cilíndrica reta com diâmetro de 5 cm e comprimento de 90 cm, constituída de aço 1045 (lamin. quente) com tensões de rupturas descritos da Tabela 4. A haste deverá ser fixada no chassi da semeadora por meio de um componente já existente na semeadura onde era fixada a estrutura do disco de corte permitindo a regulagem de atuação do sulcador no sentido vertical (y). A mesma deverá ser fixada ao sulcado por meio de parafusos.

Quadro 2- Matriz Morfológica 2 da estrutura de fixação do sulcador ao chassi da semeadora

Componentes	1	2	3	4	5	6
Haste com geometria cilíndrica reta	Aço 1045	Madeira	Aço liga	Ferro fundido	Liga metálica	Alumínio
Grau de liberdade para controle de profundidade do sulcador	x	y	z	xy	xz	xyz

Tabela 2- Propriedades mecânicas de alguns materiais de aço carbono

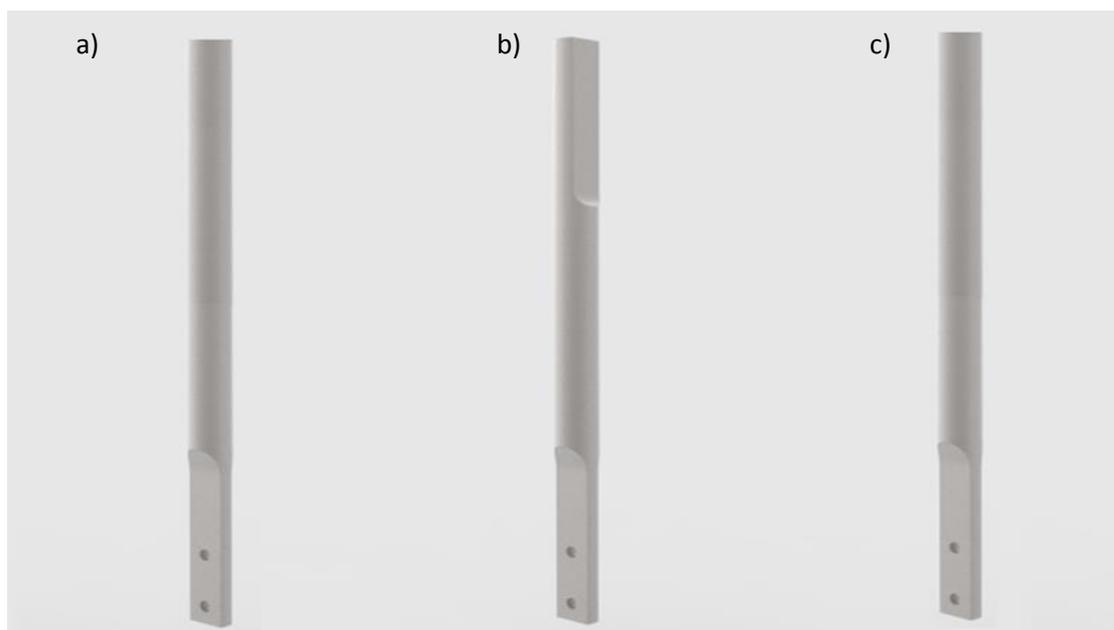
Material	Tensões de ruptura		
	Tração (MPa)	Compressão (MPa)	Cisalhamento (MPa)
AISI 1045 (lamin. quente)	565	565	315
AISI 1045 (lamin. a frio)	627	627	350

AISI-American Iron and Steel Institute

Fonte: Beer *et al.* (2008).

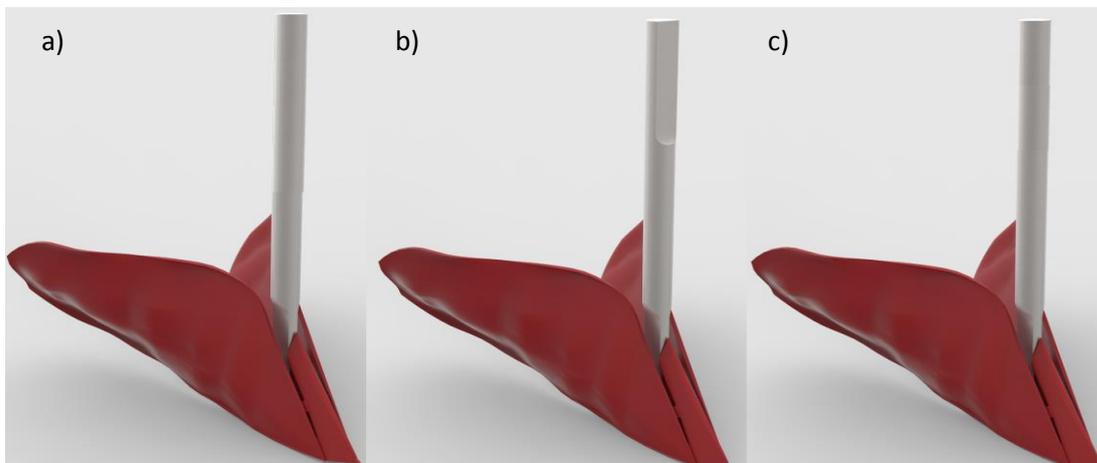
Sendo considerado o conceito detalhado da estrutura de fixação do sulcador ao chassi da semeadora viável de acordo com os parâmetros técnicos desejáveis, foi condicionado o desenho conceitual da estrutura desenvolvida para linhas lateral (a e c) e central(b), que segue apresentado nas Figuras 21 e 22.

Figura 21- Estrutura de fixação do sulcador ao chassi da semeadora nas linhas laterais (a e c) e central (b)



Fonte: Autor (2016).

Figura 22- Estrutura de fixação ligada ao chassi e ao sulcador da semeadora nas linhas laterais (a e c) e central (b)

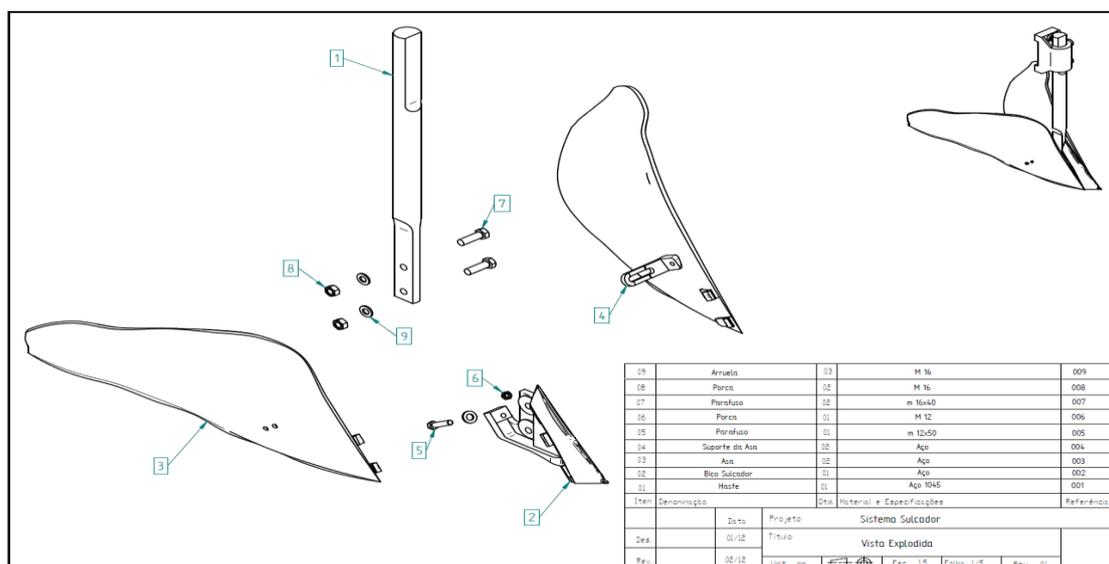


Fonte: Autor (2016).

3.2.1.2 Desenhos detalhados

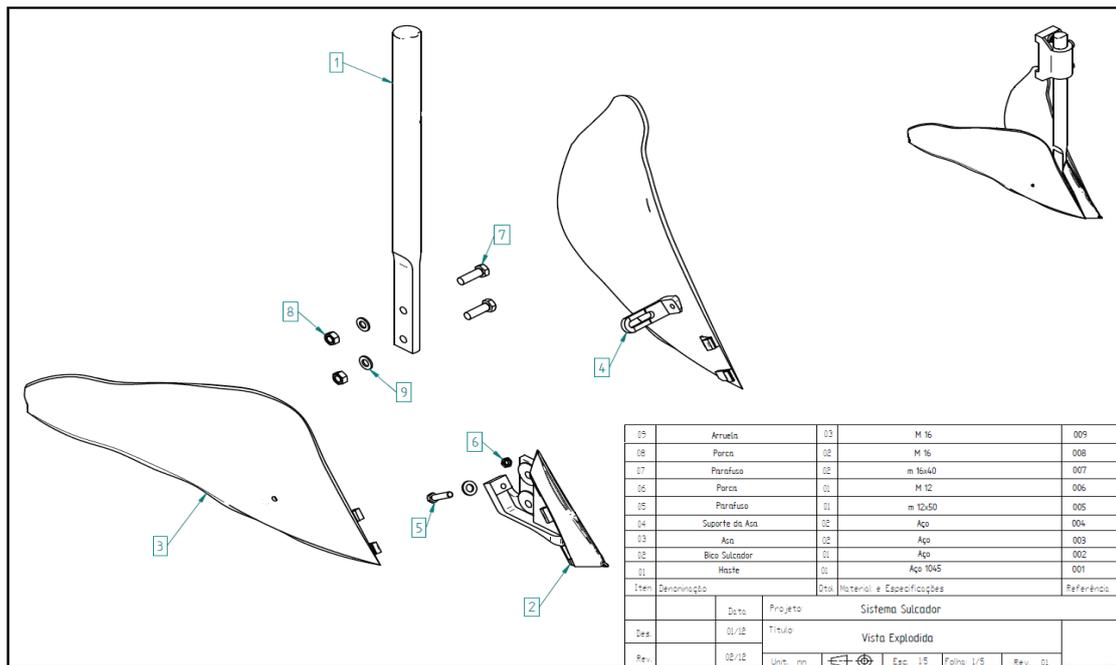
O comprimento total e diâmetro da peça de fixação do sulcador com o chassi da semeadora, foi determinado em função dos pontos de engate entre os dois componentes e material disponível (Aço 1045) ficando com comprimento total de 90 cm e diâmetro de 5 cm. Seu detalhamento pode ser observado nos desenhos técnicos abaixo (Figura 23, 24, 25, 26, 27, 28 e 29).

Figura 23- Vista explodida do sistema sulcador da linha central da semeadora-adubadora com suas partes constituintes



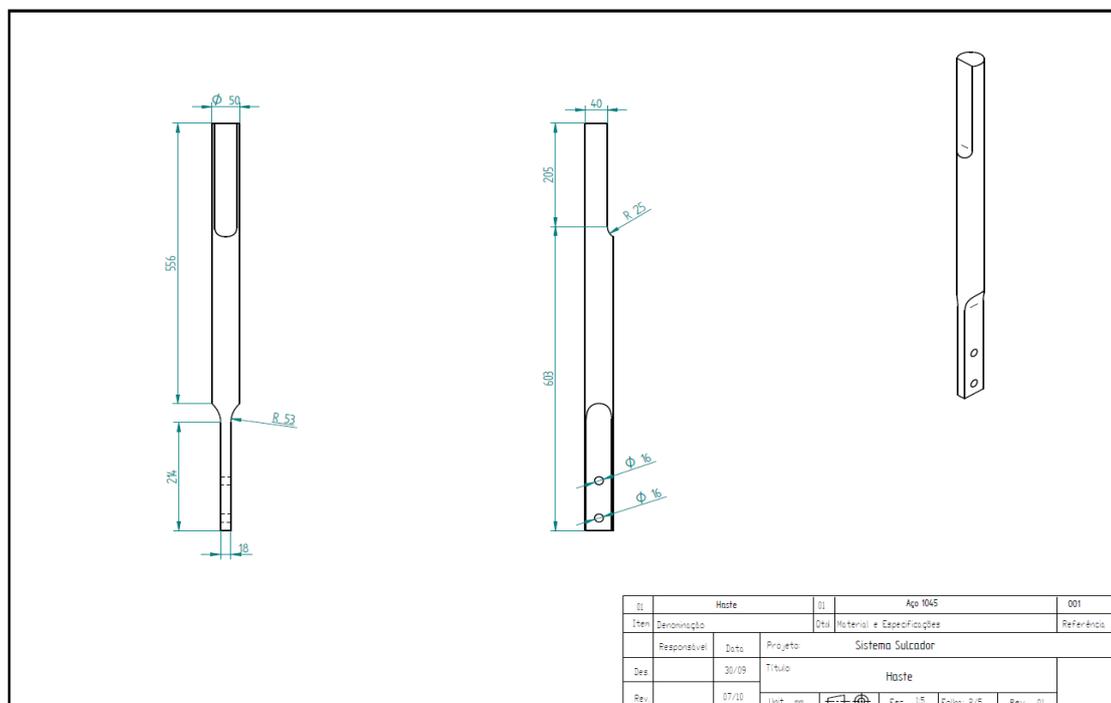
Fonte: Autor (2016).

Figura 24- Vista explodida do sistema sulcador das linhas laterais da semeadora-adubadora com suas partes constituintes



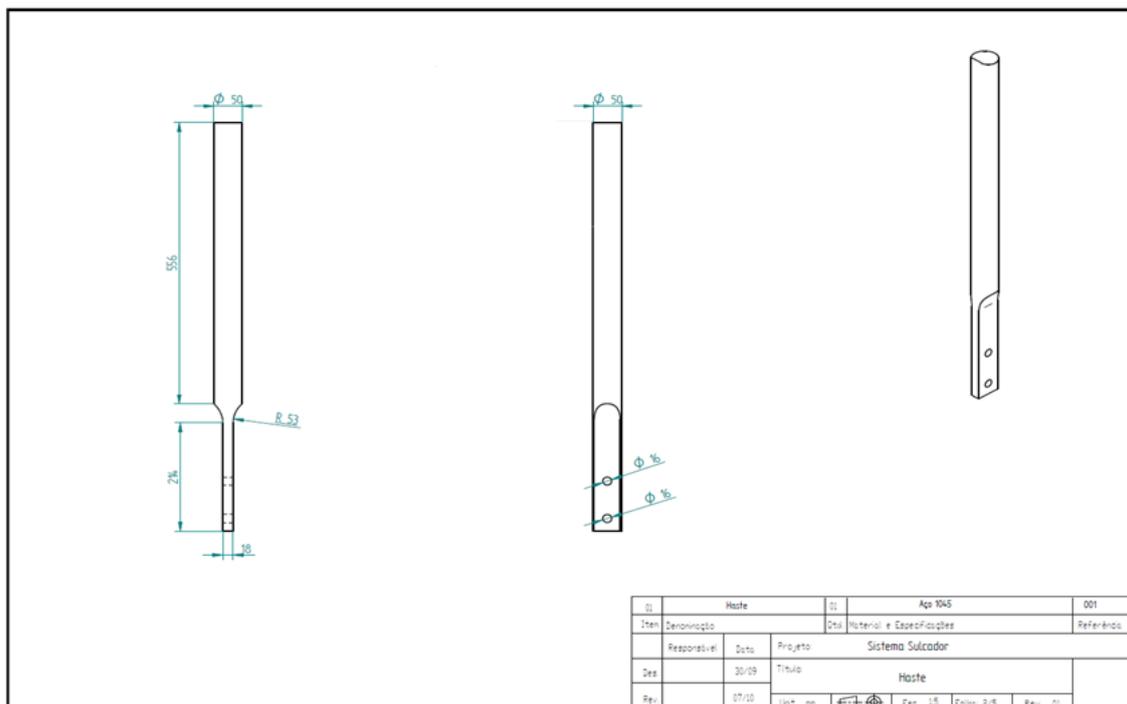
Fonte: Autor (2016).

Figura 25- Peça de fixação do sulcador com o chassi da semeadora da linha central e suas cotas em mm



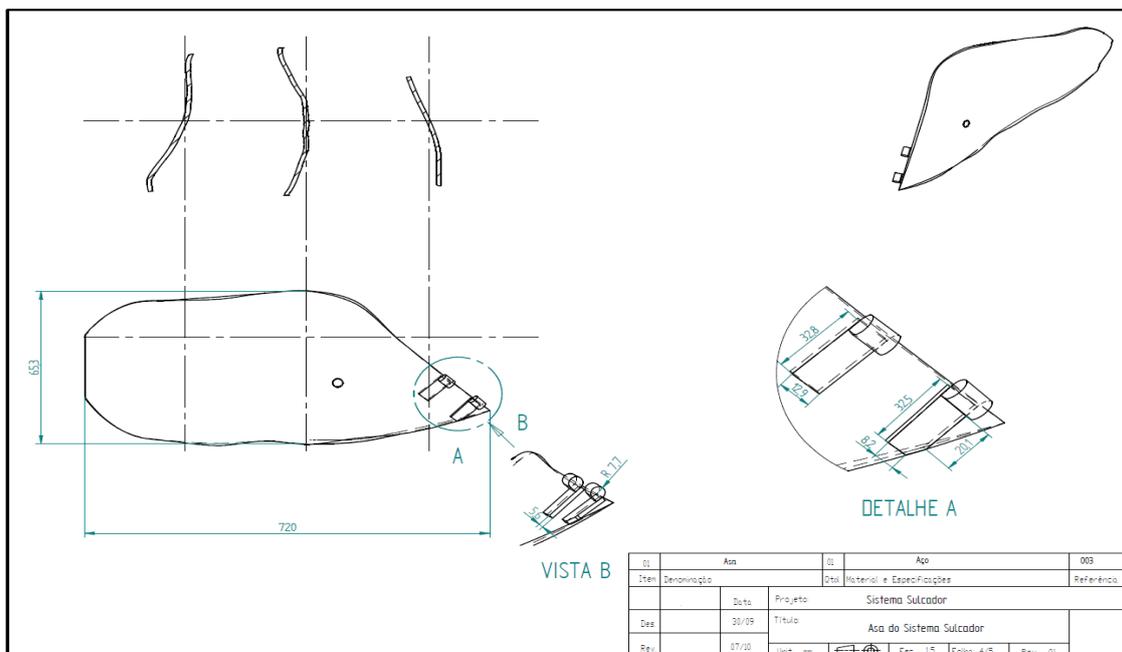
Fonte: Autor (2016).

Figura 26- Peça de fixação do sulcador com o chassi da semeadora das linhas laterais e suas cotas em mm



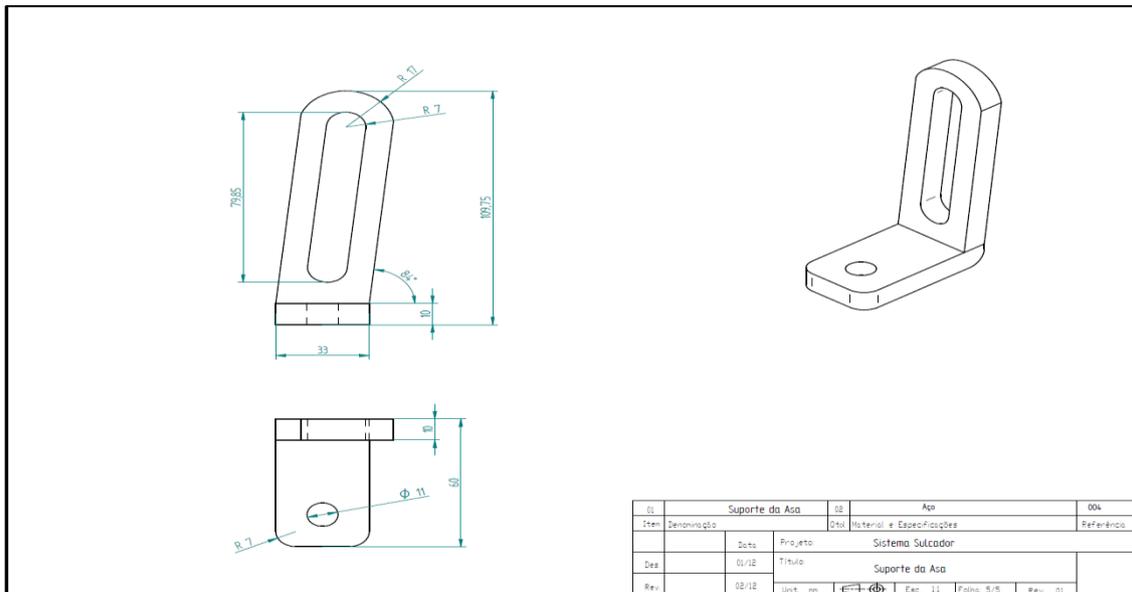
Fonte: Autor (2016).

Figura 27- Asa laterais do sulcador com detalhamento dos pontos de encaixe e suas cotas em mm



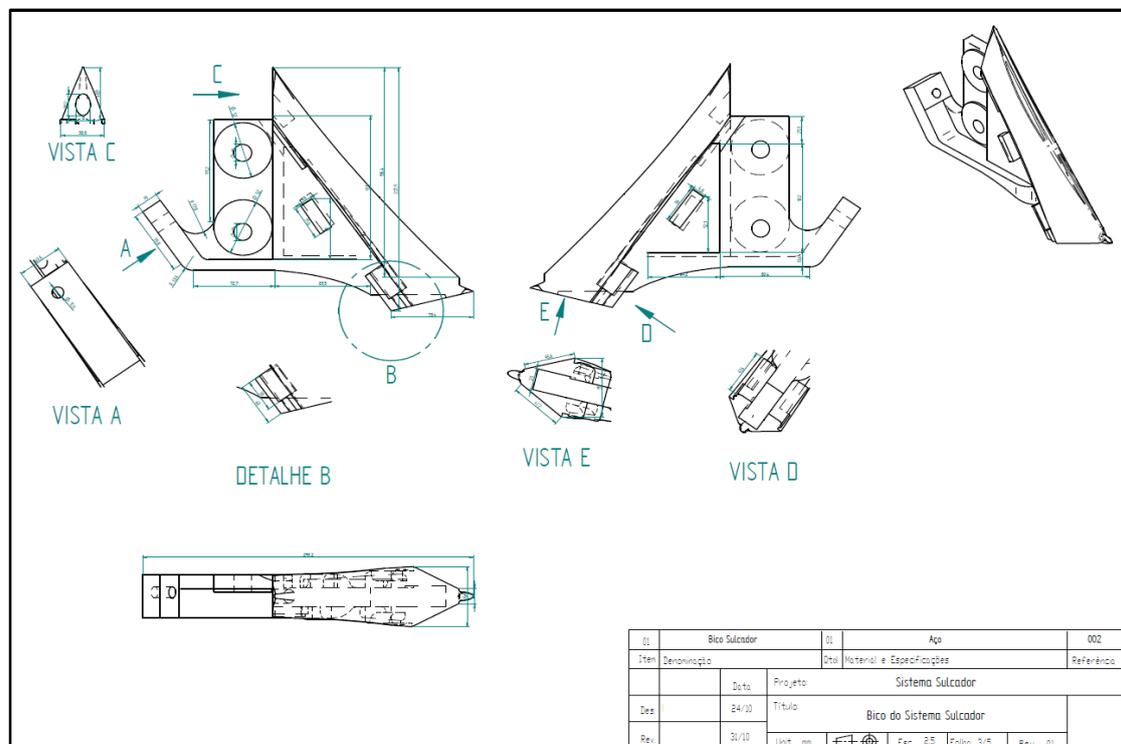
Fonte: Autor (2016).

Figura 28- Suporte de fixação da asa laterais do sulcador com detalhamento dos pontos de encaixe e suas cotas em mm



Fonte: Autor (2016).

Figura 29- Bico do sulcador com as principais estruturas de fixação detalhadas e suas cotas em mm



Fonte: Autor (2016).

3.2.1.3 Protótipo

Na Figura 30 se encontra a peça em aço 1045, desenvolvida para fazer a ligação do chassi da semeadora ao mecanismo sulcador. Na Figura 31, podemos observar o protótipo ligado ao mecanismo sulcador e na Figura 32 ligado ao chassi da semeadora, o qual será responsável pela abertura do solo para formação do camalhão.

Figura 30- Peça desenvolvida para fazer a ligação do mecanismo sulcador ao chassi da semeadora-adubadora



Fonte: Autor (2016).

Figura 31- Peça desenvolvida ligada ao mecanismo sulcador para abertura do sulco no solo



Fonte: Autor (2016).

Figura 32- Mecanismo sulcado ligado ao chassi da semeadora-adubadora de precisão utilizada para semeadura do milho



Fonte: Autor (2016).

3.2.1.4 Cálculos de verificação e dimensionamento

Para cálculo de verificação e dimensionamento a massa total utilizada foi equivalente à massa da semeadora especificado pelo fabricante (1160 kg) mais a massa total de adubo, 42,12 kg (densidade $1,081 \text{ g}^{-\text{ml}}$) e o massa total de semente (densidade $0,7817 \text{ gm}^{-1}$) com os reservatórios na sua capacidade máxima. Assumindo a velocidade do sulcador igual à velocidade do trator que o tracionou (10 km h^{-1}), valor acima da máxima utilizado no experimento, convertido para metro m s^{-1} (Equação 1).

$$V2 = \frac{V1}{3,6} \quad (1)$$

Em que:

V2 é a velocidade em m s^{-1} ;

V1 é a velocidade em km h^{-1} ;

3,6 é o fator de conversão.

Quando se fala em movimento vertical, se introduz um conceito de aceleração da gravidade, que sempre atua no sentido a aproximar os corpos em relação à superfície. Relacionando com a 2ª Lei de Newton, se um corpo de massa m , sofre a aceleração da gravidade (HIBBELER, 2000), sendo o peso total da máquina obtido pela Equação 2.

$$P = m * g \quad (2)$$

Em que:

P é o peso total da máquina em N;

m é a massa da máquina em kg;

g é a gravidade.

Vale ressaltar que a força normal exercida pelo sulcador será igual a força peso. Está sendo analisado o pior caso possível, que é um possível momento em que todo o peso da máquina será exercido diretamente no sulcador podendo ocasionar uma quebra de um dos componentes.

3.2.1.4.1 Forças de atrito na Asa e no bico sulcador

Na simulação estática do sulcador, as forças que mais atuam sobre eles são as de atrito, que é a resistência ao movimento relativo que se estabelece quando dois objetos estão em contato. A força de atrito depende do estado das superfícies em contato, em que cada superfície depende de sua rugosidade, as quais tem os seus coeficientes de atrito tabelados (BEER, 1995), sendo utilizado o valor do coeficiente de atrito aço-solo (1,1) na análise estrutural do projeto. A força normal que age no sulcador é igual ao peso da máquina, visto que estamos analisando o pior cenário possível, calculando-se assim a força de atrito estático pela Equação 3.

$$F_{ae} = \mu_e * N \quad (3)$$

Em que:

F_{ae} é a força de atrito estático em N;

μ_e é o coeficiente de atrito estático;

N é o peso do objeto, força que este exerce sobre a superfície em contato.

3.2.1.4.2 Força de tração

Todas as vezes que uma máquina realiza um trabalho sabe-se que parte de sua potência total é dissipada, seja por motivos de falha ou até mesmo devido ao atrito. Lembrando que essa energia dissipada não é perdida, ela é transformada em outros tipos de energia total.

Assim, pode-se considerar que a potência útil de um motor padrão gira em torno de 75% a 95% (BALASTREIRE, 2005), sendo que nos cálculos utilizou-se em torno de 80% da potência. Sabe-se que 1 cv é aproximadamente 735 W, logo teremos que, a potência útil de 70560 W, obtendo se força de tração entre o trator e o acoplamento do sulcador pela Equação 4.

$$P = F * V \quad (4)$$

Em que:

F é a força de tração em N;

P é a potência útil em W

V é a velocidade do trator ($m s^{-1}$).

Apos a determinação das forças atuantes, realizou-se uma análise estrutural por meio do método de elementos finitos, com o objetivo de verificar os limites de ruptura e deformação da peça, assim foi feita uma simulação com o programa Solid Edge ST7 com base nas características mecânicas e químicas do material utilizado (aço 1045).

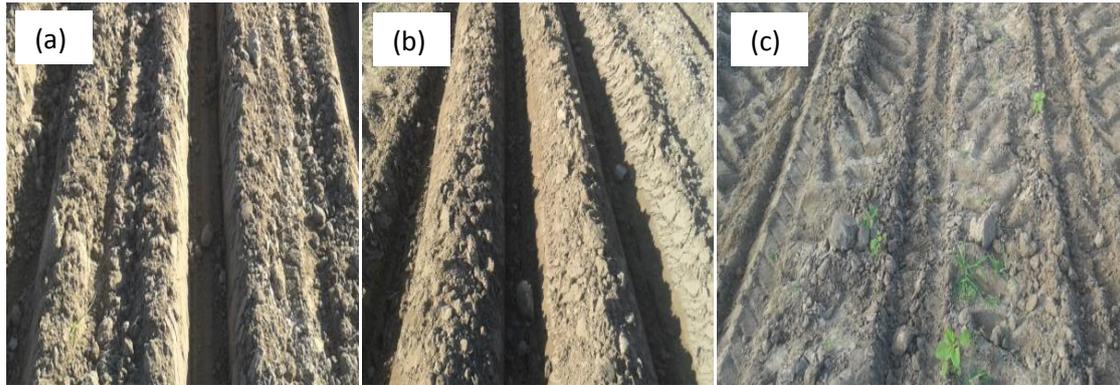
3.2. 2Desempenho energético e operacional

3.2.2.1 Delineamento Experimental

Para coleta dos dados de desempenho energético e operacional, o delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial $(2 \times 3) + 3$, com dois locais de semeadura (em cima do camalhão e dentro do sulco), três velocidades de

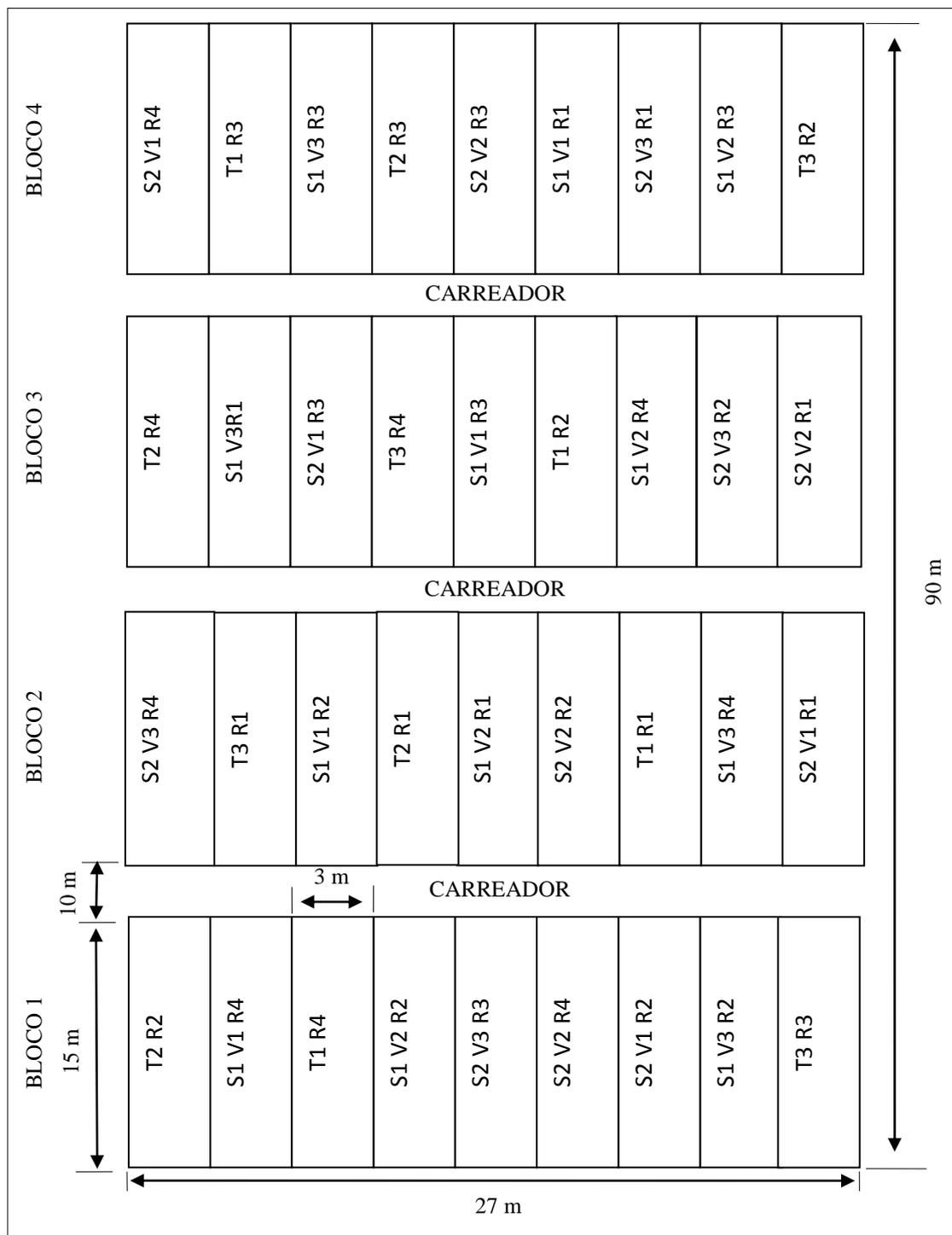
deslocamento (5,5;7,5; e 9,5 km h⁻¹) e três testemunhas (Semeadura convencional nas velocidades 5,5; 7,5; e 9,5 km h⁻¹), com 4 repetições (Figura 34). Cada parcela experimental apresenta 3,0 m de largura e 15,0 m de comprimento, com uma área de 45 m²(Figura 34).

Figura 33- Semeadura em cima do camalhão (a), semeadura dentro do sulco (b) e semeadura convencional (c)



Fonte: Autor (2016).

Figura 34-Croqui do experimento para coleta dos dados durante a execução do experimento



L2- semeadura no camalhão, L1- semeadura no sulco, V1- velocidade de $5,5 \text{ km h}^{-1}$, V2- velocidade de $7,5 \text{ km h}^{-1}$, V3- Velocidade de $9,5 \text{ km h}^{-1}$, T1-Semeadura convencional a $5,5 \text{ km h}^{-1}$, T1-Semeadura convencional a $7,5 \text{ km h}^{-1}$, T1-Semeadura convencional a $9,5 \text{ km h}^{-1}$.

Fonte: Autor (2016).

3.2.2.2 Avaliações

As variáveis avaliadas foram: patinamento das rodas dianteiras e traseiras (PRT) do trator, consumo de combustível, velocidade, força, potência, capacidade de campo efetiva e operacional, área mobilizada (AM), área de elevação (AE), empolamento e resistência por área mobilizada.

3.2.2.2.1 Patinamento dos rodados do trator

O patinamento dos rodados do trator foi determinado por meio da Equação 5, contando-se o número de voltas do rodado do trator na parcela experimental tracionando o implemento (com carga) e com o implemento erguido (sem carga).

$$PR = \left[\frac{n^1 - n^0}{n^1} \right] \times 100 \quad (5)$$

Em que:

PR é o patinamento dos rodados do trator (%);

n^0 é o número de voltas dos rodados sem carga;

n^1 é o número de voltas dos rodados com carga.

3.2.2.2.2 Consumo de combustível em $L h^{-1}$

O consumo de combustível foi obtido utilizando dois medidores de fluxo marca “Flowmate” oval, modelo Oval M-III e LSF 41 com precisão de 0,01 ml que instalados em série na entrada e no retorno da bomba injetora, obtendo-se o volume de combustível consumido pelo trator durante o percurso em mL, sendo possível por meio da Equação 6, determinar o consumo em $L h^{-1}$ para cada tratamento.

$$C_H = \left(\frac{q}{t} \right) \times 3,6 \quad (6)$$

Em que:

C_H é o consumo horário de combustível ($L h^{-1}$);

q é o volume consumido na parcela (ml);

té o tempo para percorrer a parcela (s);

3,6 é o fator de conversão de unidade.

3.2.2.2.3 Consumo de combustível em $L h^{-1}$ e $L ha^{-1}$

Posteriormente a obtenção do consumo de combustível horário ($L h^{-1}$), foi calculado o consumo em $L ha^{-1}$ (Equação 7).

$$C_A = \frac{C_H}{CCe} \quad (7)$$

Em que:

C_H é o consumo de combustível por área, $L ha^{-1}$;

C_H é o consumo horário de combustível, $L h^{-1}$;

CCe é a capacidade de campo efetiva ($ha h^{-1}$).

3.2.2.2.4 Consumo de combustível em $L ha^{-1}$

A velocidade de deslocamento foi determinada pelo tempo, aferido por um cronômetro digital, acionado e desligado de acordo com a passagem do rodado dianteiro do trator lateralmente as estacas que delimitaram as parcelas (Equação 8).

$$V = \left(\frac{s}{t}\right) \times 3,6 \quad (8)$$

Em que:

V é a velocidade média ($km h^{-1}$);

s é o espaço percorrido (m);

t é o tempo decorrido (s);

3,6 é o fator de conversão.

3.2.2.2.5 Força média na barra de tração

A força média requerida na barra de tração foi determinada pelo método indireto, conforme Mialhe (1996), utilizando um comboio de tratores. O comboio

consiste na utilização de dois tratores, sendo o primeiro denominado de trator de tração, pois traciona o segundo, chamado de trator suporte.

Entre os dois tratores foi colocado uma célula de carga da marca HBM, modelo U 10M, com sensibilidade de 135 kW, instalada entre a barra de tração do trator de tração e no cabeçalho colocado na frente do trator suporte acoplado a semeadora. Por meio da diferença entre os tratores foi obtida a força na barra de tração. A aquisição dos dados de força foi obtida na área útil. A delimitação do início e fim da área útil foi demarcada por estacas espaçadas por 10 m que serviram de ponto de referência para ligar e desligar o sistema de armazenamento de dados.

3. 2. 2.2.6 Potencia média na barra de tração

A demanda de potência média na barra de tração foi mesurada de forma indireta por meio da Equação 9.

$$PB = FT \times V \quad (9)$$

Em que:

PB é a potência média na barra de tração;

FT é a força média na barra de tração;

V é a velocidade real de deslocamento.

3.2. 2.2.7 Capacidade de campo efetiva

Para determinar a capacidade de campo efetiva foi levado em consideração a largura de trabalho da semeadora-adubadora e velocidade de deslocamento (Equação 10).

$$CCe = LT \times V \times 0,36 \quad (10)$$

Em que:

CCe é a capacidade de campo efetiva (ha h⁻¹);

LT é a largura útil de trabalho da semeadora-adubadora (m);

V é a velocidade real de deslocamento (m s⁻¹);

0,36 é o fator de conversão de unidade.

3. 2. 2.2.8 Capacidade de campo operacional

A capacidade de campo operacional foi obtida em função da largura de trabalho da semeadora-adubadora, velocidade de deslocamento em km h^{-1} e eficiência da operação da semeadora-adubadora de 75%, segundo ASAE (1997), pela Equação 11.

$$CCo = \left(\frac{L \times V}{10} \right) \times 0,75 \quad (11)$$

Em que:

CCo é a capacidade de campo operacional (ha h^{-1});

V é a velocidade de deslocamento (km h^{-1});

L é a largura de trabalho da semeadora (m);

10 é o fator de conversão para ha h^{-1} ;

0,75 é a eficiência da operação da semeadora-adubadora.

3.2. 2.2.9 Área mobilizada e área de elevação

Para determinação da área mobilizada foi realizado o levantamento do perfil da superfície natural, de fundo e de elevação do solo (Figura 35). Após a obtenção dos dados dos perfis, aparte da delimitação e contagem em papel milimetrado, estes foram tabulados, plotados e calculados, obtendo-se, assim, a área mobilizada do solo (AM) e a área de elevação em cada parcela (AE).

Figura 35-Levantamento do perfil da superfície natural (a) e de fundo, após passada do conjunto



Fonte: Autor (2016).

3. 2. 2.2.10 Empolamento do solo

Por meio da Equação 12 foi determinado o empolamento do solo.

$$Emp = \frac{AE}{AM} \cdot 100 \quad (12)$$

Em que:

E é o Empolamento (%)

AE é a área de elevação (m²)

AM é a área mobilizada (m²)

A resistência específica operacional foi determinada em função da relação da força pela área mobilizada, por meio da Equação 13.

$$Reo = \frac{Ft}{Am} \quad (13)$$

Em que:

Reo é a resistência específica operacional (kNm⁻²);

Ft é a força de tração (kN);

AM é a área mobilizada (m²).

3. 2. 2.3 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e por meio dos coeficientes de simetria e curtose foi determinada a normalidade dos dados de acordo com Oliveira (2010). Após verificação da normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância e quando significativos foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias.

Na comparação do fatorial com as testemunhas foi utilizado o Teste de Dunnett (p<0,05). Aos dados que não apresentaram normalidade, foi utilizada a média móvel exponencialmente ponderada (MMEP) para avaliar a variabilidade que ocorre entre as médias, conforme Montgomery (2004) e Albiero (2010), Equação 14.

$$z_i = \lambda \cdot \sum_0^{i-1} (1 - \lambda) \cdot x_{i-j} + (1 - \lambda)^i \cdot z_0 \quad (14)$$

Em que:

z_i é o valor da média móvel ponderada;

z_0 é a média alvo do processo;

x_i é o valor da característica medida;

λ é o peso considerado para a média, e se refere à sensibilidade em captar pequenas mudanças na média.

Para o peso considerado para a média (λ) foi adotado o valor propostos por Hunter (1989) e Albiero (2010). Já os limites de controle utilizados nos gráfico média móvel exponencialmente ponderada (MMEP) foram encontradas por meio das Equações 15 e 16 descritas abaixo:

$$LSC = \mu + L \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} \cdot [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (15)$$

$$LIC = \mu - L \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} \cdot [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (16)$$

Em que:

μ é a média do processo;

L é a largura da faixa entre a média e o limite;

σ é o desvio padrão da amostra.

3.2.3 Qualidade do processo de semeadura

3.2.3.1 Delineamento Experimental

Para avaliação da qualidade do processo de semeadura, o delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial $(2 \times 3) + 3$, dois locais de semeadura (em cima do camalhão e dentro do sulco), três velocidades (5,5; 7,5; e 9,5 km h⁻¹) e três testemunhas (Semeadura convencional nas velocidades 5,5; 7,5; e 9,5 km h⁻¹), com 4 repetições (mesmo descrito no item 3.2.1).

3.2.3.2 Avaliações

As variáveis avaliadas foram: distribuição longitudinal de sementes (normal, múltiplo e falho), patinamento da semeadora, profundidade de deposição de adubo, profundidade de deposição de semente, número de dias de emergência de e índice de velocidade de emergência.

3.2.3.2.1 Distribuição longitudinal

A distribuição longitudinal na fileira de semeadura foi determinada logo após a estabilização da emergência, medindo-se a distância entre todas as plântulas de milho existentes na área útil de cada parcela experimental. Os espaçamentos entre plântulas (X_i) foram avaliados conforme classificação adaptada de Kurachiet *al.* (1989), determinando-se o percentual de espaçamentos correspondentes às classes normais ($0,5 \cdot X_{ref} < X_i < 1,5 \cdot X_{ref}$), múltiplos ($X_i \leq 0,5 \cdot X_{ref}$) e falhos ($X_i \geq 1,5 \cdot X_{ref}$), baseado em espaçamento de referência (X_{ref}) de acordo com a regulagem da semeadora-adubadora.

3.2.3.2.2 Deslizamento das rodas motrizes da semeadora-adubadora

Para determinar o deslizamento das rodas motrizes da semeadora-adubadora foi utilizada o perímetro da roda motriz e o comprimento da parcela (Equação 17).

$$PS = \left(\frac{NXPr - Le}{NXPr} \right) \times 100 \quad (17)$$

Em que:

PS é a patinagem da semeadora (%);

N é o número de voltas da roda motriz da semeadora;

Pr é o perímetro da roda motriz da semeadora (m);

Le é a linha experimental (m).

3.2.3.2.3 Profundidade de adubo

Os dados referentes à profundidade de adubo foram coletados no dia em que o experimento for realizado com o auxílio de régua e trena, determinando-se por meio de régua graduada em centímetro a profundidade de deposição do fertilizante, após remoção da camada de solo na linha de semeadura com uso de uma enxada.

3.2.3.2.4 Profundidade de semente

A profundidade de semente foi obtida após a estabilização do estande, sendo que, três amostras de plântulas de milho da área útil de cada parcela foram cortadas rente ao solo, retiradas e levadas para bancada em laboratório, mensurando por meio de régua graduada em centímetros a distância da semente até a parte final do alongamento do mesocótilo.

3.2.3.2.5 Número médio de dias para emergência das plântulas

O número médio de dias para emergência das plântulas de milho foi obtido a partir da contagem diária das plântulas na área útil de cada unidade experimental (36), desde a primeira plântula emergida até a estabilização da cultura. Foi considerada como plântula emergida aquela que possibilitar a visualização de qualquer de suas partes, independentemente do local de observação.

Figura 36-Início da emergência das plântulas de milho na semeadura em cima do camalhão (a), dentro do sulco (b) e convencional (c)



Fonte: Autor (2016).

Os cálculos do número médio de dias para a emergência de plântulas de milho foram efetuados de acordo com a Equação 18, proposta por Edmond e Drapala (1958).

$$M = \frac{[(N1G1)+(N2G2)+ \dots + (NnGn)]}{G1+G2+Gn} \quad (18)$$

Em que:

M - número médio de dias de emergência das plântulas de milho;

N_1 - número de dias decorridos entre a semeadura e a primeira contagem de plântulas;

G_1 - número de plantas emergidas na primeira contagem;

N_2 - número de dias decorridos entre a semeadura e a segunda contagem;

G_2 - número de plantas emergidas entre a primeira e a segunda contagem;

N_n - número de dias decorridos entre a semeadura e a última contagem de plântulas;

G_n - número de plântulas emergidas entre a penúltima e a última contagem.

3.2.3.2.6 Índice de velocidade de emergência

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi calculados a partir de contagens diárias conforme metodologia proposta por Maguire (1962), posterior ao teste de emergência (Equação 19).

$$IVE = [(E_1/N_1) + (E_2/N_2) + \dots + (E_n/N_n)] \quad (19)$$

Em que:

IVE é o Índice de velocidade de germinação, em número de dias após a semeadura;

N_1 , N_2 e N_n são os número de dias após a implantação do teste;

E_1 , E_2 e E_n são os números de plântulas computadas na primeira, segunda e última contagem.

3.2.3.3 Análise estatística dos dados

Inicialmente os dados foram submetidos a análise estatística descritiva e através do coeficiente de simetria e curtose foi determinada a normalidade dos dados de acordo com Oliveira (2010). Após verificação da normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância e quando significativos foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias.

Na comparação do fatorial com as testemunhas foi utilizado o Teste de Dunnett ($p < 0,05$). Aos dados que não apresentaram normalidade, foi utilizada a média móvel exponencialmente ponderada (MMEP) para avaliar a variabilidade que ocorrer

entre as médias, conforme Montgomery (2004) e Albiero (2010), conforme descrito no item 3.2.1.

3.2.4 Qualidade do processo de formação do camalhão e abertura do sulco

3.2.4.1 Planejamento estatístico

Para avaliação da qualidade da semeadura, formação do camalhão e abertura do sulco, inicialmente por meio do planejamento estatístico foi calculado o número mínimo de amostras para que os dados possivelmente apresentem distribuição normal, com base nos trabalhos de Missio (2016) e Carneiro (2015). A metodologia estatística adotada permite verificar o número de amostras necessárias para que haja normalidade dos dados no experimento através do erro médio padrão.

O erro médio padrão foi encontrado por meio da Equação 20, sugerida por Montgomery (2004).

$$d = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}} \quad (20)$$

Em que:

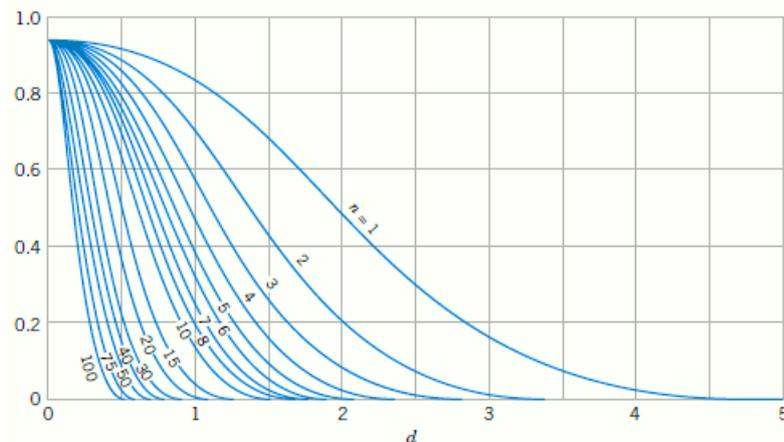
d é o erro médio padrão;

μ_1 é a média e μ_2 é a média;

σ_1 é o desvio padrão e σ_2 é o desvio padrão.

Logo após, com o erro médio padrão em mãos, foi considerando o erro β de 10% e por meio do gráfico de curvas características de operação (Figura 37) foi encontrado o número de amostras que serão utilizadas para as avaliações.

Figura 37-Curvas características de operação para diferentes valores de n para o teste em frente e verso normal para um nível se significância $\alpha = 0,05$



Fonte: MONTGOMERY (2004)

De acordo com a metodologia o número mínimo de amostras encontrado foi 8 amostras para cada repetição, no entanto, com o propósito de aumentar a possibilidade de ocorrer normalidade dos dados, foi obtida uma quantidade padrão de 30 amostras para cada repetição.

3.2.4.2 Delineamento Experimental

Para avaliação da qualidade do processo de formação do camalhão e abertura do sulco, o delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial (2x3), dois locais de semeadura (em cima do camalhão e dentro do sulco), três velocidades (5,5; 7,5; e 9,5 km h⁻¹), com 4 repetições (croqui no item 3.2.1 desconsiderando as testemunhas). Dentro da área útil de cada parcela experimental foram coletadas 30 amostras conforme determinado no planejamento estatístico.

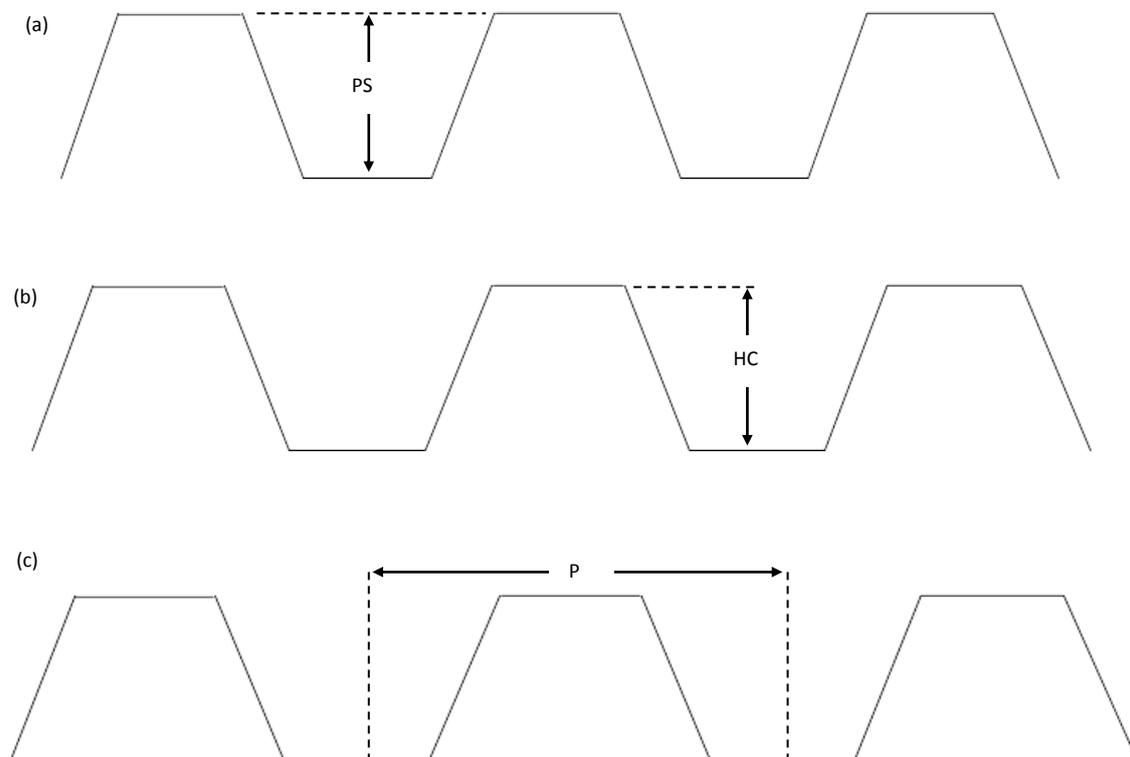
3.2.4.3 Avaliações

As variáveis avaliadas para qualidade do processo de formação do camalhão e abertura do sulco foram: profundidade do sulco, altura do camalhão, paralelismo entre sulco e área do canal.

3.2.4.3.1 Profundidade do sulco, A altura do camalhão e paralelismo

A profundidade do sulco (PS) foi determinada medindo-se, com o auxílio de trena e régua, a distância do fundo do sulco até a altura máxima do camalhão. A altura do camalhão (HC) foi obtida medindo-se, com o auxílio de trena e régua, a distância do fundo do sulco até sua altura máxima. O paralelismo entre sulcos (P) foi obtido medindo-se, com o auxílio de trena e régua, a distância entre camalhões adjacentes (Figura 38).

Figura 38-Ilustração da determinação da profundidade do sulco (a), altura do camalhão (b) e paralelismo entre sulcos (c)



Fonte: Autor (2016).

3.2.4.3.2 A área do canal

A área do canal (A) foi determinada com base na altura do camalhão (HC), largura da base maior do sulco (B) e largura da base menor do sulco (b), através da Equação 21. A altura do camalhão (HC) foi obtida medindo-se, com o auxílio de trena e régua, a distância do fundo do sulco até sua altura máxima. A largura da base maior do sulco foi obtida, medindo-se a distância entre as laterais do topo de camalhões adjacentes. A largura da base menor do sulco foi determinada a partir de medições da distância das extremidades de camalhões adjacentes (Figura 39).

$$A = [(B/b).HC]/2 \quad (21)$$

Em que:

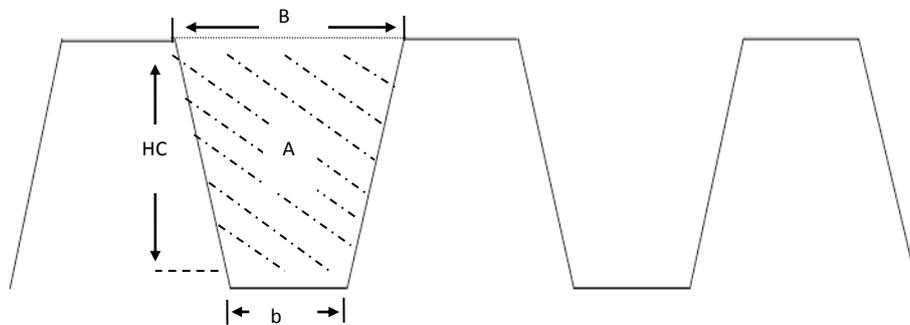
A é a área do canal (cm^2);

B é a largura da base maior do sulco (cm);

b é a largura da base menor do sulco (cm);

HC é a altura do camalhão (cm).

Figura 39-Ilustração para determinação da área do canal (A), altura do camalhão (HC), largura da base maior do sulco (B), largura da base menor do sulco (b)



Fonte: Autor (2016).

3.2.4.4 Análise estatística dos dados

O controle estatístico do processo (CEP) foi baseado nos gráficos de controle e nos índices C_p , C_{pk} quando os dados seguirem uma distribuição normal. Quando os dados não seguirem uma distribuição normal foram utilizados os gráficos de média móvel exponencialmente ponderada (conforme descrito no item 3.2.1) e o número índice C_{pc} . Os números índices da capacidade do processo (C_p) foram calculados conforme descrito na Equação 22.

$$C_p = \frac{LSE-LIE}{6.\sigma} \quad (22)$$

Em que:

C_p é o índice da capacidade do processo;

LSE é o limite superior de especificação;

LIE é o limite inferior de especificação;

Σ é o desvio padrão.

Já a capacidade efetiva do processo (Cpk) obtido por meio das Equações 23, 24 e 25.

$$Cpk = \min(Cps, Cpi) \quad (23)$$

$$Cps = \frac{LSE - \mu}{3 \cdot \sigma} \quad (24)$$

$$Cpi = \frac{\mu - LIE}{3 \cdot \sigma} \quad (25)$$

Em que:

LSE é o limite superior de especificação;

LIE é o limite inferior de especificação;

σ é o desvio padrão.

μ é a média do processo.

O índice de capacidade de confiança Cpc foi definido de acordo com Luceno (1996) através da Equação 26.

$$Cpc = \frac{LSE - LIE}{6 \cdot \left(\sqrt{\frac{\pi}{2}} \right) \cdot E|X - T|} \quad (26)$$

Em que:

Cpc é o índice de capacidade de confiança;

Té o valor alvo: $T = (LSE + LIE) / 2$;

$E|X - T|$ é a esperança da distribuição X, estimada por: $c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Xi - T|$.

Definiu-se, em conjunto com os técnicos responsáveis (Quadro 3), os limites de especificação dos processos. Os limites específicos para profundidade do sulco, altura do camalhão e área do canal foram obtidos a partir das regulagens da

semeadora para dimensões desejadas (Tabela 3), sendo os limites inferiores e superiores específicos, determinados a partir de 0,6 e 1,40. X_{Regulado} respectivamente. Para o paralelismo a variação limites específicos foi menor, determinados a partir de 0,90 e 1,10. X_{Regulado} (Tabela 4).

Quadro 3- Equipe técnica para determinação dos limites específicos no processo de semeadura

Nome	Formação	Especialização
Carlos Alessandro Chioderoli	Engenheiro agrônomo, Mestrado em Sistemas de Produção e Doutorado em Ciência do Solo	Semeadura mecânica
Rouverson Pereira da Silva	Engenheiro Agrícola, Mestre em Engenharia Mecânica e Doutor Agronomia (Produção Vegetal)	Colheita mecânica
Elivânia Maria Sousa Nascimento	Engenheira Agrônoma e Mestre em Engenharia Agrícola	Projetos de máquinas
Marcelo Queiroz Amorim	Engenheiro Agrônomo	Preparo do solo para captação de água da chuva

A escolha de 0,6 e 1,40. X_{Regulado} para determinar os limites específicos para profundidade do sulco, altura do camalhão e área do canal, foi considerado ideal pela equipe técnica levando em consideração a grande influência de fatores externos como presença pedra, torrões, raízes, restos de partes aéreas de plantas, camadas compactadas e tipo de solo, variação na velocidade do conjunto trator semeadura, que podem provocar grande variação nesses parâmetros.

Já a escolha mais rigorosa de 0,90 e 1,10. X_{Regulado} para determinar os limites específicos para o paralelismo residiu na pouca interferência de fatores externos para esta variável, sendo considerado também que uma grande variação nos limites dessa variável pode interferir diretamente nos parâmetros para uma possível colheita mecânica.

Tabela 3-Valores de regulagem utilizados como referência para obtenção dos limites específicos na sementeira dentro do sulco e em cima do camalhão

Parâmetros	Valores de referência	
	Sementeira	
	Em cima do Camalhão	Dentro do sulco
Profundidade do Sulco (Altura do Camalhão)	10	15
Largura da Base do Sulco (cm)	15	15
Largura do Topo do Sulco (cm)	25	30
Largura da Base do Camlhão (cm)	45	45
Largura do Topo do Camlhão (cm)	30	25
Paralelismo (cm)	60	60
Área regulada do Canal (cm ²)	200	337,5

Tabela 4 – Limites específicos obtidos para análise de capacidade do processo de formação do sulco e camalhão

Parâmetros	Local de Sementeira (Limites Especificados)			
	Em cima do Camalhão		Dentro do sulco	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)
Profundidade do Sulco	6	14	9	21
Altura do Camalhão	6	14	9	21
Paralelismo	54	66	54	66
Área do Canal	120	280	202,5	472,5

A área regulada do canal para determinação dos limites específicos foi obtida pela Equação 27, a partir desses valores, obteve-se os limites específicos para avaliação da capacidade do processo da área do canal.

$$Ar = [(Br / br).HCr] / 2 \quad (27)$$

Em que:

A_r = Área regulada do canal (cm²);

B_r = Largura regulada da base maior do sulco (cm);

b_r = Largura regulada da base menor do sulco (cm);

H_{Cr} = Altura regulada do camalhão (cm).

A taxa de ocorrência de falhas no processo pode ser inferida por meio dos índices Cpk e Cpc. Na Tabela 5 e apresentada a taxa de falhas e seu correspondente valor do índice, assim como a descrição da qualificação de ocorrência, valores sugeridos por Albiero *et al.* (2012) e Ribeiro e Caten (2011), de acordo com os autores o processo pode ainda se considerado incapaz quando valor do Cpk <1,00, parcialmente capaz Cpk encontra-se entre 1,00 e 1,32 e quando o valor do Cpk for $\geq 1,33$ o processo é considerado capaz.

Tabela 5-Classificação de ocorrência para avaliação da capacidade do processo da formação do sulco e camalhão.

Qualificação de Ocorrências	Taxas de falhas possíveis	Cpk ou Cpc
Muito alta: Falha e quase inevitável	≥ 1 em 2	<0,33
	1 em 3	$\geq 0,33$
Alta: Falhas repetitivas	1 em 8	$\geq 0,51$
	1 em 20	$\geq 0,67$
Moderada: Falhas ocasionais	1 em 80	$\geq 0,83$
	1 em 400	$\geq 1,00$
	1 em 2,000	$\geq 1,17$
Baixa: Relativamente poucas falhas	1 em 15,000	$\geq 1,33$
	1 em 150,000	$\geq 1,50$
Remota: Falhas são raras	≤ 1 em 1,500,000	$\geq 1,67$

Fonte: Albiero et al. (2012).

3.2.5 Avaliação da cultura do milho

3.2.5.1 Delineamento Experimental

Para avaliação da cultura do milho (Figura 40), o delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial (2x3) + 3, dois locais de semeadura (em cima do camalhão e dentro do sulco), três velocidades (5,5; 7,5; e 9,5

km h⁻¹) e três testemunhas (Semeadura convencional nas velocidades 5,5; 7,5; e 9,5 km h⁻¹), com 4 repetições (mesmo delineamento descrito no item 3.2.1).

Figura 40- Semeadura em cima do camalhão (a), semeadura dentro do sulco (b) e semeadura convencional (c)



Fonte: Autor (2016).

3.2.5.2 Avaliações

As variáveis avaliadas foram: população inicial, população final, índice de sobrevivência, altura de planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 1.000 grãos (g), número de espigas por ha⁻¹, prolificidade, produtividade e matéria seca do milho.

3.2.5.2.1 População inicial

Foi considerado como população inicial de plantas, o número de plântulas emergidas na área útil no último dia da avaliação do número médio de dias para emergência de plântulas dentro da área útil de cada parcela, após estabilização da emergência de plântulas de milho.

3.2.5.2.2 População final

A população final de cada tratamento foi determinar a partir da contagem do número de plantas da área útil no dia da colheita do milho. Os valores encontrados para população inicial e final foram extrapolados para número de plantas ha⁻¹.

3.2.5.2.3 Índice de sobrevivência

O índice de sobrevivência foi obtido em função da relação entre a população final e a população inicial de plantas.

3.2.5.2.4 Altura de planta

De forma aleatória foram selecionadas dez plantas da área útil para a determinação das características fitotécnicas. Com uma fita métrica foi medido a altura de planta, medindo a distância entre o nível do solo e a inserção da folha bandeira.

3.2.5.2.5 A altura de inserção da primeira espiga

A altura de inserção da primeira espiga foi obtida medindo se da superfície do solo até a inserção da primeira espiga.

3.2.5.2.6 Diâmetro do colmo

O diâmetro do colmo foi mensurado por meio de um paquímetro digital. Para obter o diâmetro do colmo, foi calculada a média das medições do maior e menor diâmetro, no internódio situado acima do primeiro nó das raízes adventícias, obtendo se o diâmetro médio do colmo.

3.2.5.2.7 Número de fileira por espiga

Para determinar o número de fileira por espiga foram contados o número de fileiras de dez espigas de cada parcela.

3.2.5.2.8 Número de grãos por fileiras

Para determinação do número de grãos por fileiras, contou-se o número de grãos por fileira de dez espigas de cada parcela obtendo se assim a média de cada tratamento.

3.2.5.2.9 Massa de mil grãos

A massa de mil grãos foi obtida de acordo com as Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009). Para determinar a umidade dos grãos produzidos foi utilizado o medidor de umidade de grãos portátil marca Minipa® MINI GAC GRAIN MOISTURE ANALYZER. Após isso, a massa de grãos produzida foi corrigida para 13% de umidade.

3.2.5.2.10 Número espigas por ha⁻¹

Para determinação do número de espigas por espigas ha⁻¹, foram contadas as espigas das linhas centrais de cada parcela com dez metros de cada. Os valores encontrados foram extrapolados para número de espigas ha⁻¹.

3.2.5.2.11 Prolificidade

A prolificidade foi determinada por meio da razão do número total de espigas e número total de plantas da área útil de cada parcela, obtendo-se assim o número médio de espigas por planta.

3.2.5.2.12 Produção de grãos

Para produção de grãos, foram coletadas todas as espigas da área útil e realizada a trilha, depois da trilha os grãos foram separados, pesados, determinada a umidade e os valores foram corrigidos a 13% de umidade, com baseadas nas Regras de Análise de Sementes Brasil (1992) pela equação 26. Após transformar a massa dos grãos à base de 13%, os resultados foram extrapolados para kg ha⁻¹.

$$P = I \left(\frac{100-U}{100-13} \right) \quad (26)$$

Em que:

P = massa de grãos a 13% de umidade (kg);

U = teor de água atual dos grãos (%);

I = massa inicial da amostra (kg).

3.2.5.2.13 Produção de matéria seca do milho

Para determinar a produção de matéria seca do milho, primeiramente, foi realizado o corte das plantas de milho a 2 cm acima da superfície do solo dentro da área útil, posteriormente, foram pesadas todas as plantas descontando-se o peso dos grãos após a trilha, obtendo-se assim, o peso da massa verde da palha. Após secagem em estufa com circulação forçada de ar, por 72 h a 65 °C, determinando-se a % de água e posterior cálculo da produção de massa seca de palha em kg ha⁻¹.

3.2.5.2.14 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos a análise estatística descritiva e através do coeficiente de simetria e curtose foi determinada a normalidade dos dados de acordo com Oliveira (2010). Após verificação da normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância e quando significativos foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias.

Na comparação do fatorial com as testemunhas foi utilizado o Teste de Dunnett ($p < 0,05$). Aos dados que não apresentaram normalidade, foi utilizada a média móvel exponencialmente ponderada (MMEP) para avaliar a variabilidade que ocorrer entre as médias, conforme Montgomery (2004) e Albiero (2010), conforme descrito no item 3.2.1.

3.2.6 Atributos físicos do solo

3.2.6.1 Delineamento Experimental

Para os atributos físicos do solo, o delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial (2x2x3), dois locais de semeadura (em cima do camalhão e dentro do sulco), dois períodos (15 dias após a semeadura e após a colheita e 120 dias depois da semeadura) e três velocidades (5,5; 7,5; e 9,5 km h⁻¹) com 4 repetições. Cada parcela experimental apresenta 3,0 m de largura e 15,0 m de comprimento, com uma área de 45 m², croqui do experimento descrito no item 3.2.1., desconsiderando as testemunhas.

3.2.6.2 Avaliações

3.2.6.2.1 Resistência mecânica do solo a penetração

Para que fosse possível determinar o nível de resistência mecânica do solo à penetração, foram definidos, no centro de cada área útil das parcelas, três pontos aleatórios, equidistantes de 1 m. Foi utilizado o penetrômetro de impacto, modelo IAA/P lanalsucar-Stolf, sendo as leituras realizadas com valores tomados nas profundidades de 0,0 - 0,10 m, 0,10-0,20 e 0,20 - 0,30 m.

3.2.6.2.2 Determinação do teor de água do solo

No momento da determinação da resistência do solo a penetração foi realizada a coleta de solo para determinação da umidade nas profundidades de 0,0 - 0,10 m, 0,10-0,20 e 0,20 - 0,30 m, utilizada a metodologia proposta por Hillel (1980), assim as amostras foram pesadas ainda úmido e secas em estufa a 105°C por 24 horas, depois pesada novamente e a diferença entre as massas obtidas, determinado o teor de água presente no solo no momento da avaliação.

3.2.6.3 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos a análise estatística descritiva e através do coeficiente de simetria e curtose foi determinada a normalidade. Após verificação da normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância e quando significativos foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias.

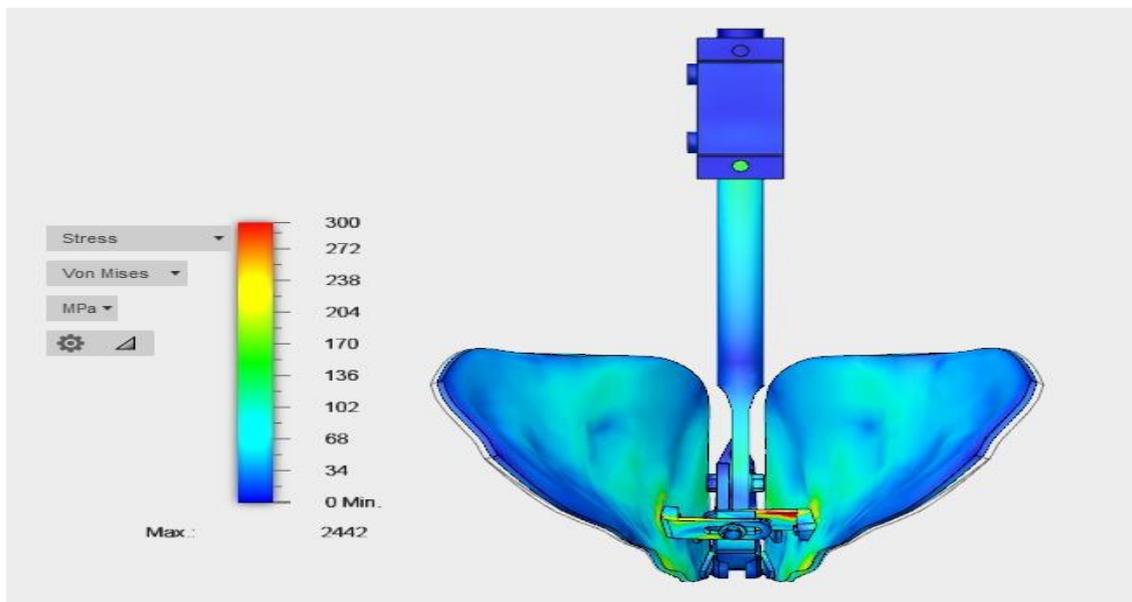
Na comparação do fatorial com as testemunhas foi utilizado o Teste de Dunnett ($p < 0,05$), aos dados que não apresentaram normalidade, foi utilizada a média móvel exponencialmente ponderada (MMEP) para avaliar a variabilidade que ocorrer entre as médias, conforme descrito no item 3.2.1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Verificação e dimensionamento

Podemos observar pela análise de tensão de Von Mises que os pontos mais críticos do sulcador encontram-se no suporte que liga as asas laterais com a base do mesmo (Figura 41). Resultado que pode estar associado à geometria da asa do sulcador e ao fato de esse ser o ponto fixo da mesma, para que seja possível regulagem, a parte frontal e apenas encaixada na estrutura as demais partes constituintes.

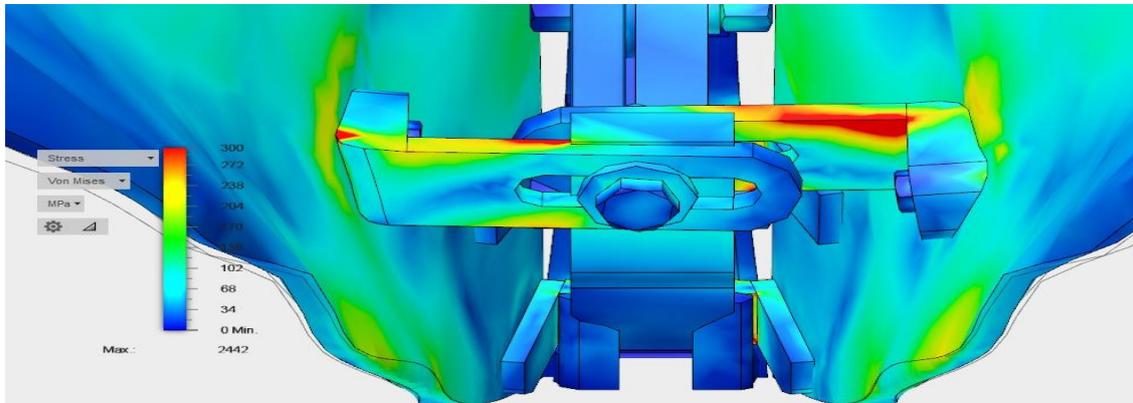
Figura 41-Plotagem das tensões máximas e mínimas de Von Mises no mecanismo sulcador



Fonte: Autor (2016).

Outro fator que deve ser considerado, pois pode conferir fragilidade a este componente, são os furos rasgados nestes suportes, essenciais para a regulagem da maior ou menor abertura das asas do sulcador. Assim, devido à existência desse tipo de furo na peça, a mesma pode apresentar maior fragilidade, apresentando-se como um ponto crítico (Figura 42).

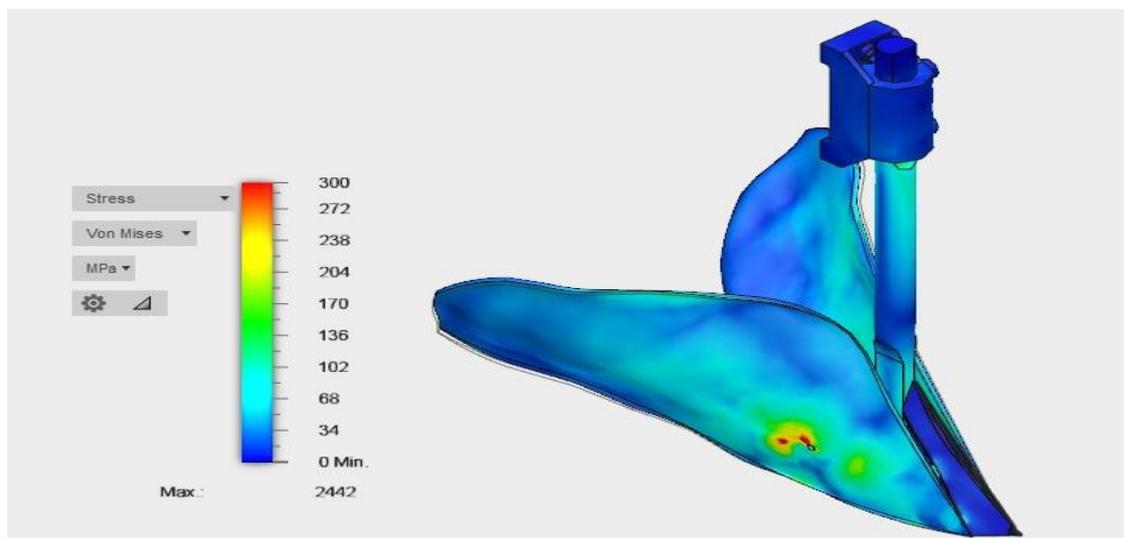
Figura 42- Furos rasgados no suporte, essenciais para a regulagem da maior ou menor abertura das asas do sulcador, que pode conferir fragilidade a peça nas análises de tensões de Von Mises



Fonte: Autor (2016).

Outro ponto que mostrou fragilidade nas análises de tensões de Von Mises foi o ponto de fixação da asa com o suporte, onde podemos observar maiores valores obtidos. Este resultado pode estar associado a concentração, das forças aplicadas nas asas do sulcador, neste ponto, conferindo assim menor resistência (43).

Figura 43- Ponto crítico na análise de tensão Van Mises na ligação da asa com o suporte

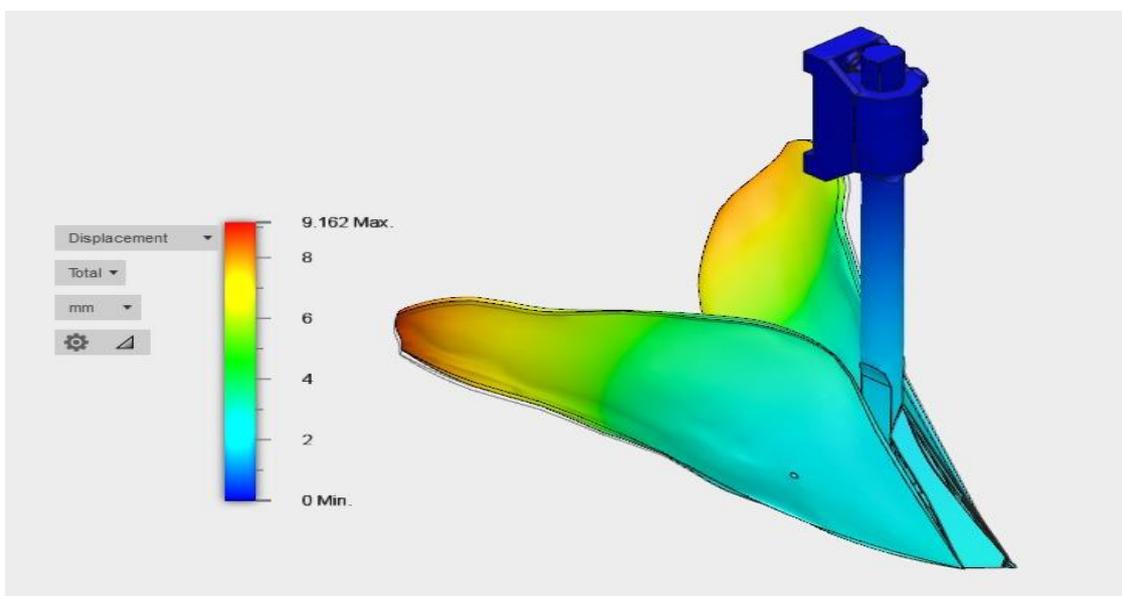


Fonte: Autor (2016).

Por meioda Figura 44, podemos observar a plotagem de deformações máximas e mínimas, em que o deslocamento máximo ocorreu nas asas do sulcador, sendo essa deformação de 9,196 mm. Resultado que pode ser associada a menor estabilidade destas partes devidas sua maior distância do ponto de fixação, devendo ser

dada pouca atenção a esse resultado, pois o deslocamento observado não pode ser considerado fator de risco para alterações das dimensões reguladas do camalhão.

Figura 44- Plotagem de deformações máximas e mínimas no estudo de cheio e normal nos componentes do sulcador



Fonte: Autor (2016).

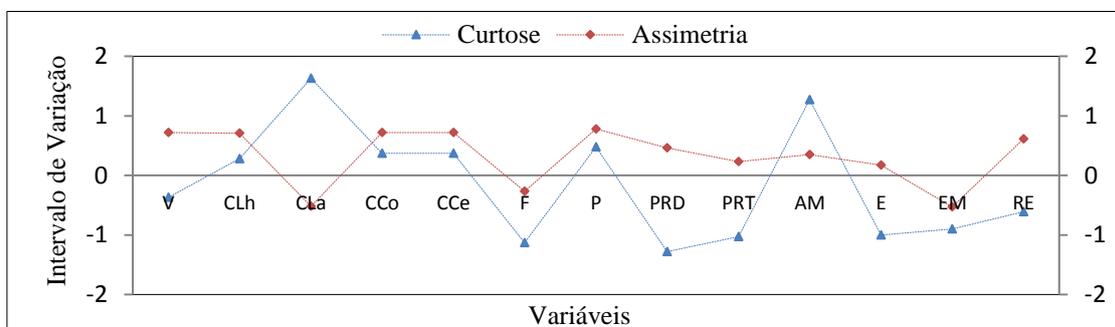
Em uma abordagem geral, foi possível observar que o limite máximo de ruptura do material foi de 300 MPa, sendo que nos pontos mais críticos da peça os valores obtidos chegaram próximos a esse valor. No entanto bem inferior aos valores obtidos no dimensionamento, tornando remota a possibilidade de quebra da peça no campo nesses pontos. A força inicial aplicada na simulação na asa e no bico do sulcador foi de 13.300,662 N, já a força de tração obtida foi de 25.401,39 N, valores bem acima dos obtidos por Cepik *et al.*, (2005), avaliando hastes sulcadoras para adubo. No entanto, vale resaltar que esses valores se encontram bem abaixo do limite máximo de ruptura, permitindo afirmar que a peça pode ser otimizada, com a redução de material, principalmente o diâmetro da haste do sulcador.

Silva (2013), utilizando a metodologia de elementos finitos para avaliar a estrutura estática de uma colhedora de café do tipo automotriz, pode concluir em seu trabalho que a metodologia é adequada, permitindo uma análise aprofundada e a baixo custo. Zonta (2016) também utilizou a mesma metodologia para avaliar uma derriçadora montada para colheita de frutos de cafeeiro em regiões de montanha.

4.2 Normalidade dos dados

Na Figura 45 encontram-se os valores de simetria e curtose para o desempenho energético e operacional para as variáveis; velocidade, força, potência, capacidade de campo efetiva, capacidade de campo operacional, patinamento das rodas dianteiras do trator, patinamento dos rodados traseiro do trator e consumo de combustível hora. Por meio dos valores obtidos podemos observar que os dados encontram se dentro dos limites de 2 e -2.

Figura 45- Assimetria e curtose para desempenho energético e operacional do trator no processo de semeadura



V- velocidade; F- força; P- potência; CCe- capacidade de campo efetiva; CCo- capacidade de campo operacional; PRD- patinamento das rodas dianteiras do trator; PRT- patinamento dos rodados traseiro do trator; CLh- consumo de combustível hora; CLa- consumo de combustível por área; AM- área mobilizada; AE- área de elevação; E- empolamento do solo; RE- resistência por área mobilizada.

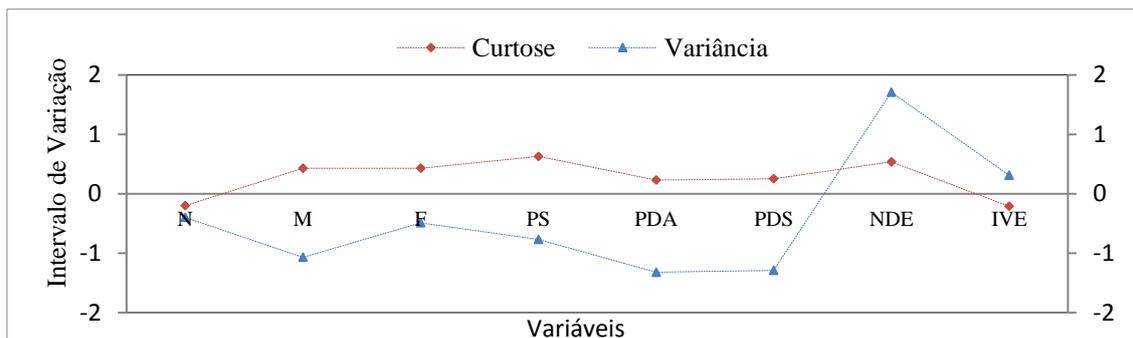
Para Spiegel e Stephens (2009) a simetria e o afastamento de uma distribuição normal pode ser para a esquerda ou para direita. Já a curtose é grau de achatamento de uma distribuição, considerado geralmente em relação a uma distribuição normal, sendo que muitos autores utilizam esses índices para atestar normalidades de dados.

Para Montgomery (2004), os coeficientes de simetria e curtose com valores menores que 2 e maiores que -2, representam pequeno desvio da distribuição normal, podendo ser considerada a hipótese de normalidade dos dados, condição necessária para realizar uma análise de variância com segurança na obtenção dos resultados. Oliveira (2010), considera valores ainda maiores, 3 e -3, considerado a hipótese de normalidade dos dados.

Na Figura 46, encontram-se os valores de assimetria e curtose para qualidade do processo de semeadura para as variáveis; distribuição normal, distribuição múltipla, distribuição falha, patinamento da semeadora, profundidade de deposição de

adubo, profundidade de deposição de semente, número de dias de emergência e índice de velocidade de emergência. Por meio dos valores obtidos podemos observar que os dados encontram-se dentro dos limites de 2 e -2, considerando-se que os dados seguem uma distribuição normal.

Figura 46- Assimetria e curtose para qualidade do processo de semeadura no processo de semeadura



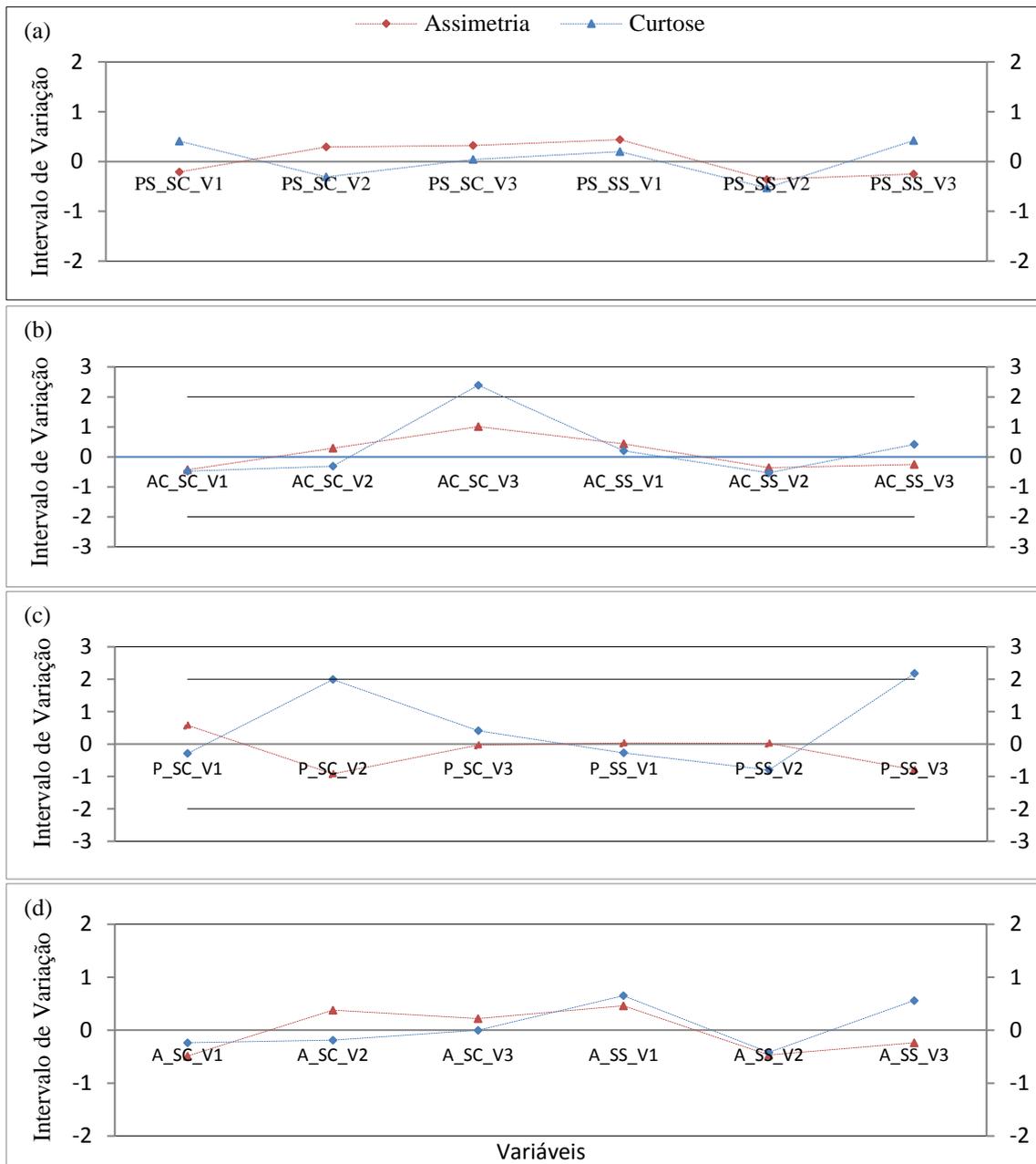
N- distribuição normal; M- distribuição múltipla; F- distribuição falha; PS- patinamento da semeadora; PDA- profundidade de deposição de adubo; PDS- profundidade de deposição de semente; NDE- número de dias de emergência; IVE-índice de velocidade de emergência.

Nicolau (2016), avaliando uma semeadora-adubadora de precisão pneumática modelo JMJM2090EX.00, montada, configurada com 3 linhas, espaçadas por 0,80 m, configurada com disco desencontrado e haste no mecanismo sulcador para deposição de fertilizante, disco duplo desencontrado para disposição de sementes, também encontrou valores dentro dos limites de 2 e -2, considerando a normalidade dos seus dados.

Melo *et al.* (2016), fazendo uma análise do controle de qualidade de um terraceador trabalhando em um argissolo vermelho amarelo utilizou os coeficientes de simetria e curtose para aferir se os dados apresentavam distribuição normal, considerando os limites citados por Oliveira (2010), verificando distribuição normal em seus dados.

Para a qualidade da abertura do sulco e formação do camalhão (Figura 47), os valores de assimetria e curtose para profundidade do sulco e área do canal, apresentaram valores dentro dos intervalos de 2 e -2, sendo considerada a hipótese de distribuição normal.

Figura 47- Assimetria e curtose para abertura do sulco e formação do camalhão no processo de semeadura do milho. Profundidade do sulco (a), Altura do camalhão (b), paralelismo (c) e área do canal (d).



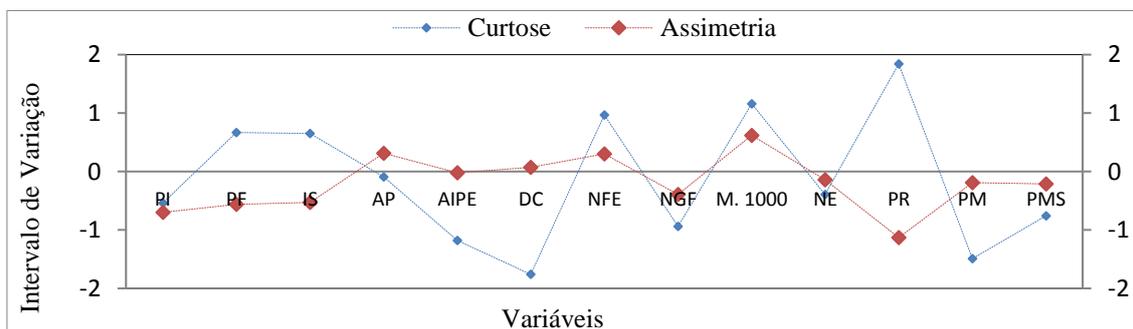
SC- semeadura no camalhão; SS- semeadura dentro do sulco; PS- Profundidade do sulco; AC- Altura do camalhão; P- paralelismo; A- Área do canal; V1- 5,5 km h⁻¹; V2- 7,5 km h⁻¹; V3- 9,5 km h⁻¹.

Para altura do camalhão, para semeadura em cima do mesmo na velocidade de 9,5 km h⁻¹ e paralelismo na semeadura dentro do sulco na velocidade 9,5 km h⁻¹, verificou-se que os valores observados ficaram fora dos limites de 2 e -2, sendo desconsiderado a hipótese de normalidade dos dados, sendo os mesmo avaliados por meio da média móvel exponencial ponderada (MMEP).

Melo (2013) avaliando qualidade na distribuição longitudinal de sementes por semeadoras de precisão e fluxo contínuo nas condições edafoclimáticas do Ceará, também pode verificar em parte, que seus dados apresentaram distribuição não normal, avaliados os mesmos por meio da média móvel exponencial ponderada (MMEP).

Na Figura 48 encontram-se os valores de assimetria e curtose avaliação cultural do milho para as variáveis; população inicial, população final, índice de sobrevivência, altura de planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 1000 grãos, número de espigas por ha⁻¹, prolificidade, produtividade do milho e matéria seca do milho. Através dos valores obtidos, podemos observar que os dados encontram se dentro dos limites de 2 e -2, sendo considerado que os dados seguiram uma distribuição normal, com posterior análise de variância e teste de medias para comparação dos resultados.

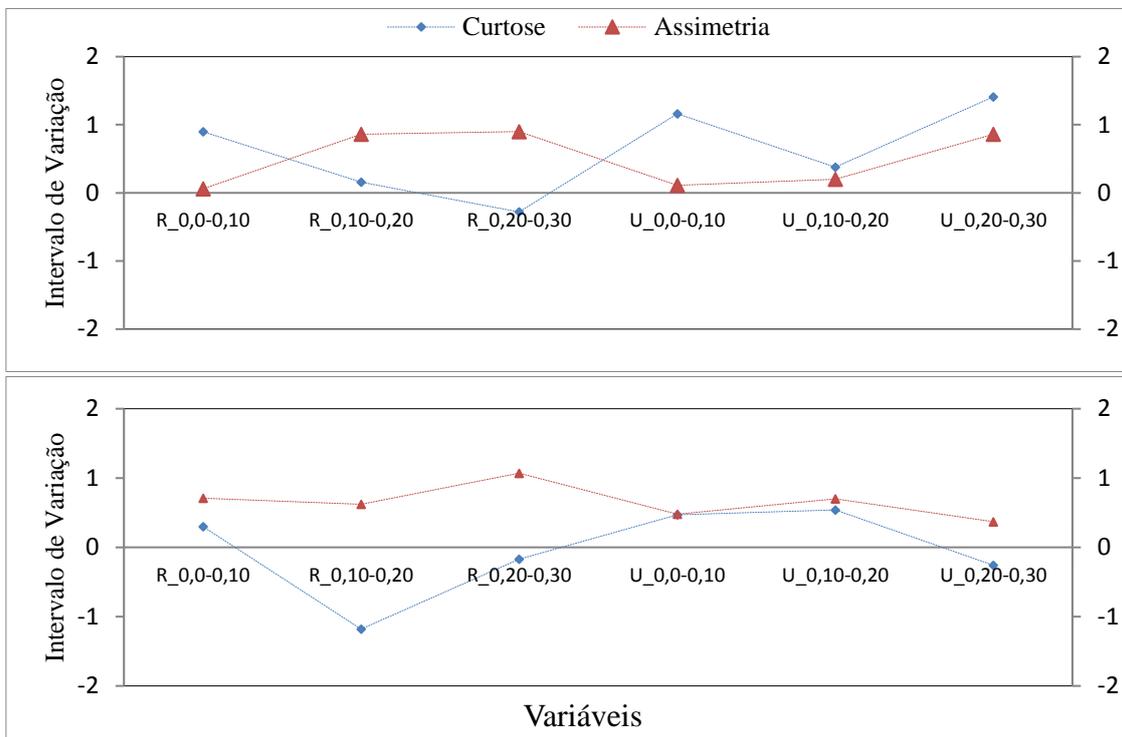
Figura 48-Assimetria e curtose para avaliação cultural do milho no processo de semeadura



PI- população inicial; PF- população final; IS- índice de sobrevivência; AP- altura de planta; AIPE- altura de inserção da primeira espiga; D- diâmetro do colmo; NFE- número de fileiras por espiga; NGF- número de grãos por fileira; M. 100- massa de 1000 grãos; NEE- número de espigas por ha⁻¹; PR- prolificidade; PM- produtividade do milho; PMS- matéria seca do milho.

Para a qualidade da abertura do sulco e formação do camalhão (Figura 49), os valores de assimetria e curtose para resistência a penetração e umidade nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, apresentaram valores dentro dos intervalos de 2 e -2, sendo considerado a hipótese de distribuição normal. Nicolau (2016) e Santos (2015), também utilizaram os índices de assimetria e curtose para atestar normalidades dos seus dados, sendo que de acordo com os valores obtidos os dados foram considerados normais.

Figura 49 -Assimetria e curtose para características físicas nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m para resistência do solo a penetração (R) e umidade (U).



4.3 Desempenho energético e operacional

Na Tabela 6, podemos observar o resumo da análise de variância e valores médios obtidos para patinamento das rodas dianteiras (PRD) e traseiras (PRT) do trator e consumo de combustível. De acordo com o resultado, a operação de semeadura do milho em função do local de semeadura não apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) para o patinamento dos rodados e consumo de combustível em $L h^{-1}$.

Este resultado pode estar associado ao preparo, sendo o mesmo para todos os tratamentos, e também a área de solo mobilizado ter permanecido a igual para semeadura dentro do sulco e em cima do camalhão, não interferindo no patinamento do trator e consumo de combustível em $L h^{-1}$.

Tabela 6-Resumo da análise de variância e valores médios obtidos para patinamento das rodas dianteiras (PRD) e traseiras (PRT) do trator e consumo de combustível na operação de semeadura do milho em dois locais de semeadura e três velocidades teóricas

Causas de Variação		Patinamento (%)		Consumo (L h ⁻¹)	Consumo (L ha ⁻¹)
		PRD	PRT		
Local (L)	L1	11,69	11,26	13,22	17,22
	L2	11,51	11,06	14,88	15,00
Velocidade Teórica (VT)	VT1	10,92 b	9,80	12,08b	17,59
	VT2	10,98 b	11,32	13,53 b	16,20
	VT3	12,89 a	12,35	16,54 a	14,53
Valor de F	L	0,35 ^{ns}	0,10 ^{ns}	4,40 ^{ns}	5,83 [*]
	VT	17,77 [*]	6,00 [*]	11,08 [*]	3,68 [*]
	L*VT	1,47 ^{ns}	3,59 [*]	0,082 ^{ns}	5,93 [*]
DMS	L	0,64	1,27	1,65	1,93
	VT	0,96	1,28	2,46	2,87
CV (%)		6,50	13,28	13,74	13,98

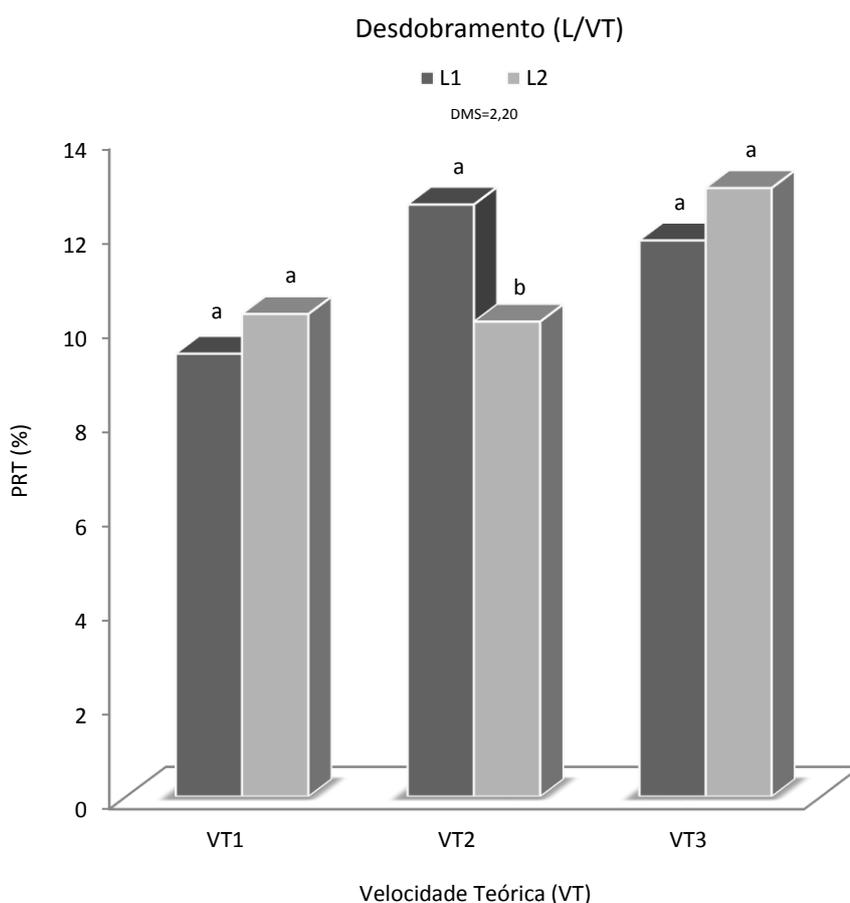
Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * - significativo ($p < 0,05$); ^{ns} - não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Resultado semelhante foi encontrado por Rodrigues *et al.* (2011) para o consumo de combustível, avaliando o desempenho operacional de Trator marca John Deere, modelo 6600, com potência no motor de 89 kW (121 cv) e tração dianteira auxiliar (4x2 TDA) tracionando uma semeadora-adubadora, verificando em seu trabalho que os sistemas de manejo do solo não influenciaram no consumo operacional de combustível durante a realização da operação de semeadura.

Para as velocidades avaliadas, principalmente para patinamento dos rodados direito (PRD) e consumo em L h⁻¹, a diferença entre as medias foi significativa, com maiores valores na velocidade de 9,5 km h⁻¹. Valores semelhantes foram encontrados por Chioderoli *et al.* (2010) avaliando o desempenho de semeadora-adubadora em função do preparo de solo e espaçamento da cultura do milho utilizado um trator Valtra, modelo BM 100, 4x2 TDA, com potência de 73,6 kW (100 cv).

Na Figura 50, encontram-se os valores médios obtidos do desdobramento para patinamento dos rodados traseiro do trator (PRT), podendo ser observado maior patinamento para semeadura em cima do camalhão na velocidade de 7,5 km h⁻¹, resultado que pode ser atribuído a maior exigência operacional do trator devido ao maior recalque da roda da semeadora.

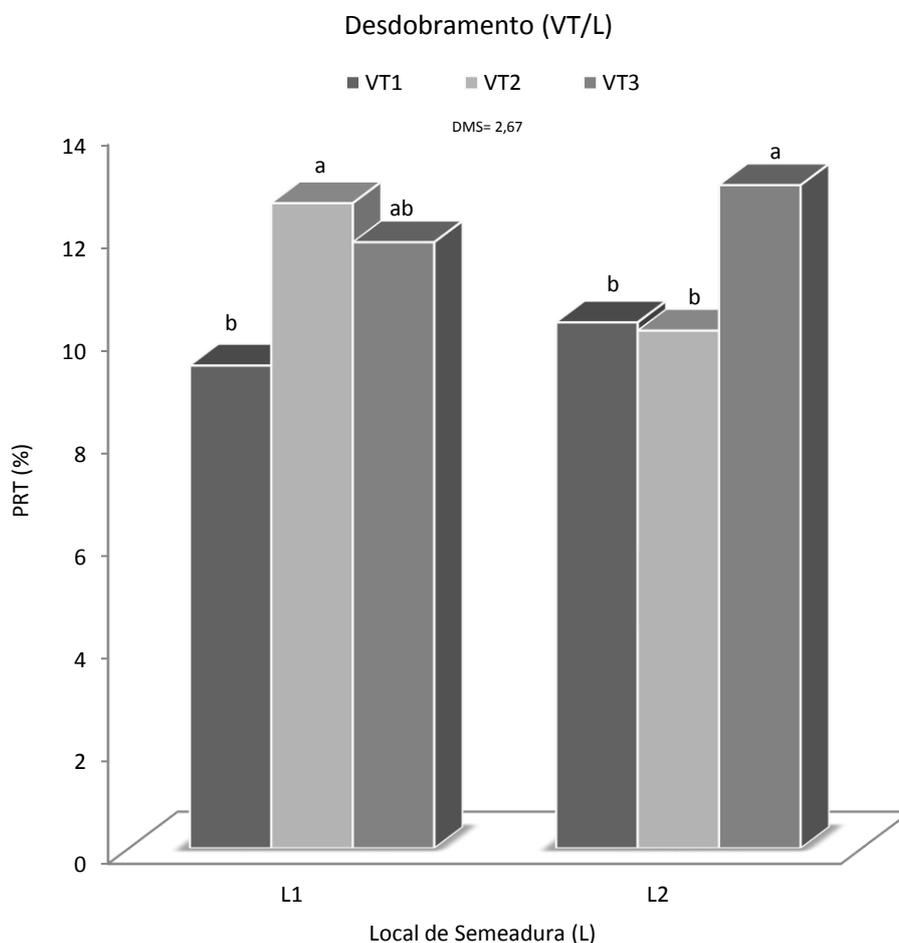
Figura 50-Valores médios obtidos para o desdobramento dos locais de semeadura dentro das velocidades teóricas para patinamento dos rodados traseiro do trator (PRT)



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Para velocidades dentro dos locais de semeadura, foi observado maior patinamento nas maiores velocidade (7,5 e 9,5 km h⁻¹) para semeadura em cima do camalhão e em 9,5 km h⁻¹ para semeadura no sulco (Figura 51), o aumento da velocidade e um dos fatores que pode contribuir significativamente par o aumento do patinamento, fato verificado no trabalho de Amorim (2014), avaliando uma semeadora-adubadora de fluxo contínuo.

Figura 51- Valores médios obtidos para o desdobramento das velocidades teóricas dentro dos locais de semeadura para patinamento dos rodados traseiro do trator (PRT)



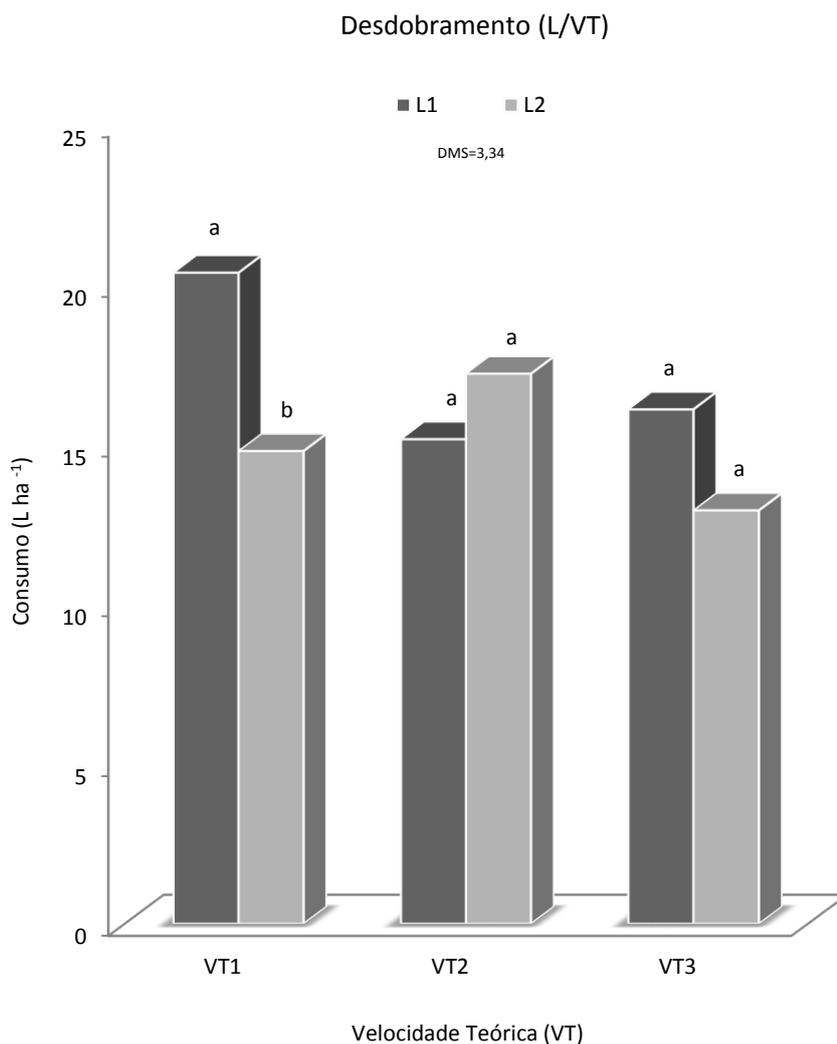
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

A patinagem é um dos problemas que afeta o desempenho nos tratores contribuindo para a diminuição da força de tração e o aumento no consumo de combustível. Para se obter a máxima eficiência de a patinagem deve ficar entre 8 a 10% para solos sem mobilização, 11 a 13% em solos revolvidos e de 14 a 16% em solos arenosos (ASABE, 2006), estando os valores encontrados dentro da faixa recomendada.

No entanto, Vale *et al.* (2010) encontraram valores de patinagem abaixo da faixa sugerida (3,43 e 3,70%) para velocidades de deslocamento do trator na operação de semeadura utilizado um trator Massey Ferguson MF 275 4x2 TDA, valores contrários aos encontrados neste trabalho.

Verifica-se na Figura 52, o desdobramento da interação entre os fatores para consumo de combustível em L há, podendo ser observado maior consumo para sementeira em cima do camalhão na velocidade na velocidade de $5,5 \text{ km h}^{-1}$. Este resultado pode estar associado ao menor empolamento do solo, devido ao maior recalque da roda motriz da semeadora, contribuindo para maior demanda energética do trator.

Figura 52-Valores médios obtidos do desdobramento dos locais de sementeira dentro das velocidades para consumo de combustível em L ha na operação de sementeira



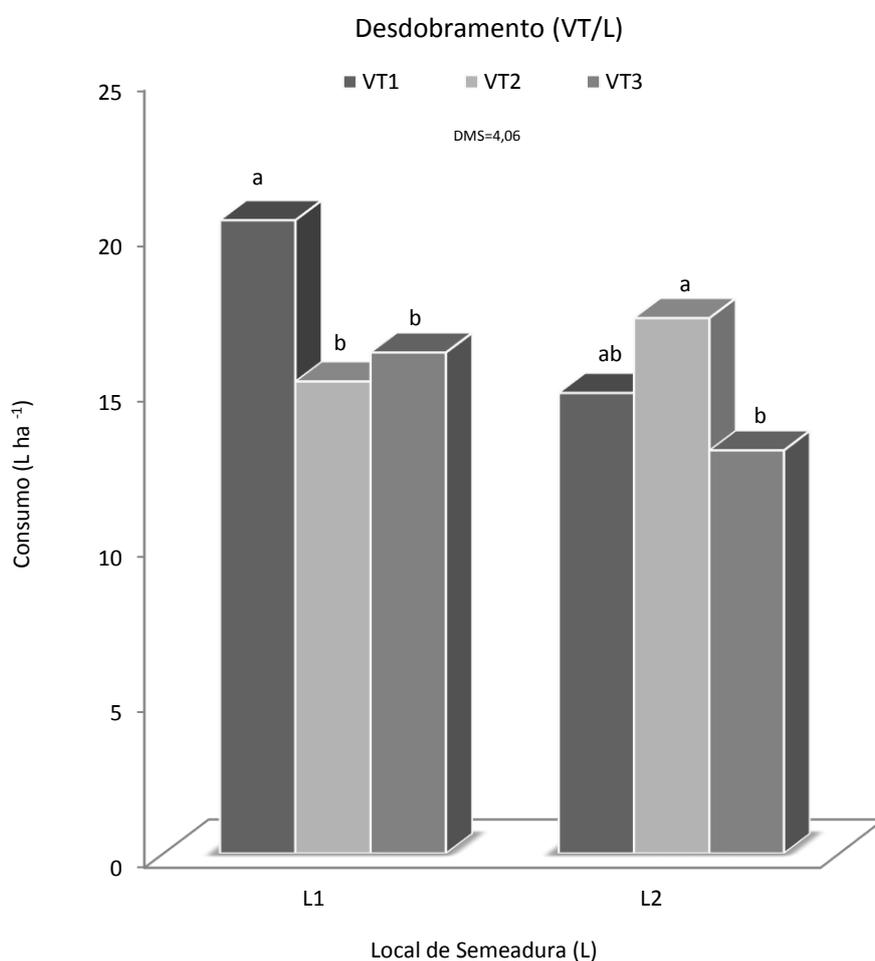
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- sementeira em cima do camalhão; L2- sementeira dentro do sulco; VT1 - $5,5 \text{ km h}^{-1}$; VT2- $7,5 \text{ km h}^{-1}$; VT3- $9,5 \text{ km h}^{-1}$; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Para velocidades dentro dos locais de sementeira (Figura 53), foi observado maior consumo nas maiores velocidade ($5,5$ e $7,5 \text{ km h}^{-1}$) para sementeira em cima do

camalhão e $7,5 \text{ km h}^{-1}$ para sementeira no sulco. Resultado que pode ser justificado pela maior área de solo mobilizada nas menores velocidades devido ao maior aprofundamento dos sulcadores.

Rodrigues *et al.* (2011) avaliando o desempenho operacional de Trator marca John Deere, modelo 6600, tracionando uma sementeira-adubadora, constataram que em diferentes manejos e velocidades de trabalho houve aumento do consumo horário de combustível conforme o acréscimo de velocidade.

Figura 53- Valores médios obtidos do desdobramento das velocidades dentro dos locais de sementeira para consumo de combustível em L ha^{-1} na operação de sementeira



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- sementeira em cima do camalhão; L2- sementeira dentro do sulco; VT1 - $5,5 \text{ km h}^{-1}$; VT2- $7,5 \text{ km h}^{-1}$; VT3- $9,5 \text{ km h}^{-1}$; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Comparando os tratamentos com a testemunha T1 ($5,5 \text{ km h}^{-1}$), constata-se que houve diferenças significativas entre os tratamentos avaliados e a testemunha para

patinamento das rodas dianteiras (PRD) e traseiras (PRT) do trator e consumo de combustível (Tabela 7). O patinamento dos rodados do trator no local de semeadura (L1 e L2) com a velocidade teórica ($9,5 \text{ km h}^{-1}$) foi superior ao sistema convencional ($5,5 \text{ km h}^{-1}$).

Este resultado pode estar associado com a maior demanda de potência da semeadora equipado com sulcadores para abertura do solo, exigindo maior força e potência resultando em maior consumo e patinamento. Levien *et al.* (2011) analisando o consumo de combustível em função do solo mobilizado entre os mecanismos disco e haste, observaram menor consumo de combustível por solo mobilizado para o sulcador tipo haste. Garcia *et al.* (2011) observaram em seu trabalho que o aumento da velocidade de deslocamento do trator proporcionou decréscimo da patinagem dos rodados do trator, fato não observado neste trabalho.

Já o consumo de combustível em L ha^{-1} , foi maior que a testemunha no local de semeadura (L1) na velocidade teórica ($5,5 \text{ km h}^{-1}$). Silveira *et al.* (2013) avaliando a demanda energética de uma semeadora-adubadora em diferentes velocidades de deslocamento, tracionada por um trator marca FORD, modelo 7630, 4 x 2 TDA, também pode verificar maior consumo de combustível por área nas menores velocidades do conjunto mecanizado avaliado.

Tabela 7- Síntese da análise de variância e valores médios para patinamento das rodas dianteiras (PRD) e traseiras (PRT) do trator e consumo de combustível na operação de semeadura em dois locais e três velocidades em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidade	Patinamento (%)		Consumo (L h ⁻¹)	Consumo (L ha ⁻¹)
		PRD	PRT		
L1	VT1	11,15 b	9,40 b	11,47 b	20,37a
L1	VT2	11,30 b	12,56 a	12,64 b	15,18 b
L1	VT3	12,62 a	11,80 b	15,55 a	16,11 b
L2	VT1	10,68 b	10,20 b	12,69 b	14,81 b
L2	VT2	10,66 b	10,08 b	14,42 a	17,22 b
L2	VT3	13,17 a	12,91 a	17,52 a	12,96 b
T1		10,73 b	9,36 b	9,35 b	14,07 b
Valor F - Fatorial x Testemunha		5,04*	5,44*	22,74*	3,23*
DMS		1,41	2,81	3,59	4,13
CV (%)		6,50	13,28	13,74	13,98

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ns- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T1- semeadura convencional na velocidade de 5,5 km h⁻¹.

Para testemunha T2 (7,5 km h⁻¹), não verificou-se diferença significativa entre os tratamentos avaliados e a testemunha para patinamento traseira (PRT) do trator, sendo que para as demais variáveis, as diferenças estatísticas entre os tratamentos foram significativas (Tabela 8). Para o patinamento PRD no local de semeadura (L1 e L2), na velocidade teórica (VT3), verificaram-se maiores valores médios quando comparado com a testemunha (7,5 km h⁻¹). Este resultado pode estar associado a maior velocidade de deslocamento, favorecendo o aumento do patinamento dos rodados do trator.

Tabela 8-Síntese da análise de variância e valores médios para patinamento das rodas dianteiras (PRD) e traseiras (PRT) do trator e consumo de combustível na operação de semeadura em dois locais e três velocidades em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h⁻¹)

Fator		Patinamento (%)		Consumo (L h ⁻¹)	Consumo (L ha ⁻¹)
Local	Velocidade	PRD	PRT		
L1	VT1	11,15 b	9,40	11,47 b	20,37a
L1	VT2	11,30 b	12,56	12,64 b	15,18 b
L1	VT3	12,62 a	11,80	15,55 b	16,11 b
L2	VT1	10,68 b	10,20	12,69 b	14,81 b
L2	VT2	10,66 b	10,08	14,42 b	17,22 b
L2	VT3	13,17 a	12,91	17,52 a	12,96 b
T2		10,50 b	11,96	12,13 b	13,33 b
Valor F - Fatorial x Testemunha		7,99*	1,04 ^{ns}	3,20*	6,00*
DMS		1,41	2,87	3,91	4,13
CV (%)		6,29	12,94	14,42	13,35

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T2- semeadura convencional na velocidade de 7,5 km h⁻¹.

O consumo de combustível em L h⁻¹, foi maior que a testemunha no local de semeadura (L2) na velocidade teórica (VT3). Já o consumo de combustível em L ha⁻¹, foi maior que a testemunha no local de semeadura (L1) na velocidade teórica (VT1). Corroborando com esse trabalho, Garcia *et al.* (2011) afirma que, com o aumento da velocidade de do trator ocorre aumento do patinamento dos rodados, fato que pode estar associado ao menor contato dos pneus com o solo, podendo ainda resultar em maior consumo de combustível.

Para o patinamento das rodas dianteiras (PRD) e consumo de combustível em L ha⁻¹, não houve diferença significativa da testemunha T3 com os demais tratamentos (Tabela 9). Para o patinamento do rodado traseiro (PRT) a testemunha apresentou diferença apenas para semeadura em cima do camalhão (L1) na velocidade

de 5,5 km h⁻¹, resultado associado ao fato de menores velocidades favorecerem menor patinamento.

Tabela 9-Síntese da análise de variância e valores médios para patinamento das rodas dianteiras (PRD) e traseiras (PRT) do trator e consumo de combustível na operação de semeadura em dois locais e três velocidades em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidade	Patinamento (%)		Consumo (L h ⁻¹)	Consumo (L ha ⁻¹)
		PRD	PRT		
L1	VT1	11,15	9,40 b	11,47 b	20,37
L1	VT2	11,30	12,56 a	12,64 b	15,18
L1	VT3	12,62	11,80 a	15,55 b	16,11
L2	VT1	10,68	10,20 a	12,69 b	14,81
L2	VT2	10,66	10,08 a	14,42 b	17,22
L2	VT3	13,17	12,91 a	17,52 a	12,96
T3		11,71	12,63 a	20,36 a	17,77
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,06 ^{ns}	3,29*	35,72*	2,23 ^{ns}
DMS		1,65	2,95	3,85	0,23
CV (%)		7,20	13,19	13,08	7,76

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett (p<0,05). *- significativo (p<0,05); ^{ns}- não significativo (p>0,05). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T3- semeadura convencional na velocidade de 9,5 km h⁻¹.

Já o consumo em L h⁻¹ não apresentou diferença significativa, apenas para a semeadura dentro do sulco na velocidade de 9,5 km h⁻¹ em comparação com testemunha. O consumo de combustível pode ser afetado por diversos fatores dentre eles, tipo de operação que está realizando, profundidade de semeadura e velocidade deslocamento e aumentando profundidades de trabalho elevada (MACHADO *et al.*, 2015).

Outro fator determine para o aumento do consumo de combustível na operação de semeadura e o aumento da velocidade de deslocamento, que contribuir para

o acréscimo de potência na barra de tração necessária para tracionar o implemento utilizado (BECKER *et al.*, 2014). Santos *et al.* (2016) avaliando uma semeadora-adubadora também não observaram significância entre os sulcadores tipo disco e haste para o consumo horário e consumo operacional no processo de semeadura do milho em mesma condição de solo.

Na Tabela 11 encontram-se o resumo da análise de variância para velocidade, força, potência, capacidade de campo efetiva (CCe) e operacional (CCo). Para a força na barra de tração não foi verificada diferenças entre as médias, resultado que pode ser atribuído ao fato de a profundidade de atuação dos mecanismos sulcadores terem se mantendo indiferentes.

Tabela 10-Resumo da análise de variância e valores médios de velocidade, força, potência, capacidade de campo efetiva (CCe) e operacional (CCo) na semeadura do milho em dois locais de semeadura e três velocidades teóricas

Causas de Variação		Velocidade real (km h ⁻¹)	Força (kN)	Potência (kW)	CCe (ha h ⁻¹)	CCo (ha h ⁻¹)
Local (L)	L1	5,86	11,47 a	18,90	1,05	0,79
	L2	7,51	12,95 a	27,37	1,35	1,01
Velocidade Teórica (VT)	VT1	5,28	11,12 a	16,53	0,95	0,71
	VT2	6,19	12,48 a	21,50	1,11	0,83
	VT3	8,59	13,03 a	31,38	1,54	1,16
Valor de F	L	78,21*	4,30 ^{ns}	42,07*	78,21*	78,21*
	VT	111,53*	2,52 ^{ns}	44,67*	111,53*	111,53*
	L*VT	12,89*	0,15 ^{ns}	7,31*	19,89*	19,89*
DMS	L	0,39	1,50	2,74	0,07	0,05
	VT	0,58	2,23	4,08	0,10	0,07
CV (%)		6,84	14,33	13,83	6,84	6,84

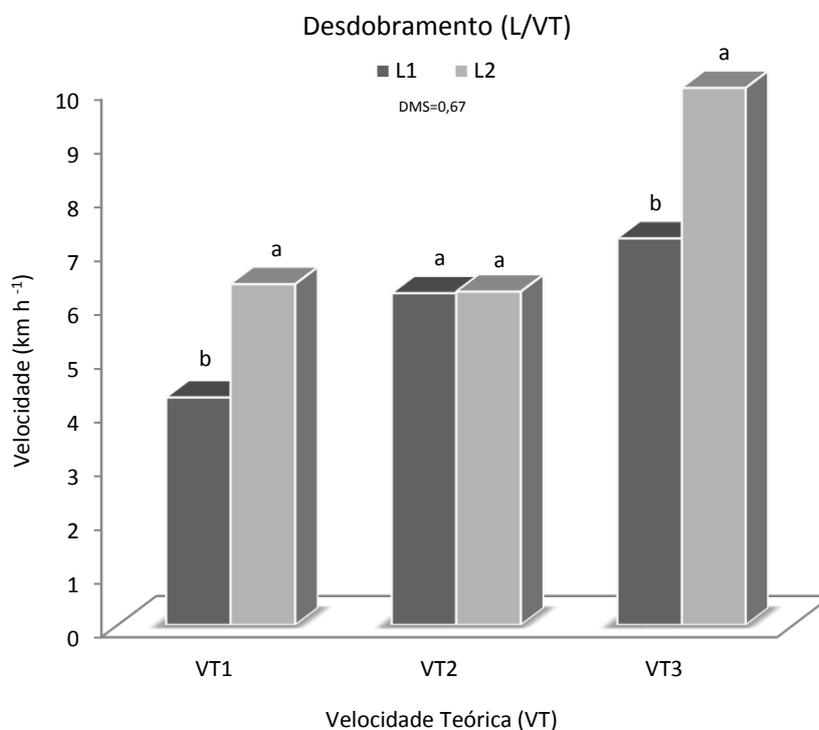
Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Para Russini (2012) estudando o desempenho energético e operacional, afirma que é uma atividade complexa, devido às muitas variáveis que devem ser avaliadas dentro de uma área de interferência gigantesca. Neste contexto, a profundidade de trabalho a ser utilizada e um fator que pode influenciar no desempenho operacional e energético de um conjunto mecanizado.

De acordo com Compagnon *et al.* (2013), ao estudar o desempenho do conjunto trator- escarificador em duas profundidades de trabalho avaliadas durante o processo de semeadura, puderam concluir que, quanto maior a profundidade de trabalho, maior o aumento do consumo horário e operacional de combustível, força e potência na barra de tração e patinagem.

A Figura 54 mostra o desdobramento para a velocidade real (V) durante a semeadura. Analisando o fator local de semeadura, observa-se que o maior valor de velocidade real foi obtido com a semeadura no sulco (L2), resultado que pode ser justificado pela maior consolidação do solo na semeadura dentro do sulco, facilitando o tracionamento da semeadora, contribuindo para o acréscimo de velocidade.

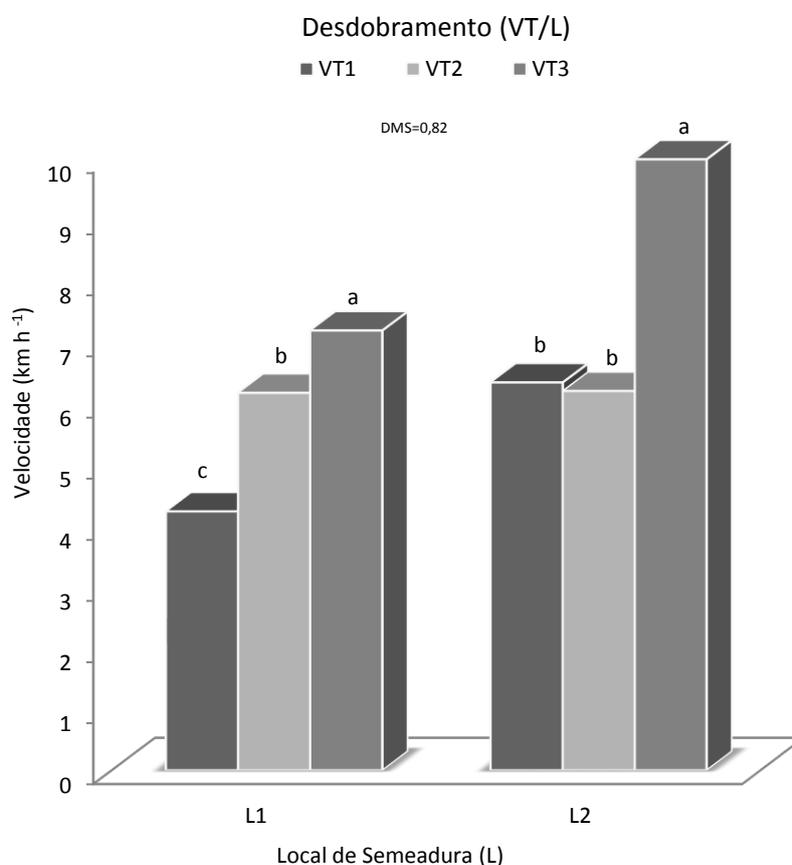
Figura 54-Valores médios obtidos do desdobramento dos locais de semeadura dentro das velocidades teóricas para velocidade de deslocamento durante semeadura



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Para o fator velocidade teórica (VT), observou-se que a maior velocidade real foi obtida pela VT3 diferindo dos demais tratamentos (Figura 55). Amorim (2014) trabalhando com uma semeadora-adubadora de fluxo contínuo, tracionada por um trator 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar) de 88, 26 kW (120 cv) com tração dianteira auxiliar ligada pode verificar maior velocidade na marcha L4C (7,63 km h⁻¹) e menores velocidades nas marchas L3C (5,71 km h⁻¹) e 3T (4,56 km h⁻¹), situação já esperada tendo em vista que quanto maior a marchas maiores os valores médios de velocidade.

Figura 55-Valores médios obtidos do desdobramento das velocidades teóricas dentro dos locais de semeadura para velocidade de deslocamento durante semeadura

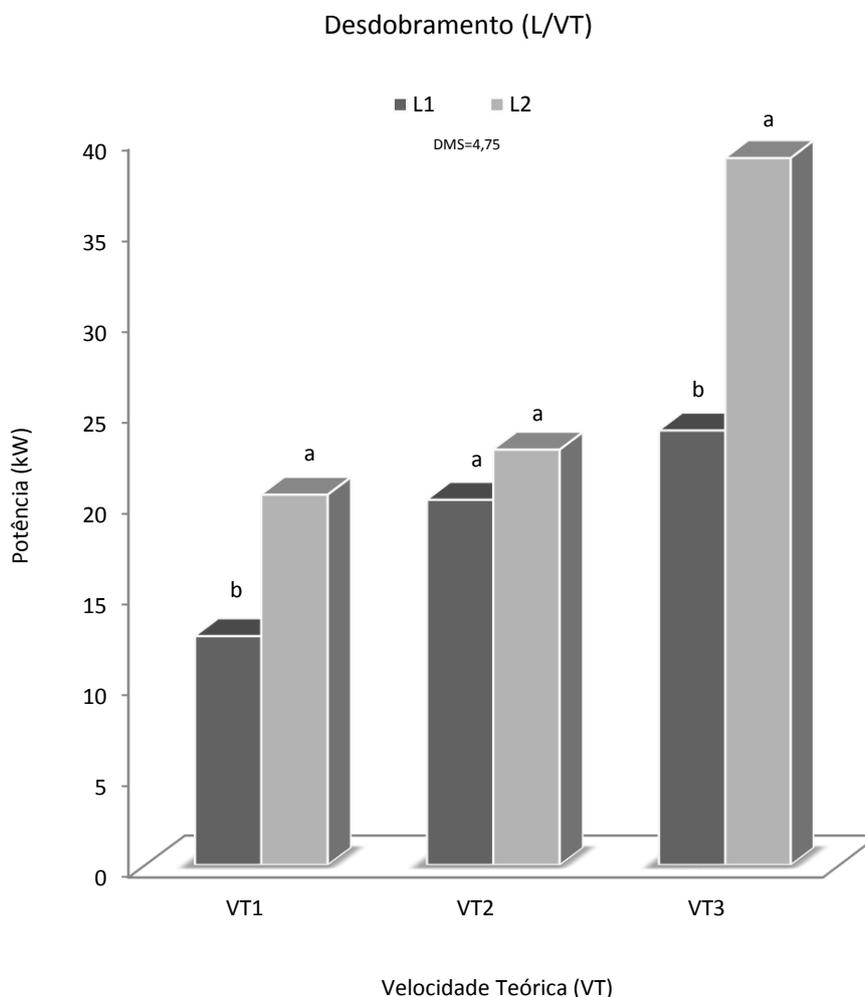


Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

A Figura 56 mostra o desdobramento para a potência na barra de tração durante a semeadura do milho. Analisando o fator local de semeadura e velocidade teórica, observa-se maior potência obtida na semeadura no sulco (L2) e para o desdobramento das velocidades dentro dos locais de semeadura obteve se maior

potência na velocidade teórica de $9,5 \text{ km h}^{-1}$, justificada pela maior velocidade (Figura 57).

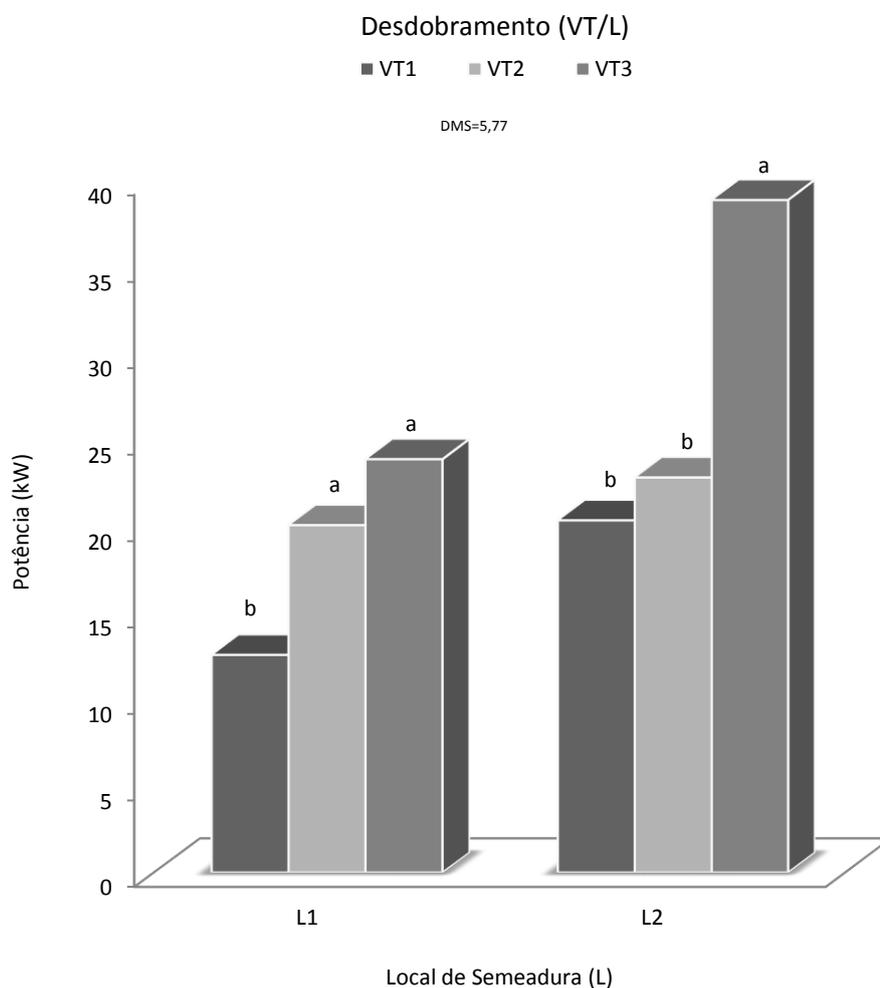
Figura 56-Valores médios obtidos do desdobramento dos locais de semeadura dentro das velocidades teóricas para potência na barra de tração durante semeadura do milho



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - $5,5 \text{ km h}^{-1}$; VT2- $7,5 \text{ km h}^{-1}$; VT3- $9,5 \text{ km h}^{-1}$; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação

De acordo com diversos autores, potência pode ser entendida como produto da força de tração pela velocidade, sendo o acréscimo de força ou velocidade fatores de coerência para o aumento na potência requerida na barra de tração, o que pode ser observado neste estudo. Filho *et al.* (2010) também pode verificar aumento de potência com a mudança das marchas que resultou em aumento de velocidade.

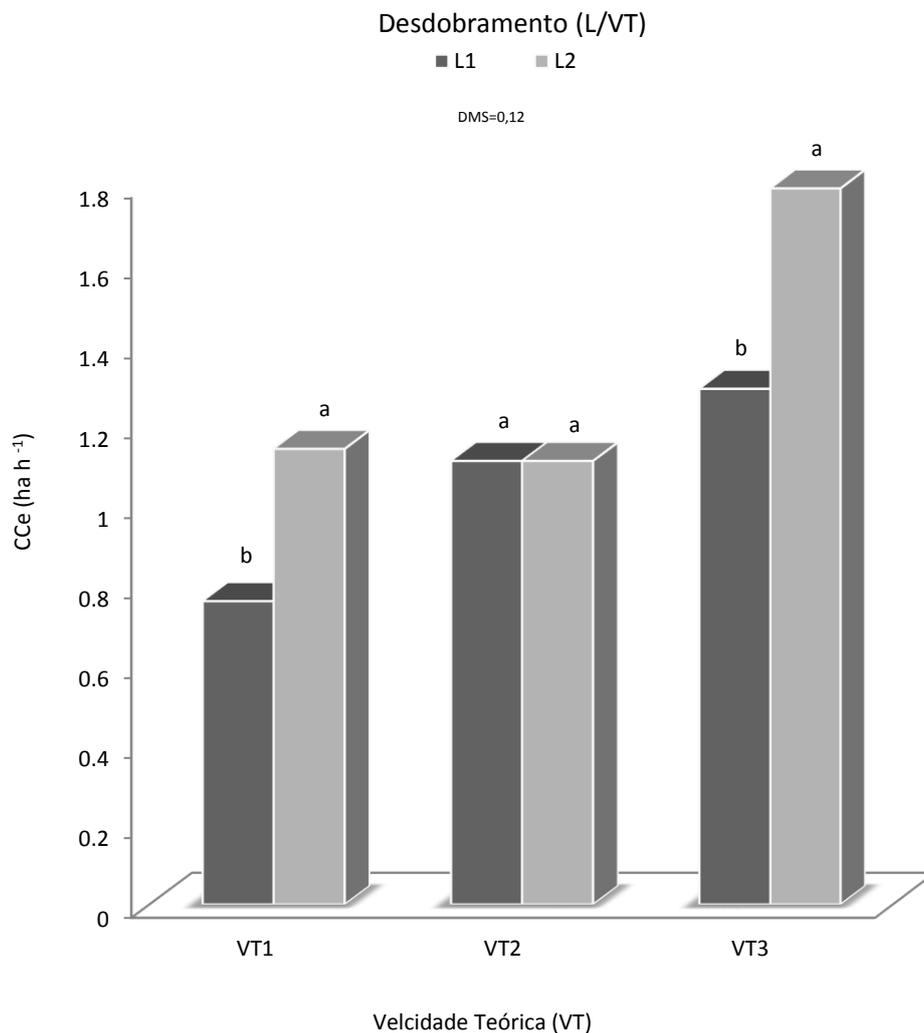
Figura 57- Valores médios obtidos do desdobramento das velocidades teóricas dentro dos locais de semeadura para potência na barra de tração durante semeadura do milho



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

A Figura 58 mostra o desdobramento para capacidade de campo efetiva durante semeadura do milho. Analisando o fator local de semeadura e velocidade teórica, observa-se maior capacidade de campo efetiva na semeadura no sulco (L2) para nas velocidades teóricas de 5,5 km h⁻¹ e 9,5 km h⁻¹.

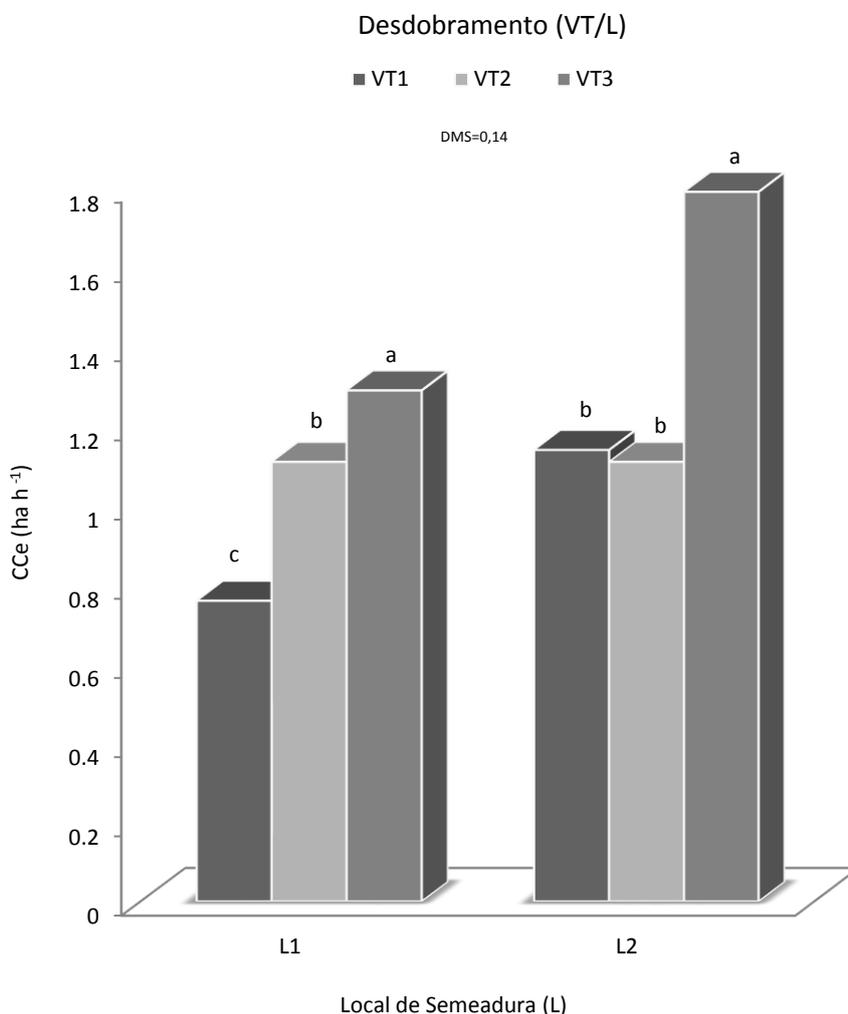
Figura 58-Valores médios obtidos do desdobramento para capacidade de campo efetiva (CCe) durante semeadura do milho



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Avaliando desdobramento das velocidades teóricas dentro dos locais de semeadura (Figura 59), maior valor para capacidade de efetiva foi encontrado na velocidade de 9,5 km h⁻¹ (VT3), resultado atribuído ao acréscimo de velocidade mantendo se a mesma área, logo a capacidade de campo efetiva de um equipamento vem a ser a quantidade real de trabalho produzida na unidade de tempo, sendo diretamente proporcional à variação da velocidade real de deslocamento e da largura real de trabalho. Em seu trabalho, Garcia *et al.* (2011), observou que com o aumento da velocidade de deslocamento, houve aumento da patinagem dos rodados da semeadora e capacidade de campo efetiva.

Figura 59- Valores médios obtidos do desdobramento para capacidade de campo efetiva (CCe) durante semeadura do milho



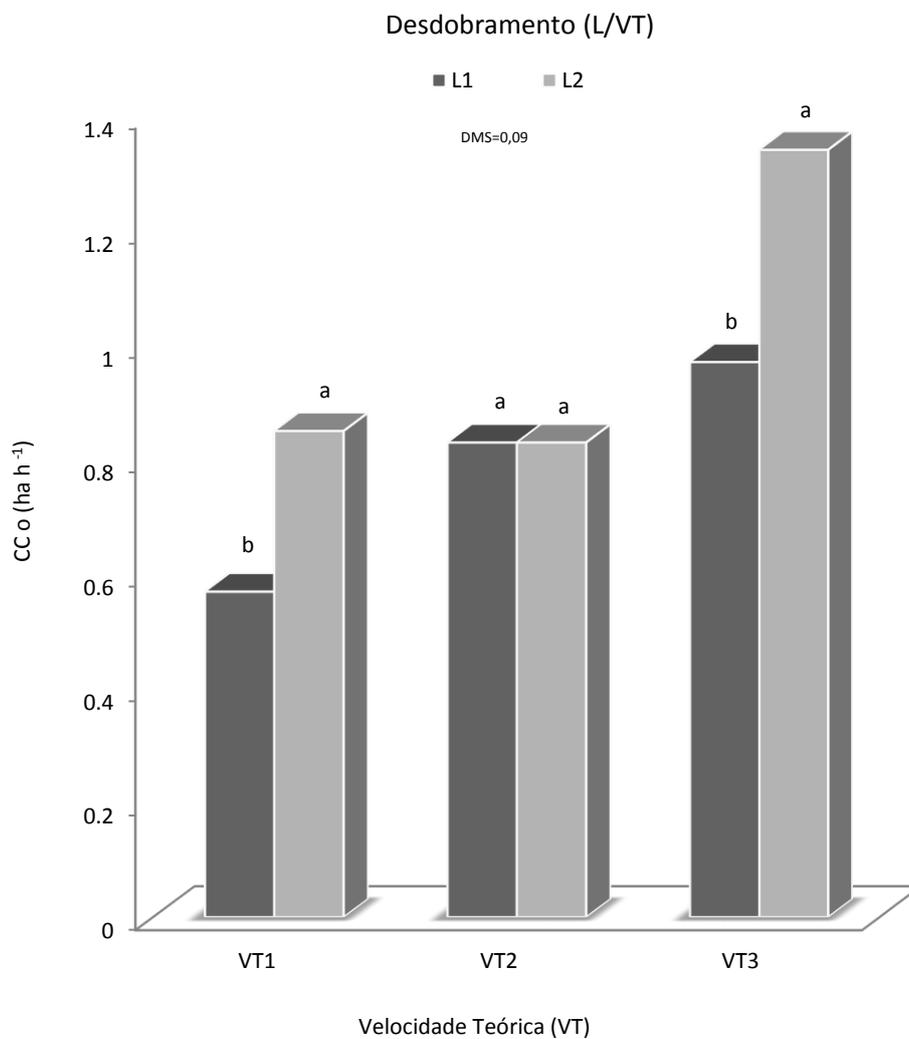
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Na Figura 60, encontra-se o desdobramento da interação entre o local de semeadura (L) e velocidade teórica (VT). Observa-se que, a semeadura em cima do camalhão (L1) apresentou maior valor de capacidade operacional de campo nas velocidades teóricas de 5,5 e 9,5 km h⁻¹ (VT1 e VT3).

Já o desdobramento das velocidades teóricas dentro dos locais de semeadura, a velocidade teórica (VT3) apresentou maior valor de capacidade de campo operacional (Figura 61). Cortez *et al.* (2011), afirma que alguns implementos dispõe de capacidade

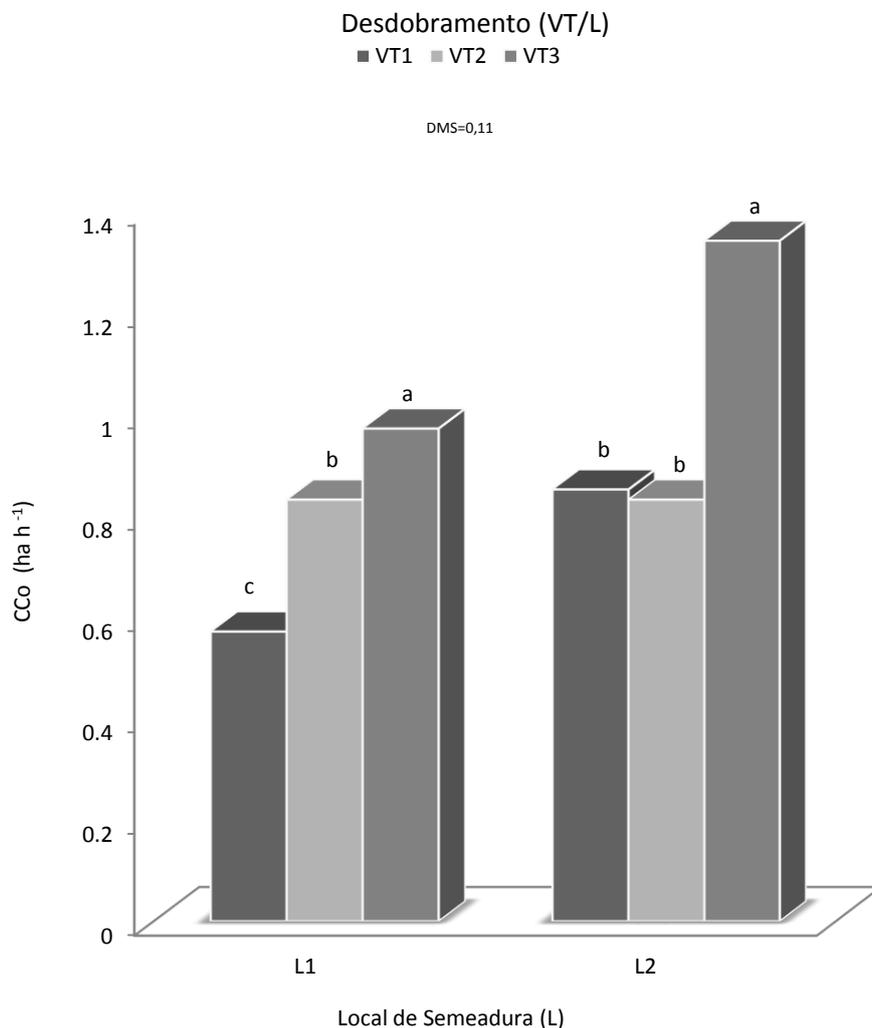
operacional superior a outros, podendo estar associada a sua capacidade de desenvolver maiores velocidades ou largura de trabalho.

Figura 60-Valores médios obtidos do desdobramento dos locais de semeadura dentro das velocidades teóricas para capacidade de campo operacional (CCo) durante a semeadura do milho.



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Figura 61- Valores médios obtidos do desdobramento das velocidades teóricas dentro dos locais de semeadura para capacidade de campo operacional (CCo) durante semeadura do milho



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Logo, Fernandes e Gamero (2010) ao avaliar o desempenho operacional em preparos reduzido e convencional observaram que a capacidade de campo teórica da grade foi de 1,28 ha h⁻¹, enquanto a do escarificador foi de 0,80 ha h⁻¹, nas velocidades 5,01 e 2,87 km h⁻¹, respectivamente. Valores próximos aos encontrados nessa pesquisa utilizando a semeadora equipada com sulcadores.

Comparando a testemunhada semeadura convencional na velocidade de 5,5 km h⁻¹(T1) com os demais tratamentos, nota-se que todas as variáveis velocidade (V), força (F), potência (P), capacidade de campo efetiva (CCe) e operacional (Cco) (Tabela 12), apresentaram diferença estatística com a testemunha. A força disponível na barra de

tração apresentou todos os valores dos tratamentos superiores a testemunha, resultado atribuído a maior demanda de potência da semeadora com os sulcadores.

Tabela 11-Síntese da análise de variância e valores médios para velocidade, força, potência, capacidade de campo efetiva (CCe) e operacional (CCo) na operação de semeadura em dois locais e três velocidades em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidade	Velocidade real (km h ⁻¹)	Força (kN)	Potência (kW)	CCe (ha h ⁻¹)	CCo (ha h ⁻¹)
L1	VT1	4,23b	10,64 a	12,65 b	0,76 b	0,57 b
L1	VT2	6,17 a	11,70 a	20,12 a	1,11 a	0,83 a
L1	VT3	7,19 a	12,06 a	23,92 a	1,29 a	0,97 a
L2	VT1	6,34 a	11,59 a	20,40 a	1,14 a	0,85 a
L2	VT2	6,20 a	13,26 a	22,87 a	1,11 a	0,83 a
L2	VT3	9,99 a	13,99 a	38,85 a	1,79 a	1,34 a
	T1	4,93 b	5,32 b	7,20 b	0,88 b	0,66 b
Valor F - Fatorial x Testemunha		47,61*	57,79*	97,09*	47,61*	61,23*
DMS		0,93	3,30	5,90	0,16	0,12
CV (%)		6,84	14,33	13,83	6,84	6,84

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ns- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T1- semeadura convencional na velocidade de 5,5 km h⁻¹.

Em trabalhos realizados por Brandão *et al.* (2013) avaliando o desempenho operacional em diferentes tipos de preparo do solo foi possível observar que o escarificador requer maior força na barra de tração devido o equipamento trabalhar a maiores profundidades, situação semelhante a estudada neste trabalho.

O tratamento local de semeadura (L1) na velocidade teórica (VT1) foi o único tratamento que apresentou resultados igual a testemunha 1 para a velocidade real, potência, capacidade de campo efetiva e capacidade de campo operacional. Garcia *et al.*

(2011) encontraram valores de capacidade de campo efetiva de 0,158 e 0,292 ha h⁻¹ em média para 2,5 e 4,4 km h⁻¹, respectivamente.

Comparando a testemunha, semeadura convencional na velocidade de 7,5 km h⁻¹(T2), verifica-se para velocidade real maior média na velocidade teórica de 9,5 km h⁻¹, sendo que os demais não se diferenciaram da testemunha. Todos os valores de força apresentaram valores superiores a testemunha T2 (Tabela 13).

Tabela 12-Síntese da análise de variância e valores médios para velocidade, força, potência, capacidade de campo efetiva (CCe) e operacional (CCo) na operação semeadura em dois locais e três velocidades em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidade	Velocidade real (km h ⁻¹)	Força (kN)	Potência (kW)	CCe (ha h ⁻¹)	CCo (ha h ⁻¹)
L1	VT1	4,23 b	10,64 a	12,65 b	0,76 a	0,57 b
L1	VT2	6,17 b	11,70 a	20,12 a	1,11 b	0,83 b
L1	VT3	7,19 b	12,06 a	23,92 a	1,29 b	0,97 b
L2	VT1	6,34 b	11,59 a	20,40 a	1,14 b	0,85 b
L2	VT2	6,20 b	13,26 a	22,87 a	1,11 b	0,83 b
L2	VT3	9,99 a	13,99 a	38,85 a	1,79 a	1,34 a
T2		6,72 b	5,85 b	10,79 b	1,20 b	0,90 b
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,009*	49,97*	57,02*	0,009*	0,009*
DMS		1,13	3,28	5,97	0,20	0,15
CV (%)		8,60	14,74	14,17	8,60	8,60

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett (p<0,05). *- significativo (p<0,05); ns- não significativo (p>0,05). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T2- semeadura convencional na velocidade de 7,5 km h⁻¹.

A força requerida para tracionar um equipamento pode ser influenciada pelo tipo de mecanismos da semeadora que entram em contato com o solo, como os sulcadores utilizados para realizar a abertura do sulco e formação do camalhão, devendo ser considerando também a velocidade, pois, aumento da velocidade de deslocamento do trator promove acréscimo na força e potência média requerida pela barra de tração (BELLÉ *et al.*, 2014).

Para potência na barra de tração, apenas a velocidade teórica de $5,5 \text{ km h}^{-1}$ na semeadura em cima do camalhão apresentou valores iguais ao da testemunha (T2), podendo ser justificado pela baixa velocidade observada nesse tratamento. Para capacidade de campo efetiva e operacional maiores médias foram encontradas na semeadura dentro do sulco e na velocidade de velocidades $9,5 \text{ km h}^{-1}$, valor que pode estar associado a alta velocidade resultando em maior potência obtida na barra de tração.

O tratamento local de semeadura (L2) na velocidade teórica (VT3) apresentou resultados superiores à testemunha T2 para a velocidade real, potência e capacidade de campo operacional. De acordo com Garcia *et al.* (2011), o aumento da velocidade de deslocamento, resulta em aumento de patinamento dos rodados da semeadora e capacidade de campo efetiva, podendo resultar ainda em aumento de força e potência.

Comparando a testemunha T3 (semeadura convencional na velocidade de $9,5 \text{ km h}^{-1}$), verifica-se para velocidade real maior média na velocidade teórica de $9,5 \text{ km h}^{-1}$, sendo que a velocidade teórica de $5,5 \text{ km h}^{-1}$ foi a que apresentou menor média na semeadura em cima do camalhão (Tabela 14).

Para força na barra de tração, todos os valores apresentaram média superiores a testemunha T2, no entanto, para potência na barra de tração, a velocidade teórica de $5,5 \text{ km h}^{-1}$ na semeadura em cima do camalhão apresentou média menor que a testemunha, podendo ser compreendido pela baixa velocidade do conjunto trator-semeadora para esse tratamento.

Para capacidade de campo efetiva e operacional maiores médias foram encontradas na semeadura dentro do sulco e na velocidade de velocidades $9,5 \text{ km h}^{-1}$. O desempenho operacional do conjunto trator-semeadora pode ser alterado por diversos fatores, entre eles podemos citar a velocidade de deslocamento e o tipo de preparo do solo (FURLANI ET *et al.*, 2013; FILHO *et al.*, 2010).

Tabela 13- Síntese da análise de variância e valores médios para velocidade, força, potência, capacidade de campo efetiva (CCe) e operacional (CCo) na operação semeadura em dois locais e três velocidades em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidade	Velocidade real (km h ⁻¹)	Força (kN)	Potência (kW)	CCe (ha h ⁻¹)	CCo (ha h ⁻¹)
L1	VT1	4,23 a	10,64 a	12,65 b	0,76 a	0,57 a
L1	VT2	6,17 a	11,70 a	20,12 a	1,11 a	0,83 a
L1	VT3	7,19 a	12,06 a	23,92 a	1,29 a	0,97 a
L2	VT1	6,34 a	11,59 a	20,40 a	1,14 a	0,85 a
L2	VT2	6,20 a	13,26 a	22,87 a	1,11 a	0,83 a
L2	VT3	9,99 a	13,99 a	38,85a	1,79 a	1,34 a
	T3	8,48 b	6,03 b	14,11 b	1,52 b	1,14 b
Valor F - Fatorial x Testemunha		38,33*	48,7*	31,45*	38,33*	38,33*
DMS		1,05	3,23	5,87	0,19	0,14
CV (%)		7,73	14,47	14,17	7,73	7,73

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ns- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T3- semeadura convencional na velocidade de 9,5 km h⁻¹.

A área mobilizada (AM) e a Resistência por área mobilizada (RM) não apresentaram diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre os locais de semeadura (Tabela 15), sendo significativa para as velocidades teóricas (VT1, VT2 e VT3), sendo observada menor área de solo mobilizada e maior resistência do solo na VT3 resultado semelhante encontrado por Macedo *et al.* (2016).

O local de semeadura apresentou diferença estatística para a área de elevação (AE) e empolamento do solo (E). Esse resultado estar associado à passagem da roda motriz da semeadora em cima do camalhão para o local de semeadura L1, resultando em menor área de elevação e empolamento do solo.

Já a velocidade teórica não diferiu entre os tratamentos, o que pode se justificado pela baixa influência da velocidade para alteração da área mobilizada. Os valores encontrados para área mobilizada ficaram próximos ao encontrado por Santos *et al.* (2014), avaliando a mobilização do solo, velocidade de infiltração e taxa de cobertura, em condições de manejos mecanizados com escarificador em pastagem.

Tabela 14-Resumo da análise de variância e valores médios obtidos para área mobilizada (AM), área de elevação (AE), empolamento do solo e resistência por área mobilizada na semeadura do milho em dois locais de semeadura e três velocidades teóricas

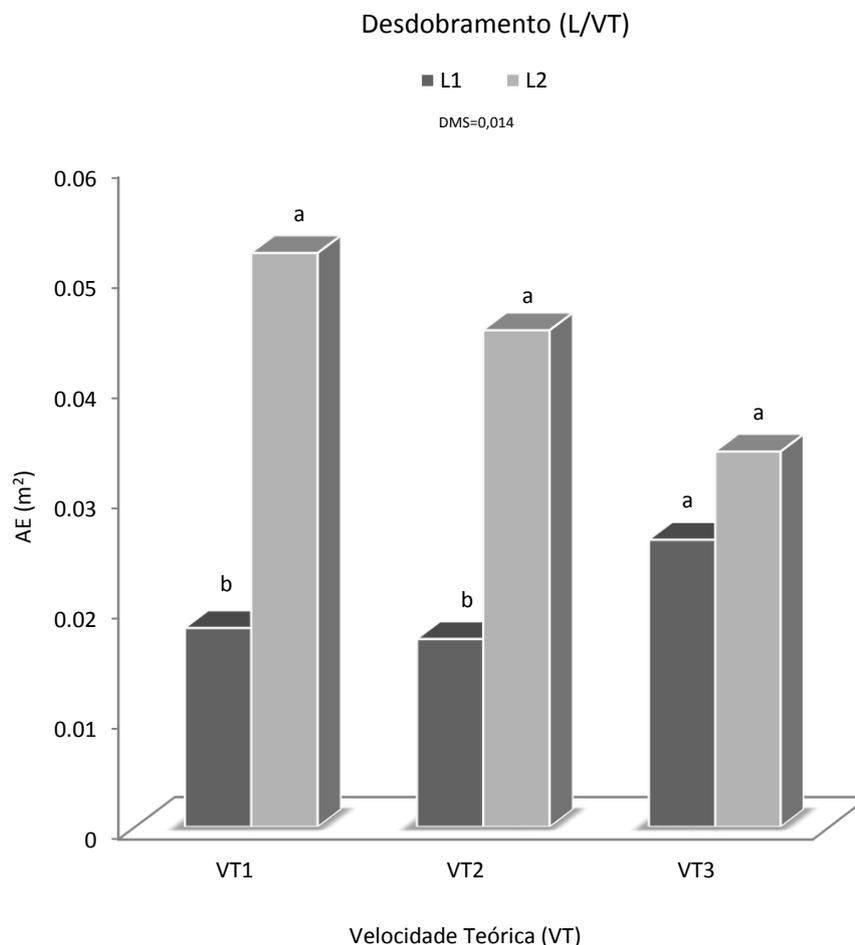
Causas de Variação		AM (m ²)	AE (m ²)	Empolamento (%)	Resistência (kNm ⁻²)
Local (L)	L1	0,042	0,02	52,10 b	279,99
	L2	0,049	0,04	89,59 a	275,60
Velocidade Teórica (VT)	VT1	0,05 a	0,035	69,16	220,03 b
	VT2	0,04 a	0,031	62,99	269,37 b
	VT3	0,03 b	0,030	80,38	343,99 a
Valor de F	L	3,35 ^{ns}	32,86 [*]	16,80 [*]	0,038 ^{ns}
	VT	4,49 [*]	0,47 ^{ns}	1,23 ^{ns}	10,34 [*]
	L*VT	1,39 ^{ns}	3,95 [*]	2,38 ^{ns}	1,89 ^{ns}
DMS	L	0,007	0,008	19,20	47,05
	VT	0,011	0,01	28,58	70,04
CV (%)		19,24	30,87	31,62	19,75

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * - significativo (p<0,05); ^{ns} - não significativo (p>0,05). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Na Figura 62 encontra-se a representação gráfica do desdobramento da interação significativa, onde podemos observar que, para o desdobramento do local de semeadura (L) dentro da velocidade teórica (VT), verificam-se diferenças significativas entre as médias com maior área de elevação na semeadura dentro do sulco, o que pode ser

justificado pelo fato da roda compactadora da semeadorapassar dentro do sulco desse tratamento, não deformando a superfície do camalhão.

Figura 62-Valores médios obtidos do desdobramento dos locais de semeadura dentro das velocidades teóricas para área de elevação (AE) durante semeadura do milho



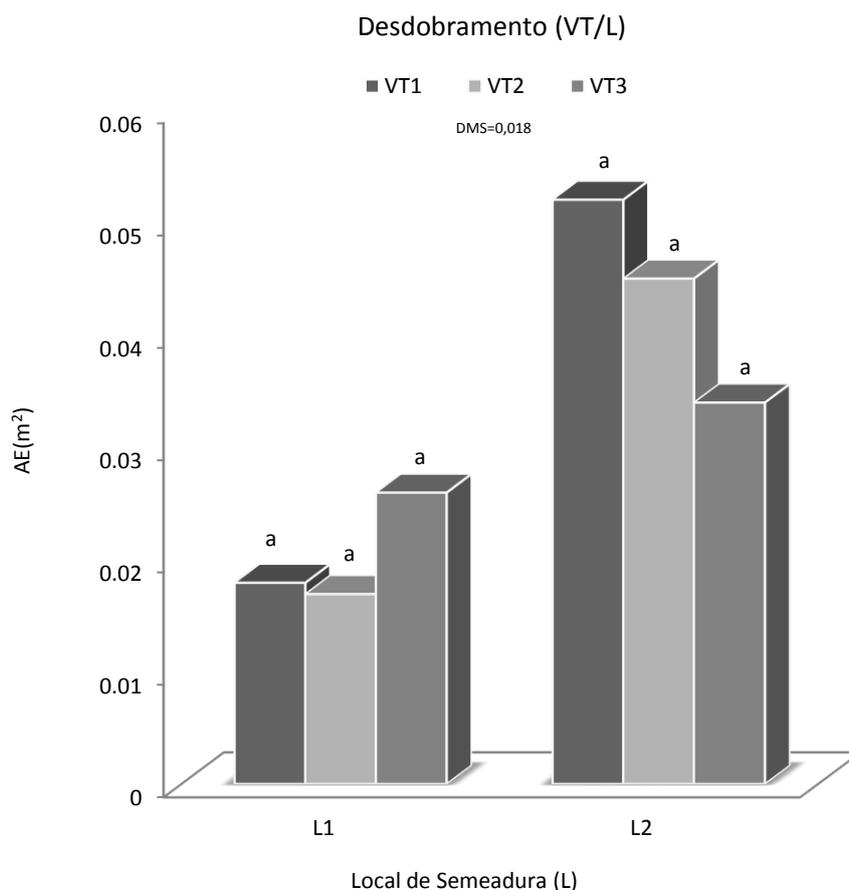
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Já o desdobramento da velocidade teórica (VT) dentro do local de semeadura (L) é possível observar que não houve diferenças entre as velocidades para área de elevação (65). Resultado atribuído à pequena influência da velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado trator-semeadora sobre profundidade de atuação dos mecanismos sulcadores, condição principal para observação de variação da área de elevação.

Santos *et al.* (2016), avaliando um trator BM120 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar), de 88,26 kW (120 cv) no motor na rotação de 2000 rpm, com a tração

dianteira ligada com duas lastragem líquidas (0 e 75%) e três profundidades de escarificação (0,15, 0,30 e 0,40 m), onde foi verificado grande variação na velocidade (4,78, 4,64 e 3, 15 km h⁻¹), também não obteve diferença significativa para área de elevação do solo.

Figura 63- Valores médios obtidos do desdobramento das velocidades teóricas dentro dos locais dentro dos locais de semeadura para área de elevação (AE) durante semeadura do milho



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Nota-se que a área mobilizada, área de elevação, empolamento do solo e resistência por área mobilizada (Tabela 16) apresentaram diferença estatística entre a testemunha T1 (sistema convencional) e os tratamentos. Para a área mobilizada foi possível verificar na semeadura em cima do camalhão maior média para velocidade de 5,5 km h⁻¹ e na semeadura dentro do sulco nas velocidades de 5,5 km h⁻¹ e 7,5 km h⁻¹.

Para a área de elevação e empolamento foi possível verificar na semeadura em cima do camalhão maior média, quando coparado com a da testemunha T1, para velocidade de 9,5 km h⁻¹ e na semeadura dentro do sulco nas velocidades de 7,5, 7,5 e 9,5 km h⁻¹. Para a resistência específica possível verificar na semeadura em cima do camalhão e dentro do sulco maior valores na velocidades de 9,5 km h⁻¹.

O fato de os valores obtidos para área mobilizada (AM), área de elevação (AE), empolamento do solo e resistência por área mobilizada terem sido menor, o que também é verificável em relação às demais testemunhas (T1, T2 e T3), pode estar associado ao mecanismo sulcador que contribuiu significativamente para obtenção desses resultados, estando o mesmo ausente nos tratamentos com as testemunhas.

Tabela 15-Síntese da análise de variância e valores médios par área mobilizada (AM), área de elevação (AE), empolamento do solo e resistência por área mobilizada em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidade	AM (m ²)	AE (m ²)	Empolamento (%)	Resistência (kN m ⁻²)
L1	VT1	0,049 a	0,018 b	36,83 b	216,03 b
L1	VT2	0,037 b	0,017 b	47,69 b	300,80 b
L1	VT3	0,037 b	0,026 a	71,76 a	323,14 a
L2	VT1	0,052 a	0,052 a	96,08 a	224,03 b
L2	VT2	0,056 a	0,045 a	78,28 a	237,94 b
L2	VT3	0,039 b	0,034 a	88,99 a	364,83 a
T1		0,026 b	0,003 b	12,68 b	205,48 b
Valor F - Fatorial x Testemunha		19,41*	33,93*	26,94*	6,67*
DMS		0,016	0,018	40,90	102,20
CV (%)		19,24	30,87	31,62	19,75

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett (p<0,05). *- significativo (p<0,05); ns- não significativo (p>0,05). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T1- semeadura convencional na velocidade de 5,5 km h⁻¹.

Modolo *et al.* (2013) ao avaliar a área mobilizada de dois mecanismos sulcadores (disco e haste) em Latossolo Vermelho Alumino férrico típico, com textura argilosa, obtiveram maior área mobilizada do solo para o sulcador tipo haste sendo atribuído esse resultado a maior profundidade de trabalho, interferindo na resistência específica do solo em questão.

Comparando com a testemunha T2 (sistema convencional na velocidade de 7,5 km h⁻¹), para a área mobilizada, foi possível verificar, na semeadura em cima do camalhão, maior média para velocidade de 5,5 km h⁻¹ e na semeadura dentro do sulco nas velocidades de 5,5 e 7,5 km h⁻¹, quando comparado com a testemunha (Tabela 17).

Para a área de elevação e empolamento do solo foi possível verificar na semeadura em cima do camalhão, maior média para velocidade de 9,5 km h⁻¹ e na semeadura dentro do sulco nas velocidades de 7,5, 7,5 e 9,5 km h⁻¹. Para a resistência específica foi possível verificar, apenas dentro do sulco, maior valor de resistência específica do solo na velocidade de 9,5 km h⁻¹.

Francetto *et al.* (2015) também pode verificar diferença estatística entre s medis para resistência específica para semeador equipada com a haste sulcador, justificando o menor valor apresentando de resistência específica devido a maior área mobilizada desse tipo de mecanismo, quando comparado com o uso de disco.

Tabela 16-Síntese da análise de variância e valores médios par área mobilizada (AM), área de elevação (AE), empolamento do solo e resistência por área mobilizada em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidade	AM (m ²)	AE (m ²)	Empolamento (%)	Resistência (kN m ⁻²)
L1	VT1	0,049 a	0,018 b	36,83 b	216,03 b
L1	VT2	0,037 b	0,017 b	47,69 b	300,80 b
L1	VT3	0,037 b	0,026 a	71,76 a	323,14 b
L2	VT1	0,052 a	0,052 a	96,08 a	224,03 b
L2	VT2	0,056 a	0,045 a	78,28 a	237,94 b
L2	VT3	0,039 b	0,034 a	88,99 a	364,83 a
T2		0,028 b	0,0028 b	9,78b	212,53 b
Valor F - Fatorial x Testemunha		15,49*	34,81*	29,63*	4,57*
DMS		0,016	0,018	40,94	111,34
CV (%)		19,14	32,90	33,43	21,03

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ns- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T2- semeadura convencional na velocidade de 7,5 km h⁻¹.

Comparando com a testemunha T3 (sistema convencional na velocidade de 7,5 km h⁻¹), foi possível verificar na semeadura em cima do camalhão, para área mobilizada do solo (Tabela 18), maior valores médio de área mobilizada para todos os tratamentos quando comparado com a testemunha (sistema convencional de semeadura mecânica na velocidade de 7,5 km h⁻¹).

Para a área de elevação e empolamento do solo foi, possível verificar na semeadura em cima do camalhão, maior média para velocidade de 9,5 km h⁻¹ e na semeadura dentro do sulco nas velocidades de 7,5, 7,5 e 9,5 km h⁻¹, não sendo verificada diferença para resistência específica quando comparado com a testemunha.

Tabela 17-Síntese da análise de variância e valores médios par área mobilizada (AM), área de elevação (AE), empolamento do solo e resistência por área mobilizada em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidade	AM (m ²)	AE (m ²)	Empolamento (%)	Resistência (kN m ⁻²)
L1	VT1	0,049 a	0,018 b	36,83 b	216,03
L1	VT2	0,037 a	0,017 b	47,69 b	300,80
L1	VT3	0,037 a	0,026 a	71,76 a	323,14
L2	VT1	0,052 a	0,052 a	96,08 a	224,03
L2	VT2	0,056 a	0,045 a	78,28 a	237,94
L2	VT3	0,039 a	0,034 a	88,99 a	364,83
T3		0,019 b	0,00214 b	11,12 b	316,88
Valor F - Fatorial x Testemunha		34,15*	36,59*	28,40*	1,53 ^{ns}
DMS		0,016	0,018	40,91	115,12
CV (%)		19,76	32,98	33,29	20,60

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T3- semeadura convencional na velocidade de 9,5 km h⁻¹.

De acordo o trabalho de Mion *et al.* (2008), estudando a área de seção transversal de solo arenoso mobilizado com diferentes mecanismos de abertura de sulco também não foi possível verificar resultado significativo entre os tipos de mecanismos sulcadores, haste e disco, trabalhando com velocidades semelhantes as avaliadas neste presente trabalho.

4.4 Qualidade do processo de semeadura

Para os valores de distribuição longitudinal de sementes, verifica-se que houve efeito significativo para o tratamento local de semeadura para a distribuição normal (Tabela 19), com maior valor para semeadura dentro do sulco, diferindo significativamente da semeadura em cima do camalhão.

Para o numero de espaçamentos falhos, verificou maior média (16,11%) para semeadura em cima do camalhão, resultado que pode ser atribuído ao maior patinamento da semeadora para semeadura em cima do camalhão, resultando em menor numero de espaçamentos normais e maior número de espaçamentos falhos.

De acordo com o trabalho realizado por Dias *et al.* (2009), estudando a cultura do milho semeado mecanicamente por uma semeadora-adubadora, foi possível observaram em sua pesquisa, redução do percentual de espaçamentos aceitáveis com a elevação da velocidade de 3,5 para 7,0 km h⁻¹, fato confirmado neste trabalho com semeadora-adubadora equipada com os mecanismos sulcadores para abertura do sulco, formação do camalhão e semeadura em operação única.

De acordo com Garcia *et al.* (2011), a velocidade de operação do conjunto tratorizado irá influenciar na velocidade do disco dosador de sementes dentro do reservatório de sementes e na patinagem da roda motriz da semeadora, ocasionando alterações na uniformidade de distribuição e na colocação adequada da semente no solo, interferindo na densidade ideal de plantio.

Para o patinamento da roda semeadora, maior patinamento foi verificado na semeadura em cima do camalhão, o que explica o número de espaçamentos falhos elevado nesse tratamento. Mahl (2006) avaliando o deslizamento do rodado da semeadora em dois tipos de solo verificou que o mecanismo disco duplo desencontrado apresentando maior deslizamento da roda motriz da semeadora-adubadora para solo arenoso se comparado à haste, já para o solo argiloso não houve significância entre os mecanismos sulcadores.

Longui (2011) contribuiu com esse estudo encontrando valores de patinamento semelhante para a velocidade de deslocamento, com a utilização de semeadora-adubadora de marca Semeato, modelo SHM/11, com uma capacidade do depósito de sementes de 38 L e do depósito de fertilizante de 366 L.

Tabela 18-Resumo da análise de variância e valores médios obtidos para distribuição longitudinal de sementes (normal, múltiplo e falho) e patinamento da semeadora em dois locais de semeadura e três velocidades teóricas

Causas de Variação		Distribuição longitudinal (%)			PS
		Normal	Múltiplo	Falho	
Local (L)	L1	72,18 b	11,25	16,11 a	6,17 a
	L2	81,55 a	8,50	9,4 b	3,89 b
Velocidade Teórica (VT)	VT1	83,54	5,68	11,66	4,92
	VT2	75,98	11,3	11,25	5,11
	VT3	71,16	12,23	15,41	5,05
Valor de F	L	5,52*	1,03 ^{ns}	5,10*	11,36*
	VT	3,26 ^{ns}	2,42 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,02 ^{ns}
	L*VT	1,63 ^{ns}	0,76 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,13 ^{ns}
DMS	L	8,37	5,68	6,13	1,42
	M	12,46	8,46	9,11	2,11
CV (%)		12,71	67,07	58,95	32,92

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Na Tabela 20 encontram-se os resultados do tratamento local de semeadura (L) e velocidade teórica (VT) comparados com a testemunha (T1) para distribuição longitudinal de sementes (normal, múltiplos e falhos) e patinamento da semeadora. Na referida tabela, pode ser observado que não houve diferenças significativas entre os tratamentos quando comparados com o sistema convencional (T1), resultado associado a pouca influência do local de semeadura realizado pela semeadora equipada com os sulcadores quando comparado com a testemunha, tendo em vista que preparo do solo foi o mesmo.

Tabela 19-Síntese da análise de variância e valores médios para distribuição longitudinal de sementes (normal, múltiplo e falho) e patinamento da semeadora em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h⁻¹)

Fator		Distribuição longitudinal (%)			PS
Local	Velocidade	Normal	Múltiplo	Falho	
L1	VT1	71,66	9,16	19,16	5,83
L1	VT2	78,33	8,33	13,33	6,43
L1	VT3	70,00	14,16	15,83	6,25
L2	VT1	93,33	2,50	4,16	4,02
L2	VT2	78,33	12,50	9,166	3,79
L2	VT3	75,83	9,16	15,00	3,85
T1		84,16	6,66	9,167	6,25
Valor F - Fatorial x Testemunha		1,63 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,85 ^{ns}	1,56 ^{ns}
DMS		17,82	12,56	14,25	3,56
CV (%)		12,71	67,07	58,95	34,75

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T1- semeadura convencional na velocidade de 5,5 km h⁻¹.

Na Tabela 21 encontram-se os resultados do tratamento locais de semeadura (L) e velocidades teóricas (VT) comparados com a testemunha (T2) para distribuição longitudinal de sementes (normal, múltiplos e falhos) e patinamento da semeadora. Na referida tabela, pode ser observado que não houve diferenças significativas entre os tratamentos quando comparados com o sistema convencional (T2).

Resultado semelhante para os valores de patinamento na semeadura mecânica por semeadora-adubadora foi encontrado por Vizzotto (2014) avaliando cinco arranjos de sulcadores diferentes, três com disco e dois com haste, no entanto, obteve menor patinamento significativo para os tratamentos com disco.

Tabela 20-Síntese da análise de variância e valores médios para distribuição longitudinal de sementes (normal, múltiplo e falho) e patinamento da semeadora em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h⁻¹)

Fator		Distribuição longitudinal (%)			PS
Local	Velocidade	Normal	Múltiplo	Falho	
L1	VT1	71,66	9,16	19,16	5,83
L1	VT2	78,33	8,33	13,33	6,43
L1	VT3	70,00	14,16	15,83	6,25
L2	VT1	93,33	2,50	4,16	4,02
L2	VT2	78,33	12,50	9,166	3,79
L2	VT3	75,83	9,16	15,00	3,85
T2		81,66	6,67	11,66	5,997
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,60 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,32 ^{ns}
DMS		17,61	12,56	13,97	3,06
CV (%)		11,38	71,37	56,18	30,06

.Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T2- semeadura convencional na velocidade de 7,5 km h⁻¹.

Na Tabela 21 encontram-se os resultados do tratamento local de semeadura (L) e velocidade teórica (VT) comparados com a testemunha (T3) para distribuição longitudinal de sementes (normal, múltiplos e falhos) e patinamento da semeadora. Na referida tabela, pode ser observado que não houve diferenças significativas entre os tratamentos quando comparados com o sistema convencional (T1).

Todos os valores médios observados nos tratamentos avaliados no processo de semeadura, exceto para semeadura dentro do sulco nas velocidades TV2 e TV3, apresentaram-se acima de 4%, valor considerado ideal para semeadoras com rodados de borracha (BALASTREIRE, 2005).

Tabela 21-Síntese da análise de variância e valores médios para distribuição longitudinal de sementes (normal, múltiplo e falho) e patinamento da semeadora em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h⁻¹)

Fator		Distribuição longitudinal (%)			PS
Local	Velocidade	Normal	Múltiplo	Falho	
L1	VT1	71,66	9,16	19,16	5,83
L1	VT2	78,33	8,33	13,33	6,43
L1	VT3	70,00	14,16	15,83	6,25
L2	VT1	93,33	2,50	4,16	4,02
L2	VT2	78,33	12,50	9,166	3,79
L2	VT3	75,83	9,16	15,00	3,85
T3		75,00	10,83	14,16	6,25
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,28 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,56 ^{ns}
DMS		19,80	14,01	14,25	3,567
CV (%)		12,96	74,64	55,70	34,75

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T3- semeadura convencional na velocidade de 9,5 km h⁻¹.

Na Tabela 23, encontra-se o resumo análise de variância e valores médios para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), número de dias de emergência de (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE) nos dois locais e três velocidades avaliadas durante o processo de semeadura.

Para profundidade de deposição do adubo e profundidade de deposição das sementes, observou-se para o local de semeadura, diferença significativa, com maior valor de aprofundamento para a semeadura em cima do camalhão. Resultado atribuído a menor consolidação do solo permitindo maiores aprofundamentos dos mecanismos, tendo como consequência uma deposição de semente e adubo mais profunda.

Silva *et al.* (2012) estudando uma semeadora-adubadora, pode concluir que de acordo com a condição da superfície do solo estudadas, quanto maior a carga vertical aplicada sobre a semeadora maior a profundidade de penetração dos discos, o que pode resultando em maior deposição de adubo e semente.

Para as diferentes velocidades avaliadas foi verificado maior profundidade de deposição de semente e adubo nas velocidades de 5,5 e 7,5 km h⁻¹. Também é possível constatar que o número de dias de emergência (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE) na operação de semeadura do milho em dois locais de semeadura e três velocidades teóricas, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 22-Resumo da análise de variância e valores médios para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), número de dias de emergência de (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE) na operação de semeadura do milho em dois locais de semeadura e três velocidades teóricas

Causas de Variação		PDA	PDS	NE	IVE
Local (L)	L1	7,29 a	4,17 a	7,58	5,92
	L2	6,35 b	3,21 b	7,71	5,75
Velocidade Teórica (VT)	VT1	7,26 a	4,14 a	7,63	5,84
	VT2	6,70 ab	3,60 ab	7,62	5,96
	VT3	6,50 b	3,33 b	7,68	5,71
Valor de F	L	17,37 *	16,88*	1,47 ^{ns}	0,86 ^{ns}
	VT	3,99*	4,12*	0,11 ^{ns}	0,56 ^{ns}
	L*VT	0,15 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,19 ^{ns}
DMS	L	0,48	0,53	0,22	0,39
	VT	0,722	0,78	0,33	0,58
CV (%)		8,03	15,27	3,40	7,84

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *- significativo (p<0,05); ^{ns}- não significativo (p>0,05). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

De acordo com o trabalho de Correia (2013), trabalhando com uma semeadora-adubadora com mecanismos dosadores de fluxo contínuo na semeadura do

sorgo, verificou redução na deposição de semente com o aumento da velocidade de deslocamento. No entanto Vale *et al.* (2010) trabalhando com uma semeadora-adubadora não verificou diferença para a profundidade de deposição das sementes em função do preparo do solo convencional e escarificado e dos escalonamento de marchas avaliadas.

Na Tabela 24 estão apresentados os resultados da comparação dos tratamentos local de semeadura e velocidade teórica com o sistema convencional (T1) para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), número de dias de emergência de (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE).

Tabela 23-Síntese da análise de variância e valores médios para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), número de dias de emergência de (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE) em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h⁻¹)

Fator		PDA	PDS	NE	IVE
Local	Velocidade				
L1	VT1	7,73	4,65	7,57	5,896
L1	VT2	7,25	4,15	7,49	6,12
L1	VT3	6,89	3,71	7,66	5,80
L2	VT1	6,78	3,63	7,70	5,80
L2	VT2	6,16	3,05	7,76	5,791
L2	VT3	6,11	2,95	7,67	5,67
T1		7,20	4,08	7,87	5,61
Valor F - Fatorial x Testemunha		1,59 ^{ns}	1,59 ^{ns}	2,94 ^{ns}	0,97 ^{ns}
DMS		1,08	1,12	0,48	0,87
CV (%)		8,03	15,27	3,40	7,84

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T1- semeadura convencional na velocidade de 5,5 km h⁻¹.

Podemos observar que não houve diferenças significativas, mostrando que os tratamentos avaliados não tiveram influência nos resultados dessas variáveis para o sistema convencional na velocidade de 5,5 km h⁻¹. Nicolau (2016) contribuiu com esse estudo verificando em seu trabalho que o número médio de dias para a emergência de plântulas, os tratamentos não interferiram na germinação e emergência.

Conforme a Tabela 25, é possível observar a análise de variância e valores médios para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), número de dias de emergência de (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE) em comparação com o sistema convencional (T2).

Tabela 24-Síntese da análise de variância e valores médios para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), número de dias de emergência de (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE) em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h⁻¹)

Fator		PDA	PDS	NE	IVE
Local	Velocidade				
L1	VT1	7,73 a	4,65 a	7,57	5,896
L1	VT2	7,25 b	4,15 b	7,49	6,12
L1	VT3	6,89 b	3,71 b	7,66	5,80
L2	VT1	6,78 b	3,63 b	7,70	5,80
L2	VT2	6,16 b	3,05 b	7,76	5,791
L2	VT3	6,11 b	2,95 b	7,67	5,67
T2		6,41 b	3,22 b	7,92	5,61
Valor F - Fatorial x Testemunha		1,87*	2,22*	4,5 ^{ns}	0,97 ^{ns}
DMS		1,10	1,14	0,476	0,87
CV (%)		8,26	16,06	3,14	7,65

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett (p<0,05). *- significativo (p<0,05); ^{ns}- não significativo (p>0,05). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T2- semeadura convencional na velocidade de 7,5 km h⁻¹.

Os resultados demonstram que para a PDA e PDS, somente o local de semeadura (L1) e a velocidade teórica (VT1), foram significativamente superiores ao sistema convencional (T2), as demais apresentaram valores semelhantes à testemunha. A semeadura em cima do camalhão na velocidade de 5,5 km h⁻¹ pode te apresentada esse valor em função de baixa velocidade de deslocamento e menor consolidação do solo, permitindo maior aprofundamento dos mecanismos.

Amorim (2014) avaliando uma semeadora-adubadora, tracionada por um trator 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar) de 88, 26 kW (120 cv) com tração dianteira auxiliar ligada, concorda com esse estudo, diagnosticando em seu trabalho que o preparo do solo com o uso de escarificador deixa o solo mais solto, quando comparado com o preparo convencional, permitindo maior profundidade de deposição de semente e adubo, condição semelhante observada nesse estudo

Na Tabela 26 é possível observar os valores médios para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), número de dias de emergência de (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE) em comparação com o sistema convencional (T3).

Tabela 25-Síntese da análise de variância e valores médios para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), número de dias de emergência de (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE) em dois locais de semeadura, três velocidades em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h⁻¹)

Fator		PDA	PDS	NE	IVE
Local	Velocidade				
L1	VT1	7,73 a	4,65 a	7,57	5,896
L1	VT2	7,25 a	4,15 a	7,49	6,12
L1	VT3	6,89 b	3,71 b	7,66	5,80
L2	VT1	6,78 b	3,63 b	7,70	5,80
L2	VT2	6,16 b	3,05 b	7,76	5,791
L2	VT3	6,11 b	2,95 b	7,67	5,67
T3		6,10 b	2,93 b	7,94	5,36
Valor F - Fatorial x Testemunha		5,85*	6,04*	5,087 ^{ns}	4,17 ^{ns}
DMS		1,09	1,13	0,47	0,86
CV (%)		8,25	15,99	3,15	7,55

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T3- semeadura convencional na velocidade de 9,5 km h⁻¹.

Os resultados demonstram que para a PDA e PDS, somente o local de semeadura (L1) e a velocidade teórica (VT1 e VT2), foram significativamente superiores ao sistema convencional (T3), os demais foram significativamente igual à testemunha (sistema convencional), resultado atribuído à baixa velocidade de deslocamento e menor consolidação do solo, permitindo maior aprofundamento dos mecanismos.

Na semeadura mecanizada, diversos fatores interferem no estabelecimento do estande de plantas e, com frequência, na produtividade da cultura, destacando se entre eles, a velocidade de operação do conjunto trator-semeadora-adubadora e a profundidade de colocação do adubo no solo, que por sua vez, pode ser influenciado pela velocidade e tipo de preparo do solo.

4.5 Qualidade do processo de formação do sulco-camalhão

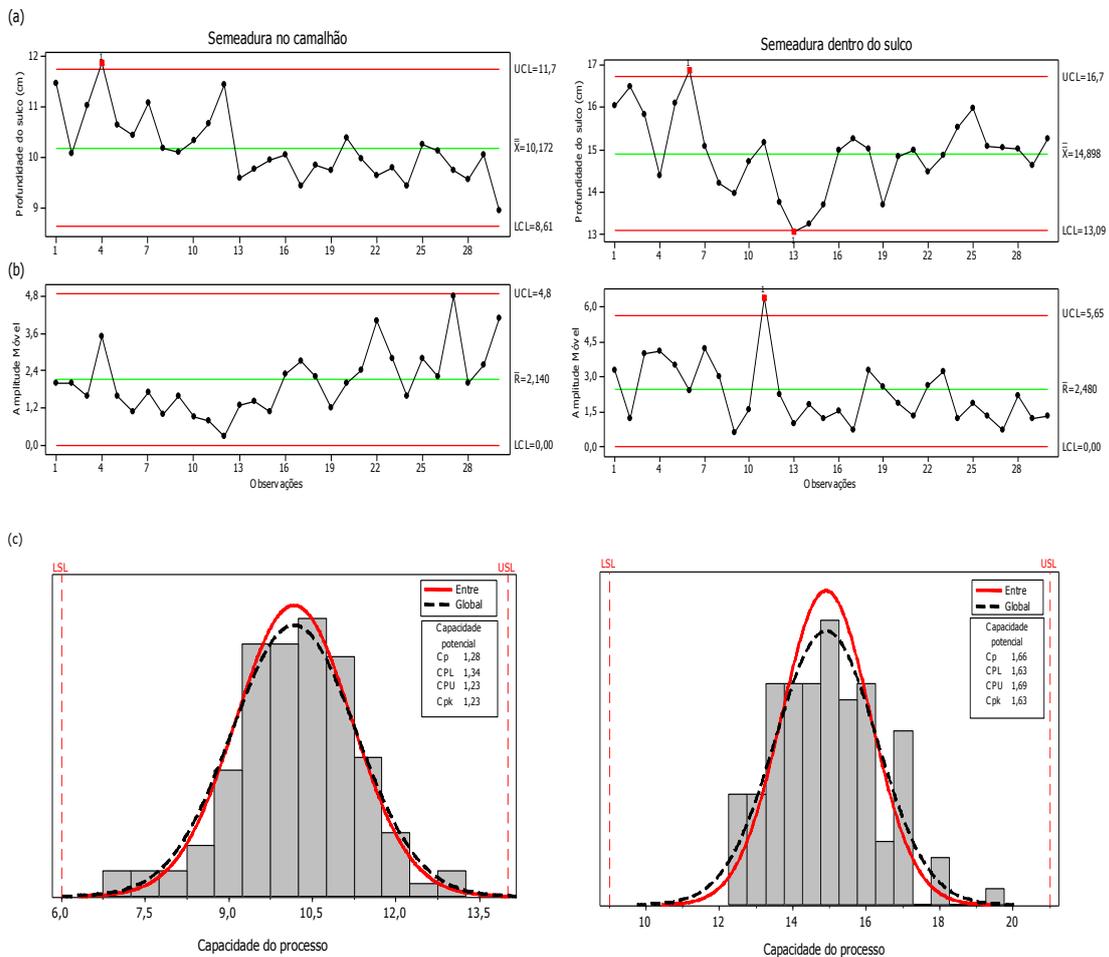
4.5.1 Profundidades do sulco

Na Figura 65 podemos observar a carta de controle e análise da capacidade do processo para profundidade do sulco (cm) em dois locais de semeadura na velocidade de 5,5 km h⁻¹. As amostras apresentaram variabilidade elevada com relação ao valor regulado, no entanto, através das cartas de valores individuais, apenas uma amostra encontra-se fora dos limites de controle para semeadura no camalhão.

Na semeadura dentro do sulco observam-se duas amostras para cartas de valores individuais e uma para carta amplitude móvel. Esse resultado indica que o processo pode ser considerado estável apesar da variabilidade, pois de acordo com a metodologia utilizada por Albiero (2010) e Melo (2013), se 95 % dos pontos estiverem dentro dos limites de controle especificados considera-se que o processo apresentou estabilidade.

De acordo com Albiero *et al.* (2012), Ribeiro e Caten (2011), a semeadura dentro do sulco mostrou-se mais adequada, sendo considerada capaz (Cpk for $\geq 1,33$), enquanto que, a semeadura em cima do camalhão foi considerada parcialmente capaz (Cpk entre 1,00 e 1,32), resultado que pode ser explicado a maior mobilização do solo para semeadura em cima do camalhão, resultando em valores mais próximo dos limites especificado pela maior facilidade de penetração.

Figura 65 -Carta de controle e análise do processo para profundidade do sulco (cm)em dois locais de semeadura na velocidade de 5,5 km h⁻¹



UCL: Limite superior de controle. LCL: Limite inferior de controle. X: Média. R: Média da amplitude móvel. LSL: Limite Inferior de Especificação. USL: Limite Superior de Especificação. Cp: índice da capacidade do processo. Cpk: capacidade efetiva do processo. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. (c) Análise da capacidade do processo.

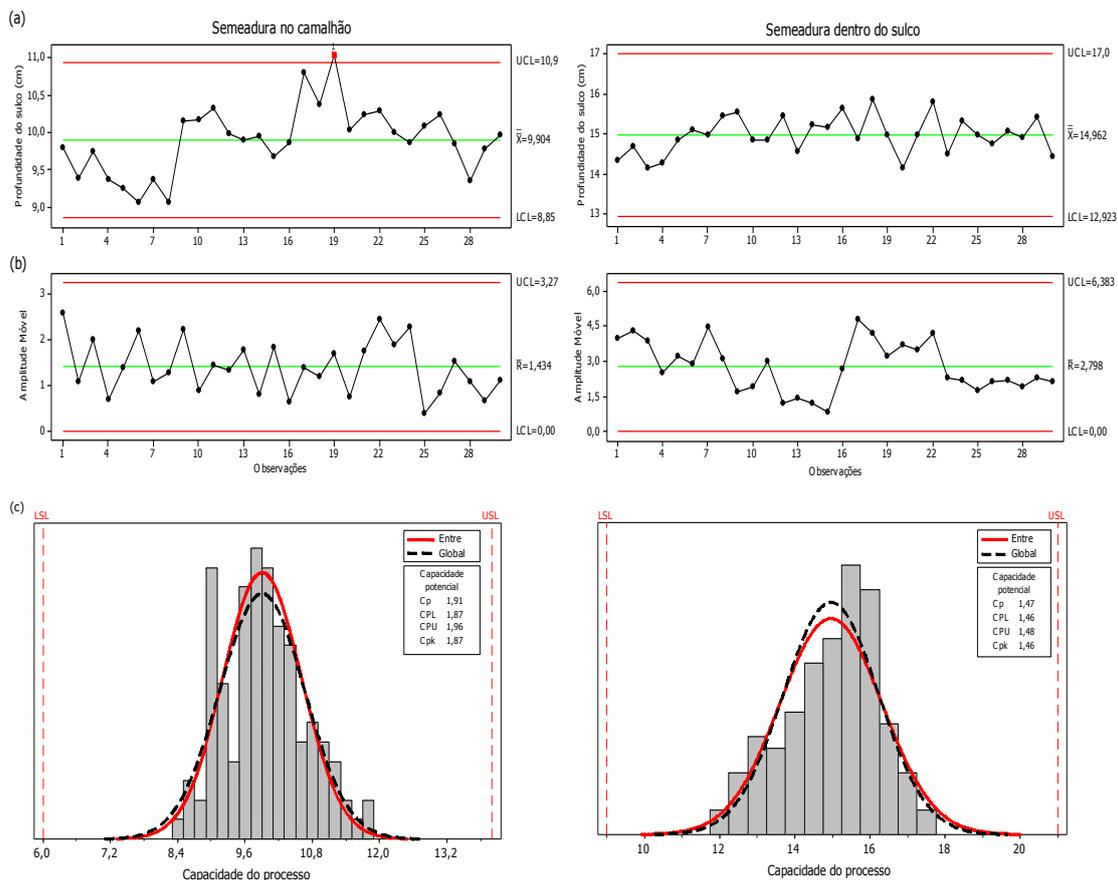
Para análise da capacidade do processo para profundidade do sulco, a classificação de ocorrência da semeadura em cima do camalhão foi considerada moderada, com falhas ocasionais, com taxa de falha possível de 1 em 2.000. Para semeadura dentro do sulco a classificação de ocorrência foi baixa, com falhas relativamente poucas, com taxa de falha possível de 1 em 150.000,000.

Podemos observar na Figura 66 a carta de controle e análise do processo para profundidade do sulco (cm) na velocidade de 7,5 km h⁻¹, verificando-se variabilidade elevada, através das cartas de valores individuais, com apenas uma amostra fora dos limites de controle para semeadura no camalhão, indicando que o processo pode ser considerado estável apesar da variabilidade, com mais de 95% dentro dos limites de controle especificados.

Na sementeira dentro do sulco para cartas de valores individuais e carta amplitude móvel, os valores obtidos permaneceram dentro dos limites controle especificados considera-se que o processo apresentou estabilidade, ou seja, as pequenas variações apresentadas foram devidas a causas comuns do próprio processo (SILVA *et al.*, 2014).

Para análise da capacidade do processo para profundidade do sulco, a classificação de ocorrência da sementeira em cima do camalhão foi remota, com falhas raras, com taxa de falha possível de ≤ 1 em 1.500.000,000 Para sementeira dentro do sulco a classificação de ocorrência foi baixa, com falhas relativamente poucas, com taxa de falha possível de 1 em 150.000,000.

Figura 66 -Carta de controle e análise do processo para profundidade do sulco (cm) em dois locais de sementeira na velocidade de 7,5 km h-1



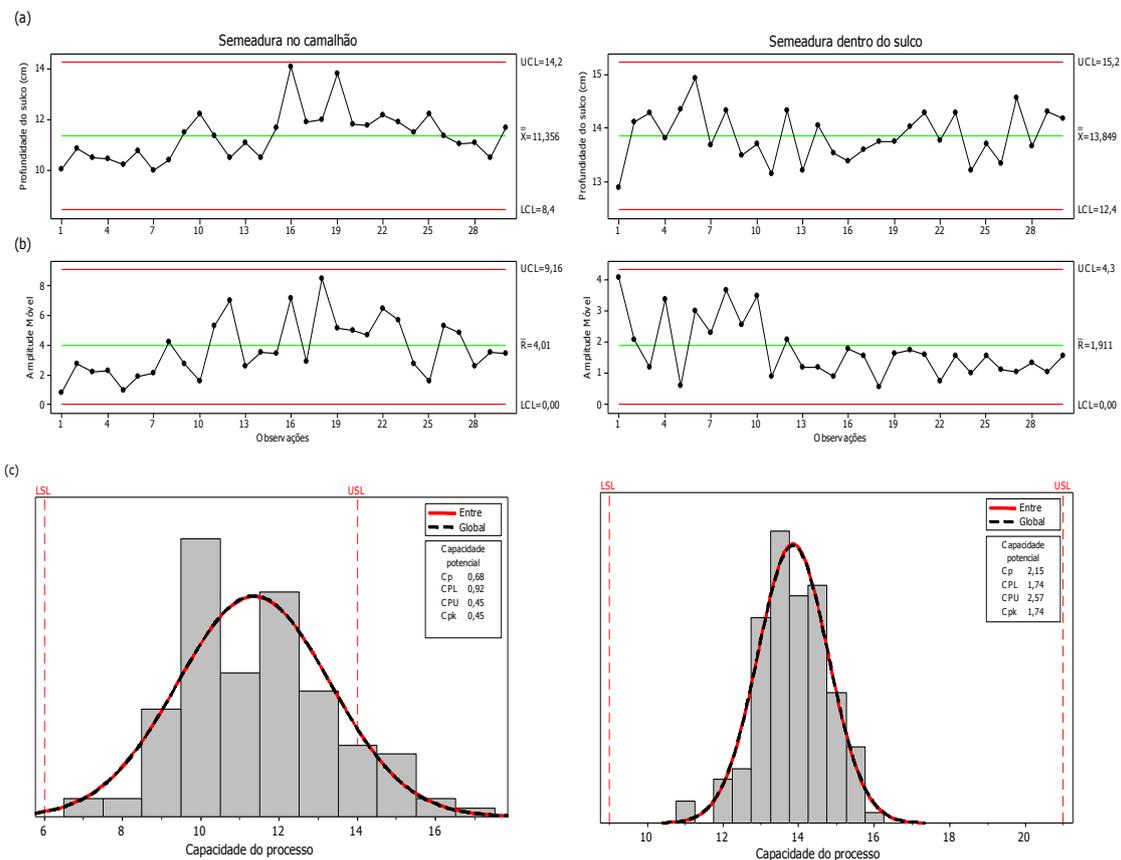
UCL: Limite superior de controle. LCL: Limite inferior de controle. X: Média. R: Média da amplitude móvel. LSL: Limite Inferior de Especificação. USL: Limite Superior de Especificação. Cp: índice da capacidade do processo. Cpk: capacidade efetiva do processo. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. (c) Análise da capacidade do processo.

Portanto, para sementeira realizada em cima do camalhão e dentro do sulco, ambas as modalidades de sementeira avaliada com a sementeira-adubadora equipada

com os sulcadores na velocidade de semeadura $7,5 \text{ km h}^{-1}$, o processo pode se considerado capaz, pois o valor do Cpk encontrado foi maior que 1,33 (ALBIERO *et al.*, 2012; RIBEIRO; CATEN, 2011).

Para a profundidade do sulco (cm) na velocidade de $9,5 \text{ km h}^{-1}$ (Figura 64), verificando-se através das cartas de valores individuais e amplitude móvel, variabilidade baixa para semeadura em cima do camalhão e dentro do sulco, pois os valores obtidos permaneceram dentro dos limites controle especificados, considerando-se que, o processo apresentou estabilidade, em outra palavra, as pequenas variações ocorridas foram atribuídas a causas comuns do próprio processo avaliado.

Figura 64-Carta de controle e análise do processo para profundidade do sulco (cm) em dois locais de semeadura na velocidade de $9,5 \text{ km h}^{-1}$



UCL: Limite superior de controle. LCL: Limite inferior de controle. X: Média. R: Média da amplitude móvel. LSL: Limite Inferior de Especificação. USL: Limite Superior de Especificação. Cp: índice da capacidade do processo. Cpk: capacidade efetiva do processo. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. (c) Análise da capacidade do processo.

Realizando análise da capacidade do processo para profundidade do sulco na velocidade de $9,5 \text{ km h}^{-1}$, a classificação de ocorrência da semeadura em cima do camalhão foi muito alta, com falhas inevitáveis, taxa de falha possível de 1 em 3,

considerado incapaz. Para semeadura dentro do sulco a classificação de ocorrência foi remota, com taxa de falha possível de ≤ 1 em 1.500.000,000 sendo considerado capaz, resultado que pode ser atribuído a condição de solo mais consolidado devido a remoção da camada mobilizada no processo de semeadura.

Missio (2016) avaliando a profundidade de sulco no plantio da cana obteve processo estável de acordo com a carta de controle para valores individuais e amplitude móvel, com todas as observações situadas dentro dos limites, sendo verificadas apenas causas naturais atuando no processo, verificando ainda a presença de 93,33% e 76,66% dos pontos dentro dos limites específicos de controle para o turno diurno e noturno, respectivamente.

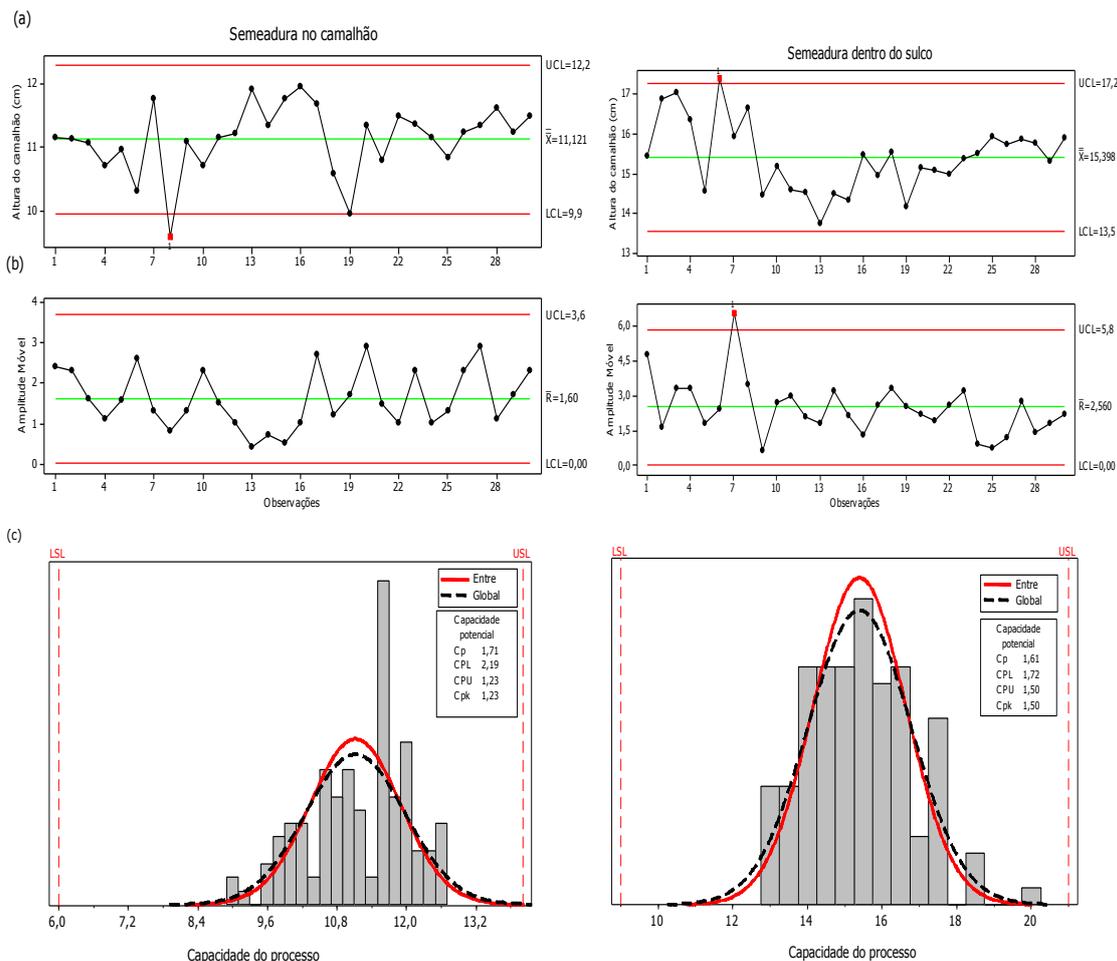
4.5.2 Altura do camalhão

Para avaliação da altura do camalhão na velocidade de 5,5 km h⁻¹(Figura 65) nota-se variabilidade elevada através das cartas de valores individuais e amplitude móvel, no entanto pode ser considerado que o processo apresentou estabilidade, já que menos de 5% dos pontos estavam fora do espaço delimitado, entre o limite superior e o limite inferior, portanto os limites de controle foram respeitados.

Para a semeadura no camalhão, observa-se que o Cpk foi de 1,23, constata-se que, a ocorrência de valores de altura de camalhão foi moderada, já que ocorreu 1 falha para cada 2.000, sendo o processo considerado parcialmente capaz. Para semeadura no sulco, observa-se que, o Cpk foi de 1,50, constatando-se que a ocorrência foi baixa com falhas relativamente poucas, ocorreu 1 falha para cada 150.000,000 sendo o processo considerado capaz.

Para Ribeiro e Carten (2011) um processo em controle ou estável, possui a variabilidade atribuída apenas a causas comuns, com o padrão previsível, porém, pode ser capaz ou não de produzir produtos que atendam as especificações de clientes ou de projeto. A capacidade do processo pode ser avaliada através da comparação de sua variabilidade, associada apenas a causas comuns, com as suas especificações (MELO,2013).

Figura 65- Carta de controle e análise do processo para altura do camalhão (cm) em dois locais de semeadura na velocidade de 5,5 km h⁻¹



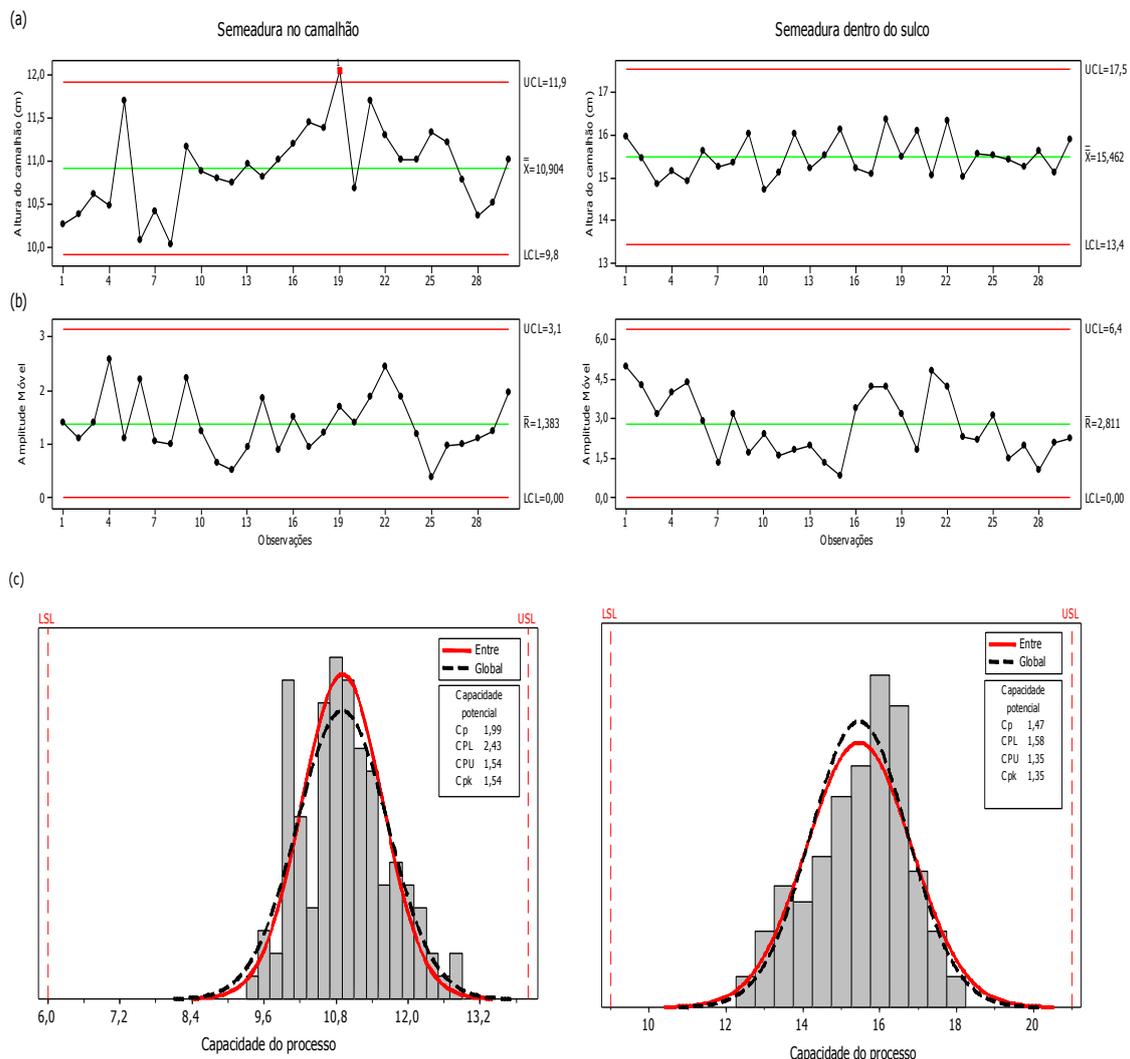
Para altura do camalhão na velocidade de 7,5 km h⁻¹, Figuras 66, onde constatamos através do gráfico de controle (Carta de valores individuais e de amplitude móvel) que houve muita variabilidade. Para Montgomery (2004) se todos esses pontos estiverem dentro dos limites limite superior e inferior, considera-se que houve estabilidade no processo, porém, é possível observar que existem pontos fora dos limites de controle superior e limite inferior, no entanto, 95% dos pontos amostrais estão dentro dos limites especificados, considera-se que o processo estar estabilizado.

Analisando a capacidade efetiva do processo de formação da altura do camalhão, verificou-se Cpk de 1,54 para semeadura em cima do camalhão e 1,35 para semeadura dentro do sulco, ou seja, de acordo com as recomendações de Albiero *et al.* (2012) e Ribeiro e Caten (2011), ocorreu 1 falha para cada 150000, sendo processo

considerado capaz, com profundidade média do sulco para sementeira em cima do camalhão e dentro do sulco de 10,90 e 15,42 cm respectivamente.

Segundo Furlani e Voltarelli (2015), a profundidade de sulco ideal para o bom desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar deve estar entre 0,20 e 0,30 m valores que não devem se considerados neste trabalho, pois a sementeira do milho nas condições de preparo de solo para captação de água da chuva é bem distinto, dependendo do tipo e declividade do solo, bem como regime de chuvas esperado.

Figura 66- Carta de controle e análise do processo para altura do camalhão (cm) em dois locais de sementeira na velocidade de 7,5 km h-1

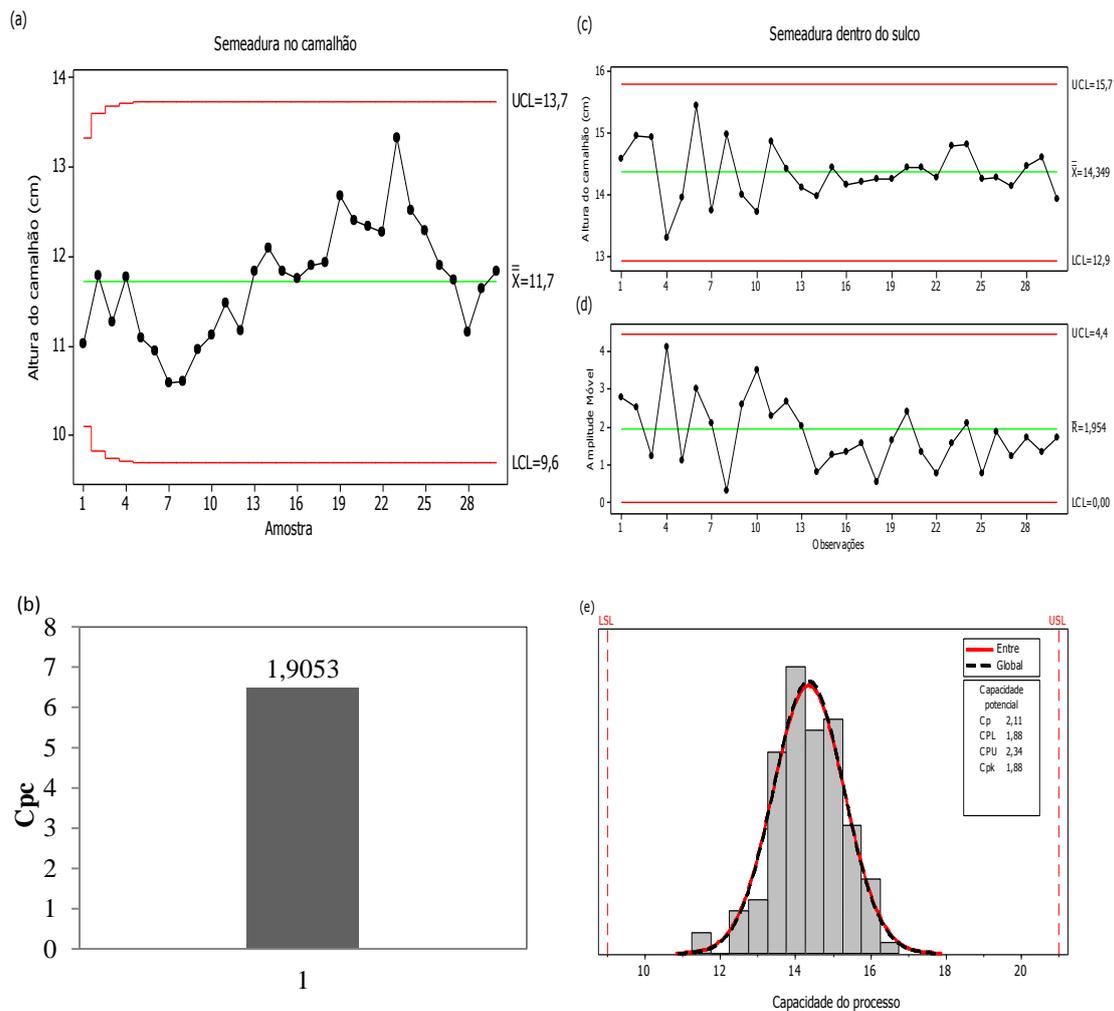


UCL: Limite superior de controle. LCL: Limite inferior de controle. \bar{X} : Média. \bar{R} : Média da amplitude móvel. LSL: Limite Inferior de Especificação. USL: Limite Superior de Especificação. Cp: índice da capacidade do processo. Cpk: capacidade efetiva do processo. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. (c) Análise da capacidade do processo.

Na Figura 67, observa-se o gráfico da média móvel exponencialmente ponderada para altura do camalhão, na sementeira em cima do camalhão, sendo possível

verificar que o processo pode ser considerado estável, já que os pontos se encontram dentro dos limites superior e inferior. Ao analisar o Cpc verifica-se, conforme Elsmar (2009) que o processo é considerado remoto, apresentando falhas raras. Resultado atribuído à centralização dos valores (10,90 e 15,42 cm) obtido, em torno dos regulados (10 e 15 cm) para sementeira em cima do camalhão e dentro do sulco, respectivamente.

Figura 67-Carta de controle e análise do processo para altura do camalhão (cm) em dois locais de sementeira na velocidade de $9,5 \text{ km h}^{-1}$



UCL: Limite superior de controle. LCL: Limite inferior de controle. X: Média. R: Média da amplitude móvel. LSL: Limite Inferior de Especificação. USL: Limite Superior de Especificação. Cp: índice da capacidade do processo. Cpk: capacidade efetiva do processo. (a) Gráfico da média móvel exponencialmente ponderada. (b) Índice de capacidade de confiança. (c) Carta de valores individuais. (d) Carta de amplitude móvel. (e) Análise da capacidade do processo.

De acordo com Carneiro (2015), sulcos com profundidade superior a 30 cm, dependendo da situação, pode oferecer grande risco de assoreamento, devendo ter no máximo profundidade de 25 cm com largura determinada pela abertura das asas do sulcador em um ângulo de 45° , com pequenas variações dependendo da textura do solo,

colaborando com esse trabalho em que se buscou regulagem máxima de 15 cm de profundidade com semeadura realizada em curva de nível.

Para semeadura dentro do sulco na velocidade de $9,5 \text{ km h}^{-1}$, verificando-se através das cartas de valores individuais e amplitude móvel, variabilidade baixa, pois os valores obtidos permaneceram dentro dos limites controle especificados. Para análise da capacidade do processo, observa-se que o C_{pk} foi de 1,88, constatando-se que a ocorrência foi remota com falhas raras, ocorrendo 1 falha para cada 1.500.000,000 sendo o processo considerado capaz.

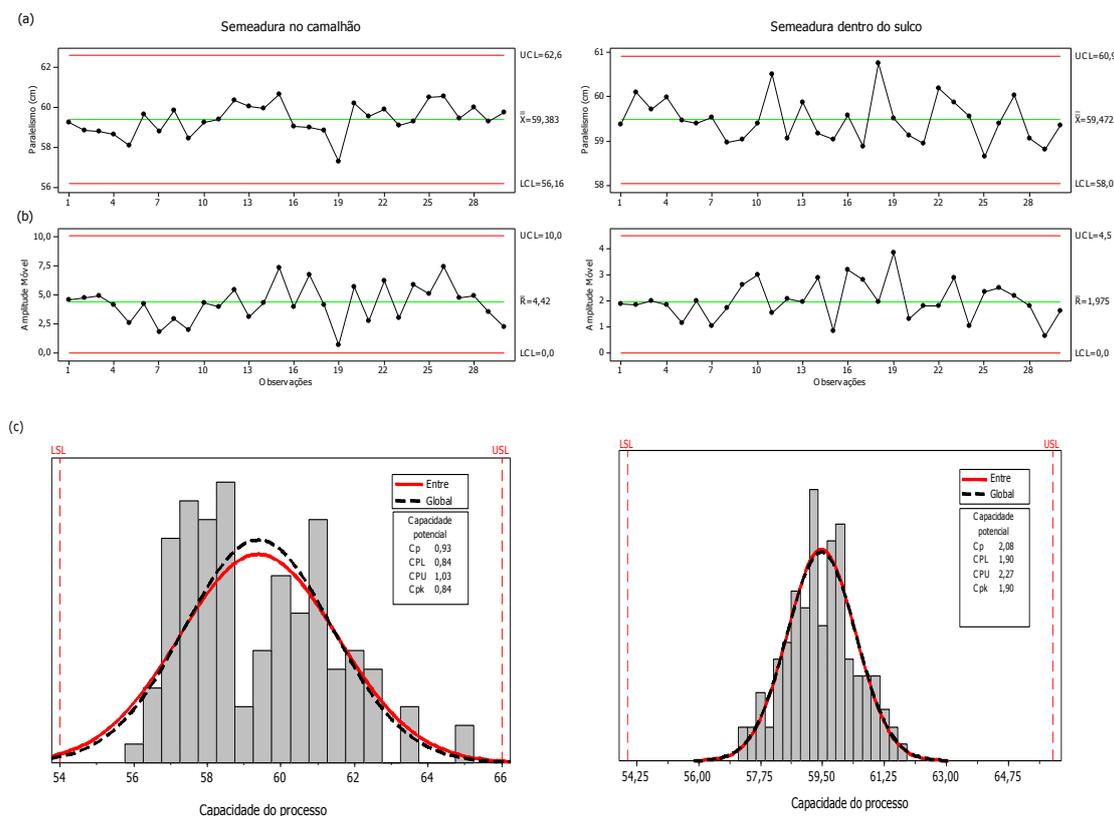
De acordo com Paixão (2015), os métodos estatísticos de qualidade utilizados, são recentes na agricultura e têm se obtido avanços no monitoramento de práticas agrícolas, obtendo resultados mais precisos, com maior eficiência. Se o processo é monitorado regularmente pelo operador, seu comportamento será conhecido, tornando-se de fácil reconhecimento quando o mesmo apresenta estabilidade ou instabilidade (SILVA; VOTARELLI,2014).

4.5.3 Paralelismo entre sulco

Através da Figura 68, podemos observar as cartas de controle e análise do processo para paralelismo entre sulco nos dois locais de semeadura na velocidade de $5,5 \text{ km h}^{-1}$. As amostras não apresentaram variabilidade alta com relação ao valor regulada nos dois locais de semeadura (em cima do camalhão e dentro do sulco), não sendo observado nas cartas de valores individuais e amplitude, amostras fora dos limites de controle. Resultado que pode ser atribuída a pequena sensibilidade desta variável as interferências externas, onde as pequenas variações observadas podem ser atribuídas a causas inerentes ao próprio processo de semeadura.

De acordo com Barros e Milan (2010), uma das falhas mais grave no controle de qualidade no plantio de cana-de-açúcar é o paralelismo entre as fileiras, trazendo uma série de implicações para colheita mecânica. Tendo em vista a escassa mão de obra, os parâmetros que garantam uma boa colheita mecânica deve ser uma preocupação também no sistema sulco camalhão, onde a regulagem da colhedora de grão vai depender diretamente da distância entre linha.

Figura 68-Carta de controle e análise do processo para paralelismo entre sulco (cm) em dois locais de semeadura na velocidade de 5,5 km h⁻¹



UCL: Limite superior de controle. LCL: Limite inferior de controle. X: Média. R: Média da amplitude móvel. LSL: Limite Inferior de Especificação. USL: Limite Superior de Especificação. Cp: índice da capacidade do processo. Cpk: capacidade efetiva do processo. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. (c) Análise da capacidade do processo.

Analisando a capacidade do processo para o paralelismo, a classificação de ocorrência da semeadura em cima do camalhão foi considerada moderada com falhas ocasionais, com taxa de falha possível de 1 em 80. Para semeadura dentro do sulco a classificação de ocorrência foi remota, com falhas raras, com taxa de falha possível de 1 em 1500000.

A semeadura dentro do sulco não mostrou-se adequada, sendo considerada incapaz (Cpk menor que 1), enquanto que, a semeadura em cima do camalhão foi considerada capaz (Cpk maior que 1,33). Esse resultado pode ser explicado pela remoção da camada mobilização do solo para semeadura dentro do sulco, resultando em maior estabilidade da semeadora com valores mais próximos dos limites especificados para o paralelismo.

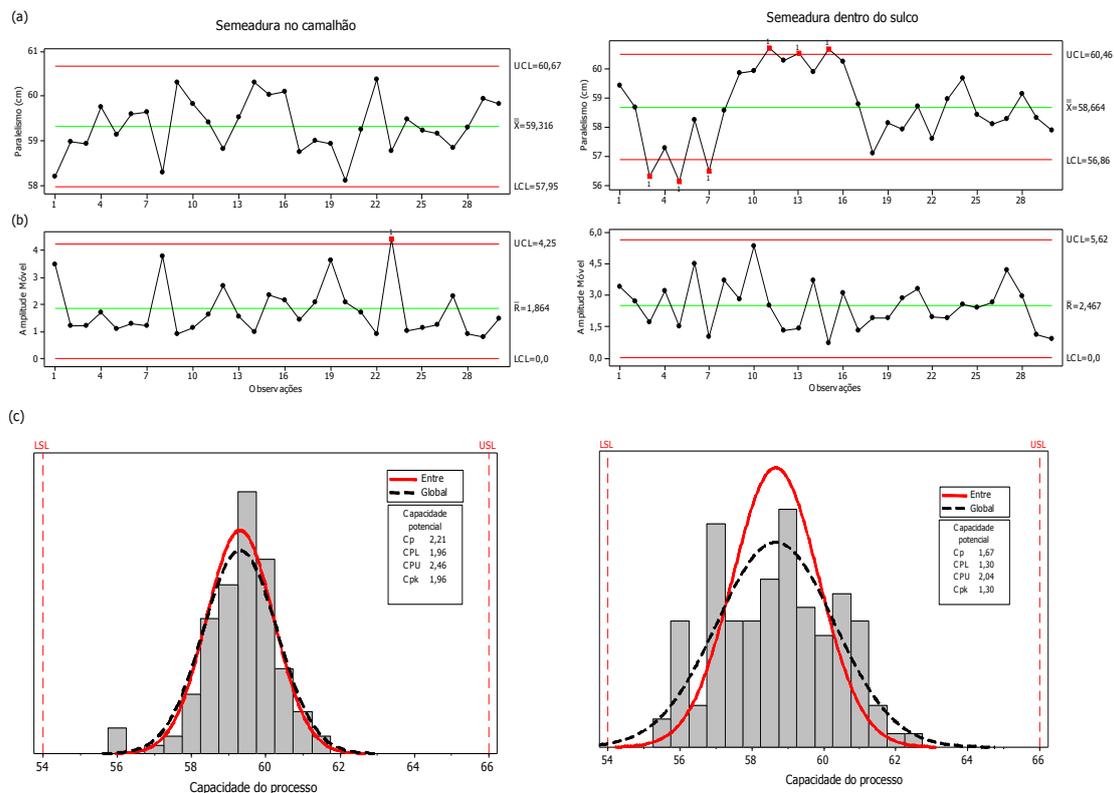
Podemos observar na Figura 69, as cartas de controle e análise do processo para o paralelismo na velocidade de 7,5 km h⁻¹, verificando-se variabilidade elevada, através das cartas de amplitude móvel, no entanto, com apenas uma amostra fora dos

limites de controle para sementeira no camalhão, indicando que o processo pode ser considerado estável apesar da variabilidade.

Na sementeira dentro do sulco a variabilidade foi bem maior, onde o processo não pode ser considerado estável, pois os valores obtidos não permaneceram dentro dos limites de controle especificados, considerando-se que, o processo apresentou baixa estabilidade, ou seja, as grandes variações apresentadas foram devido as causas que não são comuns do próprio processo, podendo ser atribuídas a presença de tocos, pedras, raízes ou movimentos bruscos do operador.

Silva *et al.* (2014) avaliando o erro do alinhamento do conjunto mecanizado de preparo reduzido do solo obteve um processo estável, no entanto, o trator utilizado possuía instrumentação de autodirecionamento automático, modelo StarFire ITC para alinhamento dos sulcos por meio de sinal RTK que fornecia as informações de alinhamento do preparo para o operador que conduzia o trator.

Figura 69-Carta de controle e análise do processo para paralelismo entre sulco (cm) em dois locais de sementeira na velocidade de 7,5 km h-1



UCL: Limite superior de controle. LCL: Limite inferior de controle. \bar{X} : Média. \bar{R} : Média da amplitude móvel. LSL: Limite Inferior de Especificação. USL: Limite Superior de Especificação. Cp: índice da capacidade do processo. Cpk: capacidade efetiva do processo. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. (c) Análise da capacidade do processo.

Para análise da capacidade do processo, a classificação de ocorrência da semeadura em cima do camalhão foi remota, com falhas raras, com taxa de falha possível de ≤ 1 em 1.500.000,000 considerado capaz. Para semeadura dentro do sulco a classificação de ocorrência foi moderada, com falhas ocasionais, com taxa de falha possível de 1 em 2000, considerado parcialmente capaz (ALBIERO *et al.*, 2012; RIBEIRO; CATEN, 2011). Esse resultado pode ser considerado, pois na agricultura existem muitos fatores que não são controlados.

Para Albiero (2010) na industrial há o controle preciso de todas as etapas que são realizadas, desde a matéria prima até os operadores, garantindo dessa forma que o trabalho realizado seja constante e uniforme, diminuindo a variabilidade com índice de falhas de apenas 0,00034 % e precisão de 99,99966%. Portanto, na agricultura é fundamental adaptar as metodologias de controle estatístico de qualidade (CEP), pois na agricultura um índice de falhas em torno de 10% pode ser considerado ótimo, principalmente, para a semeadura com máquinas adaptadas.

Para o paralelismo, podemos observar na Figura 70, na velocidade de 7,5 km h⁻¹, que a variabilidade foi elevada, através das cartas de valores individuais, no entanto, com apenas duas amostras fora dos limites superior e inferior de controle para semeadura no camalhão, indicando que o processo pode ser considerado estável apesar da variabilidade, pois menos de 5% das amostras encontram-se fora dos limites.

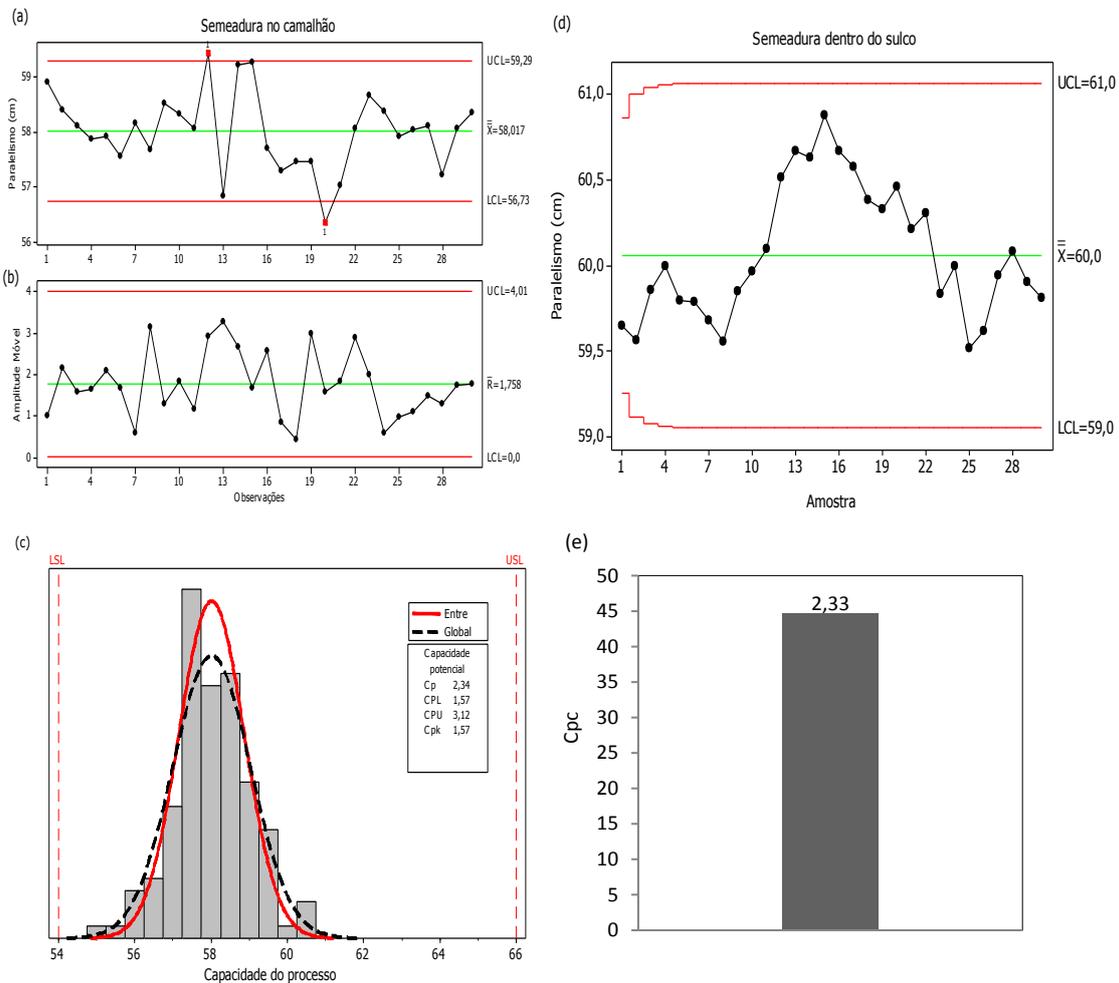
Para paralelismo entre sulco na velocidade de 9,5 km h⁻¹, verificando-se através do gráfico da média móvel exponencialmente ponderada, variabilidade baixa para semeadura em cima do camalhão, não sendo verificados pontos fora dos limites de controle especificados, portanto, foi considerado que o processo apresentou estabilidade, com todos os pontos dentro dos limites.

Missio (2016) avaliando a o alinhamento no plantio mecânico da cana obteve um processo com pouca variabilidade, com todos os pontos dentro dos limites. Segundo Baio (2012), para que a operação de colheita mecanizada apresente a melhor qualidade possível é necessário utilizar direcionamento automático, permitindo que as linhas do plantio sejam utilizadas na colheita e assim garantir melhores resultados.

Realizando a análise da capacidade do processo para o paralelismo entre sulco na velocidade de 9,5 km h⁻¹, a classificação de ocorrência da semeadura em cima do camalhão foi baixa, com falhas relativamente pouca, taxa de falha possível de 1 em 1.500.000,000 considerado capaz. Para semeadura dentro do sulco a classificação de

ocorrência foi remota, com taxa de falha possível de ≤ 1 em 1.500.000,000 sendo o processo considerado capaz.

Figura 70-Carta de controle e análise do processo para paralelismo entre sulco (cm) em dois locais de semeadura na velocidade de 9,5 km h⁻¹

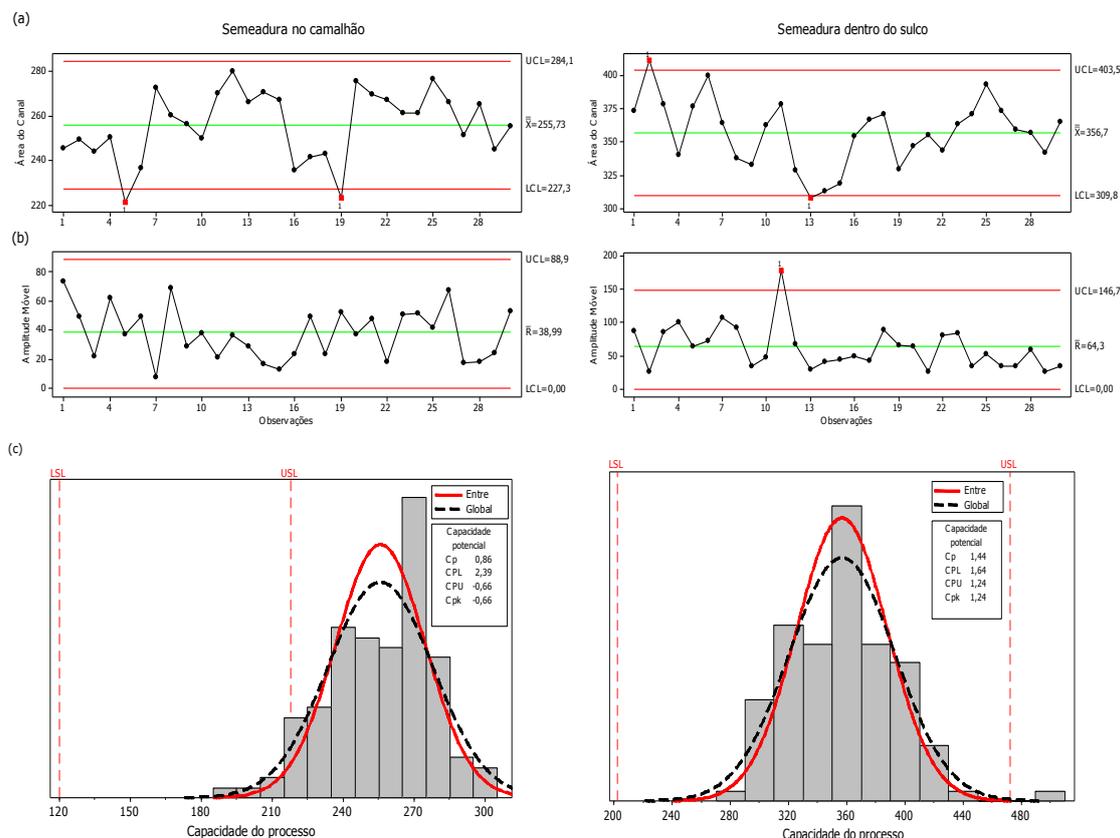


UCL: Limite superior de controle. LCL: Limite inferior de controle. X: Média. R: Média da amplitude móvel. LSL: Limite Inferior de Especificação. USL: Limite Superior de Especificação. Cp: índice da capacidade do processo. Cpk: capacidade efetiva do processo. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. (c) Análise da capacidade do processo. (d) Gráfico da média móvel exponencialmente ponderada. (e) Índice de capacidade de confiança.

4.5.4 Área do canal

Avaliando a área do canal para semeadura em cima do camalhão na velocidade de 5,5 km h⁻¹ (Figura 71), nota-se que, a variabilidade eleva através das cartas de valores individuais, com um ponto fora dos limites, no entanto, considera-se que o processo apresentou estabilidade, já que menos de 5% dos pontos estavam fora do espaço delimitado, portanto os limites de controle foram respeitados.

Figura 71-Carta de controle e análise do processo para área do canal (cm²) em dois locais de semeadura na velocidade de 5,5 km h⁻¹



UCL: Limite superior de controle. LCL: Limite inferior de controle. X: Média. R: Média da amplitude móvel. LSL: Limite Inferior de Especificação. USL: Limite Superior de Especificação. Cp: índice da capacidade do processo. Cpk: capacidade efetiva do processo. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. (c) Análise da capacidade do processo.

Para semeadura dentro do sulco, a variabilidade foi ainda maior, com dois pontos na carta de valores individuais e um na de amplitude móvel, no entanto mais de 95% das amostras permaneceram dentro dos limites de controle, no entanto, passivo de um acompanhamento para propor melhorias. Esse acompanhamento pode contribuir para detecção de eventuais causas especiais de variação, com o objetivo de eliminar a influência de causas extrínsecas de variação (VOLTARELLI *et al.*, 2013).

Analisando a capacidade do processo para a semeadura no camalhão na velocidade de 5,5 km h⁻¹, observa-se, Cpk de -0,66, ou seja, obteve-se cpk negativo devido a média geral para esse tratamento ter ficado fora dos limites específicos, neste caso, acima do limite superior o que nos leva a classificar o processo com falta de capacidade, resultado que pode ser atribuído variação na regulagem da profundidade de atuação dos sulcadores, mudança nas características do solo entre outros.

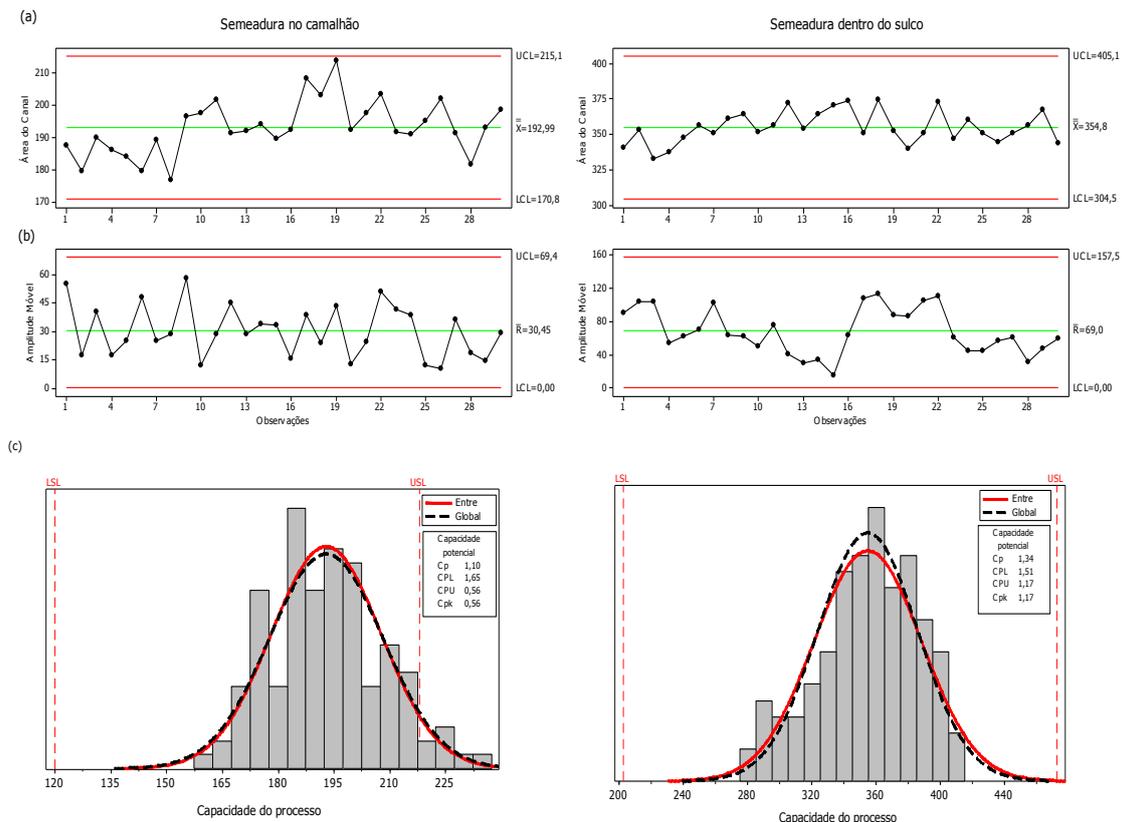
No entanto, essa falta de capacidade deve ser considerada, já que um canal com área maior terá maior capacidade para armazenar água. Bulcão *et al.* (2014)

avaliaram um terraceador no semiárido, constataram que quanto maior for área trapezoidal do camalhão melhor serão as condições de desenvolvimento das plantas. Pois o camalhão possibilitará o aumento na retenção da água no solo, garantindo níveis maiores de umidade por mais tempo (MELO *et al.*, 2016).

Para sementeira no sulco, observa-se que, o Cpk foi de 1,24, constatando-se que a ocorrência foi moderada com falhas ocasionais, ocorrendo 1 falha para cada 2.000, sendo o processo considerado parcialmente capaz. Resultado atribuído a maior consolidação do solo nesse tratamento avaliado.

Para área do canal na velocidade de $7,5 \text{ km h}^{-1}$ (Figuras 72), constata-se através do gráfico de controle (carta de valores individuais e de amplitude móvel) que houve pouca variabilidade para área do canal para sementeira em cima do camalhão e dentro do sulco.

Figura 72-Carta de controle e análise do processo para área do canal (cm^2) em dois locais de sementeira na velocidade de $7,5 \text{ km h}^{-1}$



UCL: Limite superior de controle. LCL: Limite inferior de controle. X: Média. R: Média da amplitude móvel. LSL: Limite Inferior de Especificação. USL: Limite Superior de Especificação. Cp: índice da capacidade do processo. Cpk: capacidade efetiva do processo. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. (c) Análise da capacidade do processo.

De acordo com Montgomery (2004) se todos os pontos estiverem dentro dos limites superior e inferior, considera-se que, houve estabilidade no processo, assim é possível observar que todos os pontos estão dentro dos limites de controle superior e limite inferior, mostrando que o processo apresentou pouca variabilidade, com 95% dos pontos amostrais dentro dos limites especificados considera-se que o processo estar estabilizado.

Analisando a capacidade efetiva do processo, verificou-se Cpk de 0,56 para semeadura em cima do camalhão e 1,17 para semeadura dentro do sulco, ou seja, de acordo com as recomendações de Albiero *et al.* (2012) e Ribeiro e Caten (2011), para semeadura em cima do camalhão ocorreu 1 falha para cada 3, sendo processo considerado incapaz. Para semeadura dentro do sulco ocorreu 1 falha para cada 2000, sendo processo considerado parcialmente capaz.

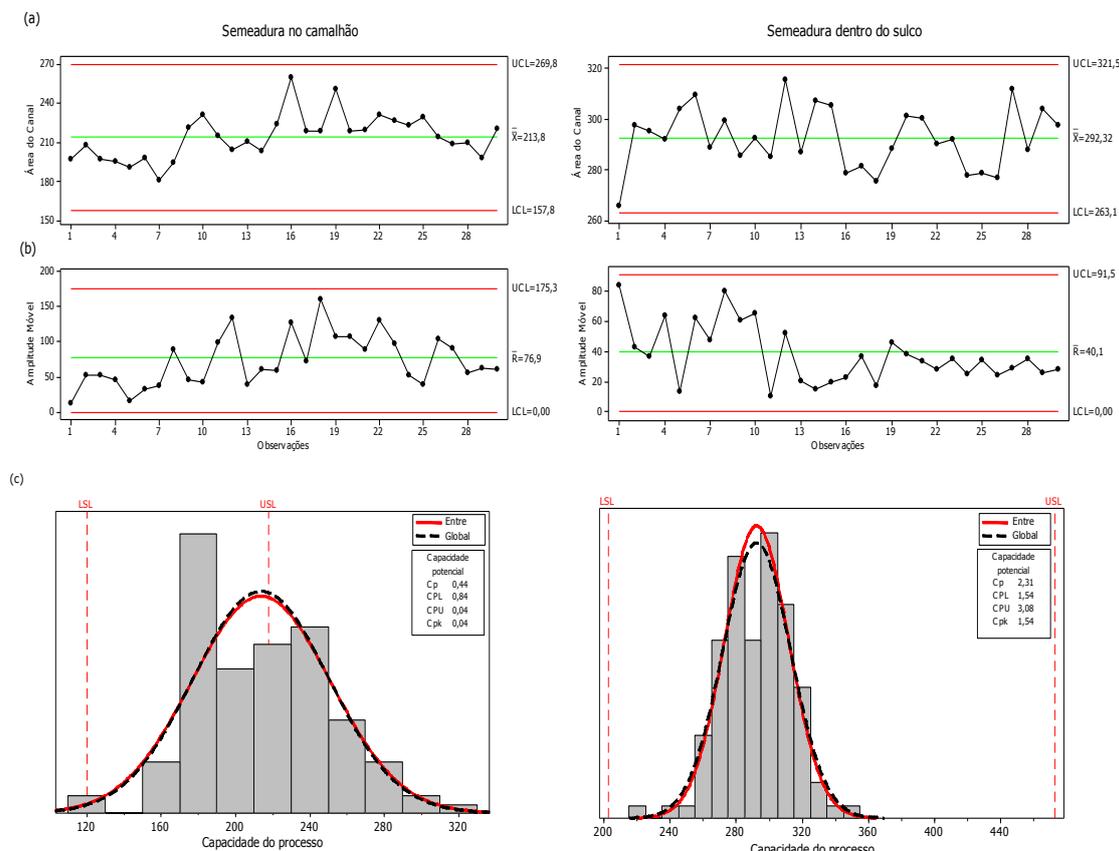
Na Figura 73 observam-se os gráficos dos valores individuais e amplitude móvel para área do canal na semeadura em cima do camalhão e dentro do sulco, sendo possível verificar que o processo pode ser considerado estável, já que os pontos se encontram dentro dos limites superior e inferior.

Melo *et al.*(2016) analisando o controle de qualidade de um terraceador trabalhando em Argissolo vermelho-amarelo concluiu que, o gráfico de controle é uma ferramenta eficaz para avaliar a qualidade da operação de formação do camalhão, mostrando-se como ferramenta importante, já que é possível determinar os pontos problemáticos do processo.

Para análise da capacidade do processo da semeadura em cima do camalhão, observa-se que o Cpk foi de 0,04, constatando-se que a ocorrência foi muito alta com falhas quase inevitáveis, ocorrendo 1 falha para cada 2, sendo o processo considerado incapaz. No entanto, esse resultado deve ser considerado, pois a área do canal está maior do que o regulado, fato verificado nesse tratamento, poderá resultar em maior acúmulo de água, resultando em maior desenvolvimento das plantas.

Resultado que pode ser atribuído ao aumento da área do canal para qual a semeadora foi regulada, que pode ter ocorrido em função de variação da altura do camalhão, na largura da base do sulco, largura do topo do sulco, mudança nas características do solo ou de operador.

Figura 73-Carta de controle e análise do processo para área do canal (cm²) em dois locais de semeadura na velocidade de 9,5 km h⁻¹



UCL: Limite superior de controle. LCL: Limite inferior de controle. X: Média. R: Média da amplitude móvel. LSL: Limite Inferior de Especificação. USL: Limite Superior de Especificação. Cp: índice da capacidade do processo. Cpk: capacidade efetiva do processo. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. (c) Análise da capacidade do processo.

Para Melo *et al.* (2016) o uso do camalhão permite a maior infiltração de água, garantindo maior nível de umidade do solo, assegurado que as plantas tenham um maior índice de aproveitamento e desenvolvimento pela exploração do sistema radicular, sendo muito importantes para a agricultura em locais de altas taxas de evapotranspiração, como no Ceará.

4.6 Avaliação da cultura do milho

De acordo com a Tabela 27, observa-se que não houve efeito significativo para a população final (PF) do milho para o tratamento local de semeadura (L), no entanto, o resultado foi significativo para população inicial (PI), sendo a semeadura realizada no sulco a responsável pela maior população inicial (PI), isso pode ser justificado pelo menor patinamento do rodado da semeadora e menor profundidade de

deposição de semente, o que favoreceu um maior número de plantas de milho emergidas. Observa-se também que não houve interação significativa para as variáveis avaliadas entre os tratamentos.

Nicolau (2016) avaliando o desempenho energético e operacional do conjunto trator-semeadora em função de coberturas do solo e mecanismos sulcadores e atributos físicos do solo e produtividade do milho, também não verificou diferença entre os tipos de mecanismos avaliados para população inicial, população final e índice de sobrevivência.

Tabela 26-Síntese da análise de variância e valores médios para população inicial, população final e índice de sobrevivência

Causas de Variação		População Inicial (Plantas ha ⁻¹)	População Final (Plantas ha ⁻¹)	Índice de Sobrevivência (%)
Local (L)	L1	61666,64 b	41666,65	67,57
	L2	63055,53 a	38194,43	60,58
Velocidade Teórica (VT)	VT1	62291,64	39791,65	63,96
	VT2	62499,98	39791,65	63,70
	VT3	62291,64	40208,32	64,57
Valor de F	L	12,06*	1,40 ^{ns}	2,21 ^{ns}
	VT	0,12 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,01 ^{ns}
	L*VT	1,56 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,01 ^{ns}
DMS	L	831,54	6092,85	9,76
	VT	1234,55	045,96	14,49
CV (%)		1,57	18,13	18,10

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Comparando os tratamentos com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h⁻¹), constata-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos avaliados e a testemunha para a população inicial (PI), população final (PF) e índice de sobrevivência (IV). Resultado que pode ser justificado pela pequena

interferência da adição de um mecanismo sulcador na semeadora-adubadora para população inicial, população final e índice de sobrevivência, sugerindo que estas variáveis não são dependentes de fatores relacionados à máquina que realiza a operação (Figura 28).

Tabela 27-Síntese da análise de variância e valores médios para população inicial, população final e índice de sobrevivência em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidades	População Inicial (Plantas ha ⁻¹)	População Final (Plantas ha ⁻¹)	Índice de Sobrevivência (%)
L1	VT1	61249,97	41666,65	68,05
L1	VT2	61666,64	41249,98	66,89
L1	VT3	61083,30	42083,31	67,78
L2	VT1	63323,31	37916,64	59,86
L2	VT2	63323,31	38433,31	60,52
L2	VT3	62499,97	38331,31	61,36
T1		62083,30	37499,98	60,38
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,275 ^{ns}	0,393 ^{ns}	0,35 ^{ns}
DMS		1930,98	14148,96	22,67
CV (%)		1,57	18,13	18,10

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T1- semeadura convencional na velocidade de 5,5 km h⁻¹.

Para tratamentos com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h⁻¹), constata-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos avaliados e a testemunha para a população inicial (PI), população final (PF) e índice de sobrevivência (IV), mesmo com acréscimo de velocidade, reforçando a justificativa da pequena interferência da adição de um mecanismo sulcador na semeadora-adubadora para população inicial, população final e índice de sobrevivência (Figura 29). Resultado

semelhante foi encontrado por Chioderoli (2013), no entanto o mesmo estava avaliando consorciação de *urochloas* com milho em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão.

Tabela 28-Síntese da análise de variância e valores médios para população inicial, população final e índice de sobrevivência em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidades	População Inicial (Plantas ha ⁻¹)	População Final (Plantas ha ⁻¹)	Índice de Sobrevivência (%)
L1	VT1	61249,97	41666,65	68,05
L1	VT2	61666,64	41249,98	66,89
L1	VT3	61083,30	42083,31	67,78
L2	VT1	63323,31	37916,64	59,86
L2	VT2	63323,31	38433,31	60,52
L2	VT3	62499,97	38331,31	61,36
T2		61666,64	37083,31	60,16
Valor F - Fatorial x Testemunha		1,471 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,40 ^{ns}
DMS		2090,83	14071,50	22,62
CV (%)		1,70	18,06	18,07

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T2- semeadura convencional na velocidade de 7,5 km h⁻¹.

Comparando os tratamentos com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h⁻¹), constata-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos avaliados e a testemunha para a população inicial (PI), população final (PF) e índice de sobrevivência (Tabela 29).

Nicolau (2016) avaliando o desempenho energético e operacional do conjunto trator-semeadora em função de coberturas do solo e mecanismos sulcadores e atributos físicos do solo e produtividade do milho, quando comparando com as

testemunhas, também não verificou diferença entre os tipos de mecanismos avaliados para população inicial, população final e índice de sobrevivência.

Tabela 29-Síntese da análise de variância e valores médios para população inicial, população final e índice de sobrevivência em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidades	População Inicial (Plantas ha ⁻¹)	População Final (Plantas ha ⁻¹)	Índice de Sobrevivência (%)
L1	VT1	61249,97	41666,65	68,05
L1	VT2	61666,64	41249,98	66,89
L1	VT3	61083,30	42083,31	67,78
L2	VT1	63323,31	37916,64	59,86
L2	VT2	63323,31	38433,31	60,52
L2	VT3	62499,97	38331,31	61,36
T3		61249,97	36666,65	59,92
Valor F - Fatorial x Testemunha		2,84 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,45 ^{ns}
DMS		2405,39	4021,16	22,58
CV (%)		1,96	18,02	18,04

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T3- semeadura convencional na velocidade de 9,5 km h⁻¹.

Os resultados referentes à altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo para a cultura do milho, estão apresentados na Tabela 31. Com relação à altura da planta de milho e o diâmetro do colmo, observou-se que, para o tratamento local de semeadura apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$), com maior valor de altura e diâmetro do colmo para a semeadura realizada em cima do camalhão.

Esse resultado pode ser explicado pela menor população neste tratamento resultando em uma menor competição planta com mis nutrientes e água disponível. Para Trogello *et al.* (2014) os diferentes mecanismos sulcadores utilizados nas semeadoras-

adubadoras não interferi nos parâmetros de desenvolvimento inicial do milho como por exemplo, número de dias para a emergência de plântulas, estande inicial e altura de plantas e diâmetro do colmo.

Tabela 30-Síntese da análise de variância e valores médios para altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo

Causas de Variação		Altura de Planta (m)	Altura de Inserção da 1ª Espiga (m)	Diâmetro do Colmo (mm)
Local (L)	L1	1,61 a	0,80	21,80 a
	L2	1,46 b	0,78	18,65 b
Velocidade Teórica (VT)	VT1	1,56	0,79	20,33
	VT2	1,51	0,79	20,11
	VT3	1,53	0,78	20,23
Valor de F	L	10,06 *	0,73 ^{ns}	27,72 *
	VT	0,26 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,04 ^{ns}
	L*VT	0,14 ^{ns}	0,006 ^{ns}	1,50 ^{ns}
DMS	L	0,09	0,05	1,24
	VT	0,14	0,08	1,85
CV (%)		7,62	8,40	7,35

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Comparando os tratamentos com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h⁻¹), pode-se afirmar que para todas as características agrônômicas avaliadas (Figura 32), a altura da inserção da 1ª espiga (AI) foi à única que não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha comparada (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h⁻¹).

A semeadura em cima do camalhão (L1) com a velocidade teórica de 5,5 km h⁻¹, foi significativamente superior ao sistema convencional (T1) com relação a altura da planta, já para o diâmetro do colmo, o local de semeadura (L1) e as velocidades teóricas de 7,5 e 9,5 km h⁻¹, foram significativamente superiores a testemunha (T1), o que mostra que esses tratamentos podem ser recomendados.

Esse resultado pode ser explicado pela condição mais favorável para semeadura em cima do camalhão, onde as raízes de milho encontram condições mais vaporáveis para pleno desenvolvimento e maior absorção de nutrientes. Carvalho *et al.* (2012), trabalhando com híbrido de milho no Nordeste brasileiro, encontraram valores médios de 2,05 m e 1,09 m para altura de planta e altura de inserção da primeira espiga, respectivamente.

Para Freddi (2007), normalmente, as maiores produtividades estão relacionadas com plantas mais altas e com alturas de espigas maiores, pois o contrário pode diminuir a capacidade fotossintética podendo afetar diretamente a produção, assim uma condição específica, como semeadura no site de captação de água da chuva, pode favorecer essas características, resultando em desempenho cultural elevado.

Tabela 31-Síntese da análise de variância e valores médios para altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidades	Altura de Planta (m)	Altura de Inserção da 1ª Espiga (m)	Diâmetro do Colmo (m)
L1	VT1	1,62 a	0,81	21,2 b
L1	VT2	1,61 b	0,81	22,19 a
L1	VT3	1,60 b	0,79	22,02 a
L2	VT1	1,49 b	0,78	19,47 b
L2	VT2	1,42 b	0,78	18,02 b
L2	VT3	1,47 b	0,77	18,45 b
T1		1,39 b	0,70	18,56 b
Valor F - Fatorial x Testemunha		5,41*	6,96 ^{ns}	4,39*
DMS		0,22	0,12	2,89
CV (%)		7,62	8,40	7,35

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T1- semeadura convencional na velocidade de 5,5 km h⁻¹.

Para tratamentos com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h⁻¹), pode-se afirmar que para todas as características agrônômicas avaliadas (Tabela 33), o diâmetro do colmo (DC) foi o único que apresentou diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha T2. A semeadura em cima do

camalhão (L1) com a velocidade teórica (VT2) foi significativamente superior ao sistema convencional (T2).

Resultado que pode estar associado às condições mais favorável neste tratamento para o desenvolvimento reticula devido à condição de solo mais mobilizado. Venegas e Scudeler (2012) analisando o diâmetro do colmo em três períodos diferentes após a semeadura do milho com diferentes coberturas do solo, dentre elas solo descoberto, não verificou influenciaram significativa para o diâmetro do colmo de milho.

Tabela 32-Síntese da análise de variância e valores médios para altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidades	Altura de Planta (m)	Altura de Inserção da 1ª Espiga (m)	Diâmetro do Colmo (m)
L1	VT1	1,62	0,81	21,2 b
L1	VT2	1,61	0,81	22,19 a
L1	VT3	1,60	0,79	22,02 b
L2	VT1	1,49	0,78	19,47 b
L2	VT2	1,42	0,78	18,02 b
L2	VT3	1,47	0,77	18,45 b
T2		1,43	0,720	19,10 b
Valor F - Fatorial x Testemunha		2,45 ^{ns}	4,10 ^{ns}	0,001*
DMS		0,23	0,13	2,96
CV (%)		7,81	8,54	7,50

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T2- semeadura convencional na velocidade de 7,5 km h⁻¹.

Comparando os tratamentos com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h⁻¹), pode-se afirmar que, para todas as características agrônomicas avaliadas (Figura 35), a altura de planta, altura de inserção da primeira

espiga e diâmetro do colmo não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h⁻¹).

Este resultado pode estar associado às condições mais favoráveis neste tratamento para o desenvolvimento reticulado devido à condição de solo mais mobilizado, fato não observado na semeadura dentro do sulco, onde toda a camada fértil foi removida para elevação do camalhão.

Nicolau (2016) avaliando uma semeadora-adubadora de precisão pneumática modelo MJM2090EX.00, com diferentes tipos de mecanismos sulcadores na semeadura do milho em um Argissolo Vermelho-amarelo, com classe textural franco arenoso não verificou diferença significativa.

Tabela 33-Síntese da análise de variância e valores médios para altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidades	Altura de Planta (m)	Altura de Inserção da 1ª Espiga (m)	Diâmetro do Colmo (m)
L1	VT1	1,62	0,81	21,2
L1	VT2	1,61	0,81	22,19
L1	VT3	1,60	0,79	22,02
L2	VT1	1,49	0,78	19,47
L2	VT2	1,42	0,78	18,02
L2	VT3	1,47	0,77	18,45
T3		1,44	0,723	20,10
Valor F - Fatorial x Testemunha		2,23 ^{ns}	3,78 ^{ns}	0,02 ^{ns}
DMS		0,23	0,13	3,12
CV (%)		7,76	8,59	7,83

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T3- semeadura convencional na velocidade de 9,5 km h⁻¹.

Os resultados referentes ao número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira, estão apresentados na Tabela 35, não apresentando diferença entre os tratamentos. Para Freitas *et al.* (2013), o número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira têm grande controle genético, sendo pouco influenciadas por fatores externos.

Para massa de 1.000 grãos, podemos verificar maior valor para semeadura dentro do sulco, resultado que pode estar associado a maior disponibilidade de água no solo para esse tratamento. Esse atributo também pode estar relacionado às características genéticas da variedade de milho avaliada, podem sofrer alterações se as condições edafoclimáticas não forem apropriadas, mesmo com manejo hídrico suplementado.

Tabela 34- Síntese da análise de variância e valores médios para número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira e massa de 1000 grãos (g)

Causas de Variação		Número de Fileiras/Espiga	Número de Grãos/fileira	Massa de 1000 grãos (g)
Local	L1	14,50	28,40	270,96 b
	(L)	L2	14,65	30,40
Velocidade Teórica (VT)	VT1	14,70	28,12	279,07
	VT2	14,57	29,35	293,73
	VT3	14,45	30,72	292,72
Valor de F	L	0,23 ^{ns}	3,04 ^{ns}	16,15*
	VT	0,22 ^{ns}	1,71 ^{ns}	1,17 ^{ns}
	L*VT	0,80 ^{ns}	3,30 ^{ns}	0,06 ^{ns}
DMS	L	0,63	2,38	18,16
	VT	0,94	3,53	26,96
CV (%)		5,17	9,41	7,43

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

De acordo Gimenes *et al.* (2008), a massa de grãos sofre interferência diretamente da translocação de fotoassimilados, sendo a quantidade diretamente proporcional ao tempo de duração do período de enchimento do grãos. Assim, quanto

mais adequada às condições edafoclimáticas da região maior a probabilidade de maior massa de grãos.

Acomparação da testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h⁻¹), com os tratamentos de local de semeadura (dentro do sulco e em cima do camalhão) e velocidades teóricas (TV1 5,5; VT2- 7,5 e VT3- 9,5 km h⁻¹) para verificar a diferença do número de fileiras e número de grãos por fileira e por espiga de milho e massa de 1000 grãos estão apresentados na Tabela 35.

Os resultados demonstram que não houve diferenças significativas em nenhum dos tratamentos avaliados, o que mostra a inexistência da influência do local de semeadura com as velocidades teóricas, para número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira e massa de 1.000 grãos (g), dessas variáveis para o sistema convencional (T1).

Tabela 35-Síntese da análise de variância e valores médios para número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira e massa de 1.000 grãos (g)em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidades	Número de Fileiras/Espiga	Número de Grãos/fileira	Massa de 1000 grãos (g)
L1	VT1	14,35	26,25	261,77
L1	VT2	14,65	27,15	278,02
L1	VT3	14,50	31,80	273,10
L2	VT1	15,05	30,00	296,37
L2	VT2	14,50	31,55	309,45
L2	VT3	14,40	29,65	312,35
T1		14,20	32,40	284,02
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,85 ^{ns}	3,91 ^{ns}	0,15 ^{ns}
DMS		1,48	5,53	42,17
CV (%)		5,17	9,41	7,43

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett (p<0,05). *- significativo (p<0,05); ^{ns}- não significativo (p>0,05). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T1- semeadura convencional na velocidade de 5,5 km h⁻¹.

Para número total de fileiras por espiga, devemos ressaltar que o mesmo ocorre por meio da formação de fileiras únicas no comprimento da espiga, dividindo-se em pares, justificando-se desse modo, o fato das espigas sempre apresentarem número par de fileiras por espiga (TOLEDO *et al.*, 2010).

De acordo com o trabalho de Lázaro *et al.* (2013) também não observaram diferença para o número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira entre os tratamentos, no entanto, o mesmo estava avaliando a cultura do milho com diferentes tipos de plantas de cobertura.

Os resultados para comparação da testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h⁻¹), com os tratamentos de local de semeadura (dentro do sulco e em cima do camalhão) e velocidades teóricas (5,5; 2- 7,5 e 9,5 km h⁻¹) para verificar a diferença do número de fileiras e número de grãos por fileira por espiga de milho, seguem apresentados na Tabela 37.

Tabela 36-Síntese da análise de variância e valores médios para número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira e massa de 1000 grãos (g) em comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidades	Número de Fileiras/Espiga	Número de Grãos/fileira	Massa de 1000 grãos (g)
L1	VT1	14,35	26,25	261,77
L1	VT2	14,65	26,15	278,02
L1	VT3	14,50	31,80	273,10
L2	VT1	15,05	30,00	296,37
L2	VT2	14,50	31,55	309,45
L2	VT3	14,40	29,65	312,35
T2		14,15	32,0	286,52
Valor F - Fatorial x Testemunha		1,12 ^{ns}	2,96 ^{ns}	0,02 ^{ns}
DMS		1,46	5,51	42,25
CV (%)		5,11	9,39	7,43

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett (p<0,05). *- significativo (p<0,05); ^{ns}- não significativo (p>0,05). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T2- semeadura convencional na velocidade de 7,5 km h⁻¹.

Os resultados demonstram que não houve diferenças significativas para o número de fileiras por espiga e massa de 1000 grãos em nenhum dos tratamentos avaliados. Já, o número de grãos por fileira apresentou diferenças significativas, sendo que o local de semeadura (L1) e a velocidade teórica (VT1) o que proporcionou o menor valor para número de grãos por espiga. Resultado atribuído ao grande controle genético, sendo pouco influenciadas por fatores externos.

Nicolau (2016) avaliando uma semeadora-adubadora de precisão pneumática modelo JMJM2090EX.00, com diferentes tipos de mecanismos sulcadores na semeadura do milho não verificou diferença significativa quando comparado com as testemunhas.

A comparação da testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h⁻¹), com os tratamentos de local de semeadura e velocidades teóricas com os demais tratamentos para verificar a diferença do número de fileiras e número de grãos por fileira por espiga de milho está apresentados na Tabela 38.

Tabela 37-Síntese da análise de variância e valores médios para número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira e massa de 1000 grãos (g) em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidades	Número de Fileiras/Espiga	Número de Grãos/fileira	Massa de 1.000 grãos (g)
L1	VT1	14,35	26,25	261,77
L1	VT2	14,65	27,15	278,02
L1	VT3	14,50	31,80	273,10
L2	VT1	15,05	30,00	296,37
L2	VT2	14,50	31,55	309,45
L2	VT3	14,40	29,65	312,35
T3		14,30	31,65	290,57
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,45 ^{ns}	2,31 ^{ns}	0,03 ^{ns}
DMS		1,48	5,40	42,11
CV (%)		5,18	9,22	7,40

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T3- semeadura convencional na velocidade de 9,5 km h⁻¹.

Os resultados demonstram que não houve diferenças significativas em nenhum dos tratamentos avaliados, o que mostra a inexistência da influência do local de semeadura com as velocidades teóricas, nos resultados dessas variáveis para o sistema convencional (T3).

Nicolau (2016) avaliando uma semeadora-adubadora de precisão pneumática modelo JMJM2090EX.00, com diferentes tipos de mecanismos sulcadores na semeadura do milho em Argissolo Vermelho-amarelo no semiárido nordestino, com classe textural franco arenoso, não verificou diferença significativa quando comparado as testemunhas.

Avaliando a produção do milho, a produtividade foi à única que diferiu estatisticamente para o tratamento local de semeadura (Tabela 38), sendo que, a semeadura realizada em cima do camalhão proporcionou uma maior produtividade. Já o tratamento velocidade teórica, não apresentou diferenças estatísticas entre si para todas as variáveis, bem como a interação entre os fatores.

Tabela 38-Síntese da análise de variância e valores médios para número de espigas por ha-1, prolificidade, produtividade e matéria seca do milho

Causas de Variação		Número de Espigas ha ⁻¹	Prolificidade	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Matéria Seca de Milho (kg ha ⁻¹)
Local (L)	L1	44999,98	1,08	3340,34 a	8957,75
	L2	40138,87	1,06	1503,51 b	7468,31
Velocidade Teórica (VT)	VT1	42291,65	1,08	2362,51	8296,90
	VT2	42499,98	1,06	2487,20	8293,21
	VT3	42916,65	1,07	2416,08	8048,97
Valor de F	L	3,37 ^{ns}	0,42 ^{ns}	21,73 [*]	4,30 ^{ns}
	VT	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,05 ^{ns}
	L*VT	0,05 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}
DMS	L	5504,89	0,07	819,48	1492,38
	VT	8173,03	0,10	1216,67	2215,72
CV (%)		15,32	8,07	43,02	22,67

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * - significativo (p<0,05); ^{ns} - não significativo (p>0,05). L1 - semeadura em cima do camalhão; L2 - semeadura dentro do sulco; VT1 - 5,5 km h⁻¹; VT2 - 7,5 km h⁻¹; VT3 - 9,5 km h⁻¹; DMS - diferença mínima significativa. CV - coeficiente de variação.

De acordo com Lima *et al.* (2010), maior produtividade de grãos pode estar relacionada à velocidade de emergência das plântulas que no sistema plantio direto é superior ao sistema convencional sendo justificado pela falta de cobertura na superfície do solo.

Para o sistema de semeadura avaliado (dentro do sulco e em cima do camalhão), a presença de palha na superfície do solo é inexistente, devido a grande mobilização, estando a maior produtividade relacionada com as condições do solo mais adequada para desenvolvimento do milho, pois foi verificada menor resistência do solo à penetração para semeadura em cima do camalhão quando comparado com a semeadura dentro do sulco.

Sousa *et al.* (2013) avaliando o cultivo de girassol sob técnicas de captação de água da chuva *in situ*, concluiu que a técnica proporcionou um maior rendimento da cultura, afirmando que uso de técnicas pode ajuda as plantas de girassol a tolerar um período de veranico de aproximadamente 15 dias, fato muito importante para as regiões áridas como o nordeste.

Para a comparação da testemunha (T1) com os demais tratamentos dentro dos valores de produtividade e matéria seca do milho (Figura 40), verifica-se que somente para semeadura dentro do sulco (L2) nas velocidades teóricas (VT1, VT2 e VT3) as médias foram iguais aos valores da testemunha e superior semeadura em cima do camalhão (L1) nas velocidades teóricas (VT1, VT2 e VT3).

A avaliação da produtividade de massa seca de palha é fundamental para optar por sistemas de cultivos que promovam maior quantidade de palha sem afetar a produtividade de grãos, uma vez que a massa seca total de palha é uma variável importante a ser analisada, pois representa a condição inicial para semeadura das culturas em sucessão (CHIODEROLI *et al.*, 2012).

Laipe *et al.* (2014) avaliando os sistemas de captação de água *in situ* sobre o crescimento de pinhão manso, pode perceber ao longo do ciclo que as variáveis de crescimento são beneficiadas pelas formas de preparação do solo, para favorecer a captação de água *in situ*, em comparação ao tratamento com ausência de técnica de captação, fato verificado nesta pesquisa para produtividade do milho semeado em cima do camalhão e comparado com a semeadura mecânica tradicional.

Tabela 39-Síntese da análise de variância e valores médios para número de espigas por ha-1, prolificidade, produtividade e matéria seca do milho em comparação com a testemunha T1 (semeadura convencional nas velocidades 5,5 km h⁻¹)

Local	Fator Velocidade	Número de Espigas ha ⁻¹	Prolificidade	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Matéria Seca de milho (kg ha ⁻¹)
L1	VT1	44166,65	1,06	3313,00 a	8909,60 a
L1	VT2	44999,98	1,08	3411,58 a	9048,26 a
L1	VT3	45833,31	1,10	3296,44 a	8915,3 a
L2	VT1	40416,64	1,09	1412,02 b	7684,20 b
L2	VT2	539999,9	1,04	1562,81 b	7538,17 b
L2	VT3	39989,98	1,04	1535,71 b	7182,55 b
T1		40833,31	1,08	1173,10 b	4985,22 b
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,24 ^{ns}	0,10 ^{ns}	5,74*	11,56*
DMS		12783,59	0,17	1903,03	3465,65
CV (%)		15,32	8,07	43,02	22,67

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T1- semeadura convencional na velocidade 5,5 km h⁻¹.

Para a comparação da testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h⁻¹), Figura 41, com os tratamentos de local de semeadura (dentro do sulco e em cima do camalhão) e velocidades teóricas (TV1 5,5; VT2- 7,5 e VT3- 9,5 km h⁻¹), verifica-se que somente o local de semeadura dentro do sulco (L2) nas velocidades teóricas (VT1, VT2 e VT3) os valores encontrados foram iguais aos valores do sistema convencional (semeadura convencional na velocidade 7,5 km h⁻¹).

Para a semeadura em cima do camalhão nas velocidades teóricas (VT1, VT2 e VT3), os valores encontrados foram superiores aos da testemunha, mostrando que, a semeadura em cima do camalhão favoreceu o desenvolvimento do milho que apresentou maior produção de grão e massa seca.

Diversos estudos mostram que o preparo do solo para captação da água da chuva é muito vantajoso, como os realizados por Laime (2012) e Bernal (2007),

comprova a eficiência dos sistemas de captação de água, mostrando o aumento da conservação da umidade no solo, o que refletiu no crescimento das culturas.

Sousa *et al.* (2011) avaliando a eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro pode verificar em seu trabalho produtividade semelhante, 3.786 kg ha⁻¹ nos melhores tratamentos, produtividade inferior a encontrado por Santos (2015), no entanto, este autor trabalhou com um material de qualidade genética superior.

Tabela 40-Síntese da análise de variância e valores médios para número de espigas por ha-1, prolificidade, produtividade e matéria seca do milhoem comparação com a testemunha T2 (semeadura convencional nas velocidades 7,5 km h-1)

Fator		Número de Espigas ha ⁻¹	Prolificidade	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Matéria Seca de milho (kg ha ⁻¹)
Local	Velocidade				
L1	VT1	44166,65	1,06	3313,00 a	8909,60 a
L1	VT2	44999,98	1,08	3411,58 a	9048,26 a
L1	VT3	45833,31	1,10	3296,44 a	8915,3 a
L2	VT1	40416,64	1,09	1412,02 b	7684,20 b
L2	VT2	539999,9	1,04	1562,81 b	7538,17 b
L2	VT3	39989,98	1,04	1535,71 b	7182,55 b
T2		40416.65	1,09	1168,37 b	4823.47 b
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,38 ^{ns}	0,11 ^{ns}	5,79*	2,67*
DMS		12657,25	0,17	1901,78	3475,48
CV (%)		15,19	8,07	43,00	22,81

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett (p<0,05). *- significativo (p<0,05); ^{ns}- não significativo (p>0,05). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T2- semeadura convencional na velocidade de 7,5 km h⁻¹.

A comparação da testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h⁻¹), com os tratamentos de local de semeadura (dentro do sulco e em cima do camalhão) e velocidades teóricas (TV1 5,5; VT2- 7,5 e VT3- 9,5 km h⁻¹) com os demais tratamentos, verifica-se diferença estatística para a produtividade e produção de matéria

seca apresentados, com resultado superior a testemunha na semeadura em cima do camalhão (Tabela 42).

De acordo com estudos realizados por Wanderley *et al.* (2014) avaliando o crescimento do girassol sob sistema de captação de água *in situ* e adubação orgânica foi possível comprovar que ao longo do ciclo o girassol teve o crescimento diferenciado com o uso de técnicas para favorecer a captação de água *in situ*.

Brito *et al.* (2008) avaliando perdas de solo e de água em diferentes sistemas de captação *in situ* no semiárido brasileiro, verificou que, o sistema de preparo do solo com sulcos barrados, para o cultivo do milho, apresentou os menores valores de perdas de água e de solo, enquanto que, os maiores valores foram obtidos nos tratamentos Guimarães Duque e no sistema tradicional.

Tabela 41-Síntese da análise de variância e valores médios para número de espigas por ha-1, prolificidade, produtividade e matéria seca do milho em comparação com a testemunha T3 (semeadura convencional nas velocidades 9,5 km h-1)

Local	Fator Velocidade	Número de Espigas ha ⁻¹	Prolificidade	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Matéria Seca de milho (kg ha ⁻¹)
L1	VT1	44166,65	1,06	3313,00 a	8909,60 a
L1	VT2	44999,98	1,08	3411,58 a	9048,26 a
L1	VT3	45833,31	1,0	3296,44 a	8915,3 a
L2	VT1	40416,64	1,09	1412,02 b	7684,20 b
L2	VT2	53999,9	1,04	1562,81 b	7538,17 b
L2	VT3	39989,98	1,04	1535,71 b	7182,55 b
T3		39999,98	1,09	1166,88	4845,44
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,55 ^{ns}	0,13 ^{ns}	5,78*	12,60*
DMS		12560,37	0,17	1904,80	3463,27
CV (%)		15,09	8,08	43,07	22,72

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; VT1- 5,5 km h⁻¹; VT2- 7,5 km h⁻¹; VT3- 9,5 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação. T3- semeadura convencional na velocidade de 9,5 km h⁻¹.

4.7 Atributos físicos do solo

Na Tabela 43 encontram-se os valores da resistência à penetração e umidade do solo em cima do camalhão nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, com semeadura realizada pela semeadora-adubadora equipada com mecanismos sulcadores para abertura do sulco, formação do camalhão e semeadura em operação única.

Tabela 42-Resistência à penetração e umidade do solo em cima do camalhão nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m

Causas de Variação		Profundidades (m)					
		Resistência (MPa)			Umidade (%)		
		0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
Local (L)	L1	0,55	2,15	2,93	14,10	12,63	12,58
	L2	0,60	1,98	2,86	14,59	12,70	12,87
Período (P)	P1	0,49 b	1,66 b	2,32 b	14,17	12,03	12,24
	P2	0,66 a	2,47 a	3,48 a	14,53	13,30	13,21
Velocidade Teórica (VT)	VT1	0,57	2,19	2,83	14,44	12,28	12,70
	VT2	0,56	2,01	2,90	14,38	12,98	12,54
	VT3	0,60	2,00	2,96	14,21	12,73	12,93
Valor de F	L	0,55 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,39 ^{ns}
	P	6,21 [*]	13,53 [*]	19,89 [*]	0,62 ^{ns}	2,15 ^{ns}	4,33 ^{ns}
	VT	0,14 ^{ns}	0,32	0,08 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,23 ^{ns}
	L*P	2,60 ^{ns}	6,72 ^{ns}	3,50 ^{ns}	5,94 ^{ns}	2,36 ^{ns}	2,06 ^{ns}
	L*VT	0,37 ^{ns}	1,30 ^{ns}	1,26 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,60 ^{ns}
	P*VT	1,26 ^{ns}	3,12 ^{ns}	3,81 ^{ns}	9,55 ^{ns}	2,26 ^{ns}	7,73 ^{ns}
	L*P*VT	0,15 ^{ns}	2,54 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,18 ^{ns}	3,77 ^{ns}
DMS	L	0,13	0,44	0,52	0,92	1,75	0,94
	P	0,13	0,44	0,52	0,92	1,75	0,94
	VT	0,19	0,65	0,77	1,36	2,58	1,39
CV (%)		39,64	36,92	31,11	11,02	23,65	12,68

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; P1- 15 dias após semeadura; P2- 120 dias após semeadura; VT1- 4,59 km h⁻¹; VT2- 6,89 km h⁻¹; VT3- 8,16 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Foi verificada diferença entre as médias apenas para resistência a penetração para os períodos avaliados em todas as profundidades, sendo maior resistência à penetração observada 120 dias após a semeadura (P2), pode estar associado a diversos fatores, entre eles podemos citar, a ação das chuvas, manejo da cultura, entre outros. De

acordo com Tormena *et al.* (2004) que a resistência do solo à penetração é modificada pelos sistemas de preparo do solo.

Já Lima *et al.* (2010) afirmam que avaliações de médio e longo prazo podem indicar mudanças dinâmicas da qualidade física do solo, ocasionadas pelos sistemas de preparo, manejo do solo e da cultura. Bavoso *et al.* (2010) afirmaram que as alterações estruturais no solo devido as diferentes formas de uso e preparo do solo promovem alterações na resistência à penetração.

Encontram-se na Tabela 44, os valores da resistência do solo à penetração e umidade dentro do sulco nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, com semeadura realizada pela semeadora-adubadora equipada com mecanismos sulcadores para abertura do sulco e formação do camalhão.

Tabela 43-Resistência do solo à penetração e umidade do solo dentro do sulco nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m

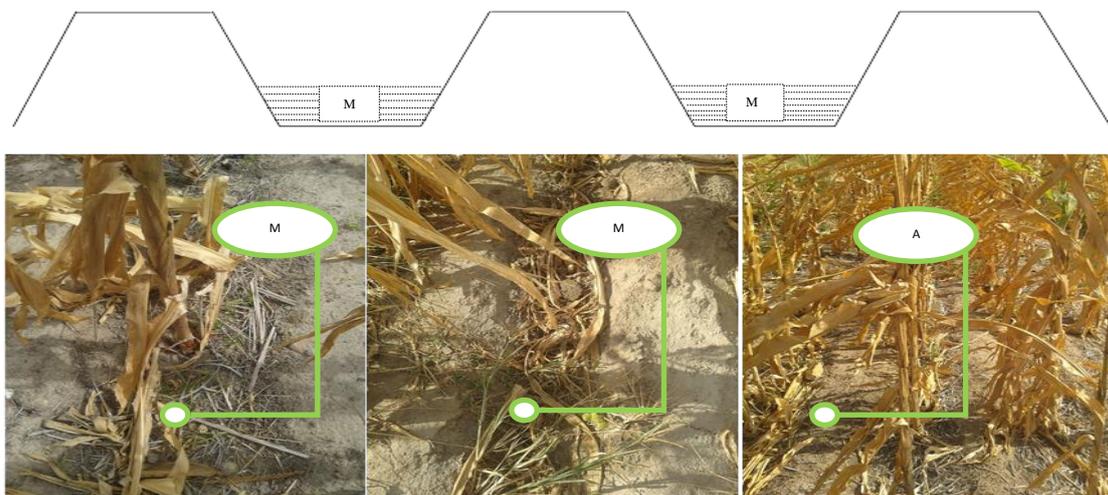
Causas de Variação		Profundidades (m)					
		Resistência (MPa)			Umidade (%)		
		0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
Local (L)	L1	0,56	2,06	2,87	15,64	15,09	14,55
	L2	0,50	2,36	3,19	16,21	14,13	14,23
Período (P)	P1	0,51	1,57 b	2,31 b	15,64	14,25	13,89
	P2	0,56	2,85 a	3,75 a	16,21	14,97	14,89
Velocidade Teórica (VT)	VT1	0,51	2,21	2,80	15,97	14,50	14,13
	VT2	0,48	1,94	3,08	15,91	14,77	14,66
	VT3	0,60	2,48	3,20	15,90	14,55	14,38
Valor de F	L	3,42 ^{ns}	2,78 ^{ns}	2,54	0,78 ^{ns}	3,00 ^{ns}	0,70
	P	2,00 ^{ns}	49,12*	49,9*	0,78 ^{ns}	1,69 ^{ns}	7,42
	VT	5,05 ^{ns}	2,89 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,68
	L*P	0,22 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,83 ^{ns}	0,46 ^{ns}	3,71
	L*VT	0,79 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,69
	P*VT	1,26 ^{ns}	3,03 ^{ns}	81,93 ^{ns}	4,41 ^{ns}	5,91 ^{ns}	12,92
	L*P*VT	0,74 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,23
DMS	L	0,06	0,37	0,41	1,31	1,12	0,75
	P	0,06	0,37	0,41	1,31	1,12	0,75
	VT	0,09	0,54	0,60	1,93	1,65	1,10
CV (%)		21,05	22,30	23,19	14,04	13,15	8,92

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{ns}- não significativo ($p > 0,05$). L1- semeadura em cima do camalhão; L2- semeadura dentro do sulco; P1- 15 dias após semeadura; P2- 120 dias após semeadura; VT1- 4,59 km h⁻¹; VT2- 6,89 km h⁻¹; VT3- 8,16 km h⁻¹; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Foi verificada diferença entre as médias apenas para resistência a penetração nos períodos avaliados nas profundidades de 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, sendo que, o fato da profundidade de 0,0-0,10 m não ter sido observado diferença entre as médias foi um bom resultado, pois indicar que a condição de preparo favoreceu as condições de cultivo ao longo do período avaliado devido a melhor condição do solo.

Esse resultado pode estar associado ao acúmulo de material, sedimento oriundo do camalhão e restos vegetais dentro do sulco, permitindo a manutenção de água e atividade dos microorganismos, melhorando a densidade do solo, a porosidade e a resistência do solo à penetração (Figura 77).

Figura 77- Ilustração para acúmulo de sedimentos dentro do sulco (M) e ausência de material em cima do camalhão (A)



Fonte: Autor (2016).

Segundo Klein (2014), a estrutura do solo é o arranjo das partículas e sua aglomeração, originando agregados maiores. Para Drescher (2011), há uma estreita relação entre algumas propriedades físicas e mecânicas do solo com a compactação, dentre as quais, merecem destaque, a densidade do solo, a porosidade e a resistência do solo à penetração.

Llanillo *et al.* (2013) analisando o sistema de semeadura direta em diferentes sistemas de produção observaram perfil do solo com melhor morfologia estrutural, sem ocorrência de compactação visível, com traços de atividade biológica.

Nunes *et al.* (2014) avaliando o emprego de haste sulcadora em áreas manejadas sob sistema de plantio direto com presença de camadas compactadas, observaram melhorias físicas na linha de semeadura, proporcionando aumento da

macroporosidade e porosidade total do solo, com redução da densidade e resistência mecânica do solo á penetração (NUNES *et al.*, 2014).

Laime (2012) e Bernal (2007) comprovaram em seus trabalhos, a eficiência dos sistemas de captação de água, verificando que ocorreu aumento da conservação da umidade no solo, refletindo no crescimento das culturas. Lara Junior (2013) avaliação cultivares de soja semeadas em solos de várzeas com e sem sistema de camalhões, concluiu que o sistema de semeadura com camalhões proporciona maior rendimento de grãos para cultivo de soja em solos de várzea.

Segundo Silva *et al.* (2016) avaliando sistemas de captação de água *in situ* sobre o crescimento e rendimento do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench), concluíram que, houve a máxima altura e massa seca total do sorgo no sistema de semeadura em sulco e linha em curva de nível, o que possibilitará maior rendimento de silagem, evitando perda de solo, contribuindo para manutenção da água retida no solo nos períodos de estiagem, sendo o mesmo observado por Antoneli *et al.* (2016).

5 CONCLUSÕES

A semeadura dentro do sulco apresentou melhor desempenho energético e operacional, com menor consumo horário de combustível, maior velocidade de deslocamento e maior capacidade de campo efetiva e operacional, sendo que, a adição dos mecanismos sulcadores na semeadora-adubadora para abertura do sulco e formação do camalhão resultou em acréscimo de demanda energética com menor capacidade efetiva e operacional.

Obteve-se melhor qualidade de semeadura, quando a mesma foi realizada dentro do sulco pela semeadora-adubadora, com maior de número de espaços entre as sementes normais, menor patinamento da roda motrizes da semeadora e profundidade de adubo e semente mais próximos dos valores regulados. A adição dos mecanismos sulcadores, apresentou grande variação para profundidade de deposição de semente e adubo, principalmente, com acréscimo de velocidade.

A capacidade do processo para área do canal foi considerada incapaz, com valores médios obtidos na semeadura em cima do camalhão e em todas as velocidades, bem acima do regulado, no entanto, o processo pode se considerado estável, apresentando pouca variação. A semeadura dentro do sulco apresentou melhor resultado, com processos considerados estáveis e parcialmente capazes, no entanto, com valores médios de área do canal obtidos acima do que foi regulado nas menores velocidades avaliadas (5,5 e 7,5 km h⁻¹).

A semeadura em cima do camalhão apresentou melhor resultado para avaliação cultural do milho, com maior produtividade de grãos e massa seca de palha. Quando comparados com as testemunhas, apenas a semeadura cima do camalhão apresentou melhor resultado, com maior produtividade de grãos e massa seca de palha de milho. A qualidade do solo dentro do sulco apresentou melhor resultado nas camadas de 0,0 a 0,10 m, maior umidade e resistência á penetração baixa nos período de tempo avaliados.

REFERÊNCIAS

- ALBIERO, D. **Desenvolvimento e avaliação de máquina multifuncional conservacionista para a agricultura familiar**. 2010. 244 f. Tese (Dourado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2010.
- ALBIERO, D. *et al.* Avaliação da distribuição de sementes por uma semeadora de anel interno rotativo utilizando média móvel exponencial. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.01, p.86-95, 2012.
- ALBIERO, D. *et al.* Proposta de uma máquina para colheita mecanizada de babaçu (*Orbignya phalerata Mart.*) para a agricultura familiar. **Acta Amazônica**, Manaus, v.37, n.03, p. 337-346, 2007.
- ALBIERO, D. **Desenvolvimento e avaliação de máquina multifuncional conservacionista para a agricultura familiar**. 2010. 244 f. Tese (Dourado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2010.
- ALBIERO, D. *et al.* **Metodologias de projeto para máquinas agroecológicas**: relatos de experiências. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, Fortaleza, **Anais...Fortaleza**: ABA, 2011.
- ALBIERO, D. *et al.* Avaliação da distribuição de sementes por uma semeadora de anel interno rotativo utilizando média móvel exponencial. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.01, p.86-95, 2012.
- ALMEIDA, R. A. S.; SILVA, C. A. T.; SILVA, S. L. Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. **Revista Agrarian**, v.03 n.02, p. 63-70, 2010.
- ALENCAR, J. R. B.; LOPES, C. E.; JUNIOR, M. B. S. Controle Estatístico de Processo Multivariado: aplicação ao monitoramento da produção de comprimidos de captopril. **Revista Brasileira de Farmácia**, v.88, n.04, p.200-205, 2007.
- AMORIM, M. Q. *et al.* **Desempenho operacional de um conjunto trator-semeadora**. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015, **Anais....**, XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015, São Pedro/SP, 2015.
- ANDRADE, E.; PEREIRA, O.; DANTAS, E. **Semiárido e o manejo dos recursos naturais**. Fortaleza: Imprensa Universitária-UFC, 2010, 396 p.
- ANJOS, J. B. dos; CAVALCANTI, N. de B.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da. Captação “in situ”: água de chuva para produção de alimentos. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. cap. 7, p.141-155.
- ARAÚJO, P. M.; NASS, L. L. Caracterização e avaliação de populações de milho crioulo. **Scientia Agricola**, v.59, n.03, p.589-593, 2002.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. Standards.ASAE D497.4 Agricultural machinery management data.**American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, 1996.p.359-368.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE).Agricultural Machinery Management. EP 496.2. In: **ASAE standards: Standards engineering practices data**. St. Joseph: **American Society of Agricultural Engineers**, 1997. p. 353-358.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **Agricultural machinery management**. St. Joseph: EP 496.3, 2006.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **Agricultural machinery management**. St. Joseph: EP 496.3, 2006.

ASSIS, R. L. *et al.* Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.4, p.558-568, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de norma 12:02.06-004. Semeadora de precisão. **Ensaio de laboratório**. São Paulo, 1994. 21p.

BACK, N. 1983. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro, Guanabara Dois. 180p.

BACK, N; OGLIARI, A.; DIAS, C. **Projeto integrado de produtos: Planejamento, concepção e modelagem**. São Paulo, Barueri, 2008. 150 p.

BAFORCELLINI, F. A. **Projeto Conceitual**. EMC/UFSC, 2002. Apostila do curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. Câmara brasileira de livros, Piracicaba/SP, 2004.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 2005. p. 307.
BARROS, F. F.; MILAM, M. Qualidade operacional no plantio da cana-de-açúcar. **Bragantina**, v. 69, n. 1, p. 2021-229, 2010.

BECKER, R. S. *et al.* **Demanda energética de uma operação de semeadura de soja**. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014, Anais XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014, Campo Grande- MS, 2014.

BEER, F. P.; JOHNSTON JÚNIOR, E. R. **Resistência dos materiais**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1995. 1255 p.

BEER, F. P; JUNIOR, E. R. **Resistência dos Materiais. 3 ed.** São Paulo, Guaratinguetá, 2008.

BELLÉ, M. P. *et al.* Demanda energética e mobilização do solo com o uso de escarificadores em sistemas de semeadura direta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.05, p.551-558, 2014.

BERGAMASCHI, H. *et al.* Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.01, p.831-839, 2004.

BERNAL, N. A. H. **Avaliação de técnicas de captação de água de chuva para recuperação ambiental na região semiárida do Vale do Jequitinhonha**. Belo Horizonte, 2007. 202f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

BRANDÃO, F. J. B. *et al.* Desempenho operacional e produtividade agrícola do crambe nos preparos convencional e reduzido de solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.09, n.17, p.1009 -1019, 2013.

BORGES, A. L.; FANCELLI, M.; CORDEIRO, Z. J. M. **Sistema orgânico de produção para bananeira**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.
BONILLA, J. A. **Métodos quantitativos para qualidade total na agricultura**. 2.ed. Contagem: Littera Maciel, 1995. 250p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/ DNPV/CLAV, 1992. 365p.

BRESSAN, S. B. *et al.* Plantas de cobertura e qualidade química de Latossolo Amarelo sob plantio direto no cerrado maranhense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n.04, p.371-378, 2013.

BRITO, L. T. de L. *et al.* Perdas de solo e de água em diferentes sistemas de captação in situ no semiárido brasileiro. **Engenharia Agrícola**, v.28, n.03, p.507-515, 2008.

BRITO, L. T. de L.; ANJOS, J. B. dos. Captação in situ: Água para a Produção de Alimentos In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropicó Semiárido (Petrolina, PE). **Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido**. Petrolina, 2013. p.1-3. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 109).

BULCÃO, J. P. *et al.* Avaliação de um terraceador em um solo do semiárido Cearense. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.08, n.04, p. 299-303, 2014.

CARNEIRO, T. P. O. **Controle de qualidade no plantio convencional e mecanizado de cana-de-açúcar**. 2015. 55 f. Dissertação (Mestre Em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, 2015.

CARVALHO, H. W. L. *et al.* **Desempenho de cultivares de milho no nordeste brasileiro: Safra 2010/2011**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 33p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 122).

CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R. Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em função do teor de água no solo, profundidade e velocidade de operação. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.02, p.447-457, 2005.

CHACON, S. S. BURSZTYN, M. Ligações perigosas: proteção social e clientelismo no Semiárido Nordeste. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, v.19, n.01, p.30-61, 2011.

CHIODEROLI, C. A. *et al.* Desempenho de semeadora-adubadora em função do preparo de solo e espaçamento da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical Goiânia**, v. 40, n.04, p. 462-467, 2010.

CHIODEROLI, C.A. *et al.* Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de consorcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.01, p.37-43, 2012.

CHIODEROLI, C. A. **Consortiação de *Urochloas* com milho em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão**. 2013. 174f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, São Paulo, 2013.

COMPAGNON, A. M. *et al.* Desempenho de um conjunto trator-escarificador em dois teores de água do solo e duas profundidades de trabalho. **Engenharia Agrícola**, v.02, n.01, p.52-58, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_o_bjcmsconteudos Acessado em: 02 de Março de 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamento Junho/2015 Monitoramento Agrícola Cultivos de verão, 2ª safra e de inverno – Safra 2014/15**. CONAB, v.2, n.9, Safra 2014/15, 2015.

COPETTI, E. Qualidade na semeadura das culturas de inverno. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, v. 2, n. 127, p. 447-457, 2012.

CORREIA, T. P. S. **Deposição e qualidade de sementes de sorgo utilizando um mecanismo dosador de fluxo contínuo**. 2013. 56 f. Dissertação (Mestrado Energia na Agricultura), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Jaboticabal, 2013.

CRUZ, J. C.; PEREIRA, I. A.; ALVARENGA, R. C. Cultivo do milho no Sistema Plantio Direto. **Informe Agropecuário**, v.27, n.02, p. 02-33, 2006.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R. **Cultivo do milho**: Sistema de plantio direto. Sete Lagoas: Embrapa CNPMS, 2002.

DIAS, V. O. **Desempenho de protótipos de semeadoras-adubadoras para plantio direto**. 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) - Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

DANTAS, J. P. de. *et al.* Avaliação de genótipos de feijão de corda sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.06, n.03, p.425-430, 2002.

DODSON, M. S. **Avaliação da influência de indicadores de qualidade no custo operacional de um sistema de produção de milho (*Zea mays* L.): estudo de caso da semeadura**. 1998. 80 f. Monografia (Graduação) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 1998.

DOEBLEY, J. F. Molecular evidence for gene flow among *Zea* species. **BioScience**, v.40, n.01, p.443-448, 1990.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. (Irrigation and drainage paper, 24). Mesquita Filho, 1998.

DRESCHER, M S. *et al.* Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.03, n.05, p.1713-1722, 2011.

ELSMAR. FMEA – FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS. 2009. Disponível em: <<http://www.elsmar.com>>. Acesso em: 22 out. 2012.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.71, n.01, p.428-434, 1958.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Serviço de Produção de Informações, Brasília, 412 p. 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2012. Dados agricultura. Disponível em :< <http://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

FALCÃO, J. V. *et al.* Qualidade do solo cultivado com morangueiro sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43, n.04, p.450-459, 2013.

FERNANDES, R. A. T. **Gerenciamento da qualidade em operações agrícolas mecanizadas em um sistema de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1997. 66p.

FERNANDES, R. A. T.; MILAN, M.; PECHE FILHO, A. Gerenciamento da qualidade em operações mecanizadas de um sistema de produção de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.20, n.03, p.215-20, 2000.

FERNANDES, J. C.; GAMERO, C. A. Avaliação do desempenho das máquinas agrícolas na implantação da cultura do girassol. **Revista Energia Agrícola**, v.02, n.05 p.74-87, 2010.

FLOSS, E. Ecofisiologia e Manejo de Milho para Alto Rendimento. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, v.39, p.831-839, 2012.

FRANCETTO, T. R. *et al.* Comportamento operacional de associações entre sulcadores e discos de corte para sistema de semeadura direta. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.03, p.542-554, 2015.

FREIRE, D. C. **Desenvolvimento de projeto de máquina para fabricação de galhos de madeiras fragmentados - BRF para manejo da região semiárida do Estado do Ceará.** 2011. 48 f. Monografia (Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

FREITAS, R. J.; NASCENTE, A. S.; SANTOS, F. L. S. População de plantas de milho consorciado com *Urochloaruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v.43, n.01, p. 79-87, 2013.

FREDDI, O. S. **Avaliação do intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho cultivado com milho.** 2007. 105f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 2007.

FURLANI, C. E. A; VOLTARELLE, M. A. Plantio mecanizado de cana-de-açúcar: Aspectos sobre o plantio mecanizado e aspectos no campo. **In:** Belardo, G. C.; Cássio, M. T.; Silva, R. P. (Org.). Processos agrícolas mecanizado da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2015, v.01, p. 259-271.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Exigências de uma semeadora-adubadora de precisão variando a velocidade e a condição da superfície do solo. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 920-923, 2005.

FURLANI, C. E. A. *et al.* Demanda energética por semeadora-adubadora em função da haste sulcadora na semeadura do milho. **Revista Ceres**, v.60, n.06, p. 885-889, 2013.
GARCIA, R. F. *et al.* Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.03, p. 417-422, 2011.

GABRIEL FILHO, A. *et al.* Desempenho de trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.03, p.333-339, 2010.

GIMENES, M. J. *et al.* Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da FZVA**, v.15, n.02, p.61-76, 2008.

GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; ROCHA, O. C.; EVANGELISTA, W. **Necessidade hídrica no cultivo de feijão, trigo, milho e arroz sob irrigação no bioma Cerrado.** EMBRAPA – Boletim de pesquisa e desenvolvimento 100, Planaltina/DF, 2004.

HE, J.; HONGWEN, L. *et al.* Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat–maize cropping system in North China Plain. **Soil and Tillage Research**, v.113, n.01, p.48-54, 2011.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos materiais.** 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 670 p. HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics.** 1º Ed. San Diego: Academic Press, 1980. 200p.

KLEIN, V. A. **Física do solo.** 3 ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, p. 263, 2014.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. **Revista Monografias Ambientais, REMOA**, v.13, n.05, p.3915-3925, 2014.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implementação e manejo do sistema plantio direto**. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 36p. 2000.

KOSMINSKY, L.; ZUFFO, A. C. **Nordeste seco e a transposição do rio São Francisco**. São Paulo (SP): Integração (USJT), 2009, p. 167-175.

KURACHIET, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, v. 48, n.02, p.249-262, 1989.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, v.48, n.02, p.249-262, 1989.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Soil and Water Conservation**, v.36, n.06, p.341-3, 1981.

LAIME, E. M. O. *et al.* Sistemas de captação de água "in situ" sobre crescimento de pinhão manso. **Revista Verde**, v.09, n.04, p.230-237, 2014.

LAIME, E. M. O. **Sistemas de captação de água in situ em função do crescimento e produção do pinhão manso**. 2012. 65 f. Dissertação (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Capina Grande, Paraíba, 2012.

LANÇAS, K. P. Subsolagem ou escarificação. **Cultivar Maquinas**, p.34-37. 2002.

LARA JUNIOR, J. A. **Avaliação de cultivares de soja semeadas em solos de várzea com e sem sistema de camalhões**. 2013. 85 f. Dissertação (Mestre Em Agronomia). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, 2013.

LÁZARO, R. de L. *et al.* Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n.01, p. 10-17, 2013.

LEVIEN, R. *et al.* Semeadura direta de milho com dois tipos de sulcadores de adubo em nível e no sentido do declive do terreno. **Revista Ciência Rural**, v. 41, n.06, p.1003-1010, 2011.

LLANILLO, R. F.; GUIMARÃES, M. de F.; FILHO, J. T. Morfologia e propriedades físicas de solo segundo sistemas de manejo em culturas anuais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.05, p.524-530, 2013.

LIMA, C. L. R. de. *et al.* Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.01, p. 89-98, 2010.

LINO, A. C. L.; FILHO, A. P.; STORINO, M. Análise da fragmentação de fitomassa realizada por uma roçadora em área com predominância de capim-colonião. **Bragantia**, v.58, n.02, p.401-407, 1999.

- LONGUI, F. C. **Desempenho de semeadora-adubadora de plantio direto de sementes de *brachiaria brizantha***. 2011. 73f. Dissertação (Mestrado Energia na Agricultura), Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 2011.
- LUCENO, A. A. Process capability index with reliable confidence intervals. **Communications Statistics**, 25: 1996.
- MELO, R. P. *et al.* Análise do controle de qualidade de um terraceador trabalhando em um argissolo vermelho amarelo. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.10, n.02, p.210-216, 2016.
- MIGNOTI, S.A.; FIDELIS, M. T. Aplicando a geoestatística no controle estatístico de processo. **Revista Produto & Produção**, v.5, n.2, p.55-70, 2001.
- MILAN, M.; FERNANDES, R. A. T. Qualidade das operações de preparo de solo por controle estatístico de processo. **Scientia Agrícola**, v.59, n.2, p.261-6, 2002.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 300p.
- MISSIO, C. **Qualidade do plantio mecanizado da cana-de-açúcar**. 2016. 51 f. Dissertação (Mestre Em Agronomia). Universidade Federal da Grande dourados, Dourados Mato Grosso do Sul, 2016.
- MACHADO, T. M. *et al.* Estimativa de gasto energético da operação de subsolagem em profundidades variáveis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.11, p.1121-1125, 2015.
- MACHADO, T. M. *et al.* Estimativa de gasto energético da operação de subsolagem em profundidades variáveis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.11, p.1121-1125, 2015.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da produção de milho. **Circular Técnica 76** – EMBRAPA, Sete lagoas/MG, 2006.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.01, p.176-177, 1962.
- MAHL, D. **Desempenho operacional de semeadora em função de mecanismos de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho**. 2006. 158 f. Tese (Doutor em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP – Campus de Botucatu, Botucatu/SP, 2006.
- MÁRQUEZ, L. Las transmisiones: el escalonamiento de lãs marchas. **Agrotécnica**, n.10, v.03, p.55-62, 2004.
- MARTINS, C. A. S.; NOGUEIRA, N. O. Captação de água da chuva em propriedades rurais. **Nucleus**, v.12, n.01, p.3915-3925, 2015.

- MEDEIROS, G. A. *et al.* Influência do sistema de preparo e manejo de um latossolo vermelho nas suas propriedades físico-hídricas. **Geociências**, v.28, n.04, p. 453-465, 2009.
- MELO, R. P. **Qualidade na distribuição longitudinal de sementes por semeadoras de precisão e fluxo contínuo nas condições edafoclimáticas do Ceará**. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- MELLO, L. M. M. *et al.* Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de forragem e resíduo de palha após pastejo. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.01, p.121-129, 2004.
- MIALHE, L. G. Ensaio & certificação de tratores. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaio & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996, p. 385-462.
- MILLAR, A. A. **Drenagem de terras agrícolas**. São Paulo: McGraw-Hill, 1978. 276 p.
- MION, R. L. *et al.* Análise tridimensional de esforços em elementos rompedores de semeadoras de plantio direto. **Ciência Rural**, v.03, n.04, p.118-229, 2008.
- MODOLO, A. J. *et al.* Semeadura de milho com dois mecanismos sulcadores sob diferentes intensidades de pastejo. **Engenharia Agrícola**, v.33, n.6, p.1200-1209, 2013.
- MONTEIRO, L. A. **Desempenho operacional e energético de um trator agrícola em função do tipo de pneu, velocidade de deslocamento, lastragem líquida e condição superficial do solo**. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- MDIC. (2014). Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Estatísticas do Comércio Exterior** – Sistema Aliceweb.
- NDMC, 2007: Inaugural Annual Report 2006- 2007. National Disaster Management Centre, **Provincial and Local Government Department**, Pretoria, South Africa, 172p.
- NICOLAU, F. E. A. **Desempenho energético e operacional do conjunto trator-semeadora em função de coberturas do solo e mecanismos sulcadores: atributos físicos do solo e produtividade do milho**. 2016. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola), Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, 2016.
- NUNES, M. R. *et al.* Efeito de semeadora com haste sulcadora para ação profunda em solo manejado com plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.38, n.02, p. 627-638, 2014.
- OLIVEIRA, J. B.; ALVES, J. J.; FRANÇA, F. M. C. Práticas de manejo e conservação de solo e água no semiárido do Ceará. **Secretaria dos Recursos Hídricos**, Fortaleza, 2010.

- OLIVEIRA, J. G. R. *et al.* Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes. **Boletim de Geografia**, v.30, n.03, p.91-98, 2012.
- OTSUBO, A. A.; SILVA, R. F.; MERCANTE, F. M. **Produtividade de mandioca cultivada em plantio direto sobre diferentes plantas de cobertura**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 4 p. (Circular técnica 21).
- ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HERNANZ, J. L. **Técnica de la mecanización agrária**. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, 1989, 643p.
- PANDOLFI, F. Alterações na porosidade total do solo de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes coberturas vegetais. **In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, 11., 2007, São José dos Campos, SP. **Anais...** São José dos Campos, SP: Universidade do Vale do Paraíba, 2007. p. 3412-3415.
- PAIXÃO, C. S. S. **Tempos, movimentos e qualidade da operação de colheita mecanizada de soja em função do formato dos talhões**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/UNESP, Jaboticabal, 2015.
- PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. **Melhoramento do milho**. In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa, [s.n.], p.429-485, 1999.
- PAULINI, D. G.; MILAN, M.; SALVI, J. V. Qualidade total. **Cultivar Máquina**, v. 85, n.01, p.112-119, 2009.
- PELOIA, P. R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.04, p.681-691, 2010.
- PINTO, O. R. O. **Manejo do sorgo granífero submetido a diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicadas pelo método convencional e por fertirrigação**. 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2008.
- REBOUÇAS, A. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Revista de Estudos Avançados**, São Paulo (SP), 1997, p. 127-154.
- REICHERT, J. M. *et al.* Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, v.102, n.2, p.242-254, 2009.
- RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, S. T. **Controle estatístico do processo**: cartas de controle para variáveis, cartas de controle para atributos, função de perda quadrática, análise de sistemas de medição. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2011. 156 p.
- RODRIGUES, J. G. L. *et al.* Demanda energética de máquinas agrícolas na implantação da cultura do sorgo forrageiro. **Revista Energia na Agricultura**, v.26, n.01, p.65-77, 2011.

RUSSINI, A. **Estimativa do desempenho de tratores agrícolas em campo e pista a partir do ensaio dinamométrico**. 2012. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, 2012.

SANGOI, L. *et al.* Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos. **Lages Graphel**, v.27, n.233, p.242-254, 2010.

SANTOS, A. R.; SANTOS, C. A.; SANTOS, A. R. As relações de poder no semiárido nordestino. **Revista Ambivalências**, v.02, n.04, p. 51-164, 2014.

SANTOS, P. R. A. **Consórcio de milho com forrageiras: atributos físicos do solo e produtividade**. 2015. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, 2015.

SANTOS, V. C. *et al.* Performance of a seeder according to the displacement velocity and furrowing mechanism of fertilizer deposition. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.03, p.286-291, 2016.

SEKI, A. S.; BENEZ, S. H.; DA SILVA, P. R. A. Desempenho operacional de semeadora e produtividade do milho em plantio direto e cultivo mínimo. **Energia na Agricultura**, v.27, n.01, p. 101-109, 2012.

SEVENHUIJSEN, R. J. Surface drainage systems. In: RITZENA, H. P.(Ed). **Drainage principles and applications**. Wageningen: ILRI,1994. p. 799-826.

SILVA, A. R.; JUNIOR, A. R. S.; LEITE, F, P. Avaliação da intensidade de tráfego e carga de um forwarder sobre a compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.547-554, 2011.

SILVA, E. E. *et al.* Sistemas de captação de água *in situ* sobre o crescimento e rendimento do sorgo forrageiro (*sorghum bicolor* l. moench). **Acta Kariri Pesquisa e Desenvolvimento**, v.01, n.01, p.48-58, 2016.

SILVA, R. P. *et al.* Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v.28, n.02, p. 292-304, 2008.

SILVA, R. P. *et al.* Qualidade da operação do preparo reduzido do solo e transplântio mecanizado de mudas de café. **Coffee Science**, v.09, n.01, p.51-60, 2014.

SILVA, E. P. **Elementos finitos como ferramenta auxiliar na análise estrutural estática de uma colhedora decafé do tipo automotriz**. 2013. 143 f. Dissertação (Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2013.

SILVA, V. R.; REINERT, D. R.; REICHERT, L. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.1, p.191-199, 1999.

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n. 01, p. 23-30, 2006.

SILVA, M. C.; GAMERO, C. A. Qualidade da operação de semeadura de uma semeadora-adubadora de Plantio direto em função do tipo de martelete e velocidade de deslocamento. **Revista Energia na Agricultura**, v.25, n. 01, p. 85-102, 2010.

SILVA, E. C. *et al.* Adubação verde como fonte de nutrientes às culturas. **In:** Adubação verde e plantas de cobertura: Fundamentos e práticas. Brasília/DF: Embrapa, v.02, n.03, p.61-167, 2014.

SILVA, M. A. de A. E. *et al.* Propriedades físico-hídricas, desenvolvimento radicular e produtividade da soja em dois tipos de manejos de solo. **Revista Irriga**, v. 17, n.03, p.387 - 396, 2012.

SILVA, R. F. da. *et al.* Atributos físicos e teor de matéria orgânica na camada superficial de um argissolo vermelho cultivado com mandioca sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p.2435-2441, 2008.

SILVEIRA, J. C. M. da. *et al.* Demanda energética de uma semeadora-adubadora em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do motor. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 44-52, 2013.

SILVEIRA, G.M.; SIERRA, J. G. Eficiência energética de tratores agrícolas fabricados no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p. 418-424, 2010.

SOUSA, A. *Met al.* Comportamento dos preços de milho e feijão caupi no mercado do estado do Ceará. **Revista Verde**, v.10, n. 5, p. 01 - 08, 2015.

SOARES, E. Seca no Nordeste e a transposição do rio São Francisco. **Universidade Estadual Paulista**, v. 09, n.02, p.42-435, 2013.

SOUSA, V. F. O. **Seleção de genótipos de girassol adaptados ao ambiente semiárido:** estudo da produtividade de biomassa, grãos e óleo. 2014. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso (Licenciatura Plena em Ciências Agrárias)- Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2014.

SOUSA, F. A. *et al.* Cultivo da cultura do girassol sob técnicas de captação de água in situ no semiárido da Paraíba. **INTESA**, v. 7, n.1, p. 84 -90, 2013.

STOETERAU, Rodrigo Lima. **Introdução ao projeto de Máquinas-Ferramentas modernas.** Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2004.

SPIEGEL, M. R.; STEPHENS, L. J, 2009. **Estatística.** Porto Alegre. 591 p.

TEIXEIRA, F.F.; COSTA, M.F. **Caracterização de recursos genéticos de milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 10p. (Comunicado Técnico 155).

THOMAZINI, A.; AZEVEDO, H. C. A.; MENDONÇA, E. S.; Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas conservacionistas e convencionais de café no sul do estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.07, n.02, p.48-54, 2012.

- TORMENA, C. A. *et al.* Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.08, n.01, p.65-71, 2004.
- TOLEDO, G. L.; OVALLE, I. I. **Estatística Básica**. 2. ed. Câmara Brasileira de Livro, São Paulo/SP, 2014.
- TROGELLO, E. *et al.* Desenvolvimento do milho sobre diferentes manejos de palhada, sulcadores e velocidades de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.02, p. 142-153, 2014.
- TROGELLO, E. *et al.* Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura direta da cultura do milho. **Bragantia**, v.72, n.01, p.101-109, 2013.
- WANDERLEY, J. A. C. *et al.* Crescimento do girassol sob sistema de captação de água “in situ” e adubação orgânica. **Revista Verde**, v.09, n.02, p.129-138, 2014.
- VALE, W. G. *et al.* Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante a operação de roçagem. **Global Science and Technology**, v.04, n.02, p.68 -75, 2011.
- VALE, W. G. *et al.* Desempenho de conjunto trator e semeadora-adubadora na semeadura direta de *Crotalaria juncea*. **Global Science and Technology**, v.03, n.02, p.78-86, 2010.
- VENEGAS, F.; SCUDELER, F. Diferentes coberturas vegetais na produção do milho (*Zea mays L.*). **Revista Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v.16, n.02, p.09-20, 2012.
- VIERA, V. P. P. B. **Desenvolvimento sustentável e gestão de recursos hídricos no Nordeste semiárido**. II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Fortaleza (CE), 1994, p. 1-10.
- VIZZOTTO, V. R. **Desempenho de mecanismos sulcadores em semeadora-adubadora sobre os atributos físicos do solo em Várzea no comportamento da cultura da soja (*Glycine max L.*)**. 2014. 79 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2014.
- ZONTA, M. V. **Desenvolvimento de uma derriçadora montada para colheita de frutos do cafeeiro em regiões de montanha**. 2016. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2016.

APÊNDICE

APENDICE A -Resultados da análise estatística descritiva básica para os parâmetros de desempenho energético e operacional.

Tabela 44-Estatística descritiva para velocidade, consumo em L h⁻¹, consumo em ha h⁻¹, capacidade de campo operacional (Cco) e capacidade de campo efetiva (Cce)

Estatística descritiva	Velocidade (km h ⁻¹)	Cosumo (L h ⁻¹)	Cosumo (L ha ⁻¹)	Cco (ha h ⁻¹)	Cce (ha h ⁻¹)
Média	6,69	14,05	16,11	0,90	1,20
Desvio padrão	1,81	2,69	3,08	0,24	0,33
Variância	3,27	7,26	9,51	0,06	0,11
Curtose	0,37	0,28	1,63	0,37	0,37
Assimetria	0,72	0,71	0,52	0,72	0,72
Intervalo	7,10	11,04	14,07	0,96	1,28
Mínimo	3,67	9,44	9,63	0,50	0,66
Máximo	10,78	20,48	23,70	1,46	1,94

Tabela 45-Estatística descritiva para força, potência, patinamento dos rodados de anteiro (PRD) e traseiros (PRT) do trator

Estatística descritiva	Força (KN)	Potência (kW)	PRD (%)	PRT (%)
Média	12,21	23,14	11,60	11,16
Desvio padrão	1,92	8,55	1,19	1,89
Variância	3,69	73,05	1,41	3,57
Curtose	-1,13	0,48	-1,28	-1,03
Assimetria	-0,27	0,78	0,46	0,23
Intervalo	6,31	32,22	3,62	6,66
Mínimo	8,95	9,18	10,06	8,01
Máximo	15,26	41,40	13,68	14,67

Tabela 46-Estatística descritiva para área de solo mobilizada, perfil de elevação, empolamento do solo e resistência específica

Estatística descritiva	Área mobilizada (m ²)	Elevação (m ²)	Empolamento (%)	Resistência (KN m ⁻²)
Média	0,05	0,03	70,85	277,80
Desvio padrão	0,01	0,02	30,29	74,61
Variância	0,00	0,00	917,39	5566,58
Curtose	-1,27	-1,00	-0,90	-0,61
Assimetria	0,35	0,17	-0,53	0,61
Intervalo	0,03	0,05	98,00	259,92
Mínimo	0,03	0,01	12,58	181,17
Máximo	0,06	0,06	110,57	441,09

APENDICE B - resultados da análise estatística descritiva básica para os parâmetros de qualidade do processo de semeadura.

Tabela 47-Estatística descritiva para espaçamentos normais, múltiplos, falhos e patinamento dos rodados da semeadora (PS)

Estatística descritiva	NORMAL (%)	MÚLTIPLO (%)	FALHO (%)	PS (%)
Média	76,87	9,88	13,45	5,03
Desvio padrão	11,76	6,97	8,64	1,88
Variância	138,28	48,54	74,60	3,54
Curtose	-0,40	-1,07	-0,49	-0,77
Assimetria	-0,20	0,43	0,43	0,63
Intervalo	44,00	21,58	31,00	5,85
Mínimo	56,00	1,00	1,00	2,60
Máximo	100,00	22,58	32,00	8,45

Tabela 48-Estatística descritiva para profundidade de deposição de adubo (PDA), profundidade de deposição de semente (PDS), numero de dias de emergência de plântulas (NDE) e índice de velocidade de emergência (IVE)

Estatística descritiva	PDA	PDS	NDE	IVE
Média	6,83	3,70	7,65	5,84
Desvio padrão	0,79	0,82	0,25	0,43
Variância	0,62	0,66	0,06	0,19
Curtose	-1,32	-1,29	1,71	0,31
Assimetria	0,23	0,25	0,54	-0,21
Intervalo	2,67	2,73	1,19	1,86
Mínimo	5,66	2,54	7,16	4,80
Máximo	8,33	5,27	8,35	6,66

APENDICE C – Resultados da análise estatística descritiva básica para os parâmetros de qualidade do processo de formação do sulco-camalhão.

Tabela 49-Estatística descritiva para profundidades do sulcoem dois locais de semeadura e três velocidades

Estatística descritiva	Semeadura no camalhão			Semeadura dentro do sulco		
	Velocidade			Velocidade		
	5,28 (km h ⁻¹)	6,19 (km h ⁻¹)	8,59 (km h ⁻¹)	5,28 (km h ⁻¹)	6,19 (km h ⁻¹)	8,59 (km h ⁻¹)
Média	10,17	9,90	11,36	14,90	14,96	13,85
Desvio padrão	1,12	0,76	1,95	1,38	1,26	0,93
Variância	1,24	0,57	3,78	1,91	1,60	0,87
Curtose	0,41	-0,31	0,04	0,20	-0,53	0,42
Assimetria	-0,21	0,29	0,32	0,44	-0,36	-0,25
Intervalo	5,80	3,55	10,50	7,30	5,40	5,20
Mínimo	7,20	8,30	6,50	12,30	12,10	10,80
Máximo	13,00	11,85	17,00	19,60	17,50	16,00

Tabela 50-Estatística descritiva para altura do camalhãem dois locais de semeadura e três velocidades

Estatística descritiva	Semeadura no camalhão			Semeadura dentro do sulco		
	Velocidade			Velocidade		
	5,28 (km h ⁻¹)	6,19 (km h ⁻¹)	8,59 (km h ⁻¹)	5,28 (km h ⁻¹)	6,19 (km h ⁻¹)	8,59 (km h ⁻¹)
Média	11,12	10,90	11,71	15,40	15,46	14,35
Desvio padrão	0,86	0,76	2,59	1,38	1,26	0,93
Variância	0,74	0,57	6,71	1,91	1,60	0,87
Curtose	-0,48	-0,31	2,39	0,20	-0,53	0,42
Assimetria	-0,43	0,29	1,01	0,44	-0,36	-0,25
Intervalo	3,70	3,55	15,50	7,30	5,40	5,20
Mínimo	9,00	9,30	5,80	12,80	12,60	11,30
Máximo	12,70	12,85	21,30	20,10	18,00	16,50

Tabela 51-Estatística descritiva para o paralelismo entre sulcos em dois locais de semeadura e três velocidades

Estatística descritiva	Semeadura no camalhão			Semeadura dentro do sulco		
	Velocidade			Velocidade		
	5,28 (km h ⁻¹)	6,19 (km h ⁻¹)	8,59 (km h ⁻¹)	5,28 (km h ⁻¹)	6,19 (km h ⁻¹)	8,59 (km h ⁻¹)
Média	59,38	59,32	58,02	59,47	58,66	60,06
Desvio padrão	2,01	0,99	1,02	0,97	1,63	1,31
Variância	4,03	0,99	1,04	0,94	2,67	1,70
Curtose	-0,29	1,99	0,41	-0,27	-0,80	2,18
Assimetria	0,58	-0,92	-0,03	0,03	0,02	-0,79
Intervalo	9,30	5,79	5,66	4,50	7,08	8,03
Mínimo	55,90	55,76	55,00	57,20	55,30	54,67
Máximo	65,20	61,55	60,66	61,70	62,38	62,70

Tabela 52-Estatística descritiva para área do canal em dois locais de semeadura e três velocidades

Estatística descritiva	Semeadura no camalhão			Semeadura dentro do sulco		
	Velocidade			Velocidade		
	5,28 (km h ⁻¹)	6,19 (km h ⁻¹)	8,59 (km h ⁻¹)	5,28 (km h ⁻¹)	6,19 (km h ⁻¹)	8,59 (km h ⁻¹)
Média	255,73	192,99	213,80	356,67	354,78	292,32
Desvio padrão	22,25	15,30	36,53	36,35	31,10	20,67
Variância	494,86	234,12	1334,41	1321,53	967,28	427,10
Curtose	-0,24	-0,19	0,00	0,65	-0,42	0,56
Assimetria	-0,49	0,38	0,22	0,46	-0,47	-0,24
Intervalo	108,26	74,15	197,50	208,09	130,18	127,29
Mínimo	192,50	161,85	117,00	287,06	281,93	220,59
Máximo	300,76	236,00	314,50	495,15	412,11	347,88

APENDICE D – Resultados da análise estatística descritiva básica para os parâmetros de avaliação da cultura do milho.

Tabela 53-Estatística descritiva para população inicial, população final e índice de sobrevivência

Estatística descritiva	População Inicial (Plantas ha ⁻¹)	População Final (Plantas ha ⁻¹)	Índice de Sobrevivência (%)
Média	62321,40	39583,32	63,55
Desvio padrão	1142,09	6598,80	10,76
Variância	1304378,73	43544203,85	115,75
Curtose	-0,54	0,67	0,65
Assimetria	-0,70	-0,56	-0,53
Intervalo	3333,33	28333,32	46,94
Mínimo	59999,98	23333,32	36,84
Máximo	63333,31	51666,65	83,78

Tabela 54-Estatística descritiva para altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo

Estatística descritiva	Altura de Planta (m)	Altura de Inserção da 1ª Espiga (m)	Diâmetro do Colmo (mm)
Média	0,78	1,52	19,99
Desvio padrão	0,07	0,14	2,12
Variância	0,00	0,02	4,49
Curtose	-0,09	-1,18	-1,76
Assimetria	0,31	-0,02	0,07
Intervalo	0,27	0,48	5,90
Mínimo	0,67	1,28	17,00
Máximo	0,93	1,75	22,90

Tabela 55-Estatística descritiva para número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira e massa de 1000 grãos (g)

Estatística descritiva	Número de Fileiras/Espiga	Número de Grãos/fileira	Massa de 1.000 grãos (g)
Média	14,52	29,83	287,87
Desvio padrão	0,71	3,33	25,96
Variância	0,50	11,09	674,05
Curtose	0,97	-0,94	1,16
Assimetria	0,30	-0,39	0,62
Intervalo	3,40	11,00	121,10
Mínimo	12,80	23,80	240,90
Máximo	16,20	34,80	362,00

Tabela 56-Estatística descritiva para número de espigas por hectare, prolificidade, produtividade e matéria seca do milho

Estatística descritiva	Número de Espigas/hectare	Prolificidade	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Matéria Seca de milho (kg ha ⁻¹)
Média	42321,41	0,93	2243,53	7751,92
Desvio padrão	6208,63	0,06	1294,34	2059,16
Variância	38547147,29	0,00	1675310,39	4240152,01
Curtose	-0,39	1,84	-1,49	-0,76
Assimetria	-0,14	-1,13	-0,19	-0,21
Intervalo	23333,32	0,26	3674,94	7959,80
Mínimo	29999,99	0,74	129,05	4173,93
Máximo	53333,31	1,00	3803,99	12133,72

APÊNDICE E – Resultados da análise estatística descritiva básica para os parâmetros físicos do solo.

Tabela 57-Estatística descritiva para resistência do solo à penetração e umidade do solo nas para semeadura em cima do camalhão nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m

Estatística Descritiva	Profundidades (m)					
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
	Resistência (MPa)			Umidade (%)		
Média	0,32	0,55	0,83	12,40	13,28	12,79
Desvio padrão	0,04	0,14	0,21	1,91	2,89	2,59
Variância	0,00	0,02	0,04	3,64	8,36	6,73
Curtose	0,90	0,16	-0,28	1,16	0,38	1,41
Assimetria	0,06	0,86	0,90	0,11	0,20	0,86
Intervalo	0,16	0,49	0,65	8,92	12,52	11,50
Mínimo	0,23	0,39	0,64	7,92	6,67	8,67
Máximo	0,39	0,88	1,29	16,84	19,20	20,17

Tabela 58-Estatística descritiva para resistência do solo à penetração e umidade do solo para semeadura dentro do sulco nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m

Estatística Descritiva	Profundidades (m)					
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
	Resistência (MPa)			Umidade (%)		
Média	0,40	1,05	1,64	13,35	11,67	11,73
Desvio padrão	0,07	0,49	0,82	1,62	2,84	1,70
Variância	0,00	0,24	0,67	2,64	8,09	2,89
Curtose	0,30	-1,18	-0,17	0,47	0,54	-0,26
Assimetria	0,71	0,62	1,07	0,48	0,70	0,37
Intervalo	0,25	1,49	2,54	7,11	11,74	6,56
Mínimo	0,31	0,48	0,80	10,23	7,32	8,83
Máximo	0,56	1,97	3,34	17,34	19,06	15,39