



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

MARIA ALBERTINA MONTEIRO DOS REIS

**SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO ASSOCIADO À DIFERENTES LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO MILHO**

FORTALEZA

2018

MARIA ALBERTINA MONTEIRO DOS REIS

SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO ASSOCIADO À DIFERENTES LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO MILHO

Dissertação de Mestrado 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.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli.

Coorientador: Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva.

FORTALEZA

2018

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)

- R311s Reis, Maria Albertina Monteiro dos.
Sistemas de preparo do solo associado à diferentes lâminas de irrigação na cultura do milho / Maria Albertina Monteiro dos Reis. – 2018.
132 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli.
Coorientação: Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva.
1. Convencional. 2. Escarificador. 3. Semeadura direta. 4. Evapotranspiração. I. Título.
- CDD 630
-

MARIA ALBERTINA MONTEIRO DOS REIS

SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO ASSOCIADO À DIFERENTES LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO MILHO

Dissertação de Mestrado 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.

Aprovada em: ___/___/2018.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)

“Bom é quando cada um pode ter o direito de pensar igual ou diferente, bom é a liberdade de você ter a condição de falar e se expressar respeitando o direito do outro. Você para ter o direito de dizer o que você pensa, você tem que ter a obrigação de ouvir o que o outro diz. ”

Francisco das Chagas Dias Monteiro

RESUMO

A produção de milho verde apesar de pouco explorada gera maior renda que a produção de milho para grãos, isso se deve ao maior valor do produto comercializado (espiga), além de permitir o posterior aproveitamento da planta para alimentação animal ou cobertura do solo. A água é um fator limitante para o desenvolvimento das plantas, principalmente em regiões mais secas, sendo necessários estudos para o melhor aproveitamento dos recursos hídricos nessas regiões. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a produção de milho verde e silagem em três sistemas de preparo do solo associados à cinco lâminas de irrigação. As avaliações foram realizadas na área de experimentação agrícola pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC – Campus do Pici) durante dois ciclos de produção (07/04/2017 – 05/07/2017 e 29/08/2017 – 20/11/2017). Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de preparo do solo, P1 – preparo convencional (arado + grade), P2 – escarificador e P3 – semeadura direta e cinco lâminas de irrigação com base na evapotranspiração da cultura L1 – 25%, L2 – 50%, L3 – 75%, L4 – 100% e L5 – 150%. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial (3x5), com quatro repetições totalizando 60 unidades experimentais. Foi avaliado o desempenho operacional do conjunto trator-semeadora (velocidade de deslocamento, patinamento dos rodados, consumo e capacidade operacional), o desempenho agrônomo/fitotécnico do milho e a viabilidade econômica dos tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade para variáveis qualitativas e análise de regressão para variáveis quantitativas. É possível concluir que para as condições estudadas o preparo convencional proporciona melhor desempenho operacional do conjunto trator-semeadora, com maior velocidade de deslocamento e maior capacidade de campo operacional. A lâmina de irrigação de 25% da evapotranspiração proporciona maior eficiência no uso da água, tendo maior produção com menor volume de água aplicado. A melhor viabilidade econômica no primeiro ciclo ocorreu no preparo do solo realizado com escarificador associado à lâmina de 25% da ETc e no segundo ciclo ocorreu na semeadura direta associada à lâmina de irrigação de 150% da ETc da cultura.

Palavras-chave: Convencional. Escarificador. Semeadura direta. Evapotranspiração.

ABSTRACT

The green corn production even though little explore create higher income that the grain corn production, this occurs to the bigger value of the commercialized product (ears), besides allow later plant exploitation for the animal alimentation or soil cover. The water is a limiting factor for the plants development, principally in dry regions, being necessarily studies for the better use of water resources in these regions. The goal of this study is to evaluate the production of green corn and silage in three tillage systems associated to five depths of irrigation. The evaluations were realized in the agricultural experimental area belonging to the Department of Agricultural Engineering of the University Federal of Ceará (UFC – Campus of Pici), for two production cycles (07/04/2017 – 05/07/2017 and 29/08/2017 – 20/11/2017). The treatments were made by three tillage systems, P1 – conventional tillage (plough + harrow), P2 – chisel plow and P3 – no tillage and five depths of irrigation based on the crop evapotranspiration L1 – 25%, L2 – 50%, L3 – 75%, L4 – 100% and L5 – 150%. The experimental design used was randomized blocks (DBC), in a 3x5 factorial arrangement in four replications, resulting in 60 treatments. The evaluated were the operational performance of the set tractor-seeder (displacement speed, wheels slippage, consumption and operational capacity), the agronomic/phytotecnyc performance of the corn and the economic viability of treatments. The data was submitted to an analysis of variance and when significant was submitted to a 5% of probability Tukey for qualitative variables and regression analysis for quantitative variables. It was concluded that to the studied conditions the conventional tillage provide better operational performance of the set tractor-seeder with higher displacement speed and higher operational field capacity. The depth irrigation of 25% to the evapotranspiration provide higher water use efficiency, obtained more production with less water volume applied. The better economic viability at first production cycle was obtained in tillage system of chisel plow associated to depth of 25% of ETc and at the second cycle it was in no tillage system associated to depth of 150% of ETc.

Keywords: Conventional. Chisel plow. No tillage. Evapotranspiration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área experimental.....	36
Figura 2 - Temperaturas média, máxima e mínima e precipitação durante o primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) de produção do milho.	37
Figura 3 - Sementes tratadas (B) e produtos utilizados no tratamento das sementes (A).	41
Figura 4 - Operação de preparo do solo com arado (A), grade (B) e escarificador (C).	42
Figura 5 - Operação de semeadura do milho.	43
Figura 6 - Armação utilizada para a coleta de material vegetal na superfície do solo.	46
Figura 7 - Avaliação da altura da planta de milho (A), altura de inserção da primeira espiga (B) e diâmetro do colmo (C).	48
Figura 8 - Pesagem das espigas com palha (A) e sem palha (B).	49
Figura 9 - Material picotado da planta de milho para produção de silagem.	50
Figura 10 - Teste de infiltração.	51
Figura 11 - Curvas da velocidade de infiltração (A) e infiltração acumulada (B) medidos pelo infiltrômetro.	51
Figura 12 - Lâmina de água requerida durante o primeiro ciclo (A) e o segundo ciclo (B) de produção do milho.	56
Figura 13 - População final de plantas em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.	70
Figura 14 - Matéria fresca (MF) e matéria de silagem (MS) em função das lâminas de irrigação aplicadas no primeiro ciclo de produção do milho.	73
Figura 15 - Altura de planta em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.	77
Figura 16 - Altura de inserção da primeira espiga em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.	78
Figura 17 – Matéria fresca (MF) e matéria seca (MS) de silagem em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.	79
Figura 18 – Número de fileiras por espiga em função das lâminas de irrigação aplicadas no primeiro ciclo de produção do milho.	82
Figura 19 – Diâmetro da espiga em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.	84
Figura 20 – Número de fileiras por espiga em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.	85

Figura 21 - Número de grãos por fileira em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.	86
Figura 22 – Eficiência do uso da água em função das lâminas de irrigação aplicadas no primeiro ciclo de produção do milho.....	88
Figura 23 – Produtividade do milho verde em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.	91
Figura 24 – Eficiência do uso da água de espigas com palha em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas iniciais do solo avaliadas nas camadas de 0 – 20 e 20 - 40 cm.....	38
Tabela 2 - Análise granulométrica do solo avaliada nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.	39
Tabela 3 - Caracterização física do solo.....	39
Tabela 4 - Coeficiente de cultura para os diferentes estádios fenológicos do milho.....	54
Tabela 5 - Análise de variância e teste de médias para os parâmetros avaliados no desempenho operacional no processo de semeadura do milho no primeiro ciclo de produção....	59
Tabela 6 - Análise de variância e teste de médias para os parâmetros avaliados no desempenho operacional no processo de semeadura do milho no segundo ciclo de produção.	60
Tabela 7 - Análise de variância para distribuição longitudinal de plantas e matéria seca inicial no primeiro ciclo de produção do milho.	62
Tabela 8 - Teste de médias para espaçamentos falhos e matéria seca inicial no primeiro ciclo de produção do milho.	63
Tabela 9 - Análise de variância para distribuição longitudinal de plantas e matéria seca inicial no segundo ciclo de produção do milho.....	64
Tabela 10 - Teste de médias para matéria seca inicial no segundo ciclo de produção do milho.	65
Tabela 11 - Análise de variância para número de dias de emergência, população inicial de plantas e população final de plantas no primeiro ciclo de produção do milho.....	66
Tabela 12 - Teste de médias para população inicial e final de plantas no primeiro ciclo de produção do milho.	67
Tabela 13 - Análise de variância para número de dias de emergência, população inicial de plantas e população final de plantas no segundo ciclo de produção do milho.	68
Tabela 14 - Teste de médias para população inicial de plantas no segundo ciclo de produção do milho.....	69
Tabela 15 - Análise de variância para altura da planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo e matéria fresca e matéria seca de silagem no primeiro ciclo de produção do milho.	71
Tabela 16 - Teste de médias para altura de inserção da primeira espiga no primeiro ciclo de produção do milho.	72

Tabela 17 - Análise de variância para altura da planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo e matéria fresca e matéria seca de silagem no segundo ciclo de produção do milho.	74
Tabela 18 - Teste de médias para altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo no segundo ciclo de produção do milho.	75
Tabela 19 - Análise de variância para comprimento da espiga, diâmetro da espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira no primeiro ciclo de produção do milho.	80
Tabela 20 - Análise de variância para comprimento da espiga, diâmetro da espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira no segundo ciclo de produção do milho.	83
Tabela 21 - Análise de variância para produtividade de espigas com palha e sem palha e eficiência do uso da água no primeiro ciclo de produção do milho.	86
Tabela 22 - Análise de variância para produtividade de espigas com palha e sem palha e eficiência do uso da água no segundo ciclo de produção do milho.	89
Tabela 23 - Teste de médias para produtividade de espiga sem palha no segundo ciclo de produção do milho.	90
Tabela 24 – Custo de produção para instalação de 1 ha de milho em plantio convencional (continua).	93
Tabela 25 - Custo de produção para instalação de 1 ha de milho em plantio convencional (continuação).	94
Tabela 26 - Custo de produção para instalação de 1 ha de milho em preparo do solo com uso de escarificador (continua).	95
Tabela 27 - Custo de produção para instalação de 1 ha de milho em preparo do solo com uso de escarificador (continuação).	96
Tabela 28 - Custo de produção para instalação de 1 ha de milho em semeadura direta (continua).	97
Tabela 29 - Custo de produção para instalação de 1 ha de milho em semeadura direta (continuação).	98
Tabela 30 – Análise econômica da produção de milho verde e silagem de milho no primeiro ciclo de produção do milho.	99
Tabela 31 - Análise econômica da produção de milho verde e silagem de milho no segundo ciclo de produção do milho.	100

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Cultura do milho.....	15
2.1.1	<i>Produção de milho verde</i>	<i>17</i>
2.1.2	<i>Produção de silagem de milho.....</i>	<i>20</i>
2.2	Água na agricultura.....	22
2.2.1	<i>Manejo da irrigação.....</i>	<i>23</i>
2.3	Sistemas de preparo do solo.....	26
2.3.1	<i>Sistema convencional</i>	<i>28</i>
2.3.2	<i>Escarificador</i>	<i>29</i>
2.3.3	<i>Semeadura direta</i>	<i>31</i>
2.4	Análise econômica.....	33
3	MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1	Local.....	36
3.2	Solo	38
3.3	Histórico da área.....	40
3.4	Delineamento experimental	40
3.5	Insumos.....	40
3.5.1	<i>Milho</i>	<i>40</i>
3.5.1.1	<i>Tratamento de sementes</i>	<i>41</i>
3.5.2	<i>Fertilizantes.....</i>	<i>41</i>
3.5.3	<i>Defensivos Agrícolas.....</i>	<i>41</i>
3.6	Máquinas e Equipamentos.....	42
3.7	Desempenho operacional do conjunto trator-semeadora	43
3.7.1	<i>Velocidade real de deslocamento</i>	<i>43</i>
3.7.2	Patinamento.....	44
3.7.3	<i>Consumo de combustível</i>	<i>44</i>
3.7.3.1	<i>Consumo horário de combustível</i>	<i>44</i>
3.7.3.2	<i>Consumo operacional de combustível</i>	<i>44</i>
3.7.4	<i>Capacidade de campo operacional.....</i>	<i>45</i>
3.8	Avaliações fitotécnicas e componentes de produção na cultura do milho.....	45
3.8.1	<i>Matéria seca</i>	<i>45</i>

3.8.2	<i>Número médio de dias para a emergência de plântulas de milho</i>	46
3.8.3	<i>Distribuição longitudinal de plântulas</i>	47
3.8.4	<i>População inicial e final de plantas</i>	47
3.8.5	<i>Altura de planta, altura de inserção de 1ª espiga e diâmetro do colmo</i>	47
3.8.6	<i>Número de fileiras, número de grãos por fileira, comprimento da espiga e diâmetro da espiga</i>	48
3.8.7	<i>Produtividade de espigas com palha e sem palha</i>	48
3.8.8	<i>Produção de matéria seca para silagem</i>	49
3.9	Água no solo	50
3.9.1	<i>Teste de infiltração</i>	50
3.9.2	<i>Sistema de irrigação</i>	53
3.9.3	<i>Tempo de irrigação</i>	53
3.9.4	<i>Eficiência do uso da água</i>	57
3.10	Avaliação do desempenho econômico	57
3.11	Análise Estatística dos dados	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1	Desempenho operacional do conjunto trator-semeadora	59
4.2	Características fitotecnicas e componentes da produção de milho	62
4.3	Análise econômica	93
5	CONCLUSÃO	103
	REFERÊNCIAS	104
	APENDICE A – ASSIMETRIA E CURTOSE PARA TODOS OS PARÂMETROS AVALIADOS NO PRIMEIRO CICLO DE PRODUÇÃO DO MILHO VERDE	125
	APENDICE B – ASSIMETRIA E CURTOSE PARA TODOS OS PARÂMETROS AVALIADOS NO SEGUNDO CICLO DE PRODUÇÃO DO MILHO VERDE	127

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, observa-se grande escassez de água no mundo. Uma das principais causas dessa escassez de água é o seu uso indiscriminado, que associado à falta de chuva, aumentam a gravidade do problema. Dessa forma, torna-se necessária a conscientização para o uso correto dessa água, principalmente na agricultura, um dos principais setores responsáveis pelo gasto dispendioso de água.

Para suprir a necessidade da população por alimentos, torna-se necessário o aumento da produtividade por unidade de área. Esse aumento de produtividade deve ocorrer associado ao uso consciente dos recursos naturais, como água e conservação do solo, minimizando o impacto ambiental causado por esses fatores. A fim de se alcançar níveis mais altos de produção é primordial suprir a necessidade hídrica e de nutrientes da planta, pois maiores produções exigirão maiores retiradas de nutrientes do solo, podendo causar uma exaustão no mesmo, sendo necessários o aumento do uso de fertilizantes e insumos, que acarretarão em maiores custos de produção.

Como citado anteriormente, a agricultura é responsável por consumir grande parte da água disponível, portanto é indispensável o manejo adequado desse recurso, para tanto deve-se fornecer apenas a quantidade de água requisitada pela cultura, aliado a isso o uso de sistemas de irrigação localizado, também, diminuem o desperdício de água.

Dessa forma, torna-se necessária o estudo do uso mais eficiente da água, a fim de se obter maiores produções que sejam economicamente viáveis. Aliado a isso o uso indiscriminado de máquinas agrícolas vêm causando a degradação e exaustão do solo.

O aumento de operações agrícolas mecanizadas nos solos, assim como a aplicação de fertilizantes e corretivos, causa cada vez mais degradação na sua estrutura. Portanto, observa-se a necessidade de um manejo conservacionista do solo, reduzindo as operações mecanizadas e aproveitando o material vegetal presente no solo como fonte de nutrientes e, também, melhor estruturação do mesmo, permitindo melhor infiltração de água. As reduções das operações agrícolas nos sistemas de produção irão causar menores custos de produção.

O preparo do solo tem como objetivo retirar e incorporar restos culturais, melhorar as condições de germinação e emergência, proporcionando melhor desenvolvimento das culturas. Para que haja um bom desenvolvimento da cultura é necessário levar em consideração o ambiente do solo, pois as condições do solo podem modificar diretamente o desempenho da semeadora-adubadora, o que torna importante a avaliação do comportamento das máquinas sobre diferentes sistemas de preparo do solo.

Existem diferentes máquinas para realizar a operação de preparo do solo antes da implantação das culturas, todas com a finalidade de proporcionar condições ideais para germinação e desenvolvimento das sementes. A máquina mais adequada é decidida a partir da análise da área agrícola, com base na análise do tipo de solo, cultura anteriormente cultivada na área e as análises físicas e químicas do solo, com a preocupação da conservação do solo.

Dentre os equipamentos de preparo do solo, o arado é um equipamento que corta, eleva e inverte a fatia de solo, com o objetivo de revolver o solo e incorporar restos culturais e corretivos. Contudo a grade pode complementar ou substituir a ação do arado e em algumas condições, é utilizada, também, para o nivelamento do solo. O subsolador e o escarificador, possuem funções parecidas, o subsolador tem como função descompactar o solo subsuperficialmente, já o escarificador realiza a descompactação superficial do solo.

Grande parte dos solos do semiárido brasileiro são solos rasos, muitas vezes com características químicas boas e características físicas restritas. Dentre esses solos presentes no semiárido encontram-se os Argissolos, que são solos pouco profundos, geralmente, com textura argilosa, é composto pelo horizonte B textural que é caracterizado pelo incremento de argila em profundidade. Devido a essas características do Argissolo, ocorre dificuldade na penetração das raízes da planta, dificuldade na infiltração de água no solo, favorecendo a erosão, além de dificultar o manejo do terreno, pois de acordo com alguns fatores já citados pode haver a dificuldade na penetração dos equipamentos, não atingindo o objetivo principal de cada um deles.

Nesse sentido, é importante avaliar o comportamento dos sistemas de manejo de solo mais utilizados e o comportamento da cultura do milho com relação à diferentes lâminas de irrigação, possibilitando, assim, maiores informações para melhor uso da água e melhores formas de manejo do solo a fim de se obter elevada produtividade e conservação dos recursos naturais.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a produção de milho verde e silagem em três sistemas de preparo do solo associados à cinco lâminas de irrigação com base na evapotranspiração da cultura, além de avaliar o desempenho operacional nos sistemas de preparo do solo e a viabilidade econômica dos diferentes cenários obtidos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família Poaceae e é uma espécie originária da América do Norte, com centro de origem genética no México, geralmente é consumido in natura para alimentação animal e humana, apresentando também diversificada utilização industrial. É o cereal mais cultivado no mundo, devido à sua adaptabilidade aos diferentes climas e solos, assim como, ao seu alto potencial produtivo e valor nutritivo, é, também, o principal grão presente na formulação de rações animais e fonte básica na alimentação humana, gerando importante impacto socioeconômico (CERATTI *et al.*, 2015; VENEGAS; GASPARELLO; ALMEIDA, 2012).

O impacto socioeconômico do milho se deve ao seu potencial produtivo, composição química e valor nutricional, sendo, portanto, um dos cereais mais importantes do mundo. Além do uso na alimentação, o milho pode, também, ser utilizado como forma de combustível alternativo (SILVEIRA *et al.*, 2012).

A planta de milho é utilizada quase que em sua totalidade, sendo aproveitado na alimentação humana, matéria prima básica para uma série de produtos industrializados, assim como para geração de energia de biomassa. Após a comercialização das espigas os restos da planta podem ser aproveitados para posterior incorporação, como cobertura do solo para plantio direto ou sendo triturado para compor a silagem para a alimentação animal (MORAES, 2009).

O USDA (United States Department of Agriculture) prevê uma produção global de 1,038 bilhões de toneladas para a safra mundial de milho 2017/18, com redução de 22 milhões de toneladas em relação à safra 2016/17. O consumo global do cereal foi estimado para 1,064 bilhões de toneladas (FIESP, 2017).

Segundo a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (2017) o Brasil apresentou a terceira maior produção mundial de milho na safra 2016/17, apresentando um volume de 98,5 milhões de toneladas. Com relação ao consumo mundial de milho, o Brasil apresentou 60,5 milhões de toneladas do cereal consumidas, ocupando a quarta posição.

O Brasil ocupa a terceira posição no ranking mundial de área colhida de grãos de milho, colhendo em média 7 milhões de hectares a cada safra, sendo superado apenas pelo EUA e China (IMEA, 2015). Apesar de estar entre os três maiores produtores, o Brasil não se destaca entre os países com maior nível de produtividade devido ao grande número de produtores que não usam tecnologias que explorem o potencial produtivo da cultura.

Levantamentos realizados pela CONAB (2015) apontaram que a produção de milho de primeira safra de 2016/17 totalizou 28,403 milhões de toneladas, ocorrendo, portanto, acréscimo de 9,9%, com relação à produção da safra 2015/16. O Nordeste apresentou uma produtividade de 2.262 mil kg ha^{-1} na safra 2016/17, sendo a região com menor produtividade de milho no Brasil. O estado nordestino com maior produtividade na safra 2016/17 é Sergipe com 4.390 mil kg ha^{-1} , enquanto que o Ceará ocupa a quinta posição com produtividade de 847 kg ha^{-1} .

Silva (2004) afirma que a baixa produtividade do milho é devido a não adequação de vários fatores como a fertilidade do solo, população, arranjo de plantas, escolha de cultivares adaptada a cada condição de manejo, clima e práticas culturais. Aliado a isso, a qualidade da operação de semeadura torna-se fundamental para o estabelecimento da cultura.

Segundo Ribas *et al.* (2013), existe uma tendência significativa para o aumento do rendimento de grãos do milho, em decorrência do crescente aumento do consumo mundial desse cereal na indústria alimentícia e produção animal, visando também atender a demanda energética mundial como fonte de energia renovável. Para se obter produções cada vez maiores, torna-se necessária a utilização de sementes de qualidade, pela garantia de um estande inicial de plantas, fato que interfere na produtividade da cultura (ANDREOLI *et al.*, 2002).

O milho produz grande quantidade de palhada, uma excelente opção como rotação de culturas, viabilizando o uso do sistema plantio direto e, quando utilizado em consórcio com forrageiras no melhor arranjo espacial, pode aumentar ainda mais a produção de palhada, sem afetar a produtividade de grãos, viabilizando a sustentabilidade do sistema de produção (CHIODEROLI *et al.*, 2010).

Devido a importante posição do milho na economia, em decorrência do valor de sua produção agropecuária, da área cultivada e do volume produzido, a cultura é explorada em pequenos e grandes módulos rurais (AGUILERA *et al.*, 2000; PAIVA, 2011). As parcelas compostas de pequenos produtores não utilizam altas tecnologias e dependem da produção para subsistência, já a parcela composta de grandes produtores possui alta produtividade, maior área, maior capital e maior tecnologia na produção de milho (ZANOLLA; GALLANTE, 2014).

Pereira Filho, Alvarenga e Cruz (2008) coloca um aspecto importante da cultura do milho que é a densidade de semeadura. O estande de semeadura é uma das causas responsáveis pela baixa produtividade de milho no Brasil. O potencial de produtividade está enquadrado em algumas variáveis como a disponibilidade de água, nutrientes, manejo das plantas daninhas, variações climáticas, densidade de semeadura e espaçamento entre linhas.

Pesquisas realizadas por Tourino e Klingensteiner (1983), mostraram que a distribuição espacial das plantas na linha de semeadura, pode determinar perdas em torno de 15 % ou mais, na cultura de milho. Conforme Mantovani (2003), o milho é uma cultura que exige um bom estande de plantas com uma distribuição uniforme e os mecanismos dosadores, tem por função realizar a distribuição de sementes sem ocasionar danos mecânicos nas mesmas.

2.1.1 Produção de milho verde

O cultivo de milho destinado à produção de milho verde tem aumentado efetivamente, devido à lucratividade, pois as espigas comercializadas com grãos verdes possuem maior valor, quando comparado ao milho na forma de grãos secos. Além disso, essa produção absorve a mão de obra familiar, principalmente na época de colheita que é realizada de forma manual, contribuindo, assim, para a geração de empregos (CRUZ *et al.*, 2006).

Devido ao alto valor agregado e à boa aceitação no mercado, o milho verde é um produto que pode atingir melhores preços que o milho grão, sendo uma boa alternativa para pequenos produtores. Vários fatores corroboram para que isso aconteça, dentre eles a possibilidade de maior retorno de capital por área plantada, pois, além da utilização das espigas, permite o aproveitamento da planta do milho e do restante das espigas não comercializáveis que ficam na área para a alimentação de bovinos (ALBUQUERQUE; VON PINHO; SILVA, 2008).

Outro fator que corrobora no fato de o milho verde ser uma boa opção para pequenos agricultores é a liberação mais cedo da área para outros cultivos, devido ao ciclo mais curto para a produção do milho verde in natura (ALBUQUERQUE; VON PINHO; SILVA, 2008).

A área plantada para produção de milho verde tem expandido, devido à alta rentabilidade e uso diversificado, porém, um problema para seu cultivo, é o curto período para colheita com relação ao milho para produção de grão seco, devido correta para umidade para colheita e armazenamento, levando ao maior tempo da cultura no campo. Com relação à rentabilidade da produção de milho verde a renda líquida obtida com a comercialização do produto foi de aproximadamente US\$ 1,887 ha⁻¹, enquanto a renda líquida obtida com a comercialização do grão de milho seco foi de US\$ 150.20 ha⁻¹(PEREIRA FILHO; CRUZ; GAMA, 2003; SILVA *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2010).

Segundo Pereira Filho, Cruz e Gama (2003), a área total plantada de milho para produção de milho verde, no Brasil, é de 102,325 hectares com produção de 292,138 toneladas

de espigas, sendo concentrada nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Goiás, porém todos os estados produzem milho verde. Observa-se que a produção de milho verde apresenta valores bem menores que o da produção de grãos, porém, seu cultivo vem crescendo devido ao valor agregado e de seus derivados (VIEIRA, 2007).

No Brasil, o consumo de milho verde é bastante consumido e considerado uma tradição, sendo comum sua comercialização em espigas, grãos enlatados e subprodutos, como pamonha, curau e suco (RODRIGUES *et al.*, 2009). As espigas de milho verde atingem maiores preços que o grão de milho comercializado seco (TAVELLA *et al.*, 2017).

O mercado de produção de milho verde tem se tornado encorajador, dessa forma, produtores de milho para grão, feijão e café, estão abandonando seus cultivos e alterando para a produção de milho verde ou diversificando suas atividades (PEREIRA FILHO; CRUZ; GAMA, 2003).

Dessa forma, as áreas de cultivo com o intuito de produção de milho verde têm tido aumento significativo, devido à maior lucratividade dos grãos verdes, ou seja, quando o grão se encontra no estado leitoso possui maior valor de comercialização, quando comparado ao grão seco (PINHO *et al.*, 2008; PAIVA *et al.*, 2012).

Com o intuito de atender à crescente demanda no consumo de milho verde, o produtor deve buscar a melhoria da sua produção, fornecendo produtos de alta qualidade e quantidade para suprir os mercados exigentes. Para alcançar essa meta, devem ser adotadas técnicas de manejo que proporcionem alta produtividade, sem a perda das características comerciais desejadas (VIEIRA *et al.*, 2010).

Segundo Pinho *et al.* (2008), a diversificação do uso do milho verde é um fator de extrema importância no crescimento da sua produção, pode ser usado para o consumo dos grãos in natura, cozidos ou como ingredientes no preparo de diversos produtos da culinária brasileira.

Grande parte da produção de milho verde é destinada para o consumo in natura na alimentação humana, portanto é de fundamental importância para a sua comercialização a aparência do produto, além de exercer grande influência na aceitação do produto por parte do consumidor (ALBUQUERQUE, VON PINHO; SILVA, 2008).

Para a comercialização do milho verde é necessário que alguns atributos atendam aos interesses da indústria, por exemplo, possibilidade de plantio durante todo o ano, produtividade acima de 12 toneladas ha⁻¹, ciclo do milho entre 90 e 110 dias, longevidade no período da colheita e bom empalhamento (PEREIRA FILHO; CRUZ; GAMA, 2003). Albuquerque, Von Pinho e Silva (2008), acrescentam, ainda, como atributos desejáveis a maior porcentagem e peso das espigas comerciais, maior comprimento e diâmetro médio das espigas.

Ainda nesse sentido, Fornasieri Filho, Castellane e Cipolli (1988) e Pereira Filho, Cruz e Gama (2003) afirmam que para consumo in natura do milho verde deve-se atender características, como espigas bem granadas, com no mínimo 14 fileiras de grãos; espigas grandes, com no mínimo 22 cm quando empalhadas e 17 cm quando despalhadas; cilíndricas; sabugo claro e fino; pouca palha; grãos dentados de coloração amarelo-intensa ou alaranjados; longevidade de colheita, variando de 5 a 8 dias; e livre de danos (CORRÊA JUNIOR *et al.*, 2014).

Nesse sentido, Albuquerque, Von Pinho e Silva (2008), citam que para a produção do milho verde, é altamente desejável obter elevada porcentagem de espigas comerciais e elevado peso de espigas comerciais, uma vez que a comercialização também é feita com base nesses atributos. Espigas maiores que 15 cm de comprimento e 3cm de diâmetro são padrões para as espigas serem consideradas comerciais.

Cancellier *et al.* (2011), ressaltam que cultivares ideais para o consumo de milho verde devem apresentar endurecimento lento do grão, espigas grandes, bom empalhamento, sabugo branco e grãos amarelos do tipo dentado.

Devido ao grão ser a parte consumida diretamente in natura ou na elaboração de pratos, Pinho *et al.* (2008) afirmam que o consumidor tem preferência por espigas de maior comprimento, tornando esse um atributo de relevância na comercialização do milho in natura ou para a indústria de enlatados.

Corroborando com o que foi dito, Paiva Junior *et al.* (2001) citam que na comercialização do milho verde o consumidor sempre dá preferência às espigas de maior diâmetro, sendo assim, as espigas mais finas são rejeitadas, permanecendo por mais tempo nos estabelecimentos comerciais e, portanto, favorecendo sua deterioração.

De acordo com Albuquerque (2005), as melhores cultivares para produção de milho verde devem apresentar bom empalhamento, que pode ser observado pela integridade e rendimento da palha. Essa característica irá favorecer a manutenção da umidade dos grãos e melhor conservação das espigas, já que o milho verde colhido é um alimento altamente perecível pelo seu alto teor de água (SILVA, BARRETO; SANTOS, 1997).

Albuquerque, Von Pinho e Silva (2008), afirmam que a época de plantio é um fator importante na produtividade de milho verde, pois caso o plantio seja realizado em épocas não favoráveis para a cultura, as condições ambientais necessárias para cada estágio de desenvolvimento não serão satisfeitas.

O milho para consumo in natura desperta interesse do produtor, devido a esse produto apresentar demanda durante todo o ano e proporcionar elevada taxa de agregação de

renda aos produtores (ARCHANGELO *et al.*, 2007). Nesse sentido, o milho cultivado para a produção de milho verde é cultivado durante todo o ano, para isso é necessário que sejam supridas as exigências hídricas da cultura por meio de irrigação suplementar nos períodos de déficit hídrico (PAIVA JUNIOR, 1999).

Pereira Filho, Alvarenga e Cruz (2008) recomenda que o milho verde deve ser colhido estando o grão no estado leitoso e apresentando umidade na faixa de 70 a 80%. Porém, o ponto de colheita pode variar dependendo das condições climáticas devido às diferentes épocas de semeadura e da região onde o milho é cultivado. É necessário que o período de colheita seja respeitado pois, o milho verde é colhido e consumido ainda fresco, enquanto os grãos estiverem macios e antes da total conversão do açúcar em amido (COURTER *et al.*, 1988).

Segundo Tavella *et al.* (2017), as espigas em que os grãos não atingiram sua maturidade fisiológica podem ser consumidas de duas formas: minimilho e milho verde, sendo as espigas de milho verde colhidas quando os grãos apresentam entre 70 e 80% de umidade.

2.1.2 Produção de silagem de milho

O milho é uma planta muito utilizada para a produção de silagem, devido à sua grande produção de forragem e composição da planta, que proporcionará fermentação adequada e grande valor nutritivo de sua forragem. Nussio *et al.* (2001) afirma que a planta de milho é muito utilizada na produção de silagem devido à sua composição bromatológica (3% de carboidratos solúveis, teor de matéria seca em torno de 30%, baixo poder de tamponamento e boa fermentação microbiana), que proporciona silagem de boa qualidade. Além da qualidade da silagem formada, o milho possui baixo custo de produção aliado a um elevado potencial produtivo de matéria seca por hectare (PÔSSAS *et al.*, 2015).

Ainda nesse sentido, Pimentel, Silva e Valadares Filho (1998) afirma que a escolha do milho para a produção de silagem, se deve a necessidade de uma espécie que tenha elevada produção de massa por unidade de área e que seja um alimento de elevada qualidade para os animais. Dessa forma, a silagem de milho é o principal alimento volumoso utilizado nos sistemas de produção animal em confinamento, em outros sistemas, é usada, principalmente, no período de escassez de pastagens (PEREIRA *et al.*, 2007).

A silagem de milho é a uma fonte de alimento utilizada, principalmente, no período seco do ano, porém o custo para sua produção é elevado, dessa forma, torna-se necessário que

a produtividade de forragem para ensilagem seja elevada, a fim de se reduzir os custos por tonelada de silagem produzida (PAZIANI; DUARTE; NUSSIO, 2016).

Segundo Alvarez, Pinho e Borges (2006) o milho é uma planta que tem alto valor energético, boa composição de fibras, além do alto potencial de produção de matéria seca, aliada à produção de grãos que enriquecem a forragem produzida. Porém, a produção dessa forragem é influenciada, dentre outros fatores, pela disponibilidade de água no solo. Segundo Pires *et al.* (2013) no período de estiagem observa-se carência na produção de volumoso, além de queda na sua qualidade, sendo, portanto, um fator limitante para a produção pecuária.

O milho pode ser ensilado de diversas formas, como: silagem de planta inteira e silagem da parte superior; e silagem de espigas e grãos úmidos, ricos em energia (VASCONCELOS *et al.*, 2005). A silagem é um processo de conservação de volumosos através da fermentação anaeróbica dos açúcares da planta, preservando a quantidade de matéria seca, energia e nutrientes (DER BERDROSIAN; NESTOR JÚNIOR; KUNG, 2012).

A ensilagem é um processo de anaerobiose que irá permitir o armazenamento do material vegetal verde por longos períodos, e tem por objetivo a conservação de forragem verde, com valor nutritivo mais próximo ao original e com mínimas perdas (D'OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2014).

Para se fazer a escolha da forrageira utilizada na alimentação de animais, Rezende (2001) cita que se deve levar em conta a alta produção de matéria seca por área e o alto valor nutritivo. Ainda nesse sentido Paziani *et al.* (2009) consideram como características favoráveis a flexibilidade na época de semeadura, alta produção de matéria seca por hectare, bons padrões fermentativos e ausência de obrigatoriedade de uso de aditivos durante a ensilagem. Devido a esses fatores o milho é a espécie mais utilizada no Brasil para a produção de silagem de alta qualidade (VASCONCELOS, *et al.*, 2005).

Segundo Parentoni *et al.* (1990), quando se pretende utilizar os restos culturais das plantas de milho para alimentação de bovinos, o ideal é a escolha de cultivares que produzam mais massa e possuam plantas mais altas e mais tardias.

O corte da planta de milho para produção de silagem deve ocorrer quando o teor de matéria seca estiver entre 30 a 35%. Quando o corte é realizado abaixo dessa faixa, a silagem apresentará baixa qualidade nutricional, pois pode haver perda de nutrientes pelo chorume. Já quando o corte é realizado acima da faixa citada, haverá piora na qualidade da fibra, reduzindo a digestibilidade do material, dificulta o corte e a compactação, que irá favorecer o ataque de fungos (D'OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2014; NEUMANN *et al.*, 2007).

2.2 Água na agricultura

Inicialmente, a agricultura irrigada ocupava cerca de 18% da área total cultivada no planeta, consumindo em torno de 70% do total de água de qualidade usada, sendo esse valor superior ao utilizado pelo setor industrial e pelo setor doméstico (COELHO; COELHO FILHO; OLIVEIRA, 2005). De acordo com a Agência Nacional de Águas (2017), a área irrigada no Brasil corresponde a 6 milhões de hectares.

Devido ao aumento populacional e ao aumento da disponibilidade de terras com aptidão agrícola irrigada, observa-se uma tendência natural de aumento do uso da água no futuro (CHRISTOFIDIS, 2002). Diferentemente da necessidade observada, não há previsão para o aumento de água doce no planeta, pelo contrário, os desmatamentos e uso inadequado do solo tem mantido um elevado escoamento superficial com uma baixa reposição contínua dos mananciais e fontes hídricas (COELHO; COELHO FILHO; OLIVEIRA, 2005).

A agricultura irrigada, para manter-se sustentável, em termos ambientais, precisa ser eficiente no uso da água na irrigação. Pode-se obter aumento na eficiência do uso da água para irrigação de diversas medidas, como: melhoria na estrutura de irrigação e gestão do uso de água, utilização de métodos de manejo da irrigação adequados, e técnicas que permitam aumento da eficiência do uso da água (COELHO; COELHO FILHO; OLIVEIRA, 2005).

A baixa eficiência da irrigação se deve ao fato de que grande parte das áreas irrigadas são de projetos públicos ou públicos-privados, em que os princípios básicos da irrigação não são difundidos. Dessa forma, existem muitos projetos de irrigação no qual a quantidade de água fornecida não leva em consideração a necessidade da cultura, podendo exceder as necessidades ou não serem suficientes, fato esse que diminui a eficiência da irrigação (COELHO; COELHO FILHO; OLIVEIRA, 2005).

A água é fator limitante para o melhor desempenho da produção agrícola, isto pode ser observado quando se compara o cultivo irrigado com o de sequeiro. O cultivo agrícola associado à irrigação permite a absorção de todos os nutrientes necessários para o melhor desenvolvimento da planta (DALRI *et al.*, 2008).

A irrigação localizada compreende a microaspersão e o gotejamento, o último, por sua vez, pode ser subsuperficial, que é considerado como o de maior eficiência chegando a 90%, pois as perdas de água por evaporação são menores devido a posição do aspersor no solo (COELHO; COELHO FILHO; OLIVEIRA, 2005).

Do total de precipitação que incide em uma área, uma parte é retida pela cobertura vegetal, outra parte esco sobre a superfície do solo e o restante infiltra no solo. Dessa água que

infiltra no solo, uma parte é retida na zona radicular e a outra percola para as camadas mais profundas. A distribuição da precipitação entre estas quatro partes depende, principalmente, do total precipitado, da intensidade e da frequência da precipitação, da cobertura vegetal, da topografia do local, do tipo de solo e do teor de umidade no solo antes da chuva (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

A falta ou excesso de água pode acarretar em situações de estresse para a planta, sendo assim, a baixa disponibilidade de água no solo influencia negativamente o crescimento das plantas, reduzindo, portanto, a produtividade (FLEXAS *et al.*, 2006).

De acordo com Silva Júnior (2015) a água corresponde a cerca de 70% da massa verde e atua no transporte de solutos e gases, na penetração do sistema radicular, na abertura e fechamento dos estômatos, além de ser responsável pela estrutura das folhas.

2.2.1 Manejo da irrigação

O manejo da irrigação contempla a aplicação de água no momento correto e na quantidade demandada pela cultura para aquele momento, dessa forma, esse manejo deve ser adequado aos sistemas de irrigação de forma a se obter elevadas eficiências (COELHO; COELHO FILHO; OLIVEIRA, 2005). Segundo Frizzone (2007) esse manejo prevê o uso cuidadoso da água a fim de maximizar a produtividade da cultura com uso eficiente da água, energia, fertilizantes e demais insumos utilizados na produção.

Nesse sentido, Blanco *et al.* (2011) afirmam que o manejo da irrigação visa atender a total demanda de água da planta, a fim de se obter máxima produção. Porém, atualmente, nota-se a necessidade de que esse manejo seja baseado em metas econômicas e não visando a produtividade. Dessa forma, English e Nuss (1982), citam que a quantidade de água necessária para se atingir a máxima lucratividade pode ser menor que a necessária para suprir toda a demanda de evapotranspiração da planta, reduzindo, assim, os custos com irrigação.

Em regiões áridas, onde a água é fator limitante, devem ser desenvolvidas pesquisas com o intuito de planejar irrigações para se alcançar máxima produção, por unidade de água aplicada. A determinação da quantidade de água necessária para a irrigação é um dos principais parâmetros para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação, assim como para avaliação dos recursos hídricos. Quando a quantidade de irrigação necessária for superestimada, pode encarecer o custo da irrigação, aplicação de água em excesso, provocando muitas vezes elevação no lençol freático, salinização do solo e lixiviação

dos nutrientes. Porém, quando o sistema de irrigação é subestimado, pode ocorrer incapacidade do sistema para irrigar toda a área (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

A adoção de técnicas racionais de manejo conservacionista do solo e da água é de fundamental importância para a sustentabilidade, de tal forma que se possa, economicamente, manter ao longo do tempo esses recursos com quantidade e qualidade suficientes para a manutenção de níveis satisfatórios de produtividade (WUTKE *et al.*, 2000).

O conhecimento da quantidade de água requerida pelas culturas constitui-se em aspecto importante na agricultura irrigada para que haja uma adequada programação de manejo de irrigação. Segundo Hernandez (1994), existem várias metodologias e critérios para estabelecer programas de irrigação, que vão desde simples turnos de rega a completos esquemas de integração do sistema solo-água-planta-atmosfera. Entretanto, percebe-se a necessidade de técnicas simples, mas com precisão suficiente para possibilitarem, no campo, a determinação do momento e da quantidade de água a ser aplicada.

De acordo com Frizzone (2007) existem quatro maneiras de se realizar o manejo da irrigação, são elas: irrigação total, irrigação suplementar, irrigação com déficit e irrigação de salvação. Na irrigação total utiliza-se a água proveniente da irrigação para atender toda a demanda evapotranspirométrica; a irrigação suplementar visa atender à demanda evapotranspirométrica em parte pela irrigação e em parte através da precipitação; a irrigação com déficit é realizada com o intuito de atender apenas uma parte a demanda de água pela cultura; por último, a irrigação de salvação é feita apenas em um período curto ou estádio da cultura.

O autor ainda fala que existem duas estratégias para o planejamento da irrigação, sendo elas a de suprir completamente a necessidade hídrica da cultura (irrigação total e irrigação suplementar) e suprir apenas parcialmente essa necessidade (irrigação com déficit).

O déficit hídrico ocorre quando a lâmina média de irrigação é menor que a evapotranspiração da cultura (HEINEMANN; SOUSA; FRIZZONE, 2001). Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006) esse manejo é mais indicado em sistemas onde o turno de rega é menor e com menor lâmina, como é o caso do gotejamento, microaspersão, autopropelido e pivô central. Esse déficit hídrico é usado quando se pode usar a lâmina de irrigação economizada para aumento da área irrigada (HEINEMANN; SOUSA; FRIZZONE, 2001).

Ainda nesse sentido, Lima *et al.* (2012) afirmam que a irrigação com déficit proporciona aumento da produtividade da água para diferentes culturas, sem acarretar em grandes reduções no seu rendimento.

A evapotranspiração, juntamente com a precipitação efetiva, são os dois principais parâmetros para estimar a quantidade de irrigação necessária. Na maioria das áreas irrigadas, regiões áridas e semi-áridas, faz-se a irrigação total, ou seja, a precipitação efetiva é pouco significativa (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

A água necessária é a quantidade de água requerida pela cultura, em determinado tempo, de modo a não limitar seu crescimento e sua produção, nas condições climáticas locais, ou seja, é a quantidade de água necessária para atender a evapotranspiração e à lixiviação dos sais do solo (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Um dos métodos utilizados para o manejo da irrigação é o uso de sensores de água do solo, que pode determinar o momento da irrigação, assim como, a quantidade de água a ser aplicada no solo (COELHO; COELHO FILHO; OLIVEIRA, 2005).

Na determinação da quantidade de água a ser aplicada durante o ciclo de desenvolvimento de uma cultura é necessário que sejam consideradas a evaporação do solo e a transpiração da planta, chamada de evapotranspiração (SILVA; RAO, 2006). A avaliação da evapotranspiração é de grande importância na determinação dos déficits hídricos. Dessa forma, as lâminas de irrigação podem ser aplicadas considerando a evaporação do tanque Classe A e os coeficientes de cultivo (HENRIQUE; DANTAS, 2007; COSTA, 2014).

A evapotranspiração pode ser definida como a quantidade de água evaporada e transpirada por uma superfície como vegetal, durante determinado período. Isto inclui a evaporação da água do solo, a evaporação da água depositada pela irrigação, chuva ou orvalho na superfície das folhas, e a transpiração vegetal (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

O conhecimento da demanda evapotranspirométrica da cultura é de extrema importância para a determinação do manejo da irrigação, podendo, quando bem-feita, aumentar sua produtividade, otimizar a utilização dos equipamentos de irrigação, da energia elétrica e dos recursos hídricos (SANTOS *et al.*, 2014).

O sistema de irrigação por gotejamento é considerado entre os mais eficientes na reposição de água no solo, sendo, portanto, maior o aproveitamento no uso de água (MAROUELLI; SILVA, 2008). Esse sistema, também, ajuda a manter a umidade na região radicular sempre próxima à capacidade de campo, devido à aplicação em pequenas quantidades e sempre próxima à essa região (ALMEIDA *et al.*, 2012).

Sendo assim, é de extrema importância o conhecimento da umidade do solo para entender o movimento da água, disponibilidade de água, erosão, época e quantidade de água a ser aplicada em irrigação (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

2.3 Sistemas de preparo do solo

Segundo Furlani, Lopes e Silva (2005) o principal objetivo do preparo do solo é fornecer condições adequadas para o desenvolvimento da cultura, proporcionando o rápido crescimento do sistema radicular por meio do revolvimento do solo, facilitando a absorção de água e de nutrientes para a planta, e, também, eliminam plantas indesejáveis (FURLANI; LOPES; SILVA, 2005; GATTO *et al.*, 2003).

Corroborando a isso, Carvalho Filho *et al.* (2007), diz que o preparo periódico do solo tem como finalidades a mobilização, o destorroamento, a incorporação de restos vegetais, de corretivos e de defensivos agrícolas, propiciando condições favoráveis para a sementeira, cultivo, adubação e compactação desejável para o desenvolvimento radicular das plantas.

Os atributos da camada superficial do solo podem ser alterados de acordo com o manejo da cultura e o preparo do solo, que, por sua vez, altera suas condições naturais (FURLANI *et al.*, 2008). Dessa forma, os sistemas de preparo do solo influenciam o rendimento das culturas e a conservação do solo e da sustentabilidade dos sistemas de produção, tornando-se parte fundamental da tecnologia de produção das culturas (ZUFFO *et al.*, 2013).

Para o preparo do solo podem ser utilizadas diferentes máquinas ou implementos agrícolas, porém é necessário que se faça a melhor escolha dessas máquinas, pois segundo Furlani *et al.* (2006) elas influenciam vários fatores, como o aumento da eficiência operacional, da capacidade efetiva de trabalho e da produtividade, torna mais fácil as atividades do homem no campo e possibilita a expansão das áreas de sementeira.

De acordo com a ASAE (1997), existem 3 categorias de preparo do solo, são elas: a convencional, em que são utilizadas duas ou mais operações; o reduzido, em que se utiliza apenas uma operação; e o plantio direto, em que o plantio é feito em solo não preparado. Diferentemente Chioderoli *et al.* (2010) classifica os sistemas de manejo do solo como intensivo, conservacionista e sementeira direta.

Em relação aos diferentes sistemas de preparo do solo, Aratani *et al.* (2009) afirma que esses sistemas de manejo podem ocasionar a degradação da qualidade física do solo, podendo refletir no ambiente e na produtividade. Pois a qualidade física do solo é muito importante no que diz respeito a sustentabilidade global do agroecossistema (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

A maior utilização da mecanização agrícola ocorre no processo de preparo do solo, que visa melhorar as condições de germinação das sementes e instalação das culturas. A escolha

do método de preparo do solo e do equipamento a ser utilizado é essencial para auxiliar no controle das perdas de água e solo (COELHO *et al.*, 2012).

Nesse sentido, é necessário que seja feita a escolha correta para o manejo do solo, pois o manejo inadequado pode causar a pulverização da superfície dos solos, acarretando em maior susceptibilidade à processos erosivos, além de formar impedimentos físicos abaixo das camadas de trabalho dos implementos (SOUZA; MARUQUES JUNIOR; PEREIRA, 2004).

Atualmente, observa-se a necessidade de altas produtividades das culturas agrícolas, porém uma das consequências dessa necessidade é a crescente demanda de energia associada à intensificação do uso de máquinas agrícolas mais robustas e maiores, afetando, significativamente, a compactação do solo a qual atua direta e indiretamente de modo negativo sobre a produtividade das culturas visto que modifica diversos atributos físicos do solo, entre eles: densidade, resistência à penetração, macro e microporosidade e capacidade de retenção de água (GASSEN, *et al.*, 2014).

A intensificação do uso de máquinas nas atividades agrícolas pode provocar a formação de camada compactada subsuperficialmente no solo, dessa forma irá ocorrer redução da permeabilidade e profundidade efetiva, favorecendo o carreamento de massas de terra (erosão) pela lavagem superficial do terreno (MORAES; BENEZ, 1996).

Corroborando a isso, Kluthcouski (1998) e Pavan Júnior (2006) afirmam que o preparo intensivo afeta as características físicas, químicas e biológicas do solo, pois atua de forma a desagregar as partículas da camada superficial do solo, acelerando a oxidação da matéria orgânica, que possibilita a translocação de argila no perfil, que por sua vez irá interferir na compactação que leva a diminuição da infiltração de água e aumento na erosão.

O uso intensivo de áreas para a produção agropecuária, aliado a técnicas impróprias de manejo do solo, tem causado degradação da estrutura do mesmo, influenciando negativamente o desenvolvimento vegetal e predispondo o solo à degradação (STONE; GUIMARÃES; MOREIRA, 2002).

Com a necessidade do aumento da produção de alimentos, alguns sistemas de produção comumente utilizados causam o empobrecimento dos solos. Dessa forma, atualmente, os sistemas de produção agrícola buscam formas de manejo conservacionista desses solos, visando maior preservação dos solos e dos recursos naturais (PAVAN JÚNIOR, 2006).

Nesse sentido, Torres *et al.* (2015) afirmam que houve evolução dos métodos de preparo do solo, surgindo o cultivo mínimo e a semeadura direta como substituição ao sistema convencional de preparo do solo.

Essa ocupação e utilização de áreas agrícolas necessitam da adoção de medidas conservacionistas de manejo e uso do solo que visem racionalizar o uso de máquinas, proporcionar maior conservação do solo e promover a sustentabilidade econômica e ambiental do agroecossistema. Segundo Mendonça *et al.* (2013) as principais tecnologias fundamentadas em bases conservacionistas são o sistema plantio direto (SPD), a rotação de culturas e a integração lavoura-pecuária.

Em trabalho realizado por Llanillo *et al.* (2006) os autores avaliaram os efeitos dos preparos convencional, mínimo (escarificador) e plantio direto e encontraram vantagens no plantio direto em elevar os níveis de matéria orgânica, estabilidade dos agregados e a condutividade hidráulica, porém houve aumento na densidade do solo e resistência à penetração. No mesmo trabalho, os autores observaram no cultivo mínimo maior velocidade de infiltração, condutividade hidráulica e redução na resistência à penetração. Já o preparo convencional demonstrou-se menos favorável nos indicadores de qualidade física do solo.

Para cada condição de solo e operação agrícola há um equipamento adequado, podendo o solo ser preparado com o mínimo de mobilização e reduzindo as operações, deixando a superfície rugosa e mantendo total ou parcialmente os restos culturais, dessa forma haverá melhorias na conservação do ambiente e maior economia, devido à redução nas operações (SILVA; JUNIOR; LEITE, 2011).

2.3.1 Sistema convencional

O preparo convencional é caracterizado como sendo composto, geralmente, por uma aração com arado de disco e duas gradagens niveladoras, visando maior mobilização do solo (FURLANI *et al.*, 2004). O objetivo do sistema convencional de preparo do solo é fornecer boas condições para o plantio e emergência da cultura. Esse sistema propicia redução inicial das espécies de plantas daninhas que podem inibir a germinação e o crescimento da cultura comercial, podendo acarretar em baixa produtividade (ALVARENGA; CRUZ; NOVOTHY, 2002).

Segundo Machado *et al.* (2005) o arado tem como função realizar as operações primárias de preparo do solo, visando fornecer condições adequadas de aeração, umidificação, homogeneização da fertilidade, combate à plantas invasoras e pragas. Já, segundo o mesmo autor, as grades agrícolas, tem como principal função proporcionar o destorroamento e nivelamento do terreno após o preparo primário, permitindo que se tenham condições adequadas para a realização da semeadura.

O preparo convencional é dividido em preparo primário e preparo secundário do solo. O preparo primário são operações mais profundas, que visa o revolvimento do solo, podendo ou não incorporar os restos de culturas, deixam a superfície do terreno irregular com torrões, dificultando as operações de plantio e cultivo (MAZUCHOWSKI; DERPSCH, 1984).

Diferentemente, o preparo secundário do solo pode ser definido como todas as operações superficiais feitas após o preparo primário, visando o nivelamento o terreno, o destorroamento, a incorporação de herbicidas e eliminação de plantas daninhas, promovendo ambiente favorável ao desenvolvimento inicial da cultura. Todas as operações de preparo secundário devem ser feitas na menor quantidade possível, a fim de evitar a pulverização do solo e a compactação do solo solto com o pneu do trator (MAZUCHOWSKI; DERPSCH, 1984).

Dessa forma, o preparo convencional é considerado um manejo com intensa mobilização do solo, nesse tipo de manejo observa-se maior influência negativa sobre os atributos físicos do solo (JORGE *et al.* 2012). Devido a isso o preparo convencional do solo está sendo substituído pelo preparo conservacionista e o sistema de plantio direto, para que se obtenha uma maior conservação dos solos, maior capacidade operacional e redução de custos (CHIODEROLI, 2013).

No sistema convencional de preparo do solo ocorre o revolvimento anual e integral das camadas superficiais (RIBEIRO *et al.*, 2016). O uso indiscriminado deste sistema de preparo de solo tem causado graves problemas, tais como o aumento da densidade do solo (GENRO JUNIOR *et al.*, 2009; SILVA; JUNIOR; LEITE, 2011).

O uso excessivo de implementos agrícolas no preparo do solo causa a sua compactação, esse é um processo que irá aumentar a resistência do solo, reduzir a porosidade, a permeabilidade e a disponibilidade de nutrientes e água para a plantas. Além disso, a compactação afeta o crescimento e desenvolvimento radicular, devido ao aumento na densidade do solo. Esse processo, também, irá influenciar no desempenho operacional das máquinas utilizadas, aumentando o consumo de combustível (SOANE; OUWERKERK, 1994).

2.3.2 Escarificador

O escarificador é um implemento agrícola utilizado para romper camadas compactadas do solo, e, mais recente, é utilizado para preparar o solo a fim de reduzir a sua mobilização, podendo ser caracterizado como cultivo mínimo, em que se procura redução no número de operações no solo e restos culturais em, pelo menos, 30% da superfície do solo.

Segundo Araújo *et al.* (2004) o mínimo revolvimento do solo surgiu com o intuito de conservar o solo e a água, manutenção e aumento dos níveis de matéria orgânica do solo, a fim de que se obtenha elevada produtividade aliado ao reduzido impacto ambiental.

O escarificador é um dos equipamentos mais utilizados no cultivo mínimo, pois causa menor revolvimento do solo, causando maior rugosidade na superfície do solo, devido à maior presença de agregados maiores quando comparado ao preparo de solo convencional. Esse equipamento, também, proporciona menor incorporação de resíduos vegetais presentes na superfície do solo, deixando até 70% desse material na superfície, proporcionando distribuição mais uniforme do sistema radicular e redução das perdas de água (CARVALHO FILHO *et al.*, 2007; JADOSKI *et al.*, 2012).

As principais vantagens do uso do escarificador como principal ferramenta no cultivo mínimo, são: a menor mobilização do solo, sem revolvê-lo, com incorporação de 1/3 do material existente na superfície (ORTIZ-CANAVATE; HERNANZ, 1989). A escarificação, também, é frequentemente utilizada para reduzir a compactação das camadas mais profundas do solo (NAGAHAMA *et al.*, 2016).

De acordo com Lanças (2002), o escarificador rompe o solo por propagação das trincas, dessa forma, o solo não é cortado, como ocorre na aração e gradagem, mas ocorre rompimento nas suas linhas de fraturas naturais ou interfaces dos seus agregados, permitindo que permaneçam praticamente inalteráveis ou completamente intactos. No escarificador o trabalho é realizado pela ação de hastes, sem inversão da leiva, sendo, portanto, menos agressivo à estrutura do solo e reduzindo a compactação (CORTEZ *et al.*, 2011).

No entanto, o uso de implementos com esse modelo de ruptura, produzem superfícies rugosas, diferentemente do observado em implementos de disco, podendo acarretar e, condições inadequadas para a semeadura, resultando em distribuição desuniforme das sementes (KOCHHANN; DENARDIN, 2000).

O processo de escarificação do solo proporciona menor desagregação do mesmo, pois não há inversão das camadas de solo, mantendo, dessa forma, resíduos vegetais na superfície do solo, facilitando o controle da erosão, melhoria na infiltração e retenção de água, na estrutura e porosidade do solo (MACHADO *et al.*, 2005).

Segundo Sartori *et al.* (2016) o escarificador tem como finalidade romper a camada arável do solo até a profundidade de 0,3 m, sem a inversão da leiva do solo. Esse sistema de preparo propicia redução da resistência à penetração, aumento da disponibilização de macronutrientes em maiores profundidades ao sistema radicular e, dessa forma, maior rendimento da cultura.

Em trabalho realizado por Furlani (2000) foi encontrado mais de 75% de cobertura do solo no preparo realizado com escarificador, sendo este, portanto, um sistema conservacionista, pois de acordo com ASAE (1982), sistemas com mais de 30% de cobertura vegetal são classificados como conservacionistas.

O escarificador mobiliza o solo a uma determinada profundidade, afim de se obter mínima mobilização superficial, causando menor desagregação, devido à pouca mobilização superficial do solo que irá manter os resíduos vegetais depositados na superfície, dessa forma o controle da erosão é facilitado, assim como, ocorre uma melhora na infiltração e retenção de água no solo, na estrutura e na porosidade (MACHADO *et al.* 2005).

Nos sistemas conservacionistas de preparo, as condições do solo e da cobertura geralmente são desfavoráveis à deposição de sementes e fertilizantes que as observadas nos preparos com intensa mobilização do solo, como o preparo convencional, sendo, dessa forma, necessários maiores cuidados na operação de semeadura (CORTEZ, 2007).

Segundo Hill e Cruse (1985), os preparos com mínimo revolvimento podem fornecer maior quantidade de água disponível para as plantas, quando comparados ao preparo de solo convencional, porém esses efeitos, também, podem ser influenciados por outros fatores.

De acordo com trabalho realizado por Salvador, Mion e Benez (1995) avaliando diferentes sistemas de preparo do solo, foi possível observar que a escarificação proporcionou maior rendimento efetivo e menor requerimento energético em relação aos outros tipos de preparo.

2.3.3 Semeadura direta

O sistema de plantio direto tem o objetivo de reduzir os custos de produção, assim como, a melhoria da qualidade do solo, a fim de se obter uma produção sustentável (ALBUQUERQUE *et al.*, 2013.) Esse sistema é caracterizado pela adoção de semeadura direta, com mínimo revolvimento do solo, rotação de culturas e manutenção da palhada na superfície do solo (PEREIRA; ALBUQUERQUE; MADALENA, 2009).

A semeadura direta surgiu no Brasil na década de 1970 e é apontada como uma opção para assegurar a sustentabilidade do meio agrícola (SILVA; CURI; BLANCANEUX, 2000). Entretanto, o não revolvimento do solo neste sistema provoca a compactação e a diminuição do volume de macroporos na camada superficial (STONE; SILVEIRA, 1999; BERTOL *et al.*, 2001). Apesar disso, alguns trabalhos destacam um balanço positivo entre

porosidade de aeração e armazenamento de água no solo sob este sistema de manejo (STONE; SILVEIRA, 1999).

O sistema de semeadura direta é definido como um sistema no qual a semente é depositada no solo que não foi preparado anteriormente e em que os resíduos vegetais da cultura anterior permanecem na superfície do solo, sendo as plantas daninhas controladas com o uso de herbicidas (MUZILLI, 1985; DERPSCH *et al.*, 1991). De acordo com essa definição, o uso desse sistema intensificou-se após o desenvolvimento de semeadoras-adubadoras que possuem discos para o corte da palhada, que torne possível a penetração da semente no solo (DERPSCH *et al.*, 1991).

Outro fator que influenciou para a expansão de áreas com o uso de plantio direto, foi a necessidade de reverter o processo de degradação do solo e da água que tem ocorrido em algumas regiões (OLIVEIRA *et al.*, 2002). Para minimizar esse processo de degradação é feito o uso de cobertura vegetal na superfície do solo, essa cobertura ajuda a controlar o escoamento da água da chuva e reduz sua velocidade, dando mais tempo para a infiltração de água no solo e minimizando o impacto das gotas de chuva, diminuindo, assim, o efeito da erosão (CARDOSO, 1998).

As técnicas do sistema de semeadura direta são complementos das atuais técnicas de conservação do solo, que envolvem menor mobilização e remoção do solo e maior quantidade de restos vegetais na superfície, apresentando, como vantagem, a redução dos custos operacionais de mecanização, além dos aspectos conservacionistas de redução das características físicas, químicas e biológicas do solo (NAGAOKA; NOMURA 2003).

Em sistemas conservacionistas, como o sistema de semeadura direta, as condições do solo e de cobertura geralmente são menos favoráveis à deposição das sementes e fertilizantes, que as verificadas nos preparos com intensa mobilização, sendo necessário maior cuidado nesta operação (CORTEZ, 2007). Portanto, as semeadoras-adubadoras utilizadas no sistema de semeadura direta devem ser robustas e resistentes, possuir eficiente capacidade operacional e demandar o menor consumo de energia (LEVIEN; GAMERO; FURLANI, 2001).

Chioderoli *et al.* (2010), ainda, afirmam que nesse sistema, no qual não ocorre o preparo convencional do solo, acentua-se a importância de uma semeadora que atenda aos preceitos básicos de cortar a massa vegetal e depositar corretamente a semente e o fertilizante, cobrir as sementes com solo e palhada e compactar o solo lateralmente à semente (SIQUEIRA; CASÃO JÚNIOR, 2004), para se obter melhores produtividades.

A semeadora é o equipamento mais importante para o sucesso do plantio direto, elas são responsáveis pelo corte da palhada, abertura de sulcos no solo, dosagem das sementes,

colocação das sementes nos sulcos, cobertura das sementes depositadas, fixação da camada de solo em volta das sementes e aplicação, dosagem e incorporação dos fertilizantes. A máquina deve ainda garantir uniformidade de distribuição em todas as linhas e colocar as sementes em profundidade uniforme (COPETTI, 2012).

Para a obtenção de sucesso em sistema de semeadura direta, a seleção de componentes adequados para as semeadoras-adubadoras, é sem dúvida uma ação necessária para manutenção da eficiência do sistema. Um dos mecanismos que mais influenciará na operação é o mecanismo de corte de palha (SILVA; CURI; BLANCANEUX, 2000).

De acordo com Oliveira (2000), na semeadura direta, o desempenho da semeadora-adubadora, no que se refere ao corte dos restos culturais, à abertura do sulco e à deposição das sementes e fertilizante em profundidades adequadas, merecem cuidados essenciais para evitar problemas na fase inicial da cultura. Nesse sentido, Furlani *et al.* (2008) afirmam que a semeadura é de extrema importância para que se tenha um menor o revolvimento do solo e manter grande quantidade de cobertura vegetal.

Para se conseguir uma emergência e desenvolvimento uniforme das culturas é fundamental que se consiga uma semeadura eficiente. Em preparos conservacionistas, como a semeadura direta, esses requisitos aumentam de importância, pois as condições de solo, cobertura sobre a superfície geralmente não são tão favoráveis à semeadura, quando às em preparos com alta mobilização (JASA; SIEMENS; PFOST, 1992).

A adoção de técnicas comumente utilizadas em regiões onde o déficit hídrico é importante, o uso da semeadura direta associada à irrigação tem se mostrado promissor, sob o ponto de vista de melhor explorar a terra e, também, sob o aspecto conservacionista. Stone e Moreira (2000) atribuem esse fato à semeadura direta com adequada cobertura morta propiciar maior economia de água em comparação com os demais sistemas de preparo do solo e, no decorrer dos anos, melhora nas características físicas do solo.

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. Esse fato se deve, principalmente, a presença de matéria orgânica, mínimo revolvimento do solo e rotação de cultura.

2.4 Análise econômica

Visto que o milho é o cereal mais produzido no Brasil, cultivado em cerca de 16,1 milhões de hectares, com produção aproximada de 84,5 milhões de toneladas de grãos e

produtividade média de 5,2 kg por hectare, na safra 2016/2017 (CONAB 2017), torna-se fundamental o conhecimento dos custos de produção, para auxiliar na tomada de decisão, quanto a formas de manejo que, além de promoverem aumento da produtividade resultem em redução de custos e minimizem riscos ambientais.

As espigas de milho verde podem ser comercializadas com palha e sem palha, porém nas CEASA's são comercializadas as espigas com palha e as espigas sem palha são comercializadas por supermercados, em que as espigas são vendidas em bandejas protegidas com filme plástico. Após a colheita de milho verde, o material vegetal deixado na área pode ser utilizado para a alimentação animal ou para a cobertura do solo.

Segundo Richetti, Flumignan e Almeida (2015), é de extrema importância que se realize a mensuração dos custos de produção nas atividades agrícolas para que se faça uma boa gestão da propriedade devido à dinamicidade do mercado agrícola. Guiducci *et al.* (2012), também, ressalta a importância de se mensurar o custo de produção, pois permite ao produtor avaliar a viabilidade econômica do sistema de produção, além de comparar o desempenho entre diferentes sistemas de produção e entre diferentes tecnologias.

A verificação dos custos de produção, permite ao produtor verificar o valor de investimento e mensurar o retorno financeiro obtido com a atividade exercida, dessa forma, possibilita ao produtor a verificação da viabilidade econômica da produção (JESUS, 2014). Crepaldi (1998) cita que a análise da viabilidade econômica visa avaliar a real eficiência da produção, não levando em consideração apenas os ganhos de produção, mas também, o ganho econômico.

Para que seja feita a análise do custo de produção, torna-se necessário elencar as operações realizadas no processo, como: preparo do solo, plantio, tratos culturas e colheita. O detalhamento das operações realizadas, permitirá uma intervenção em determinado custo por meio da observação do impacto no custo de produção, através da participação percentual (MELLO *et al.*, 1978).

O produtor deve procurar alternativas de se minimizar os custos de produção, tornando, assim, a lavoura eficiente e rentável, para tanto, é necessário que o produtor conheça como se compõem os custos de produção (VASCOCELOS *et al.*, 2002). Ainda nesse sentido, Crepaldi (1998) reafirma a importância de se obter informações a respeito dos custos de produção de determinada cultura, pois esses dados irão auxiliar na otimização dos recursos utilizados, possibilitando melhores resultados aos produtores.

Os custos de produção sofrem interferência da utilização de tecnologias, essas tecnologias, também, irão influenciar a produtividade da cultura. Portanto, torna-se necessário

o acompanhamento dos custos de produção, pois a partir desse acompanhamento pode-se detectar os elementos responsáveis pelo bom desempenho ou os que causam prejuízo ao empreendimento (VASCOCELOS *et al.*, 2002).

Nesse sentido, Forsthofer *et al.* (2006), Martins *et al.* (2016) e Sangoi *et al.* (2006) ressaltam que os custos de produção do milho dependem do nível tecnológico utilizado pelo produtor e da variação dos custos de insumos, podendo, também, variar de acordo com o sistema de cultivo práticas de manejo e épocas de semeadura

Os custos de produção são variáveis entre as propriedades, em função da fertilidade dos solos, que irá influenciar na quantidade de fertilizante a ser utilizado, topografia do terreno, máquinas agrícolas utilizadas, nível tecnológico, entre outros fatores (RICHETTI *et al.*, 1996).

De acordo com Reis *et al.* (1999) o custo de produção é a soma de todos os recursos utilizados na produção de determinada cultura, em determinado período de tempo. Já o índice de margem de contribuição representa, em valores percentuais, o lucro obtido com a venda do produto comercializado em determinada atividade, ou seja, quanto cada produto deixa de resultado, após descontado o valor dos custos para sua produção (SANTOS *et al.*, 1996; ANTUNES; RIES, 1998).

A relação custo/benefício permite avaliar se os benefícios são maiores que os custos, sendo essa relação positiva e irá indicar a viabilidade econômica da alternativa de produção (MARTA-PEDROSO *et al.*, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento foi conduzido nos períodos de abril – julho e agosto – novembro de 2017 na área de experimentação agrícola pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC – Campus do Pici), localizado nas coordenadas geodésicas: latitude 3°44'S, longitude 38°34'W de Greenwich e altitude de 19,5 m (Figura 1).

Conforme a classificação de Köppen (1923), o clima da região do estudo é definido como Aw', que indica tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono e temperatura média em todos os meses superiores a 18°C.

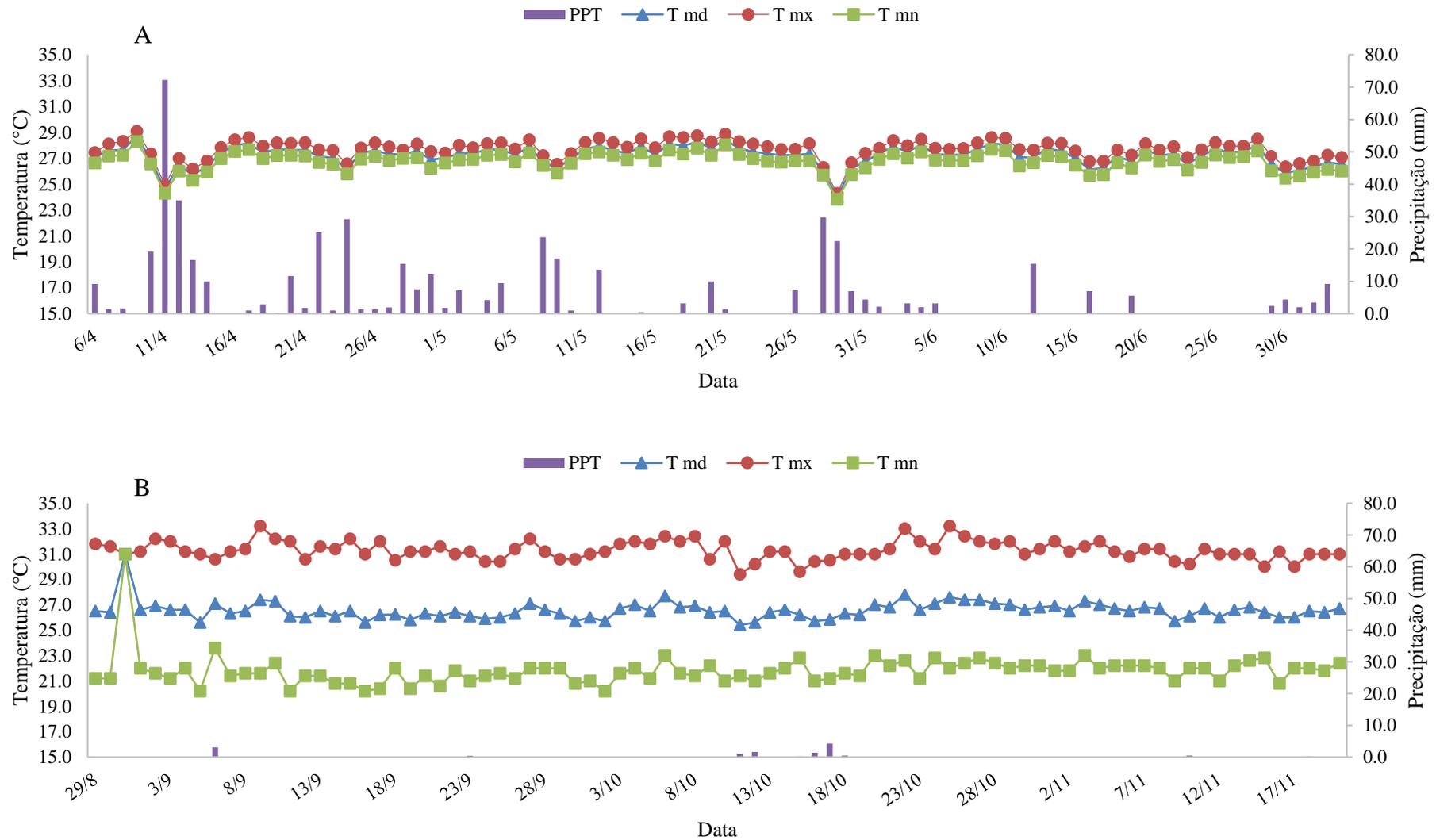
Na Figura 2 encontra-se os dados de precipitação e temperaturas máxima, mínima e média, obtidos na Estação Meteorológica do Campus do Pici, para os períodos em que o experimento foi conduzido.

Figura 1 – Localização da área experimental.



Fonte: Autor.

Figura 2–Temperaturas média, máxima e mínima e precipitação durante o primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) de produção do milho.



PPT: precipitação; T md: temperatura média; Tmx: temperatura máxima; Tmn: temperatura mínima.

3.2 Solo

O solo da área experimental foi classificado segundo Melo *et al.* (2013), como Argissolo Vermelho Amarelo seguindo a metodologia da EMBRAPA (2013). O Argissolo apresenta horizonte B textural, no qual ocorre incremento de argila, e a presença de argila de baixa atividade, fato esse que irá interferir na CTC do solo (EMBRAPA, 2013).

Nas Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3, encontram-se os valores obtidos da análise física e química do solo realizada antes da implantação do experimento.

Tabela 1 - Características químicas iniciais do solo avaliadas nas camadas de 0 – 20 e 20 - 40 cm.

Camada (m)	pH H ₂ O	MO	P	K	Ca	Mg	H ⁺ Al	SB	T	V
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³					%	
0 – 0,2	7,3	5,07	56	3,7	13	10	5,0	25,4	40	88
0,2 – 0,4	6,8	5,59	46	3,7	10	9,0	6,6	25,8	37	84

MO: matéria orgânica; P: fósforo em resina; SB: soma de bases; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V: saturação por bases do solo.

Segundo Fageria (1998) o pH mais adequado para a cultura do milho está na faixa de 5,5 a 6,5, diferentemente do observado no solo estudado como observa-se na Tabela 1. Porém de acordo com Hernandez *et al.* (1993) o pH é considerado neutro entre 6,5 a 7,5, como o observado nas duas profundidades do solo avaliado.

De acordo com Hernandez *et al.* (1993) o fósforo presente no solo é classificado como muito alto para a cultura do milho, assim como, o nível de potássio que é considerado alto. Segundo os mesmos autores, o cálcio é classificado como baixo nas duas camadas de solo avaliadas, o teor de magnésio é classificado como médio e para o alumínio na camada de 0 – 0,2 m encontra-se baixo, já na camada de 0,2 – 0,4 m é considerado médio.

A capacidade de troca de cátions (CTC) representa o número total de cátions trocáveis que o solo pode reter, portanto, quanto maior esse valor, maior a quantidade de cátions que esse solo pode reter. Solos com CTC de 10 a 50mmol_c dm⁻³ possuem alta porcentagem de areia, menor capacidade de retenção de umidade e são mais susceptíveis a perdas de nutrientes por lixiviação (RONQUIM, 2010).

A saturação de bases deve ser maior que 50%, sendo esses solos chamados de eutróficos que são caracterizados como férteis, esse parâmetro representa o total de cargas negativas existentes no solo, portanto, o solo onde o experimento foi realizado é um solo fértil, pois tem elevada porcentagem de saturação de base (EMBRAPA, 2013).

Tabela 2 – Análise granulométrica do solo avaliada nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

Camada (m)	(g kg ⁻¹)			ρ_p (kg dm ⁻³)
	Argila	Areia Total	Silte	
0 – 0,2	135,00	814,67	50,33	2,49
0,2 – 0,4	144,33	803,33	52,33	2,48

ρ_p : densidade de partículas.

Fonte: Autor.

De acordo com a Tabela 2, o solo apresenta textura franco-arenosa. A densidade de partículas tende a se aproximar do material predominante no solo, sendo nesse solo a areia o material predominante. Segundo Kiehl (1979) a densidade de partículas deve ser na faixa de 2,3 a 2,9 kg dm⁻³.

Tabela 3 – Caracterização física do solo.

Camada (m)	MA (m ³ m ⁻³)	MI (m ³ m ⁻³)	PT (m ³ m ⁻³)	ρ_s (kg dm ⁻³)
0 – 0,1	0,11	0,14	0,26	1,82
0,1 – 0,2	0,15	0,13	0,28	1,70
0,2 – 0,3	0,12	0,15	0,26	1,71
0,3 – 0,4	0,15	0,14	0,29	1,60

MA: macroporosidade; MI: microporosidade; PT: porosidade total; ρ_s : densidade do solo.

Fonte: Autor.

Os macroporos são os responsáveis pela condução de O₂ e água através do perfil, a perda destes poros leva à diminuição das trocas gasosas (CAMARA; KLEIN, 2005; GENRO JUNIOR *et al.*, 2009). Já os microporos são os responsáveis pela retenção de água no solo, e com a redução do tamanho dos poros a água estará mais fortemente retida, dificultando a sua absorção pelas plantas (IMHOFF *et al.*, 2001; BATEY, 2009).

Segundo Libardi (2005), a densidade de solos franco-arenosos deve apresentar valores na faixa de 1,25 a 1,4kg dm⁻³, no presente trabalho os valores de densidade do solo encontram-se acima do recomendado, isso pode indicar a presença de compactação nesse solo. De acordo com Bowen (1981), valores de densidade do solo superiores ao indicado podem afetar o crescimento de raízes.

Libardi (2005), também, estabelece que solos de textura franco-arenosa devem apresentar porosidade total entre 0,53 a 0,47 m³ m⁻³, portando, de acordo com o observado na Tabela 3, a porosidade do solo encontra-se abaixo da recomendada, podendo indicar compactação. O manejo inadequado do solo pode levar à lixiviação da argila presente no solo, promovendo entupimento dos poros e podendo ocasionar compactação.

3.3 Histórico da área

A área experimental está em processo inicial de implantação do sistema plantio direto. Em novembro de 2014 foram implantadas forrageiras (crotalária, sorgo e capim mombaça) com intuito de formar palhada para a semeadura de milho, no mês de março de 2015. Após manejo com herbicida, em agosto de 2015, foi semeada a cultura do feijão. Posteriormente à colheita e dessecação do feijão nos anos agrícolas 2015/2016 foi implantado consórcio de *Brachiaria brizantha* com milho. Por último no ano de 2016 foi semeado milho.

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial (3x5), com quatro repetições, sendo três sistemas de manejo do solo (preparo convencional – 1 aração + 1 gradagem –, escarificador e semeadura direta) e cinco lâminas de irrigação (25%, 50%, 75%, 100%, 150%), totalizando 60 unidades experimentais.

Cada bloco possuía área de 480m², sendo constituído por 15 parcelas. Cada parcela apresentava 3,0 m de largura e 8,0 m de comprimento. O espaçamento adotado entre linhas da cultura foi de 0,90 m, sendo, portanto, a parcela composta de três linhas de milho. Para as avaliações realizadas a área útil da parcela foi considerada a linha central com 5,0 m de comprimento.

3.5 Insumos

3.5.1 Milho

Foram utilizadas sementes do milho híbrido AG1051, que tem característica de ciclo semiprecoce e aptidão para milho verde e silagem de planta inteira. A população desejada foi de 50 mil plantas ha⁻¹, de acordo com recomendação do fabricante, com densidade de semeadura de 6 sementes m⁻¹.

3.5.1.1 Tratamento de sementes

No tratamento das sementes para a semeadura foram utilizados Cropstar e Standak Top nas doses de $0,35 \text{ L ha}^{-1}$ e 200 mL ha^{-1} , respectivamente (Figura 3).

Figura 3 - Sementes tratadas (B) e produtos utilizados no tratamento das sementes (A).



Fonte: Autor.

3.5.2 Fertilizantes

Foi realizada adubação com NPK na semeadura, aplicando-se 300 kg ha^{-1} da formulação comercial 4-14-8, estabelecida conforme os resultados de análise química e fertilidade do solo e recomendação da Hernandez *et al.* (1993).

Na adubação de cobertura foram utilizados ureia e cloreto de potássio na quantidade de 120 e 30 kg ha^{-1} respectivamente, de acordo com recomendação técnica estabelecida por Hernandez *et al.* (1993). A adubação foi realizada em apenas uma dose, no estágio V_6 de desenvolvimento do milho.

3.5.3 Defensivos Agrícolas

Antes da semeadura do milho, foi feita a dessecação da palhada e das plantas daninhas presentes na área experimental com Glifosato em área total.

No controle das plantas daninhas durante o desenvolvimento da cultura do milho foi utilizado o Sanson 40 na dose de $1,5 \text{ L ha}^{-1}$.

Para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi realizada pulverização com Brillhante na dose de 0,6 L ha⁻¹ nas linhas de milho em duas aplicações no primeiro ciclo. No segundo ciclo foi realizada uma aplicação de Cipermetrina na dose de 50 mL ha⁻¹, conforme recomendação do fabricante.

3.6 Máquinas e Equipamentos

Para condução e instalação do projeto de pesquisa foram utilizados:

- a) Trator 4x2 TDA (Tração Dianteira Auxiliar), modelo VALTRA A950, com potência máxima de 70,6 kW (96 cv) no motor, equipado com pneus diagonais 14.9 - 24 R-1 no eixo dianteiro e pneus 18.4 - 34 R-1 no eixo traseiro, utilizado na operação de preparo do solo;
- b) Trator 4x2 TDA (Tração Dianteira Auxiliar), modelo VALTRA BM120 de 88,32 kW (120 cv), equipado com pneus diagonais 14.9-24 R-1 no eixo dianteiro e pneus diagonais 18.4-34 R-1 no eixo traseiro, pressão de inflação de ar nos pneus de 110 e 124 kPa para os pneus dianteiro e traseiro, respectivamente, utilizado na operação de semeadura do milho;
- c) Arado de disco tricorpo, montado, fixo, com discos lisos de 24”;
- d) Grade leve de arrasto, off-set, de 28 discos de 20” utilizada após o processo de aração para destorroamento e nivelamento do solo;
- e) Escarificador, modelo Jumbo Mati JMHD- 7, configurado com sete hastes e ponteira estreita com rolo destorroador;

Figura 4 - Operação de preparo do solo com arado (A), grade (B) e escarificador (C).



Fonte: Autor.

- f) Semeadora pneumática de precisão da marca Jumil, modelo JM2090 PD, de três linhas, peso aproximado de 1.160 kg, montada, com capacidade máxima de 39 L

nos depósitos de adubo e sementes. Equipada com disco para deposição de fertilizante, disco duplo desencontrado para deposição de sementes e disco vertical pneumático de dosagem de sementes;

Figura 5 - Operação de semeadura do milho.



Fonte: Autor.

g) Pulverizador costal de 20L, utilizado na aplicação dos defensivos agrícolas.

3.7 Desempenho operacional do conjunto trator-semeadora

3.7.1 *Velocidade real de deslocamento*

A aquisição dos dados referente à velocidade de deslocamento foi feita utilizando cronômetro digital para determinação do tempo de percurso na parcela experimental, sendo acionado e desligado de acordo com a passagem do rodado dianteiro lateralmente às estacas que delimitavam as parcelas. A velocidade real de deslocamento do conjunto trator-semeadora foi determinada por meio da Equação 1.

$$V = \left(\frac{\Delta S}{\Delta t} \right) * 3,6 \quad (1)$$

em que:

V = velocidade (km h^{-1});

ΔS = espaço percorrido (m);

Δt = tempo para percorrer a parcela (s);

3,6 = fator de conversão de unidades.

3.7.2 Patinamento

O patinamento dos rodados dianteiros e traseiros do trator foi determinado por meio da contagem do número de voltas dos rodados com carga e sem carga, conforme a Equação 2.

$$PT = \left(\frac{N_{cc} - N_{sc}}{N_{cc}} \right) * 100 \quad (2)$$

em que:

PT = patinamento (%);

N_{cc} = número de voltas com carga;

N_{sc} = número de voltas sem carga.

3.7.3 Consumo de combustível

3.7.3.1 Consumo horário de combustível

Para determinar o consumo de combustível foi utilizado protótipo conforme descrito por Lopes *et al.* (2003), o protótipo possui dois medidores de fluxo da marca “Flowmate” oval, modelo Oval M-III, com precisão de 0,01 mL para monitorar o débito e o retorno da bomba injetora. Os fluxômetros geram pulsos, os quais são convertidos em volume, considerando a vazão de 1 mL pulso⁻¹.

O consumo de combustível foi determinado em unidade de volume (mL) pela diferença entre os volumes de combustível determinados na entrada e no retorno da bomba injetora, dessa forma, obteve-se o volume realmente utilizado pelo trator durante o percurso, conforme Equação 3.

$$Ch = \frac{C * 3,6}{t} \quad (3)$$

em que,

Ch = consumo horário de combustível (L h⁻¹);

C = volume consumido (mL);

t = tempo de percurso na parcela (s);

3,6 = fator de conversão das unidades.

3.7.3.2 Consumo operacional de combustível

O consumo operacional de combustível foi determinado com base no consumo horário de combustível e na capacidade operacional, sendo expresso em $L\ ha^{-1}$ (Equação 4).

$$Co = \frac{Ch}{CCo} \quad (4)$$

em que,

Co = consumo operacional de combustível ($L\ ha^{-1}$);

Ch = consumo horário de combustível ($L\ h^{-1}$);

CCo = capacidade de campo operacional ($ha\ h^{-1}$).

3.7.4 Capacidade de campo operacional

A capacidade de campo operacional foi obtida em função da largura de trabalho da semeadora e da velocidade de deslocamento, considerando eficiência de 75% da capacidade de campo efetiva, segundo ASAE (1997) (Equação 5).

$$CCo = L * V * 0,36 * 0,75 \quad (5)$$

CCo = capacidade de campo operacional ($ha\ h^{-1}$);

L = largura de trabalho da semeadora (m);

V = velocidade de deslocamento ($km\ h^{-1}$);

0,36 = fator de conversão de unidade;

0,75 = eficiência operacional.

3.8 Avaliações fitotécnicas e componentes de produção na cultura do milho

3.8.1 Matéria seca

A determinação da matéria seca da cobertura foi realizada antes da semeadura do milho, para isso, utilizou-se armação de ferro com área de $0,25\ m^2$, coletando todo o material vegetal presente dentro da armação. Foi coletada uma amostra por parcela apenas nos tratamentos onde se preconiza a presença de material vegetal na superfície do solo, cultivo mínimo (escarificador) e semeadura direta. O material recolhido da área foi pesado e levado à estufa por 72 horas à $65^\circ C$ até massa constante, determinando-se a matéria seca em $kg\ ha^{-1}$.

Figura 6 - Armação utilizada para a coleta de material vegetal na superfície do solo.



Fonte: Autor.

3.8.2 *Número médio de dias para a emergência de plântulas de milho*

Para a determinação do número médio de dias para emergência das plântulas foram feitas contagens diárias desde a primeira plântula emergida até a estabilização da contagem, na área útil de cada parcela experimental. Foi considerada como plântula emergida aquela que possibilita a visualização de qualquer de suas partes, independentemente do local de observação. O cálculo do número médio de dias para a emergência de plântulas foi realizado de acordo com a equação proposta por Edmond e Drapala (1985):

$$N = \frac{[(N_1G_1)+(N_2G_2)+(N_nG_n)]}{G_1+G_2+G_n} \quad (6)$$

em que,

N = Número médio de dias para emergência das plântulas;

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 plântulas emergidas entre a primeira e a segunda contagem;

N_n = Número de dias decorridos entre a semeadura e a última contagem de plântulas; e

G_n = Número de plântulas emergidas entre a penúltima e última contagem.

3.8.3 Distribuição longitudinal de plântulas

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 Kurachi *et 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 regulação da semeadora-adubadora. Considerando os parâmetros utilizados para o cálculo da densidade de semeadura, o espaçamento de referência foi de 0,17 m, desta forma, foram considerados como normais os espaçamentos entre sementes entre 0,085 e 0,255 m, múltiplos os valores inferiores a 0,085 m e falhos acima de 0,255 m.

3.8.4 População inicial e final de plantas

Para estas avaliações, foram contadas as plantas presentes na área útil da parcela, no dia da estabilização da emergência e ao final dos ciclos. Os valores encontrados foram extrapolados para número de plantas ha^{-1} .

3.8.5 Altura de planta, altura de inserção de 1ª espiga e diâmetro do colmo

A altura média das plantas de milho foi determinada pela medição, feita com o auxílio de uma trena, da distância entre o colo da planta até a inserção da folha bandeira. Foram feitas medidas de dez plantas escolhidas dentro da área útil de cada parcela, quando o milho estava no estágio de florescimento (Figura 7).

A altura de inserção de 1ª espiga foi determinada pela medição, com auxílio de trena, da distância entre o colo da planta até a base da primeira espiga, sendo avaliada nas mesmas dez plantas citadas anteriormente (Figura 7).

Por meio de paquímetro digital com precisão de 0,1 mm foi avaliado e determinado o diâmetro médio do colmo no internódio situado acima do primeiro nó das raízes adventícias, tomando como base as mesmas dez plantas (Figura 7).

Figura 7 - Avaliação da altura da planta de milho (A), altura de inserção da primeira espiga (B) e diâmetro do colmo (C).



Fonte: Autor.

3.8.6 Número de fileiras, número de grãos por fileira, comprimento da espiga e diâmetro da espiga

Nas avaliações de número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira, foi feita a contagem desses parâmetros em dez espigas de cada parcela.

O comprimento da espiga foi medido com o auxílio de régua graduada em centímetros nas mesmas dez espigas citadas anteriormente. O comprimento da espiga foi considerado da base da espiga até onde a espiga não apresentava danos.

Para o diâmetro da espiga foram realizadas medidas no centro das mesmas dez espigas com auxílio de paquímetro digital.

3.8.7 Produtividade de espigas com palha e sem palha

Foram pesadas todas as espigas da área útil de cada parcela com palha, posteriormente essas mesmas espigas foram despalhadas e pesadas novamente a fim de se obter o peso das espigas sem palha. A produtividade das espigas com palha e sem palha foi determinada pela média do peso das espigas de cada parcela e esses valores extrapolados para kg ha^{-1} (Figura 8).

Figura 8 - Pesagem das espigas com palha (A) e sem palha (B).



Fonte: Autor.

3.8.8 *Produção de matéria seca para silagem*

Foi coletada manualmente uma planta de milho representativa da área útil de cada parcela quando o milho se encontrava com 30 a 35% de matéria seca, que caracteriza o estágio de material para ensilagem (CARVALHO, 2013). A planta colhida foi picada em partículas de 1,0 a 2,0 cm de comprimento, foi retirada uma amostra do material picado e pesado ainda fresco para determinação da massa úmida, posteriormente, o material foi colocado em estufa à 65°C por 72 horas, e determinada a massa seca para determinação da matéria seca de silagem (kg ha⁻¹) (Figura 9).

Figura 9 - Material picotado da planta de milho para produção de silagem.



Fonte: Autor.

3.9 Água no solo

3.9.1 *Teste de infiltração*

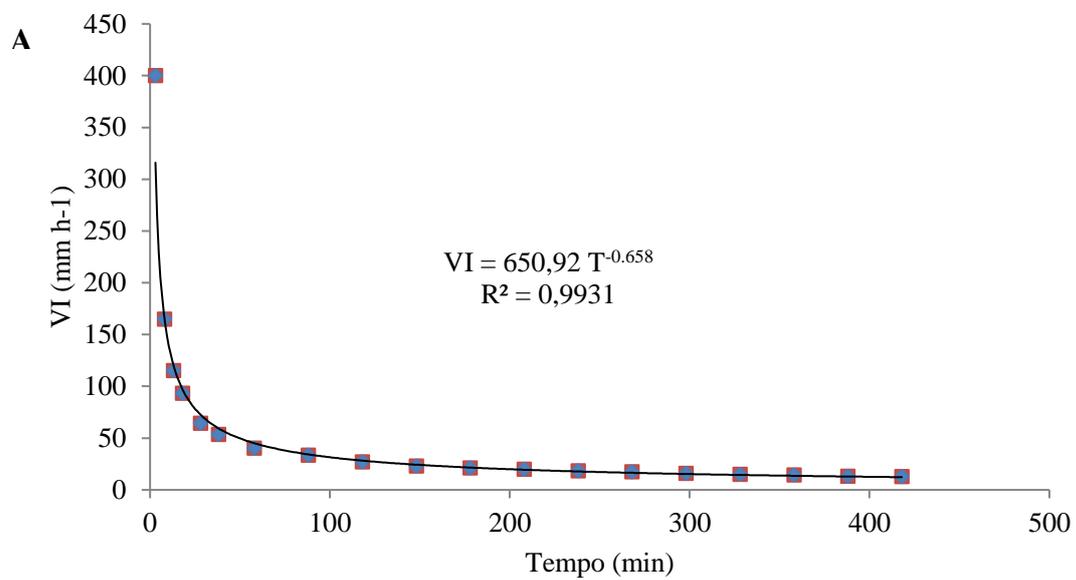
Foi realizado o teste de infiltração na área por meio do método do infiltrômetro de anel, que consiste em dois anéis com diâmetros de 0,50 e 0,25 m, com 0,30 m de altura, que devem ser instalados concêntricamente e enterrados 0,15 m no solo. A infiltração vertical é medida por uma régua graduada em centímetro no cilindro interno, com intervalos de tempo padrão, dessa forma é possível determinar a função da infiltração acumulada e a partir dessa função pode-se determinar a função da velocidade de infiltração básica (VIB), conforme descrito por Bernardo, Soares e Mantovani (2006) (Figura 10).

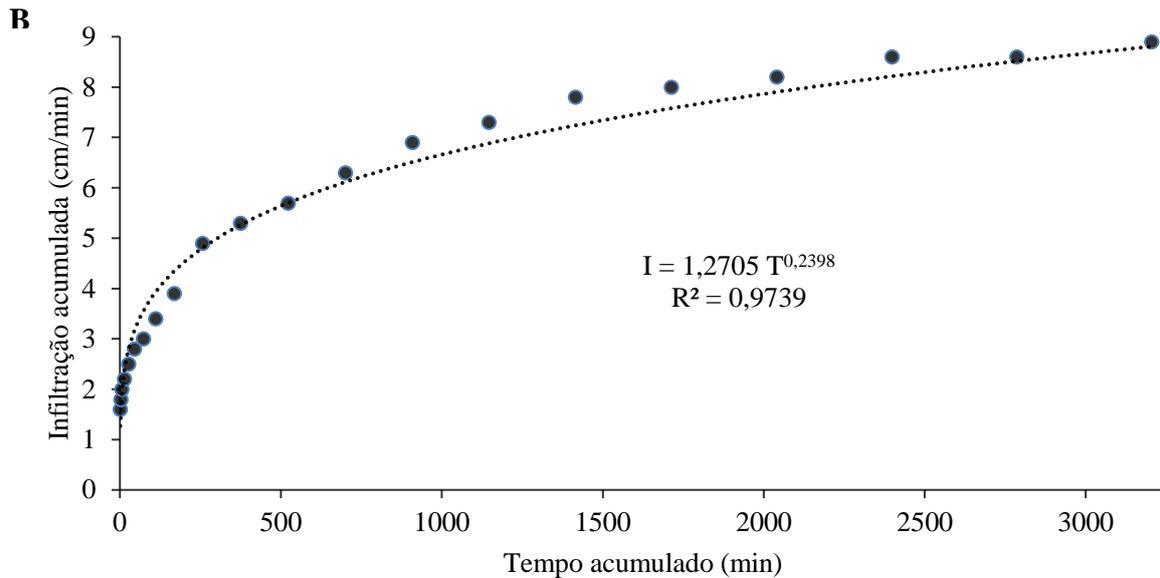
Figura 10 - Teste de infiltração.



Fonte: Autor.

Figura 11 - Curvas da velocidade de infiltração (A) e infiltração acumulada (B) medidos pelo infiltrômetro.





Fonte: Autor.

A Figura 11 apresenta a infiltração acumulada e a velocidade de infiltração medidos na área em que o experimento foi realizado. A infiltração é o processo em que a água infiltra no solo através da porosidade existente no mesmo, portanto, a capacidade de infiltração de água no solo é influenciada diretamente pela porosidade total do solo.

A velocidade de infiltração básica encontrada para o solo da área experimental foi de $13,5 \text{ mm h}^{-1}$, de acordo com classificação de Klute (1965), a velocidade de infiltração encontrada é considerada baixa. Esse fato, pode ser justificado pela porosidade total do solo, também, apresentar-se abaixo do recomendado para esse tipo de solo, portanto, a água terá maior dificuldade para infiltrar.

A capacidade de infiltração de água reflete a capacidade máxima que o solo tem em permitir a entrada de água, sendo, portanto, um parâmetro importante no que diz respeito a irrigação (COSTA *et al.*, 1999).

A diminuição da macroporosidade provocada pela compactação prejudica a infiltração de água, afetando negativamente a condutividade hidráulica do solo. Blanco-Canqui, Claassen e Stone (2010) observaram redução da condutividade hidráulica saturada, sugerindo então que a compactação pode reduzir a infiltração da água da chuva ou da lâmina de água aplicada durante a irrigação.

3.9.2 Sistema de irrigação

Na irrigação da cultura do milho foi utilizado o sistema de gotejamento, constituído de mangueiras de polietileno com diâmetro interno de 16,2 mm, os gotejadores possuem ampla área de filtragem, portanto, grande resistência à obstrução. Cada mangueira apresentava comprimento de 100 m, tendo cada uma um registro no início da linha para o controle da irrigação. Foram feitos teste de vazão nos dois ciclos de produção do milho para a verificação da vazão dos emissores, obtendo, portanto, uma vazão média de 1,3 L h⁻¹, com coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) de aproximadamente 89%, conforme metodologia de Denculi (1980), definido pela Equação 7:

$$CUC = 1 - \left(\frac{\sum_i^n |q_i - q_m|}{n * q_m} \right) \quad (7)$$

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

q_i = vazão de cada emissor (L h⁻¹);

q_m = vazão média dos emissores (L h⁻¹);

n = número de emissores.

3.9.3 Tempo de irrigação

O cálculo do tempo de irrigação das diferentes lâminas aplicadas foi feito com base na evapotranspiração da cultura (*ET_c*) (Equação 8), para tanto, foi determinada a evapotranspiração de referência, o coeficiente da cultura e o coeficiente de localização.

$$ET_c = ET_o * K_c * K_L \quad (8)$$

em que,

ET_c = evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹);

ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

K_c = coeficiente da cultura;

K_L = coeficiente de localização.

A evapotranspiração de referência (*ET_o*) foi definida com base na evaporação do Tanque Classe A, localizado na estação meteorológica da Universidade Federal do Ceará, próxima a área onde o experimento estava instalado. Todos os dias pela manhã foi feita a leitura

da evapotranspiração do tanque, sendo a evapotranspiração de referência calculada pela Equação 9.

$$ET_o = EV * Kp \quad (9)$$

em que,

ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

EV = evapotranspiração do tanque classe A (mm);

Kp = coeficiente do tanque (0,75).

Os diferentes coeficientes de cultura (Kc) de acordo com Doorenbos e Kassam (1994), utilizados no experimento, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Coeficiente de cultura para os diferentes estádios fenológicos do milho.

Estádio fenológico	Kc	Kcm
Inicial	0,3 – 0,5	0,4
Desenvolvimento	0,7 – 0,85	0,775
Intermediário	1,05 – 1,2	1,125
Final do ciclo	0,8 – 0,95	0,875
Colheita	0,55 – 0,6	0,6

Kc: coeficiente de cultura; Kcm: coeficiente de cultura médio.

Fonte: Doorenbos e Kassam (1994).

O coeficiente de localização (KL) é utilizado como um fator de correção da evapotranspiração da cultura, pois a irrigação localizada molha, em média de 1/3 a 2/3 da área. Portanto, esse coeficiente foi desenvolvido para transformar irrigação total em irrigação pontual (MUDRIK, 2005). Um dos modos de definir esse fator é através da porcentagem de área sombreada, que é definida, por sua vez, como a fração da superfície de solo sombreada pela cultura (Equação 10). O coeficiente foi calculado com relação à porcentagem de área molhada, segundo Keller (1978) (Equação 11) que, por sua vez, é definida de acordo com a área molhada do emissor e a área total da planta.

$$KL = \frac{PAM}{100} + 0,15 * \left(1 - \frac{PAM}{100}\right) \quad (10)$$

em que,

KL = coeficiente de localização;

PAM = porcentagem de área molhada (%).

$$PAM = \frac{AMe}{AT} * 100 \quad (11)$$

em que,

PAM = porcentagem de área molhada (%);

AMe =área molhada (m^2);

AT =área total da planta (m^2).

O tempo de irrigação foi calculado com base na evapotranspiração da cultura, definida anteriormente, no espaçamento da cultura, na eficiência do sistema de irrigação por gotejamento, no número de emissores por planta e em sua vazão, conforme Equação 12.

$$Ti = \frac{ETc * E1 * E2}{Ea * n * q} \quad (12)$$

em que,

Ti =tempo de irrigação (h);

ETc =evapotranspiração da cultura ($mm \text{ dia}^{-1}$);

$E1$ =espaçamento entre gotejadores (m);

$E2$ =espaçamento entre linhas (m);

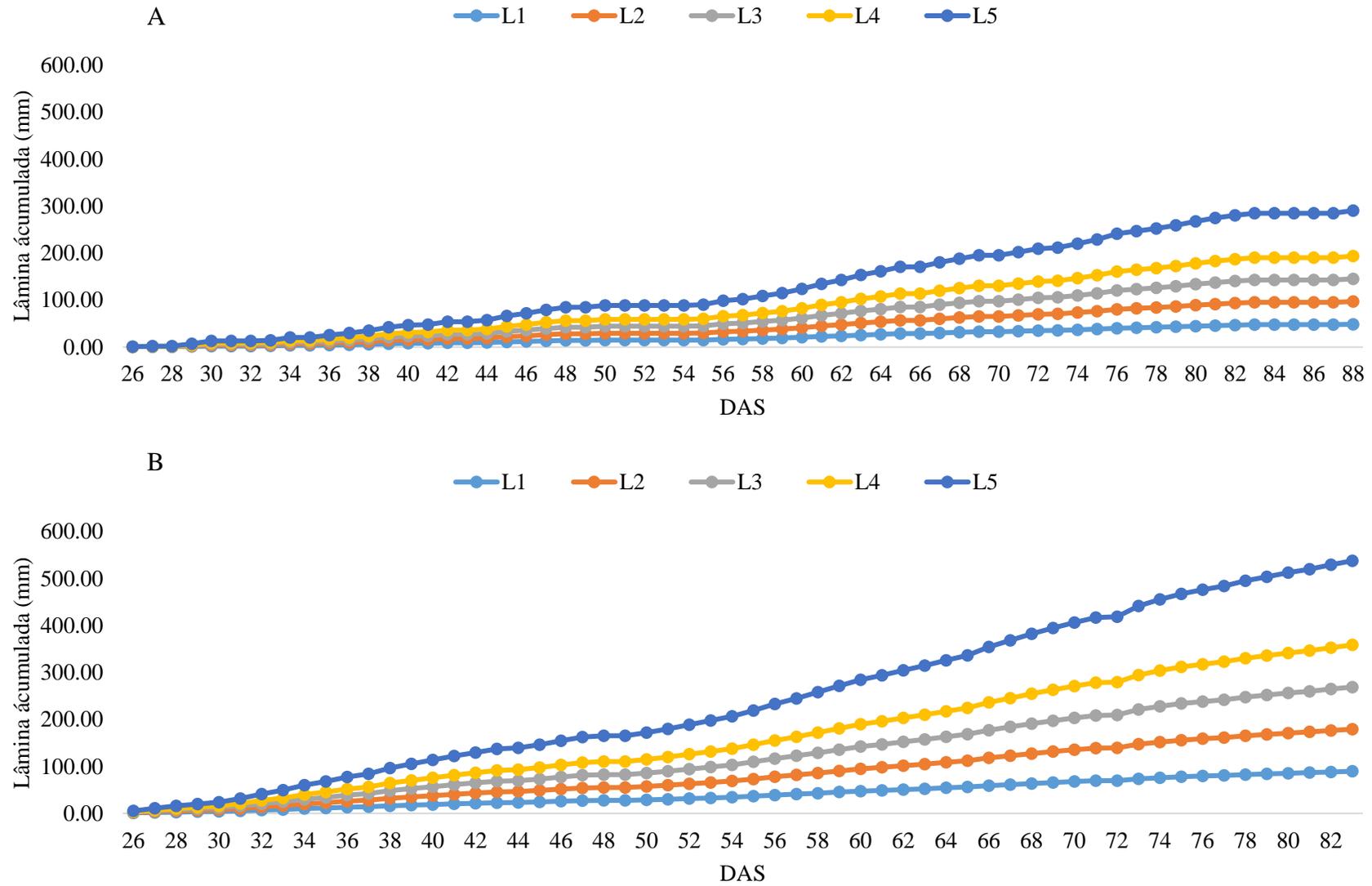
Ea =eficiência do sistema (0,85);

n =número de emissores por planta;

q =vazão do emissor ($L \text{ h}^{-1}$).

As lâminas de irrigação foram diferenciadas após 25 dias da semeadura do milho. Na Figura 12 encontram-se as lâminas de água acumuladas nos dois ciclos de produção do milho.

Figura 12 - Lâmina de água requerida durante o primeiro ciclo (A) e o segundo ciclo (B) de produção do milho.



3.9.4 Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água se refere à capacidade de água utilizada pela cultura converter fotoassimilados em biomassa total acumulada e pode ser determinada pela razão entre a produtividade e a quantidade de água consumida ao longo do ciclo da cultura, de acordo com a Equação 13.

$$EUA (kg\,ha^{-1}mm^{-1}) = \frac{\text{Produtividade (kg}\,ha^{-1})}{\text{Consumo de água (mm)}} \quad (13)$$

3.10 Avaliação do desempenho econômico

O cálculo dos custos de produção foi feito com base nos dados de produtividade de espigas verdes empalhadas e produção de silagem, para isso foi utilizada a estrutura do custo operacional total (COT) de produção utilizada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), proposta por Matsunaga *et al.* (1976). O custo operacional efetivo (COE) será composto pelas despesas com operações mecanizadas, operações manuais e insumos utilizados no experimento, extrapolados para um hectare. Será acrescentado ao COE 5% do seu total, referente a outras despesas, formando-se, assim, o custo operacional total (COT). Para as despesas com máquinas agrícolas foi considerado o tempo de trabalho e o consumo de combustível.

Para a determinação da lucratividade dos tratamentos avaliados, foram calculados: a receita bruta (RB), obtida através do volume produzido de espigas e o preço médio recebido pelo produtor somado ao volume de silagem produzida e o preço médio recebido pelo produtor; margem de contribuição, diferença entre a receita bruta e o custo operacional; índice de margem de contribuição (IMC), relação entre a margem de contribuição e a receita bruta; relação custo/benefício (MARTIN *et al.*, 1998).

3.11 Análise Estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise do coeficiente de assimetria e curtose para a verificação da normalidade dos dados, em que valores maiores que 2 e menores que -2, representam grande desvio da distribuição normal dos dados, portanto a hipótese de normalidade desses dados é desconsiderada (MONTGOMERY, 2004). Os coeficientes de assimetria e curtose para todas as variáveis analisadas estão apresentados em forma de gráfico em anexo.

Para as variáveis que apresentaram distribuição normal dos dados foi realizada a análise de variância (ANOVA) e quando significativos às médias foram comparadas pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade para as variáveis qualitativas e análise de regressão para as variáveis quantitativas, utilizando o programa estatístico SISVAR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A normalidade dos dados (Apêndice A e Apêndice B) foi atestada pelos coeficientes de assimetria e curtose, em que segundo Montgomery (2004) os dados seguem distribuição normal quando os valores dos coeficientes de assimetria e curtose encontram-se dentro do intervalo de 2 a -2, dessa forma, pode-se realizar a análise de variância.

4.1 Desempenho operacional do conjunto trator-semeadora

Na Tabela 5, encontra-se a análise de variância para a velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora, patinamento dos rodados dianteiro e traseiro, consumo horário de combustível, consumo operacional de combustível e capacidade de campo operacional no processo de semeadura do milho no primeiro ciclo de produção.

Tabela 5 - Análise de variância e teste de médias para os parâmetros avaliados no desempenho operacional no processo de semeadura do milho no primeiro ciclo de produção.

Preparo	Velocidade (km/h)	Patinamento (%)		CH (L/h)	CO (L/ha)	CCO (ha/h)
		PTD	PTT			
P1	4,64 a	5,90	7,88	7,73	7,41	1,04 c
P2	4,12 c	6,99	7,41	8,75	9,44	0,93 a
P3	4,45 b	8,36	6,00	8,90	8,89	1,00 b
FV	Análise de variância					
P	65,42*	0,75 ^{NS}	0,72 ^{NS}	1,35 ^{NS}	3,14 ^{NS}	58,19*
CV	1,29	34,76	28,17	11,25	12,01	1,34

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ^{NS} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade; médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; PTD - patinamento do rodado dianteiro; PTT - patinamento do rodado traseiro; CH - consumo horário de combustível; CO - consumo operacional de combustível; CCO - capacidade de campo operacional; CV - coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Não houve resultado significativo ($p < 0,05$) para os parâmetros patinamento nos rodados dianteiro e traseiro, e consumo horário e operacional de combustível, ou seja, os diferentes preparos de solo não interferiram nesses parâmetros. Porém, a velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora e a capacidade de campo operacional apresentaram diferença significativa para os diferentes preparos de solo avaliados.

A maior velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora foi observada no preparo convencional, esse fato pode ter ocorrido devido à homogeneidade do terreno nesse

sistema, pois a gradagem proporcionou o seu nivelamento. A menor velocidade de deslocamento ocorreu no preparo com escarificador, podendo ser justificado pela irregularidade do terreno e presença de microrrelevos na superfície do solo, dificultando o rolamento dos rodados.

Segundo Delafosse (1986) com o aumento da velocidade nos rodados perde-se qualidade na operação de semeadura, o autor atribui isso aos sistemas de dosagem de sementes e fertilizantes, aos mecanismos sulcadores e às condições de preparo do solo. O mesmo autor também afirma, que a qualidade na semeadura irá interferir no desenvolvimento das culturas, podendo acarretar em redução da produtividade.

A capacidade de campo operacional apresentou o mesmo comportamento da velocidade de deslocamento, devido à largura útil de trabalho ser a mesma em todas as parcelas, dessa forma, o melhor desempenho ocorreu no preparo convencional, sendo possível a realização de maior quantidade de trabalho em menor tempo. Entretanto, a maior capacidade operacional ocasionada devido à maior velocidade de deslocamento pode comprometer a qualidade de semeadura (LIU *et al.*, 2004; CANOVA *et al.*, 2007).

A análise de variância para velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora, patinamento dos rodados dianteiro e traseiro, consumo horário de combustível, consumo operacional de combustível e capacidade de campo operacional no processo de semeadura do milho no segundo ciclo de produção, encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Análise de variância e teste de médias para os parâmetros avaliados no desempenho operacional no processo de semeadura do milho no segundo ciclo de produção.

Preparo	Velocidade (km/h)	Patinamento (%)		CH (L/h)	CO (L/ha)	CCO (ha/h)
		PTD	PTT			
P1	4,83 a	6,10 a	3,30	7,64	7,04	1,09 a
P2	4,32 b	2,70 b	4,38	7,95	8,15	0,97 b
P3	4,58 ab	7,18 a	7,07	9,35	9,07	1,03 ab
FV		Análise de variância				
P	13,24*	19,71*	3,09 ^{NS}	2,99 ^{NS}	5,06 ^{NS}	11,57*
CV	2,65	17,13	38,91	10,96	9,70	2,80

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ^{NS} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade; médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; PTD - patinamento do rodado dianteiro; PTT - patinamento do rodado traseiro; CH - consumo horário de combustível; CO - consumo operacional de combustível; CCO - capacidade de campo operacional; CV - coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

É possível observar que não houve diferença significativa para o consumo horário e operacional de combustível e patinamento do rodado traseiro. A velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora, patinamento do rodado dianteiro e capacidade de campo operacional apresentaram diferença significativa.

A maior velocidade de deslocamento do conjunto foi observada nos preparos convencional e semeadura direta, esse resultado pode ser justificado devido à homogeneidade do terreno nesses dois sistemas, pois a gradagem irá proporcionar o nivelamento do terreno no preparo convencional e o não revolvimento do solo no sistema de semeadura direta, também, acarretará em maior homogeneidade da superfície do solo, possibilitando melhor rolamento dos rodados. Chioderoli *et al.* (2010), verificaram maior velocidade de deslocamento na operação de semeadura do milho em área semeadura direta atingindo $5,8 \text{ km h}^{-1}$.

O maior patinamento do rodado dianteiro do trator ocorreu no preparo convencional e na semeadura direta, sendo de 6,10 e 7,18 %, respectivamente. Esses patinamentos se encontram fora da faixa definida pela ASABE (2006) que para solos não mobilizados o patinamento dever ser estar entre 8 a 10% e em solos mobilizados entre 11 a 13%, esse resultado pode ser justificado devido ao peso do conjunto não se encontrar adequado à operação.

Salvador, Benez e Mion (2008) afirmam que o menor índice de patinamento dos rodados proporciona menor compactação do solo, menor desgaste dos pneus e do mecanismo de transmissão, além de reduzir os gastos com combustíveis.

Em trabalho realizado por Furlani *et al.* (2008) os autores citam que o tipo de preparo do solo pode influenciar no desempenho operacional do conjunto. No mesmo trabalho, foi encontrado valores de patinamento menores para em área com cobertura vegetal na superfície do solo, porém com maior consumo de combustível quando comparado ao preparo de solo convencional. Nesse sentido, Mahl (2006), ressalta que a palhada presente na superfície do solo atrapalha a aderência dos rodados do trator, aumentando, assim, o patinamento.

A maior capacidade de campo operacional foi verificada no preparo convencional e na semeadura direta, ou seja, será realizada maior quantidade de trabalho em menor tempo, influenciando diretamente no custo de produção. Segundo Trintin, Pinheiro Neto e Bortolotto (2005) com o incremento da velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora, ocorre aumento na capacidade operacional, tendo obtido aumento de 54% quando passaram de 4,2 para $6,5 \text{ kmh}^{-1}$.

4.2 Características fitotecnias e componentes da produção de milho

Na Tabela 7 é apresentada a análise de variância para a distribuição longitudinal de plantas (espaçamentos normal, múltiplo e falho) e matéria seca inicial em função dos preparos de solo e lâminas de irrigação aplicadas no primeiro ciclo de produção do milho.

Tabela 7 - Análise de variância para distribuição longitudinal de plantas e matéria seca inicial no primeiro ciclo de produção do milho.

Preparo	Lâminas	EN (%)	EM (%)	EF (%)	MS Inicial (kg/ha)
P1	L1	52,84	18,86	28,30	0
P1	L2	62,34	15,64	22,02	0
P1	L3	58,15	18,47	23,38	0
P1	L4	58,79	22,12	19,09	0
P1	L5	57,35	12,60	30,05	0
P2	L1	59,95	15,00	25,21	2.429,60
P2	L2	61,78	14,31	15,14	3.179,60
P2	L3	61,78	25,28	12,95	2.829,60
P2	L4	74,17	16,50	9,35	2.779,60
P2	L5	65,65	24,49	9,87	1.829,60
P3	L1	56,33	19,82	23,85	3.279,60
P3	L2	77,30	15,24	7,46	3.879,60
P3	L3	52,16	24,66	23,18	6.979,60
P3	L4	54,92	22,59	22,49	4.429,60
P3	L5	62,05	21,47	16,48	4.379,60
F.V		Análise de variância			
Bloco		4,77*	10,18*	0,15 ^{NS}	1,39 ^{NS}
P		1,85 ^{NS}	0,46 ^{NS}	5,60*	68,97*
L		1,73 ^{NS}	0,88 ^{NS}	2,22 ^{NS}	2,18 ^{NS}
P*L		0,58 ^{NS}	0,51 ^{NS}	1,30 ^{NS}	1,86 ^{NS}
CV		23,25	55,71	49,65	51,66

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ^{NS} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade. P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; L1 - 25%; L2 - 50%; L3 - 75%; L4 - 100%; L5 - 150%; EN - espaçamento normal; EM - espaçamento múltiplo; EF - espaçamento falho; MS Inicial - matéria seca inicial; CV - coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com o apresentado na tabela, observa-se que não houve diferença significativa para os espaçamentos normais e espaçamentos múltiplos entre as variáveis analisadas. Segundo Coelho (1996), a porcentagem desejada de espaçamentos normais é acima de 60%, neste estudo os valores encontram-se próximos dessa porcentagem considerada ideal.

Os resultados obtidos para espaçamentos falhos e matéria seca inicial demonstram que houve diferença significativa ($p < 0,05$) em função dos preparos do solo, o teste de médias para esses parâmetros encontra-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Teste de médias para espaçamentos falhos e matéria seca inicial no primeiro ciclo de produção do milho.

Preparo	EF (%)	MS Inicial (kg/ha)
P1	24,57 a	0,00 c
P2	14,50 b	2.609,60 b
P3	18,69 ab	4.589,60 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; EF – espaçamento falho; MS Inicial – matéria seca inicial.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A maior porcentagem de espaçamentos falhos foi obtida no preparo do solo convencional e na semeadura direta, isso pode ter ocorrido devido à maior homogeneidade do terreno nesses dois sistemas de preparo, não havendo resistência ao rolamento dos rodados, sendo assim, as velocidades serão maiores o que pode diminuir a qualidade do processo.

Já o preparo do solo realizado com escarificador apresentou menor porcentagem de espaçamentos falhos, que pode ser justificado devido aos torrões formados na operação de preparo do solo ocasionarem a formação de microrrelevos na superfície do terreno, portanto, haverá menor resistência ao deslizamento da roda motriz da semeadora.

A velocidade de deslocamento do conjunto pode ter influenciado o espaçamento entre as plantas de milho, pois velocidades muito altas podem afetar a regularidade na distribuição. Como é observado na Tabela 5, o preparo convencional e a semeadura direta apresentaram as maiores velocidades de deslocamento no processo de semeadura, atingindo $4,64 \text{ km h}^{-1}$ e $4,45 \text{ km h}^{-1}$, respectivamente, e o preparo realizado com escarificador atingiu $4,12 \text{ km h}^{-1}$, podendo justificar o comportamento dos espaçamentos falhos, ou seja, velocidades altas podem afetar a regularidade na distribuição.

Outro fator que pode ter influenciado a alta porcentagem de espaçamentos falhos é o excesso de chuva que ocorreu nesse período de cultivo (501,5 mm), o excesso de água no solo pode ter provocado o carreamento das sementes, além de não permitir a germinação devido a esse excesso de água, além de aumentar o deslizamento da roda motriz da semeadora.

Diferentemente do que foi observado no presente trabalho, em que o preparo realizado com escarificador, que visa a conservação do solo, obteve menor porcentagem de espaçamentos falhos, proporcionando maior uniformidade no plantio, Jasa *et al.* (1992)

afirmam que preparos conservacionistas necessitam de maiores cuidados na operação de semeadura, pois as condições de solo, cobertura vegetal e superfície não são favoráveis à semeadura, quando comparado à preparos com alta mobilização.

A Tabela 8 mostra que o preparo convencional não apresentou matéria seca inicial, pois esse preparo do solo é caracterizado pelo completo revolvimento das camadas superficiais do solo, não deixando palhada sobre a sua superfície. Diferentemente desse preparo, para realizar a semeadura direta é necessária a presença de material vegetal na superfície do solo e o revolvimento ocorre apenas na linha de semeadura, portanto, o maior volume de matéria seca inicial foi observado nesse tratamento.

Segundo Alvarenga *et al.* (2001) a quantidade de matéria seca presente na superfície do solo para que se mantenha uma boa cobertura para o plantio direto, deve ser de 6.000 kg ha⁻¹. Dessa forma, para seja implantado esse sistema na área de estudo é necessário o cultivo de plantas de cobertura para se obter maior quantidade de matéria seca na superfície do solo.

A

Tabela 9 mostra a análise de variância para a distribuição longitudinal de sementes de milho (espaçamentos normal, múltiplo e falho) e matéria seca inicial em função dos preparos de solo e lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.

Tabela 9 - Análise de variância para distribuição longitudinal de plantas e matéria seca inicial no segundo ciclo de produção do milho.

Preparo	Lâminas	EN (%)	EM (%)	EF (%)	MS Inicial (kg/ha)
P1	L1	46,78	5,92	47,30	0
P1	L2	49,69	3,71	46,60	0
P1	L3	49,61	6,12	44,27	0
P1	L4	54,90	3,10	42,00	0
P1	L5	59,95	5,42	34,14	0
P2	L1	62,32	2,38	33,02	5.268,60
P2	L2	60,38	5,00	34,62	6.139,90
P2	L3	45,58	5,00	49,62	5.857,80
P2	L4	59,28	9,20	31,52	4.260,00
P2	L5	60,86	6,70	29,62	5.815,60
P3	L1	42,12	8,57	46,45	6.426,90
P3	L2	47,53	2,78	49,70	5.514,60
P3	L3	60,52	4,79	33,10	6.766,20
P3	L4	43,24	15,28	36,11	5.521,30
P3	L5	53,54	11,39	35,07	4.625,70
F.V			Análise de variância		

Bloco	0,64 ^{NS}	2,10 ^{NS}	3,74*	3,28*
P	3,36*	1,64 ^{NS}	2,47 ^{NS}	60,65*
L	0,93 ^{NS}	1,81 ^{NS}	2,44 ^{NS}	0,49 ^{NS}
P*L	1,97 ^{NS}	0,85 ^{NS}	1,61 ^{NS}	0,49 ^{NS}
CV	20,31	107,18	26,05	49,79

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ^{NS} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade. P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; L1 - 25%; L2 - 50%; L3 - 75%; L4 - 100%; L5 - 150%; EN - espaçamento normal; EM - espaçamento múltiplo; EF - espaçamento falho; MS Inicial - matéria seca inicial; CV - coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme apresentado na tabela não houve diferença significativa para os espaçamentos múltiplos e falhos para nenhuma das variáveis estudadas. Já os parâmetros espaçamentos normais e matéria seca inicial apresentaram significância para a variável preparo do solo, seus testes de médias são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Teste de médias para matéria seca inicial no segundo ciclo de produção do milho.

Preparo	EN (%)	MS Inicial (kg/ha)
P1	52,18 ab	0,00 b
P2	57,68 a	5.468,38 a
P3	48,97 b	5.770,94 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; EN - espaçamento normal; MS Inicial - matéria seca inicial.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O preparo do solo realizado com escarificador proporcionou a maior porcentagem de espaçamentos normais, isso pode ter ocorrido devido à menor velocidade de deslocamento encontrada na operação de semeadura nesse preparo, tendo atingido velocidade de $4,32 \text{ km h}^{-1}$ (Tabela 6). Segundo a EMBRAPA (1997), a velocidade de deslocamento do conjunto é um dos fatores que influenciam a distribuição de sementes.

Em trabalho realizado por Silva e Silveira (2002), os autores concluíram que o aumento da velocidade de deslocamento da semeadora reduz o percentual de espaçamentos aceitáveis e aumenta o percentual de múltiplos e falhos, comprometendo a qualidade do processo de semeadura. Nesse sentido, Silveira *et al.* (2005) citam que a qualidade do estande final de plantas está relacionada com o desempenho da semeadora.

A menor porcentagem de espaçamentos normais foi observada na semeadura direta, isso pode ter ocorrido devido à maior presença de palhada na superfície do solo dificultar o rolamento do rodado motriz da semeadora, podendo ocorrer deslizamentos da roda na superfície do terreno, não havendo o movimento das engrenagens para liberação da semente no solo. A

palhada, também, irá dificultar a deposição da semente no solo, podendo a mesma ficar sobre essa cobertura, sem contato com o solo.

A uniformidade na distribuição longitudinal de sementes acarretará em menor competição entre as plantas, sendo, portanto, um fator importante que influenciará no estande final de plantas e na produtividade da cultura (SILVEIRA *et al.*, 2005; RAMBO *et al.*, 2003).

De acordo com o teste de médias apresentado na Tabela 10 para a matéria seca inicial, observa-se que não houve diferença significativa entre o preparo realizado com escarificador e a semeadura direta, havendo diferença apenas para o preparo convencional devido ao total revolvimento do solo nesse preparo.

O volume de matéria seca inicial obtido no segundo ciclo de produção do milho encontra-se próximo ao valor estabelecido por Alvarenga *et al.* (2001) de 6.000 kg ha⁻¹ de matéria seca na superfície do solo, esse volume é considerado suficiente para uma boa cobertura do solo e manutenção do plantio direto.

Mello Filho e Richetti (1997) atribuem ao milho grande importância no sistema de plantio direto devido à grande quantidade de palha deixada na superfície do solo após a colheita. Isso pode ser observado comparando os resultados de matéria seca inicial do primeiro ciclo de produção com a do segundo ciclo de produção do presente trabalho. Foram obtidos maiores valores no segundo ciclo de produção devido à matéria seca deixada na superfície do solo após a colheita do primeiro ciclo.

Na Tabela 11 são apresentadas a análise de variância para o número de dias de emergência, população inicial e final de plantas em função dos preparos de solo e lâminas de irrigação aplicadas no primeiro ciclo de produção do milho.

Tabela 11 - Análise de variância para número de dias de emergência, população inicial de plantas e população final de plantas no primeiro ciclo de produção do milho.

Preparo	Lâminas	NDE	PI (pl/ha)	PF (pl/ha)
P1	L1	6,84	26.041,67	36.111,11
P1	L2	6,89	30.555,56	44.444,44
P1	L3	6,77	21.875,00	30.555,56
P1	L4	6,93	25.000,00	37.222,22
P1	L5	6,54	22.569,44	33.888,89
P2	L1	6,86	28.819,44	45.000,00
P2	L2	6,90	30.902,78	48.333,33
P2	L3	6,69	26.388,89	40.000,00
P2	L4	6,94	36.111,11	53.888,89
P2	L5	6,78	34.375,00	47.222,22

P3	L1	6,91	26.736,11	37.777,78
P3	L2	6,89	36.458,33	56.666,67
P3	L3	6,49	23.958,33	37.777,78
P3	L4	6,72	27777,78	41.111,11
P3	L5	6,60	36.111,11	51.666,67
F.V		Análise de variância		
Bloco		2,01 ^{NS}	2,02 ^{NS}	2,44 ^{NS}
P		0,85 ^{NS}	3,56*	5,17*
L		2,44 ^{NS}	2,28 ^{NS}	2,70 ^{NS}
P*L		0,46 ^{NS}	0,89 ^{NS}	0,77 ^{NS}
CV		4,17	26,68	25,59

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ^{NS} – não significativo ao nível de 5% de probabilidade. P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; L1 – 25%; L2 – 50%; L3 – 75%; L4 – 100%; L5 – 150%; NDE – número de dias de emergência; PI – população inicial de plantas; PF – população final de plantas; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O número de dias de emergência não apresentou diferença significativa para nenhum dos fatores estudados. O mesmo não ocorreu para a população inicial e final de plantas que apresentaram diferença significativa para o fator preparo do solo, o teste de médias encontra-se na Tabela 12.

A baixa população inicial obtida no primeiro ciclo de produção ocorreu devido ao excesso de chuvas que acontece na região no período de implantação do experimento (Figura 2). As populações finais maiores que as iniciais ocorreram devido ao replantio realizado após a estabilização do estande de plantas inicial.

Tabela 12 - Teste de médias para população inicial e final de plantas no primeiro ciclo de produção do milho.

Preparos	PI (pl/ha)	PF (pl/ha)
P1	25.208,33 b	36.444,44 b
P2	31.319,44 a	46.888,89 a
P3	30.208,33 ab	45.000,00 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; PI – população inicial de plantas; PF – população final de plantas.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os preparos com escarificador e semeadura direta apresentaram maiores populações iniciais de plantas de milho, isso pode ter ocorrido devido à palhada presente na superfície do solo proporcionar menores temperaturas e manter a umidade necessária para a germinação da semente.

Possamai, Souza e Galvão (2001) avaliando diferentes sistemas de preparo do solo no cultivo de milho verificaram que a semeadura direta proporciona maiores populações de plantas. Salton e Mielniczuk (1995) atribuem essa maior população à maior eficiência da cobertura vegetal, que irá provocar diminuição das perdas de água e menores variações na temperatura do solo, fatores que causarão melhor desenvolvimento da cultura.

Na população final de plantas o preparo de solo realizado com escarificador e a semeadura direta não diferiram significativamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey, apresentando maiores populações ao final desse ciclo produtivo. Esses resultados podem ser justificados pelas menores porcentagens de espaçamentos falhos encontrados nesses sistemas (Tabela 8).

A presença de palhada na superfície do solo poderia favorecer o melhor desenvolvimento da planta, pois a presença dessa cobertura na superfície do solo poderia proteger a raiz e o caule da planta do excesso de água que ocorreu devido ao excesso de chuvas.

Furlani *et al.* (1999) avaliando diferentes preparos do solo e velocidades de deslocamento na operação de semeadura, os autores verificaram que quando ocorre aumento na velocidade de semeadura, ocorreu redução no estande final de plantas, atribuindo esse fato ao maior número de sementes danificadas pelos mecanismos dosadores.

A análise de variância para os parâmetros número de dias de emergência, população inicial e final em função dos preparos de solo e lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho encontram-se na Tabela 13.

Tabela 13 - Análise de variância para número de dias de emergência, população inicial de plantas e população final de plantas no segundo ciclo de produção do milho.

Preparo	Lâminas	NDE	PI (pl/ha)	PF (pl/ha)
P1	L1	11,79	30.555,56	28.333,33
P1	L2	11,72	26.851,85	22.777,78
P1	L3	11,91	30.555,56	29.444,44
P1	L4	11,86	30.208,33	32.222,22
P1	L5	11,73	35.416,67	41.666,67
P2	L1	11,74	26.388,89	41.666,67
P2	L2	11,78	28.819,44	27.777,78
P2	L3	11,86	20.833,33	24.444,44
P2	L4	11,72	31.944,44	42.222,22
P2	L5	11,69	25.694,44	46.111,11
P3	L1	11,79	19.907,41	21.111,11
P3	L2	11,78	16.666,67	28.888,89
P3	L3	11,68	11.805,56	33.333,33
P3	L4	11,78	10.648,15	38.333,33

P3	L5	11,70	9.259,26	41.111,11
FV		Análise de variância		
Bloco		0,76 ^{NS}	2,91*	5,89*
P		0,45 ^{NS}	44,06*	1,60 ^{NS}
L		0,58 ^{NS}	0,93 ^{NS}	5,47*
P*L		0,53 ^{NS}	2,09 ^{NS}	1,30 ^{NS}
CV		1,57	25,37	30,25

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ^{NS} – não significativo ao nível de 5% de probabilidade. P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; L1 – 25%; L2 – 50%; L3 – 75%; L4 – 100%; L5 – 150%; NDE – número de dias de emergência; PI – população inicial de plantas; PF – população final de plantas; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme apresentado na tabela observa-se que o parâmetro número de dias de emergência não apresentou diferença significativa para nenhum dos fatores estudados. Apesar disso, pode-se verificar que a emergência foi mais lenta nesse ciclo de produção, em média 11,77 dias, em relação ao primeiro ciclo, em média 6,78 dias, isso pode ter ocorrido, pois no primeiro ciclo de produção houveram chuvas constantemente durante a fase inicial do milho, já no segundo ciclo devido à falta de chuvas foi feita irrigação para manter a umidade do solo até o início da diferenciação das lâminas. Segundo Ritchie, Hanway e Benson (2003) sob boas condições de calor e umidade a emergência da plântula de milho ocorre entre quatro a cinco dias após a semeadura, porém em condições de baixas temperaturas ou de secas, a emergência pode ocorrer em duas semanas ou mais.

A baixa população de plantas observadas no segundo ciclo de produção ocorreu devido à falta de chuva nesse período e à presença de pragas urbanas na área do experimento.

Tabela 14 - Teste de médias para população inicial de plantas no segundo ciclo de produção do milho.

Preparos	PI (pl/ha)
P1	30.717,59 a
P2	26.736,11 a
P3	13.657,41 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; PI – população inicial de plantas.

Fonte: Elaborada pelo autor.

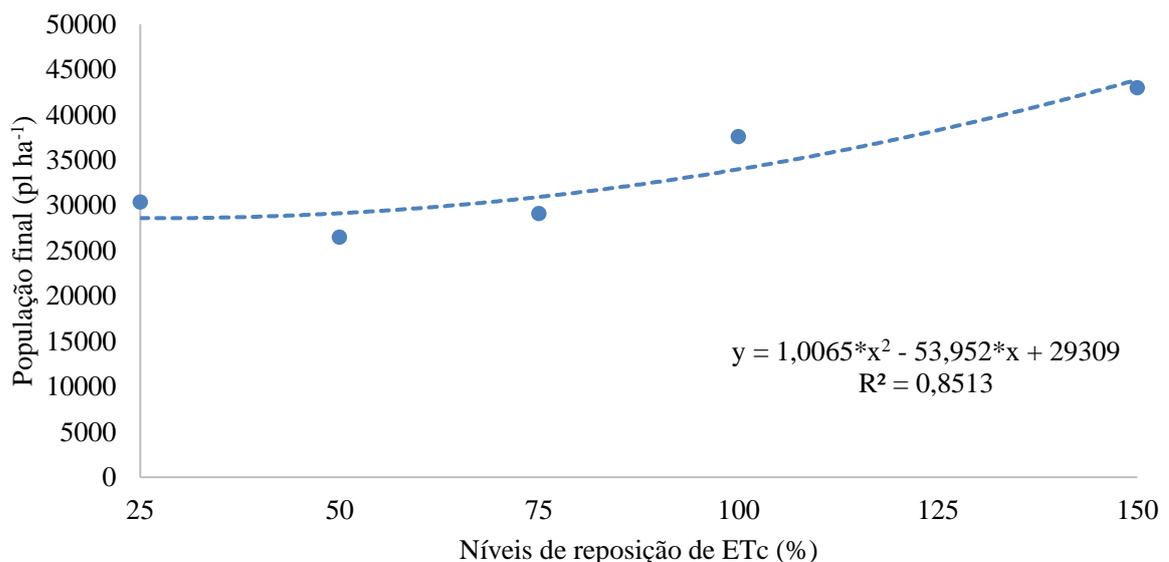
A população inicial de plantas diferiu significativamente em relação aos diferentes preparos de solo estudados, a Tabela 14 mostra o teste de Tukey para esse parâmetro. É possível observar que as populações obtidas no preparo convencional e no escarificador não diferiram significativamente entre si, apresentando as maiores populações. Esse resultado pode ser

explicado pelas maiores porcentagens de espaçamentos normais obtidas, também, nesses tratamentos.

Já na semeadura direta obteve-se a menor população inicial de plantas, isso pode ter ocorrido devido à presença de palhada ter dificultado a deposição de sementes no solo e a emergência das plantas de milho. Corroborando com isso, Oliveira e Machado (1991) afirmam que a presença de cobertura morta na superfície do solo pode interferir na germinação das sementes e emergência das plântulas por interromperem a passagem de luz.

Conforme observado na Tabela 10, outro fator que pode ter interferido na baixa população inicial de plantas foi o baixo espaçamento normal entre as plantas, de 48,97%. A baixa população inicial de plantas ocorre devido à má regulagem das semeadoras-adubadoras de precisão, falha no corte da palha e velocidade de deslocamento inadequadas ao processo (EMBRAPA, 1996).

Figura 13 – População final de plantas em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.



* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor.

O parâmetro população final de plantas apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) para o fator lâminas de irrigação, sendo a sua regressão apresentada na Figura 13. Verifica-se que a resposta da população final em relação às lâminas de irrigação é uma função quadrática, tendo apresentado a maior população final na maior lâmina de irrigação (537,81 mm).

A maior lâmina de irrigação aplicada pode ter fornecido condições mais adequadas para o desenvolvimento do milho, mantendo o solo mais úmido, além de temperaturas mais baixas.

Na Tabela 15 é apresentada a análise de variância para a altura de planta, altura de inserção da primeira espiga diâmetro do colmo e matéria fresca e matéria seca de silagem em função dos preparos de solo e lâminas de irrigação aplicadas no primeiro ciclo de produção do milho.

Tabela 15 - Análise de variância para altura da planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo e matéria fresca e matéria seca de silagem no primeiro ciclo de produção do milho.

Preparo	Lâminas	AP (m)	AIE (m)	DC (mm)	MF	MS
					Silagem (kg/há)	Silagem (kg/há)
P1	L1	1,12	0,55	14,49	10.222,00	3.192,67
P1	L2	1,24	0,61	15,15	8.048,83	2.513,20
P1	L3	1,10	0,54	14,16	5.035,17	1.281,00
P1	L4	1,14	0,57	13,51	4.863,50	1.258,67
P1	L5	1,19	0,58	15,32	3.436,17	992,17
P2	L1	1,21	0,62	14,54	11.731,17	4.477,00
P2	L2	1,36	0,67	15,56	7.268,00	2.466,89
P2	L3	1,29	0,64	14,10	9.650,33	2.472,67
P2	L4	1,27	0,64	14,77	4.784,00	1.410,50
P2	L5	1,41	0,73	17,49	3.093,50	846,44
P3	L1	1,12	0,59	15,40	10.607,17	3.198,67
P3	L2	1,38	0,71	14,01	4.948,33	1.369,00
P3	L3	1,41	0,73	16,72	6.079,50	1.611,17
P3	L4	1,40	0,69	17,35	4.415,17	1.223,33
P3	L5	1,38	0,71	15,96	5.268,67	1.178,9
FV		Análise de variância				
Bloco		3,04*	3,35*	3,62*	0,55 ^{NS}	1,03 ^{NS}
P		3,19 ^{NS}	3,41*	1,20 ^{NS}	0,64 ^{NS}	3,02 ^{NS}
L		1,12 ^{NS}	0,66 ^{NS}	0,54 ^{NS}	8,09*	17,75*
P*L		0,32 ^{NS}	0,22 ^{NS}	0,76 ^{NS}	0,82 ^{NS}	1,21 ^{NS}
CV		18,65	22,93	18,29	49,46	42,68

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ^{NS} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade. P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; L1 - 25%; L2 - 50%; L3 - 75%; L4 - 100%; L5 - 150%; AP - altura da planta; AIE - altura de inserção da primeira espiga; DC - diâmetro do colmo; MF silagem - matéria fresca de silagem; MS silagem - matéria seca de silagem; CV - coeficiente de variação. Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme apresentado na tabela os parâmetros altura de planta e diâmetro do colmo não apresentaram diferença significativa para nenhum dos fatores estudados. Já a altura de inserção da primeira espiga apresentou significância para o fator preparo do solo e seu teste de médias é mostrado na Tabela 16.

Tabela 16 - Teste de médias para altura de inserção da primeira espiga no primeiro ciclo de produção do milho.

Preparos	AIE (m)
P1	0,57 b
P2	0,66 ab
P3	0,69 a

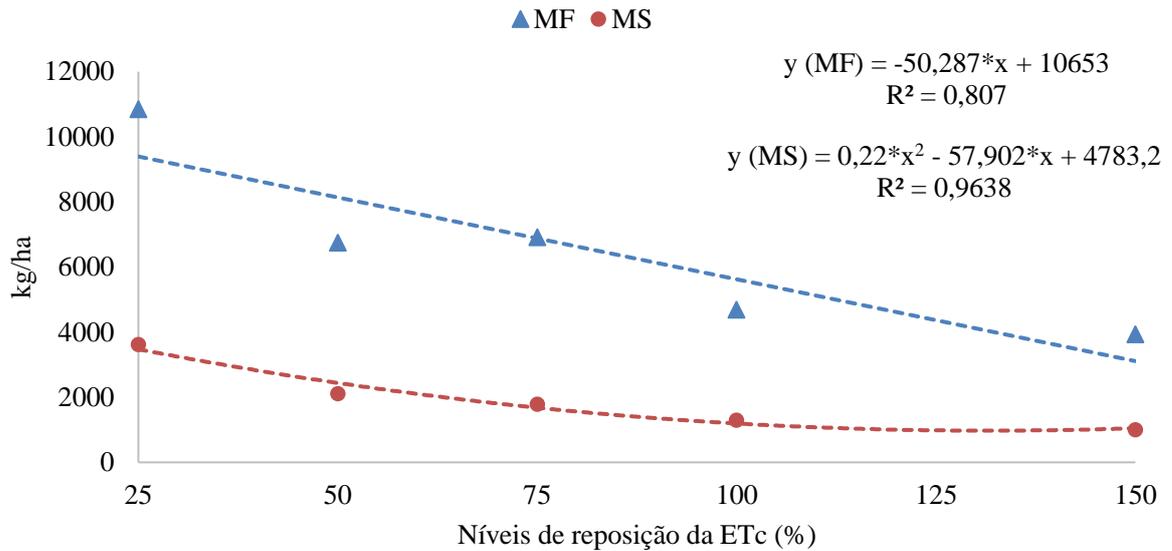
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; AIE – altura de inserção da primeira espiga.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O preparo realizado com escarificador e a semeadura direta apresentaram maior altura de inserção da primeira espiga, atingindo altura de 0,66 e 0,69 m, respectivamente. A cobertura vegetal presente na superfície do solo permite com que se mantenha a umidade do mesmo, havendo controle das oscilações de temperatura que poderiam ocorrer no solo, esses fatores permitirão o melhor crescimento e desenvolvimento da planta. Zárate *et al.* (2009) obtiveram altura de inserção da primeira espiga entre 0,84 e 0,73 m, já Silva *et al.* (2015) avaliando cultivares para a produção de milho verde encontraram alturas de inserção da espiga variando de 1,03 a 1,39 m. Sendo esses valores maiores aos encontrados no presente trabalho, contudo elevadas alturas de inserção de espiga podem causar o acamamento das plantas.

As variáveis matéria fresca e matéria seca de silagem apresentaram diferença significativa para as lâminas de irrigação, na Figura 14 encontram-se as curvas de regressão para essas variáveis.

Figura 14 – Matéria fresca (MF) e matéria de silagem (MS) em função das lâminas de irrigação aplicadas no primeiro ciclo de produção do milho.



* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor.

A matéria fresca de silagem apresentou resposta linear decrescente para as diferentes lâminas de irrigação aplicadas, ou seja, à medida em que se aumentou a lâmina o volume de matéria fresca diminuiu, isso devido ao elevado volume de chuva nesse período (501,5 mm) que irá acarretar em excesso de água quando aplicadas maiores volumes de água pela irrigação. Obtendo valores na faixa de 3.622,78 kg ha⁻¹ a 10.853,44 kg ha⁻¹ no menor (48,45 mm) e maior (290,70 mm) volume de água aplicado, respectivamente.

Conforme mostra a figura, a matéria seca de silagem teve comportamento similar à matéria fresca, sendo a maior quantidade de matéria seca produzida na lâmina de 25% da ETc (48,45 mm), atingindo valor de 10.853,44 kg ha⁻¹. No Brasil, são encontrados valores de matéria seca de milho na faixa de 8.000 a 23.000 kg ha⁻¹ (FONSECA *et al.*, 2002; VASCONCELOS *et al.*, 2005), estando, portanto, o maior volume de matéria seca encontrado dentro da faixa de produção brasileira. A lâmina de 150% da ETc (290,70 mm) apresentou decréscimo de 176% na produção de matéria seca com relação à lâmina de 25% da ETc, sendo sua produção de 3.932,78 kg ha⁻¹.

Paziani, Duarte e Nussio (2016) avaliando produção de silagem em três diferentes cidades no estado de São Paulo, obtiveram produtividade de 16,7, 20,8 e 11,9 toneladas ha⁻¹, variando com as diferentes localidades, os autores atribuem esse fato à interação que ocorre com o ambiente, tendo a menor produtividade ocorrido devido à ventos fortes que provocaram o acamamento das plantas.

Em trabalho realizado por Fonseca *et al.* (2002) visando a produtividade de silagem de alto valor nutritivo, os autores encontraram para o híbrido AG1051, com espaçamento de 0,9 m entre fileiras e população de 55 mil plantas ha⁻¹, produção de matéria seca de 17,98 toneladas ha⁻¹ e altura de plantas de 2,72 m. Já Cruz *et al.* (2001) com população de 30.000 plantas ha⁻¹ o rendimento médio de matéria seca foi de 5,5 toneladas ha⁻¹ e com densidade de 50.000 plantas ha⁻¹ o rendimento médio obtido foi de 7 toneladas ha⁻¹.

Chieza *et al.* (2017) avaliando a produção de milho em diferentes intervalos de semeadura obtiveram matéria seca de milho de 5.318, 1 e 3.998,9 kg ha⁻¹ para o cultivo na primavera-verão e no outono-inverno, respectivamente.

Segundo Neumann *et al.* (2011) para a produção de silagem recomenda-se que a planta tenha altura de inserção da espiga de 0,8 a 1,2 m, altura de planta de 1,9 a 2,6 m, produção de matéria fresca de 55.00 kg ha⁻¹, produção de matéria seca de 18.000 kg ha⁻¹.

A Tabela 17 mostra os resultados da análise de variância para a altura de planta, altura de inserção da primeira espiga diâmetro do colmo e matéria fresca e matéria seca de silagem em função dos preparos de solo e lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.

Tabela 17 - Análise de variância para altura da planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo e matéria fresca e matéria seca de silagem no segundo ciclo de produção do milho.

Preparo	Lâminas	AP (m)	AIE (m)	DC (mm)	MF	MS
					Silagem (kg/ha)	Silagem (kg/ha)
P1	L1	0,72	0,42	17,75	3.889,33	1.183,50
P1	L2	0,94	0,48	18,82	4.064,50	1.161,83
P1	L3	0,99	0,48	18,17	3.788,89	1.616,33
P1	L4	1,06	0,55	21,43	7.132,89	1.865,83
P1	L5	0,97	0,54	19,13	5.572,33	1.725,67
P2	L1	0,70	0,43	16,65	4.414,83	1.201,50
P2	L2	0,83	0,43	17,49	5.456,67	1.435,17
P2	L3	0,97	0,45	16,72	4.900,50	1.572,50
P2	L4	0,99	0,48	17,94	5.367,17	1.806,33
P2	L5	1,01	0,53	16,54	6.184,00	1.616,17
P3	L1	0,64	0,32	15,44	3.634,17	1.038,50
P3	L2	0,80	0,40	15,84	4.836,67	1.387,67
P3	L3	0,85	0,40	15,60	5.090,33	1.279,00
P3	L4	0,81	0,37	16,34	4.791,33	1.446,00
P3	L5	0,86	0,38	16,34	6.514,33	1.756,17

FV	Análise de variância				
	Bloco	5,64*	6,45*	0,80 ^{NS}	6,07*
P	12,60*	21,58*	17,51*	0,53 ^{NS}	0,79 ^{NS}
L	17,50*	3,96*	2,38 ^{NS}	6,13*	4,46*
P*L	0,81 ^{NS}	1,10 ^{NS}	0,60 ^{NS}	1,81 ^{NS}	0,56 ^{NS}
CV	10,62	13,38	9,82	24,08	27,10

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ^{NS} – não significativo ao nível de 5% de probabilidade. P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; L1 – 25%; L2 – 50%; L3 – 75%; L4 – 100%; L5 – 150%; AP – altura da planta; AIE – altura de inserção da primeira espiga; DC – diâmetro do colmo; MF silagem – matéria fresca de silagem; MS silagem – matéria seca de silagem; CV – coeficiente de variação. Fonte: Elaborada pelo autor.

Para as variáveis altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo houve diferença significativa ($p < 0,05$) para fator preparo do solo, o teste de médias é apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 - Teste de médias para altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo no segundo ciclo de produção do milho.

Preparo	AP (m)	AIE (m)	DC (mm)
P1	0,94 a	0,50 a	19,06 a
P2	0,90 a	0,46 a	17,07 b
P3	0,79 b	0,38 b	15,91 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; AP – altura de planta; AIE – altura de inserção da primeira espiga; DC – diâmetro do colmo.

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com a tabela verifica-se que para a variável altura de plantas não houve diferença significativa entre o preparo convencional e o preparo realizado com escarificador. Segundo Freitas *et al.* (2008) uma das vantagens de plantas mais altas é que elas terão maior competitividade sobre as plantas daninhas, proporcionando o sombreamento dessas plantas, que acarretará na redução de seu crescimento, diminuindo a competição por água, luz e nutrientes.

A menor altura de planta foi observada na semeadura direta de 0,79 m, esse resultado pode ser justificado devido ao não revolvimento do solo nesse sistema de manejo, dessa forma, poderá haver a presença de camadas compactadas no perfil do solo, podendo acarretar no não desenvolvimento das raízes, dessa forma, o crescimento da planta será prejudicado.

A altura de inserção da primeira espiga teve comportamento similar ao da variável altura de plantas, não havendo diferença significativa entre o preparo convencional e o realizado com escarificador. Maiores alturas de inserção da espiga facilitam o processo de colheita,

principalmente, quando é realizado de forma mecanizada, minimizando perdas durante o processo.

Assim como observado no presente trabalho, Bertolini *et al.* (2008) e Silva (2000) afirmam que plantas maiores proporcionam maiores alturas de inserção da primeira espiga, estando, portanto, esses dois parâmetros relacionados. Porém, de acordo com Sangoi *et al.* (2002), quanto maior a relação entre a altura de inserção da primeira espiga e a altura da planta, mais deslocado estará o centro de gravidade da planta, que irá favorecer a quebra do colmo e o acamamento da planta.

Greiter e Anghinoni (2016) avaliando os atributos agronômicos no milho em sistemas com plantio direto e escarificação obtiveram maiores alturas de inserção da primeira espiga no solo preparado com escarificador, sendo essa altura de 1,13 m em solo escarificado e 1,06 m em plantio direto.

Com relação ao diâmetro do colmo, o maior valor foi obtido no preparo convencional. Isso pode ter ocorrido, pois o preparo convencional proporciona o revolvimento do solo, aumentando, assim, a taxa de decomposição da matéria orgânica do solo, fornecendo maior quantidade de nutrientes que serão acumulados no colmo da planta.

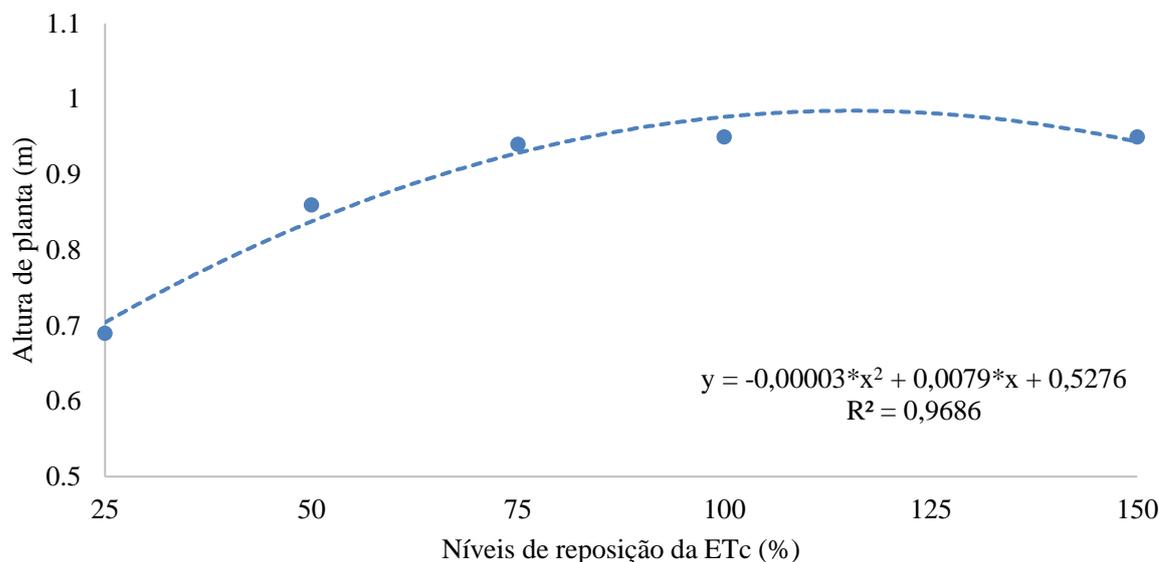
Nesse sentido, Fancelli e Dourado Neto (2000) citam que o colmo atua como armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados na formação dos grãos, portanto, quanto mais grosso o colmo da planta de milho melhor será a formação de grãos da espiga. Corroborando com o que foi dito, Andreotti *et al.* (2001) ressalta, ainda, que o maior diâmetro do colmo poderá estar correlacionado com maior espaço físico para o armazenamento de nutrientes absorvidos e fotoassimilados, que serão utilizados posteriormente na fase reprodutiva para o enchimento de grãos, assim como, maiores espessuras de diâmetro proporcionarão plantas mais resistentes ao acamamento e quebramento.

Pereira Filho *et al.* (2002) e Gross *et al.* (2006) encontraram que o aumento da densidade populacional na cultura do milho, acarreta em menor diâmetro do colmo, diferentemente do observado no presente trabalho, em que o maior diâmetro do colmo foi observado no preparo convencional, assim como, a maior população inicial de plantas.

O maior diâmetro do colmo, irá influenciar na qualidade da silagem de milho, pois diâmetros maiores acarretarão em maior participação do colmo na silagem, implicando em menor quantidade de nutrientes digestíveis totais devido à maior quantidade de material lignificado (FERREIRA *et al.*, 2011).

As variáveis altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga também apresentaram diferença significativa para o fator lâminas de irrigação, as regressões geradas para essas variáveis encontram-se nas Figura 15 e Figura 16.

Figura 15 - Altura de planta em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.



* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor.

O modelo adequado para representar a relação entre a altura de planta e lâminas de irrigação foi o quadrático (Figura 15). Na figura observa-se que a lâmina de 150% da ETc (537,81 mm) promoveu plantas maiores, com altura média de 0,95 m, já com relação a lâmina de 25% da ETc (89,63 mm) houve redução de 37,68% da altura de planta.

Segundo Nascimento *et al.* (2017) a altura de plantas pode ser afetada pelo déficit hídrico, quando o déficit hídrico é intenso provocará o fechamento dos estômatos, redução da transpiração e da fotossíntese, como consequência irá afetar a produção de fotoassimilados e o crescimento da planta. Fornasieri Filho (2007), também, ressalta que em condições de déficit hídrico ocorre inibição do crescimento da parte aérea da planta e maior crescimento das raízes.

Corroborando com o presente trabalho, Blanco *et al.* (2011) encontraram resposta quadrática para a altura de plantas em relação a variação das lâminas de irrigação, com valor máximo de 2,19 m para a lâmina de 603 mm. Em trabalho realizado por Corrêa Junior *et al.* (2014) a altura média de plantas atingida foi de 1,86 m.

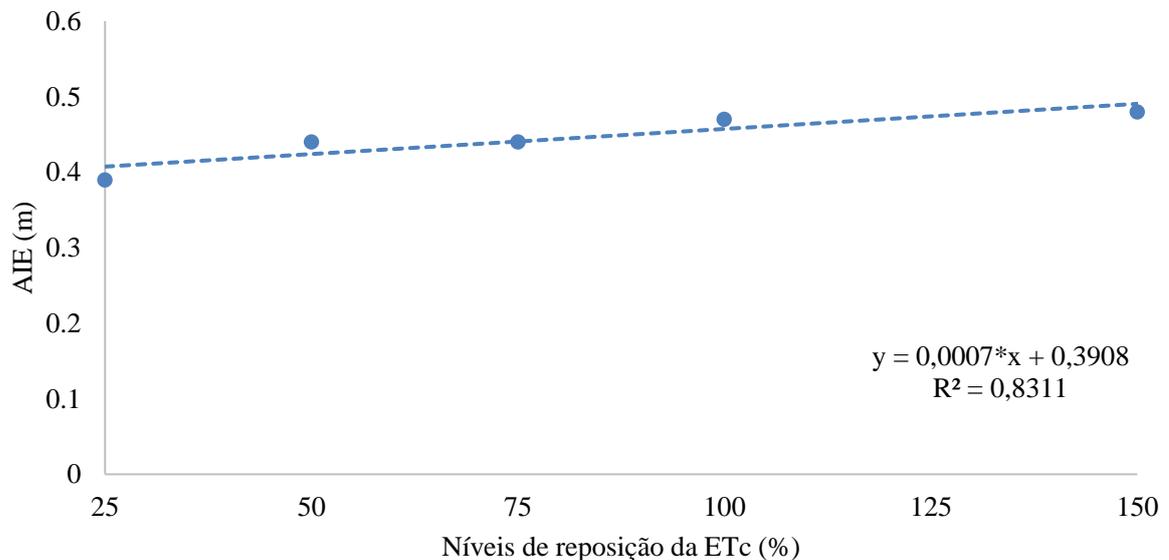
Calonego *et al.* (2011) encontraram, em condições de sequeiro, altura de planta para o híbrido AG1051 entre 2,10 e 2,27 m. Albuquerque, Von Pinho e Silvam (2008) encontraram

alturas menores, chegando a uma altura média de 1,73 m para o mesmo híbrido. Essas alturas são bem acima das encontradas neste trabalho, isso pode ter ocorrido devido à competição causada com plantas daninhas.

Freitas *et al.* (2006) e Favarato *et al.* (2016) afirmam que plantas com maiores alturas tem vantagem competitiva com relação às plantas daninhas, devido à maior altura de planta de milho proporcionar o sombreamento das daninhas, reduzindo, assim, seu crescimento e a competição por água, luz e nutrientes, além de reduzir os custos de produção, pois, será necessário menor número de roçadas.

Segundo Fonseca *et al.* (2002) para a produção de silagem de boa qualidade nutricional, deve-se selecionar híbridos de menor porte da planta, pois plantas mais altas terão maior porcentagem de fibras na sua silagem. Diferentemente, Pozar (1989) ressalta que plantas com tendência ao nanismo possuem maior relação entre folha e colmo, produzindo maior teor de nutrientes digestíveis.

Figura 16 - Altura de inserção da primeira espiga em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.



* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor.

O modelo linear foi o que melhor representou a relação existente entre a altura de inserção da primeira espiga e as lâminas de irrigação, ou seja, à medida em que se aumentou a reposição da evapotranspiração, maior a altura de inserção da primeira espiga. Portanto a lâmina de 537,81 mm, proporcionou uma altura 23% maior que a lâmina de 89,63 mm (Figura 16).

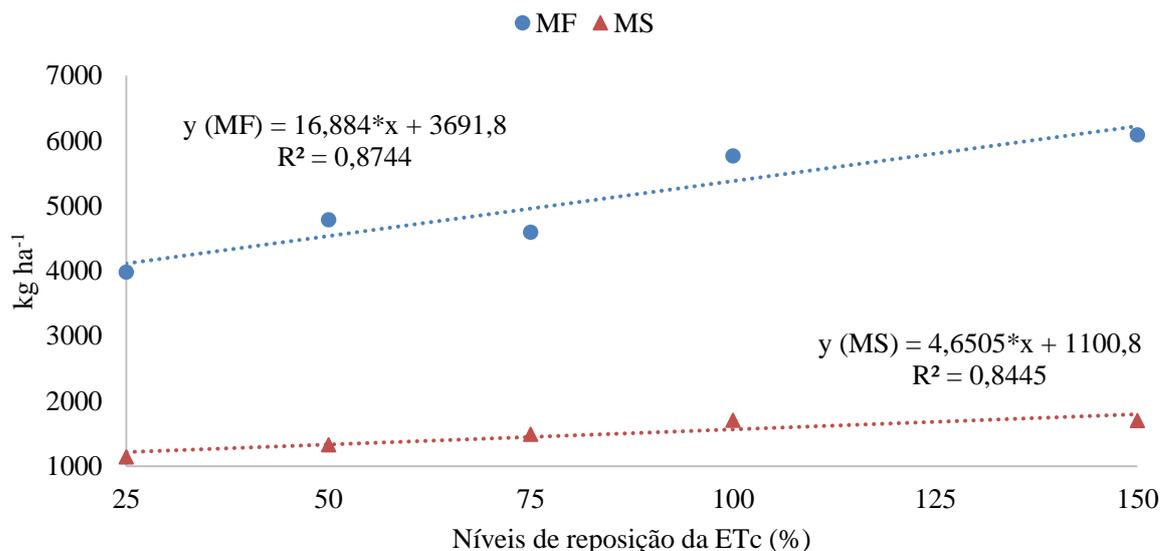
Santos *et al.* (2002) encontraram alturas de inserção da espiga de 0,96 m, valores mais elevados que os encontrados nos dois ciclos de desenvolvimento do milho no presente trabalho.

Diferente do encontrado neste trabalho, em estudo realizado por Nascimento *et al.* (2017) avaliando a produtividade de milho verde com diferentes regimes hídricos, os autores não encontraram diferença significativa entre a altura de inserção da espiga e as lâminas de irrigação.

Maiores alturas de inserção da espiga facilitam o processo de colheita, porém Sousa e Yuyama (2015), afirmam que plantas com a altura de inserção da espiga elevada podem causar quebra do colmo e tombamento pelo vento, ocasionando em perdas na produtividade.

Os resultados obtidos para matéria fresca e matéria seca de silagem mostram que as variáveis diferiram significativamente ($p < 0,05$) para o fator lâminas de irrigação, as regressões geradas para as variáveis são apresentadas na Figura 17.

Figura 17 – Matéria fresca (MF) e matéria seca (MS) de silagem em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.



* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor.

A matéria fresca e matéria seca de silagem mostraram o mesmo comportamento com relação às lâminas de irrigação, conforme verifica-se na figura as duas variáveis apresentaram resposta linear crescente para o fator lâminas de irrigação. Sendo seus maiores valores observados na lâmina de 150% da evapotranspiração, com 6.090,22 e 1.699,33 kg ha⁻¹ para MF e MS de silagem, respectivamente.

O volume de silagem está diretamente ligado à altura da planta, pois quanto maior a planta, maior será a quantidade de material vegetal, assim como é observado na altura de planta (Figura 15), a maior lâmina de irrigação (537,81 mm), também, promoveu maior volume de material para silagem. Corroborando ao que foi dito, Pinho *et al.* (2007) ressaltam a diferença de produtividade de matéria seca entre diferentes cultivares está relacionada ao porte da planta, obtendo-se menor volume de MS em plantas mais baixas.

Diferentemente do primeiro ciclo de produção em que as MF e MS de silagem responderam de forma decrescente às lâminas de irrigação, no segundo ciclo o inverso ocorreu, o volume respondeu de forma crescente às lâminas, esses resultados podem ser justificados pelo excesso de chuvas que ocorreu no primeiro ciclo (501,5 mm), portanto, apesar da irrigação com déficit poderia haver maior volume de água armazenado no solo disponível para a absorção das plantas, o que não ocorreu no segundo ciclo (13,1 mm), em que a falta de chuvas nesse período faz com que a única fonte de água para as plantas seja da irrigação.

Sendo assim, o aumento de matéria fresca e matéria seca de silagem em função das lâminas de irrigação, reforça que a água é essencial para o desenvolvimento e rendimento da cultura, respondendo positivamente ao aumento no volume de água.

Na Tabela 19 encontram-se os resultados da análise de variância para comprimento de espigas, diâmetro de espigas, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira em função dos preparos de solo e lâminas de irrigação aplicadas no primeiro ciclo de produção do milho.

Tabela 19 - Análise de variância para comprimento da espiga, diâmetro da espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira no primeiro ciclo de produção do milho.

Preparo	Lâminas	CP (cm)	DE (mm)	NF	NG
P1	L1	9,93	35,62	11,80	16,45
P1	L2	10,22	40,56	12,95	21,60
P1	L3	9,98	40,21	13,12	18,18
P1	L4	8,81	39,54	12,65	20,65
P1	L5	10,18	42,48	13,87	21,63
P2	L1	9,84	38,38	12,70	19,23
P2	L2	10,29	41,37	13,78	20,47
P2	L3	10,09	39,95	12,45	19,82
P2	L4	8,87	38,82	13,10	19,68
P2	L5	9,45	41,01	13,74	19,99
P3	L1	10,94	38,03	12,00	19,03
P3	L2	12,04	41,30	13,26	25,02

P3	L3	10,64	40,04	13,55	20,43
P3	L4	10,41	42,07	13,39	23,37
P3	L5	8,93	40,51	12,86	22,18
FV		Análise de variância			
Bloco		7,19*	6,77*	5,82*	3,97*
P		1,34 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,34 ^{NS}	1,63 ^{NS}
L		1,27 ^{NS}	2,36 ^{NS}	2,82*	1,57 ^{NS}
P*L		0,47 ^{NS}	0,45 ^{NS}	0,94 ^{NS}	0,29 ^{NS}
CV		18,45	8,92	8,10	22,11

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ^{NS} – não significativo ao nível de 5% de probabilidade. P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; L1 – 25%; L2 – 50%; L3 – 75%; L4 – 100%; L5 – 150%; CP – comprimento da espiga; DE – diâmetro da espiga; NF – número de fileiras por espiga; NG – número de grãos por espiga; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

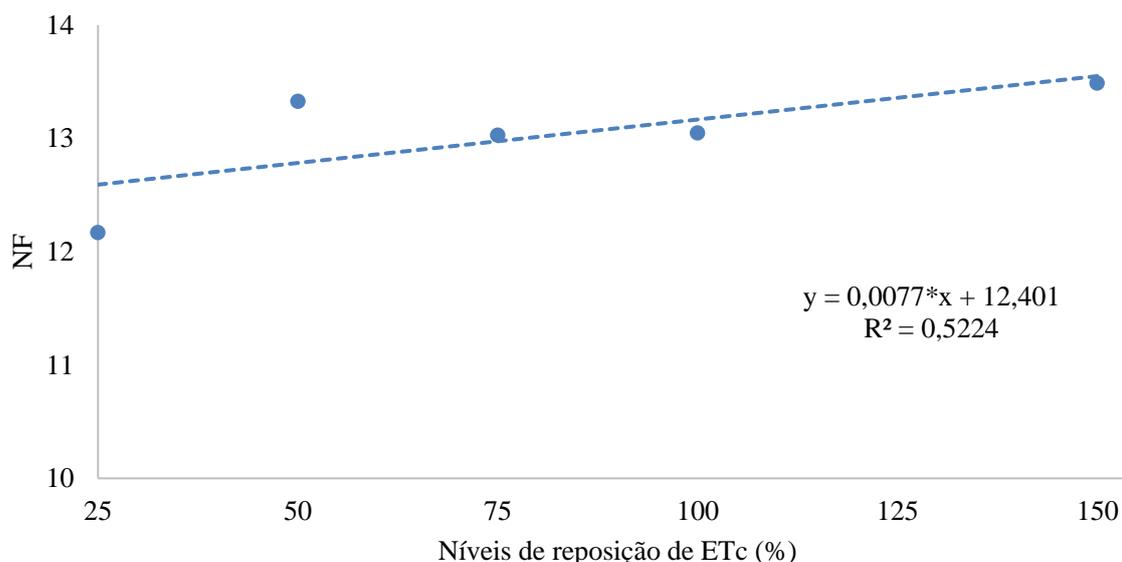
Os parâmetros comprimento de espigas, diâmetro de espigas e número de grãos por fileira não apresentaram diferença significativa para nenhum dos fatores estudados. Diferentemente do presente trabalho, Blanco *et al.* (2011) encontraram efeito significativo das lâminas de irrigação para o comprimento das espigas, aumentando linearmente com a lâmina de irrigação e tendo comprimento máximo de 24,8 cm na lâmina de 220% (550 mm) da evapotranspiração da cultura.

Massad *et al.* (2014) avaliando o cultivo de milho em solo coberto e em pousio (sem cobertura vegetal) encontraram diferença significativa para o comprimento de espigas e diâmetro de espigas entre os tratamentos, havendo aumento de 52,77% e 45,58%, respectivamente, em área com cobertura vegetal.

Assim como nesse trabalho, Parizi (2007), ao testar diferentes lâminas de irrigação na cultura do milho, também, não obteve resultado significativo para o número de grãos por fileira, atribuindo esse fato às chuvas acima da média e bem distribuídas.

A variável número de fileiras por espiga apresentou diferença significativa para o fator lâminas de irrigação, a curva de regressão para esse parâmetro encontra-se na Figura 18.

Figura 18 – Número de fileiras por espiga em função das lâminas de irrigação aplicadas no primeiro ciclo de produção do milho.



* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme mostra a figura essa variável apresentou resposta linear para as lâminas de irrigação, ou seja, à medida em que se aumentou a reposição de água perdida pela evapotranspiração, o número de fileiras por espiga de milho também aumentou. Houve aumento de aproximadamente 11% no número de fileiras da lâmina de 25% para a de 150% da ETc, obtendo média de 13,5 fileiras por espiga de milho. O número ímpar de fileiras por espiga é devido ao valor ser formado pela média das espigas da área útil.

O número de fileiras é definido de forma genética, porém observa-se que fatores ambientais podem interferir, também nesse processo, como é o caso da água, que é responsável pela translocação de solutos na planta, portanto o maior volume de água permitirá maior translocação desses solutos armazenados no colmo para a espiga na fase de formação.

Em trabalho realizado por Sousa e Yuyama (2015) avaliando o desempenho agrônomico de cultivares de milho obtiveram média de 14,6 fileiras por espiga, próximos ao obtido por Bertolini *et al.* (2006) de 14,67 fileiras.

A análise de variância para os parâmetros comprimento de espigas, diâmetro de espigas, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira em função dos preparos de solo e lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Análise de variância para comprimento da espiga, diâmetro da espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira no segundo ciclo de produção do milho.

Preparo	Lâminas	CP (cm)	DE (mm)	NF	NG
P1	L1	9,31	28,66	8,55	8,26
P1	L2	9,48	33,30	13,05	17,45
P1	L3	11,00	33,65	13,54	21,43
P1	L4	9,95	31,50	13,28	23,52
P1	L5	9,79	33,13	13,19	22,81
P2	L1	10,84	28,34	12,30	10,80
P2	L2	9,29	31,88	13,06	16,26
P2	L3	9,52	32,72	13,42	19,37
P2	L4	8,74	33,30	12,61	19,56
P2	L5	10,02	34,30	13,61	22,19
P3	L1	8,68	31,33	12,17	10,04
P3	L2	9,05	28,42	12,51	11,58
P3	L3	9,45	31,66	11,91	13,31
P3	L4	9,24	33,84	12,46	17,92
P3	L5	9,70	32,76	13,09	20,65
FV		Análise de variância			
Bloco		2,10 ^{NS}	3,15*	5,00*	3,84*
P		0,70 ^{NS}	0,15 ^{NS}	1,58 ^{NS}	3,21 ^{NS}
L		0,35 ^{NS}	3,03*	5,79*	10,42*
P*L		0,54 ^{NS}	1,15 ^{NS}	2,99*	0,65 ^{NS}
CV		19,25	10,02	10,33	30,41

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ^{NS} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade. P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; L1 - 25%; L2 - 50%; L3 - 75%; L4 - 100%; L5 - 150%; CP - comprimento da espiga; DE - diâmetro da espiga; NF - número de fileiras por espiga; NG - número de grãos por espiga; CV - coeficiente de variação.

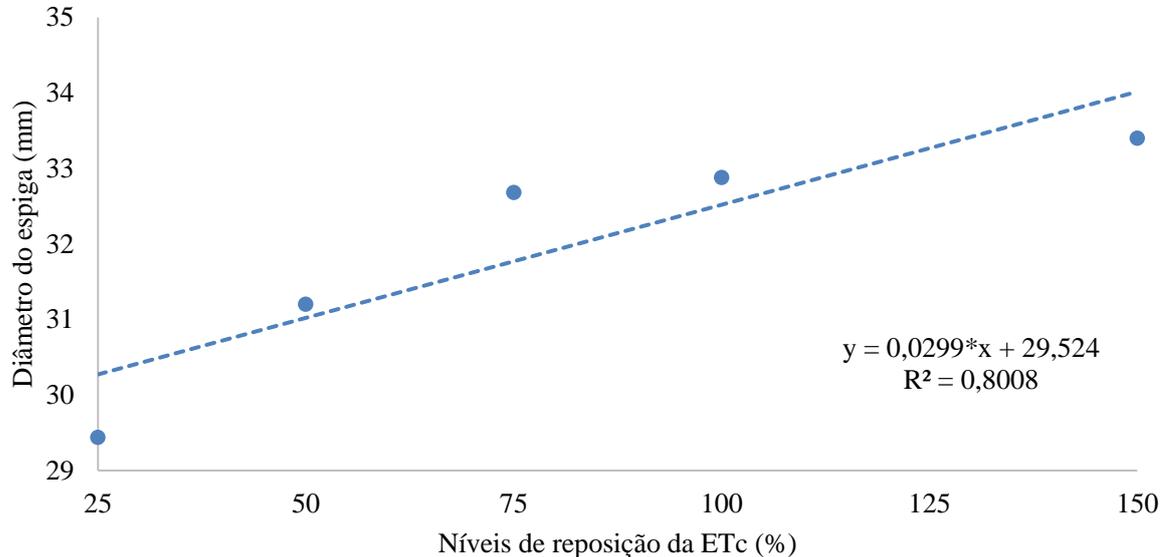
Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com a tabela, o comprimento de espigas não apresentou significância para nenhum dos fatores estudados. O comprimento de espiga é uma característica importante quando se leva em consideração a comercialização do milho in natura. Nesse sentido, Pereira Filho e Cruz (2002) afirmam que o comprimento de espiga ideal para atender tanto os interesses da indústria de envasamento quanto à produção para o uso in natura é próximo à 20 cm. Já Moraes (2009) e Santos *et al.* (2005) afirmam que o comprimento de espiga recomendado para comercialização de milho verde é de no mínimo 15 cm.

Esses valores de referência para o comprimento de espigas são bem acima dos encontrados no presente trabalho nos dois ciclos de produção, esse fato se deve, principalmente, aos danos causados nas espigas pela lagarta do cartucho.

A variável diâmetro de espiga apresentou diferença significativa para o fator lâminas de irrigação, sendo a regressão apresentada na Figura 19.

Figura 19 – Diâmetro da espiga em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.



* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor.

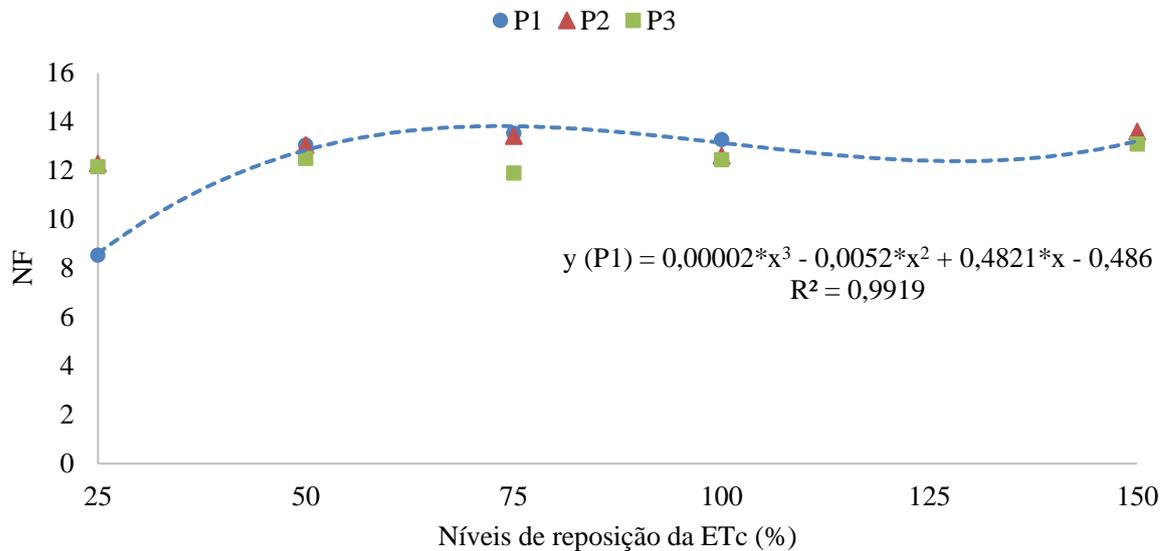
Conforme mostra a curva de regressão para essa variável, o diâmetro da espiga aumentou linearmente com a lâmina de irrigação, sendo seu maior valor de 33,4 mm na lâmina de 150% da ETc, representando aumento de 13,45% com relação a lâmina de 25% da ETc. Assim como no presente trabalho, Blanco *et al.* (2011) encontraram resposta linear para o diâmetro das espigas com variação nas lâminas de irrigação, obtendo aumento de aproximadamente 15% do diâmetro da espiga na menor lâmina para a maior lâmina aplicada. Nascimento *et al.* (2017), também, encontraram resposta linear crescente para o diâmetro de espigas, em que os valores variaram entre 38,2 a 47,2 mm, valores maiores aos encontrados neste trabalho.

Diferentemente, em trabalho realizado por Souza *et al.* (2016) avaliando características da espiga sob diferentes lâminas de irrigação, os autores encontraram efeito linear negativo para o diâmetro de espigas em função das lâminas aplicadas.

Para Moraes (2010) e Santos *et al.* (2005), o diâmetro de espiga recomendado para a comercialização do milho verde é 30 mm ou superior, portanto as espigas do presente trabalho podem ser consideradas comercializáveis de acordo com os diâmetros encontrados.

O número de fileiras por espiga apresentou interação entre os fatores preparo do solo e lâminas de irrigação significativa, as regressões geradas para cada preparo do solo encontram-se na Figura 20.

Figura 20 – Número de fileiras por espiga em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.

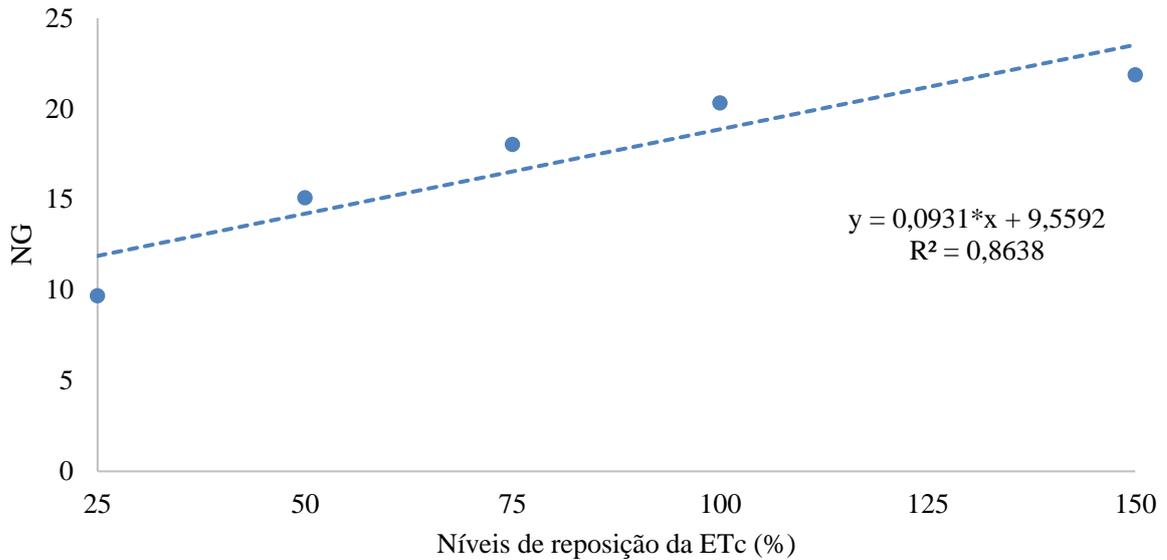


* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).
Fonte: Elaborada pelo autor.

Apesar de apresentar interação significativa entre os parâmetros número de fileiras e lâminas de irrigação, o preparo com escarificador e a semeadura direta não apresentaram modelos de regressão significativos. No preparo do solo convencional observa-se que a lâmina de 75% da evapotranspiração da cultura proporcionou 13,54 fileiras por espiga, sendo o maior entre as lâminas avaliadas. Esse resultado pode ser justificado devido ao alto volume de água não permitir a aeração do solo, assim como, o baixo volume de água não irá fornecer água suficiente para o desenvolvimento da planta.

Os dados apresentados na Tabela 20 para o número de grãos por fileira mostra que houve significância para o fator lâminas de irrigação. Conforme mostra a Figura 21, o número de grãos por fileira cresceu linearmente às lâminas de irrigação, apresentando valores de 9,7 e 21,88 na lâmina de 25% e 150% da ETc, respectivamente. Segundo Nascimento *et al.* (2017) essa variação se deve ao déficit hídrico, ocasionar redução da área foliar e fotossíntese, ou seja, é uma variável que está diretamente ligada ao metabolismo da planta.

Figura 21 - Número de grãos por fileira em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.



* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com Bergamaschi *et al.* (2004) em condições de déficit hídrico a inflorescência masculina irá atrasar a emissão dos estigmas, causando quebra no sincronismo de emissão dos estigmas e liberação do pólen, que acarretará em falha na granação.

Assim como neste trabalho, Nascimento *et al.* (2017) encontraram resposta linear crescente para o número de grãos por fileira em relação às lâminas de irrigação, apresentando valores médios de 28,0 para lâmina de 25% da ETc a 37,95 na lâmina de 125% da ETc. Vieira *et al.* (2010) encontraram número de grãos por fileira na faixa de 37,55 a 43,50, valores maiores do que os encontrados no presente trabalho.

Além do genótipo influenciar no enchimento de grãos e número de fileiras, Favarato *et al.* (2016), também afirma que o diâmetro da espiga está relacionado a esse parâmetro, assim como observado no trabalho em que a maior lâmina de irrigação proporcionou maior diâmetro de espiga, número de fileiras e número de grãos por fileira.

Na Tabela 21 encontra-se a análise de variância para a produtividade de espigas com palha e sem palha e a eficiência do uso da água em função dos preparos de solo e lâminas de irrigação aplicadas no primeiro ciclo de produção do milho.

Tabela 21 - Análise de variância para produtividade de espigas com palha e sem palha e eficiência do uso da água no primeiro ciclo de produção do milho.

Preparo	Lâminas	Produtividade (kg/ha)	EUA (kg/ha.mm)
---------	---------	-----------------------	-------------------

		ECP	ESP	ECP
P1	L1	4.686,07	2.578,72	88,13
P1	L2	5.212,59	3.583,98	53,79
P1	L3	3.608,63	2.204,32	24,83
P1	L4	3.301,31	2.520,57	17,03
P1	L5	4.351,02	3.046,76	14,97
P2	L1	4.778,13	2.901,22	98,62
P2	L2	5.267,89	3.521,17	54,36
P2	L3	4.460,03	2.632,92	30,68
P2	L4	4.330,08	2.394,38	22,34
P2	L5	4.466,63	2.962,25	15,36
P3	L1	4.654,88	2.838,23	83,35
P3	L2	6.135,71	3.983,76	63,32
P3	L3	5.324,23	3.558,08	36,63
P3	L4	5.860,63	3.893,49	30,24
P3	L5	5.320,22	3.634,36	18,30
FV		Análise de variância		
Bloco		2,48 ^{NS}	3,33*	2,12 ^{NS}
P		2,16 ^{NS}	1,68 ^{NS}	1,00 ^{NS}
L		0,64 ^{NS}	0,79 ^{NS}	48,25*
P*L		0,28 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,50 ^{NS}
CV		39,59	48,57	34,76

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ^{NS} – não significativo ao nível de 5% de probabilidade. P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; L1 – 25%; L2 – 50%; L3 – 75%; L4 – 100%; L5 – 150%; ECP – espigas com palha; ESP – espigas sem palha; EUA – eficiência do uso da água; CV – coeficiente de variação.

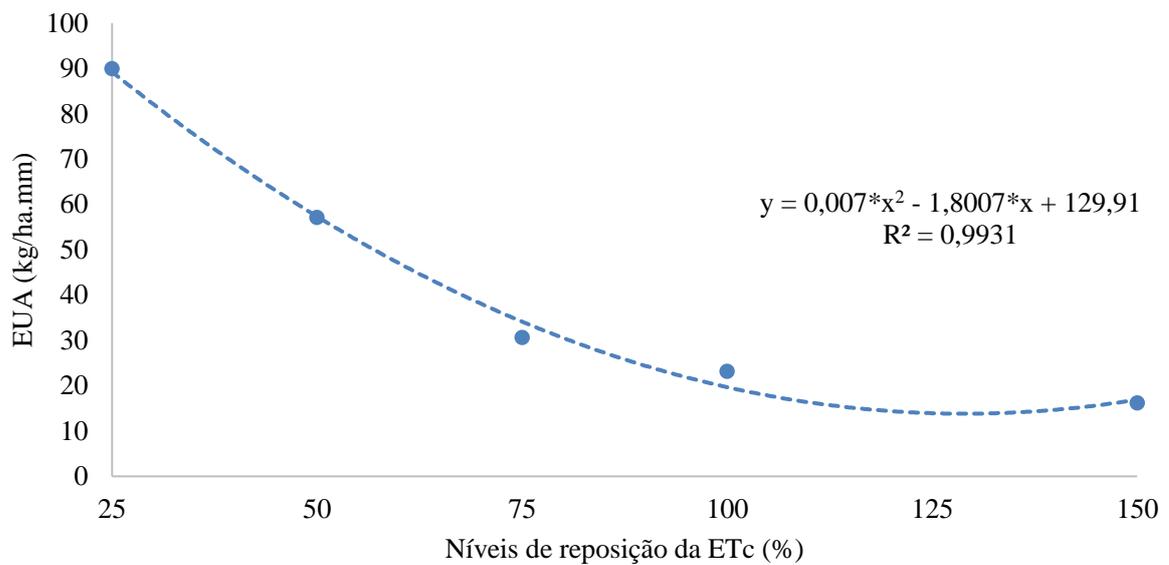
Fonte: Elaborada pelo autor.

É possível observar na tabela que para a produtividade de espigas não houve efeito significativo para nenhum dos fatores estudados. Esse resultado pode ter ocorrido devido ao grande volume de chuvas, de 501,5 mm durante todo o ciclo, não havendo necessidade de maiores volumes de água para o desenvolvimento da cultura nesse período.

No Brasil, a produtividade de milho verde varia entre 9 a 15 toneladas ha⁻¹ de espigas empalhadas (PAIVA JUNIOR *et al.*, 2001), esse valor é superior ao encontrado no presente trabalho, que apresentou uma média de aproximadamente 4,8 toneladas ha⁻¹ de espigas empalhadas.

Houve significância para a variável eficiência do uso da água em relação ao fator lâminas de irrigação, podendo-se observar a regressão na Figura 22.

Figura 22 – Eficiência do uso da água em função das lâminas de irrigação aplicadas no primeiro ciclo de produção do milho.



* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor.

A eficiência do uso da água apresentou resposta quadrática às lâminas de irrigação, sendo o maior valor observado na lâmina de 25% da ETC (89,63 mm), atingindo $90,03 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. A eficiência do uso da água relaciona a produção de biomassa com a quantidade de água aplicada, dessa forma, a maximização da eficiência do uso da água pelas plantas, proporciona maior produção das culturas com menor volume de água aplicado (TOPAK; SÜHERI; ACAR, 2011). De acordo com Albuquerque e Resende (2009) a cultura do milho demanda grande quantidade de água, porém é uma das mais eficientes no uso da água, produzindo grande quantidade de matéria seca por unidade de água absorvida.

Diferentemente do obtido neste trabalho, Nascimento *et al.* (2015) obtiveram maior valor de eficiência do uso da água de $24,8 \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para os tratamentos com maior volume de água aplicada. Blanco *et al.* (2011), obteve redução linear com o aumento das lâminas de irrigação para a eficiência do uso da água, apresentando valor máximo de 22,2 e $9,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para a menor e maior lâminas de irrigação aplicadas, respectivamente.

A análise de variância para a produtividade de espigas com palha e sem palha e a eficiência do uso da água em função dos preparos de solo e lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho encontram-se na Tabela 22.

Tabela 22 - Análise de variância para produtividade de espigas com palha e sem palha e eficiência do uso da água no segundo ciclo de produção do milho.

Preparo	Lâminas	Produtividade (kg/ha)		EUA (kg/ha.mm)
		ECP	ESP	ECP
P1	L1	1.337,66	442,09	18,28
P1	L2	2.369,43	1.495,88	13,22
P1	L3	3.762,92	2.286,33	13,99
P1	L4	3.312,89	1.911,72	10,77
P1	L5	3.437,88	2.370,23	6,39
P2	L1	1.164,70	523,58	6,08
P2	L2	2.053,78	1.583,46	11,46
P2	L3	2.866,98	1.363,76	10,66
P2	L4	3.800,46	2.072,62	10,60
P2	L5	3.354,68	1.804,43	6,24
P3	L1	1.499,31	557,08	16,73
P3	L2	1.294,06	465,53	7,22
P3	L3	1.644,49	682,05	6,12
P3	L4	2.117,12	897,12	5,90
P3	L5	3.746,38	2.152,93	6,97
FV		Análise de variância		
Bloco		7,04*	3,76*	5,83*
P		2,92 ^{NS}	5,43*	7,72*
L		8,25*	7,71*	6,66*
P*L		1,25 ^{NS}	1,45 ^{NS}	4,41*
CV		42,43	53,66	34,71

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ^{NS} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade. P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; L1 - 25%; L2 - 50%; L3 - 75%; L4 - 100%; L5 - 150%; ECP - espigas com palha; ESP - espigas sem palha; EUA - eficiência do uso da água; CV - coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A produtividade de espigas sem palha obteve resposta significativa para o fator preparo do solo, podendo-se observar na Tabela 23 que o preparo convencional e o preparo realizado com escarificador apresentaram maiores produtividades.

Esses resultados podem ser explicados devido ao preparo convencional ter proporcionado rompimento das camadas compactadas de solo superficialmente, assim, como, a maior taxa de decomposição da matéria orgânica que ocorre nesse preparo permitindo melhor desenvolvimento da planta. Assim como, o escarificador proporcionou rompimento de possíveis camadas compactadas no solo, permitindo o melhor desenvolvimento da planta.

Tabela 23 - Teste de médias para produtividade de espiga sem palha no segundo ciclo de produção do milho.

Preparo	ESP (kg/ha)
P1	1.701,25 a
P2	1.469,57 ab
P3	950,94 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; ESP – espigas sem palha.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ainda na Tabela 22, pode-se observar que as produtividades de espigas com palha e sem palha diferiram significativamente para o fator lâminas de irrigação (Figura 23), ambas apresentaram resposta linear crescente, ou seja, com o aumento da lâmina de irrigação, também, haverá aumento nas produtividades. Portanto, as maiores produtividades para espigas empalhadas e despalhadas foram de 3.512,98 e 2.109,20 kg ha⁻¹, respectivamente, na lâmina de 150% da evapotranspiração (537,81 mm). As menores produtividades observadas foram de 1.333,89 e 507,59 kg ha⁻¹ na lâmina de 25% da ETc (89,63 mm), para espigas empalhadas e despalhadas, respectivamente. Dessa forma, pode-se verificar aumento de 163% na produtividade de espigas com palha e de 315% na produtividade de espigas sem palha.

Esse aumento verificado para a lâmina de 150% da ETc pode ser explicado pelo maior volume de água no solo proporcionar maior desenvolvimento foliar, como consequência haverá maior produção de fotoassimilados, portanto maior produção das espigas nessa lâmina. Assim como, há diminuição da produção com déficit hídrico, pois ele provoca o fechamento das folhas e, conseqüentemente, dos estômatos para que a planta perca menos água, havendo produções menores de fotoassimilados.

Assim como o observado no presente trabalho, Nascimento *et al.* (2017) encontraram resposta linear crescente às lâminas de irrigação para a produtividade de espigas empalhadas e despalhadas, atingindo valores de aproximadamente 13 a 8 toneladas ha⁻¹, respectivamente, na lâmina de 125% da ETc (340,57 mm). Para a menor lâmina aplicada (25% da ETc) as produtividades obtidas foram de aproximadamente 1,5 toneladas ha⁻¹ e 1 tonelada ha⁻¹, respectivamente. Oktem (2008), também, observou aumento progressivo de produtividade de milho verde em função da irrigação.

A produtividade de espigas empalhadas é uma importante característica na produção de milho verde, pois espigas bem empalhadas deixam o produto menos suscetível ao ataque de pragas e auxiliam na conservação do produto (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2006).

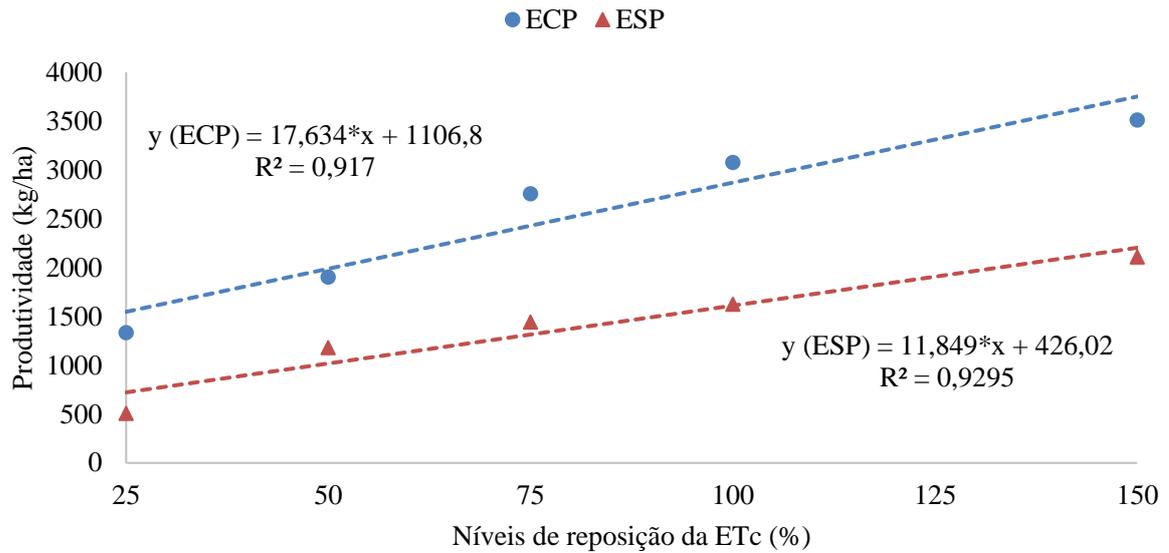
Segundo Oliveira *et al.* (2017) maiores lâminas aplicadas, acarretam em maior armazenamento de água no solo, que irá reduzir o estresse durante a formação e desenvolvimento das espigas, portanto, haverá incremento na produtividade da cultura. Ainda nesse sentido, Nascimento *et al.* (2017) citam que o maior conteúdo de água no solo propicia maior desenvolvimento foliar, havendo maior produção de fotoassimilados, portanto, maior produção de espigas.

Discordando do resultado encontrado neste trabalho, Cadwell, Spurgeon e Manges (1994) afirmam que volumes excessivos de água, que implicarão em alta umidade no solo, terá como consequência a deficiência na aeração do solo, podendo causar redução no volume do sistema radicular da planta e redução na produção. Além disso, de acordo com Serpa *et al.* (2012) há uma possível perda de nitrogênio do solo por excesso de irrigação, reduzindo o peso dos grãos, pois o nitrogênio é o nutriente que mais limita a cultura do milho.

Santos *et al.* (2005) encontraram produtividade de espigas despalhadas na faixa de 5.581,7 a 10.511,7 kg ha⁻¹. Blanco *et al.* (2011) obtiveram melhor produtividade de milho verde para a lâmina média de 530 mm, com 10.760 e 7.620 kg ha⁻¹ de produtividade de espigas com palha e espigas sem palha, respectivamente.

Silva *et al.* (2006) afirmam que a altura da planta de milho expressa o desenvolvimento da cultura e tem correlação positiva com a produtividade. Sendo assim, plantas maiores tendem a ser mais produtivas, pois acumulam mais reservas no colmo. Assim como, o diâmetro do colmo também irá influenciar no rendimento da cultura, devido ao acúmulo de reservas.

Figura 23 – Produtividade do milho verde em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.

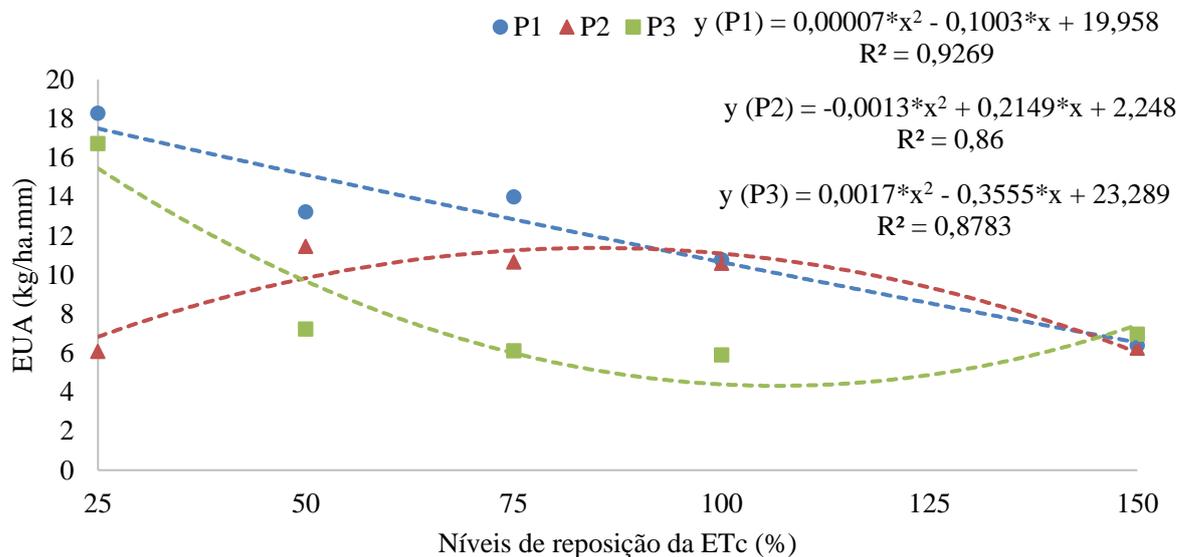


* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor.

A análise de variância para a eficiência do uso da água (Tabela 22) mostra que a variável apresentou interação significativa para os fatores preparo do solo e lâminas de irrigação (Figura 24) no segundo ou primeiro ciclo de produção.

Figura 24 – Eficiência do uso da água de espigas com palha em função das lâminas de irrigação aplicadas no segundo ciclo de produção do milho.



* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor.

É possível observar na Figura 24 que o preparo convencional apresentou a maior eficiência do uso da água, atingindo valor de $18,28 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ menor lâmina de irrigação

aplicada (25% da evapotranspiração). Na semeadura direta à EUA obtida foi de 16,73 kg ha⁻¹ mm⁻¹, também, na menor lâmina de irrigação (48,45 mm). Já no preparo de solo realizado com escarificador a maior EUA foi de 11,46 kg ha⁻¹ mm⁻¹, tendo ocorrido na lâmina de 50 % da ETC (96,90 mm).

Em trabalho realizado por Moreira *et al.* (2011) os autores verificaram eficiência do uso da água de 32 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para solo descoberto e 48,7 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para solo com 100% de superfície coberta, tendo, portanto, acréscimo de 50% na EUA em milho cultivado em solo descoberto em relação ao solo totalmente coberto.

O uso do sistema de gotejamento aumenta a eficiência na agricultura irrigada, pois a distribuição localizada de água associada à bons níveis de umidade do solo diminui o desperdício de água, sendo, portanto, uma estratégia para o aumento na eficiência do uso da água. Aliado a isso o uso da cobertura do solo é uma técnica que pode ser utilizada para minimizar as perdas de água a fim de aumentar a eficiência do uso da água (MURGA-ORRILLO *et al.*, 2016).

De acordo com Phene (1989) a irrigação com déficit visa maximizar a produção por unidade de volume de água aplicada, ou seja, aumentar a eficiência do uso da água e economizar água, fato esse observado no presente trabalho, em que a menor lâmina aplicada obteve a maior EUA.

4.3 Análise econômica

Na Tabela 24 e 25 são apresentados os custos de produção para a instalação de 1 hectare de milho no sistema de preparo do solo convencional, os custos variam conforme o volume de água aplicado nas diferentes lâminas de irrigação avaliadas.

O custo operacional efetivo (COE) significa o desembolso realizado pelo produtor, que representou 95,24% do total de custos em todos os cenários avaliados.

Tabela 24 – Custo de produção para instalação de 1 ha de milho em plantio convencional (continua).

Descrição	1º ciclo	2º ciclo
Insumos	1.657,43	1.652,63
Tratamento de semente (Cropstar)	87,50	87,50
Tratamento de semente (Standak Top)	248,85	248,85
Fertilizante plantio (4-14-8)	444,00	444,00
Ureia	201,60	201,60
Cloreto de potássio	54,00	54,00
Semente de milho (AG 1051)	472,98	472,98

Herbicida seletivo (Sanson 40)	112,50	112,50
Inseticida (Brilhante)	36,00	31,20
Operações	5.720,20	5.724,49
Aração	250,33	250,33
Gradagem	84,89	84,89
Semeadura do milho	131,38	131,38
Adubação	52,29	52,29
Aplicação de herbicida seletivo	24,00	24,00
Aplicação de inseticida	47,99	47,99
Colheita	262,58	262,58
L1 - Irrigação	4.866,74	4.871,02
Custo operacional efetivo (COE)	7.377,63	7.377,12
Outras despesas	368,88	368,86
Custo operacional total (COT)	7.746,51	7.745,98
Operações	5.725,25	5.733,83
L2 - Irrigação	4.871,78	4.880,36
Custo operacional efetivo (COE)	7.382,68	7.386,46
Outras despesas	369,13	369,32
Custo operacional total (COT)	7.751,81	7.755,78
Operações	5.730,29	5.743,16
L3 - Irrigação	4.876,83	4.889,70
Custo operacional efetivo (COE)	7.387,72	7.395,79
Outras despesas	369,39	369,79
Custo operacional total (COT)	7.757,11	7.765,58
Operações	5.735,34	5.752,50
L4 - Irrigação	4.881,88	4.899,04
Custo operacional efetivo (COE)	7.392,77	7.405,13
Outras despesas	369,64	370,26
Custo operacional total (COT)	7.762,41	7.775,39

Kg – quilograma; L; litro; HM – hora máquina.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 25 - Custo de produção para instalação de 1 ha de milho em plantio convencional (continuação).

Descrição	1º ciclo	2º ciclo
Operações	5.745,43	5.771,17
L5 - Irrigação	4.891,97	4.917,71
Custo operacional efetivo (COE)	7.402,87	7.423,81
Outras despesas	370,14	371,19
Custo operacional total (COT)	7.773,01	7.795,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

No primeiro ciclo as despesas com insumos representaram entre 21,32 a 21,40% dos gastos totais, tendo diminuído a representatividade conforme o aumento da lâmina. Já no

segundo ciclo de produção as despesas representaram 21,34 a 21,20% dos gastos totais. De acordo com o apresentado na Tabela 24, observa-se que o maior gasto de insumos foi com as sementes de milho.

Diferentemente do observado neste trabalho, Santos, Moraes e Nussio (2017) atribuíram aos insumos os custos mais importantes, os quais representaram 48,7% do custo total de produção de silagem, enquanto que as operações de colheita e ensilagem representaram 25,3%. No mesmo trabalho, diferentemente do que foi encontrado no presente estudo os fertilizantes tiveram maior participação nos custos de insumos, Costa *et al.* (2015) atribui os altos gastos com fertilizantes à elevada exigência da cultura.

Richetti (2007) afirma que os insumos representaram a maior parte do custo de produção para o milho, o autor recomenda atenção na recomendação de uso dos produtos agrícolas, principalmente, no uso de fertilizantes.

Já os gastos com operações foram na faixa de 73,84 a 73,92% e 73,90 a 74,04% no primeiro e no segundo ciclo, respectivamente. A alta representatividade dos custos com operações se deve, principalmente, ao custo com o sistema de irrigação, pois além do valor elevado da fita gotejadora, a vida útil é pequena, sendo no presente trabalho considerada de quatro anos (AGOSTINHO, 2011). Nesse sentido, Silva *et al.* (2016) ressalta que os custos de produção de uma cultura aumentam em função dos preços dos insumos, energia elétrica e água.

A Tabela 26 mostra os custos de produção para a instalação de 1 hectare de milho no sistema de preparo do solo com escarificador, os custos variam conforme o volume de água aplicado nas diferentes lâminas de irrigação avaliadas.

Tabela 26 - Custo de produção para instalação de 1 ha de milho em preparo do solo com uso de escarificador (continua).

Descrição	1º ciclo	2º ciclo
Insumos	1.762,43	1.757,63
Tratamento de semente (Cropstar)	87,50	87,50
Tratamento de semente (Standak Top)	248,85	248,85
Fertilizante plantio (4-14-8)	444,00	444,00
Ureia	201,60	201,60
Cloreto de potássio	54,00	54,00
Semente de milho (AG 1051)	472,98	472,98
Herbicida seletivo (Sanson 40)	112,50	112,50
Herbicida (Glifosato)	105,00	105,00
Inseticida (Brilhante)	36,00	31,20
Operações	5.606,03	5.610,32
Dessecação palhada	24,00	24,00

Escarificação	197,07	197,07
Semeadura do milho	131,38	131,38
Adubação	52,29	52,29
Aplicação de herbicida seletivo	24,00	24,00
Aplicação de inseticida	47,99	47,99
Colheita	262,58	262,58
L1 - Irrigação	4.866,74	4.871,02
Custo operacional efetivo (COE)	7.368,47	7.367,95
Outras despesas	368,42	368,40
Custo operacional total (COT)	7.736,89	7.736,35
Operações	5.611,08	5.619,66
L2 - Irrigação	4.871,78	4.880,36
Custo operacional efetivo (COE)	7.373,51	7.377,29
Outras despesas	368,68	368,86
Custo operacional total (COT)	7.742,19	7.746,16
Operações	5.616,13	5.629,00
L3 - Irrigação	4.876,83	4.889,70
Custo operacional efetivo (COE)	7.378,56	7.386,63
Outras despesas	368,93	369,33
Custo operacional total (COT)	7.747,49	7.755,96
Operações	5.621,17	5.638,33
L4 - Irrigação	4.881,88	4.899,04
Custo operacional efetivo (COE)	7.383,61	7.395,97
Outras despesas	369,18	369,80
Custo operacional total (COT)	7.752,79	7.765,76

Kg – quilograma; L; litro; HM – hora máquina.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 27 - Custo de produção para instalação de 1 ha de milho em preparo do solo com uso de escarificador (continuação).

Descrição	1º ciclo	2º ciclo
Operações	5.631,27	5.657,01
L5 - Irrigação	4.891,97	4.917,71
Custo operacional efetivo (COE)	7.393,70	7.414,64
Outras despesas	369,68	370,73
Custo operacional total (COT)	7.763,38	7.785,37

Fonte: Elaborada pelo autor.

No preparo realizado com escarificador as despesas com insumos representaram entre 22,78 a 22,70% e 22,72% a 22,58% no primeiro e segundo ciclo de produção, respectivamente, diminuindo à medida em que se aumentou o volume de água aplicado. Esses percentuais foram maiores que os encontrados para o preparo convencional devido ao menor

uso de máquinas no preparo realizado com escarificador, tornando os gastos com operações menos significativos.

A irrigação foi o que mais onerou o nesse sistema de produção, sendo seu maior percentual do custo total de 63,01%. Nesse sentido, El-Hendawy *et al.* (2008) afirmam que no sistema de gotejamento o que mais onera o custo de total do sistema é o custo das linhas laterais.

Com relação aos gastos totais nos dois sistemas de preparo apresentados, observa-se que houve redução do custo de produção do preparo convencional para o preparo com escarificador, sendo essa redução em média de 0,12% nos dois ciclos de produção.

Na Tabela 28 encontram-se os custos de produção para a instalação de 1 hectare de milho no sistema de semeadura direta, os custos variam conforme o volume de água aplicado nas diferentes lâminas de irrigação avaliadas.

Tabela 28 - Custo de produção para instalação de 1 ha de milho em semeadura direta (continua).

Descrição	1° ciclo	2° ciclo
Insumos	1.762,43	1.810,19
Tratamento de semente (Cropstar)	87,50	87,50
Tratamento de semente (Standak Top)	248,85	248,85
Fertilizante plantio (4-14-8)	444,00	444,00
Ureia	201,60	201,60
Cloreto de potássio	54,00	54,00
Semente de milho (AG 1051)	472,98	525,54
Herbicida seletivo (Sanson 40)	112,50	112,50
Herbicida (Glifosato)	105,00	105,00
Inseticida (Brilhante)	36,00	31,20
Operações	5.408,97	5.413,26
Dessecação palhada	24,00	24,00
Semeadura do milho	131,38	131,38
Adubação	52,29	52,29
Aplicação de herbicida seletivo	24,00	24,00
Aplicação de inseticida	47,99	47,99
Colheita	262,58	262,58
L1 - Irrigação	4.866,74	4.871,02
Custo operacional efetivo (COE)	7.171,40	7.223,44
Outras despesas	358,57	361,17
Custo operacional total (COT)	7.529,97	7.584,61
Operações	5.414,01	5.422,59
L2 - Irrigação	4.871,78	4.880,36
Custo operacional efetivo (COE)	7.176,45	7.232,78
Outras despesas	358,82	361,64
Custo operacional total (COT)	7.535,27	7.594,42

	Operações	5.419,06	5.431,93
L3 - Irrigação		4.876,83	4.889,70
Custo operacional efetivo (COE)		7.181,49	7.242,12
Outras despesas		359,07	362,11
Custo operacional total (COT)		7.540,57	7.604,22
	Operações	5.424,11	5.441,27
L4 - Irrigação		4.881,88	4.899,04
Custo operacional efetivo (COE)		7.186,54	7.251,45
Outras despesas		359,33	362,57
Custo operacional total (COT)		7.545,87	7.614,03

Kg – quilograma; L; litro; HM – hora máquina.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 29 - Custo de produção para instalação de 1 ha de milho em semeadura direta (continuação).

	Descrição	1º ciclo	2º ciclo
	Operações	5.434,20	5.459,94
L5 - Irrigação		4.891,97	4.917,71
Custo operacional efetivo (COE)		7.196,63	7.270,13
Outras despesas		359,83	363,51
Custo operacional total (COT)		7.556,47	7.633,63

Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme mostra a tabela os custos com insumos representaram no primeiro ciclo entre 23,41 a 23,32% e no segundo ciclo 23,87 a 23,71%, da menor lâmina aplicada para e maior lâmina. As porcentagens tornam-se mais expressivas na semeadura direta que nos outros sistemas de preparo do solo, isso se deve ao fato de não haver operação de revolvimento do solo antes da semeadura, ocorrendo apenas a dessecação da palhada presente na superfície do solo e posterior semeadura da cultura desejada.

Assim como ocorre nos outros sistemas, nesse ciclo de produção a irrigação é a operação que mais onera a produção. Em trabalho realizado por Martins *et al.* (2016) avaliando a irrigação deficitária, os autores verificaram que os gastos com irrigação corresponderam à 45% custo total de produção.

Houve redução de aproximadamente 3 e 2 % no primeiro e no segundo ciclo de produção, respectivamente, nos custos totais de produção do sistema de preparo convencional para a semeadura direta. Em trabalho realizado por Melo Filho (2000), avaliando o custo de produção do milho cultivado em sistema de plantio direto e sistema convencional de preparo do solo, observou que a despesa com insumos foi maior no plantio direto, porém os custos com operações foram maiores no sistema convencional, sendo, portanto, os custos no plantio direto menores 10,3%.

Segundo Albuquerque *et al.* (2013) o milho cultivado em sistema de semeadura direta tem como principal objetivo a redução dos custos de produção, assim como, melhoria na qualidade dos solos e produção sustentável.

O sistema de irrigação por gotejamento proporciona a redução do volume de água aplicada, redução do uso de fertilizantes, economia de mão-de-obra, redução dos gastos com energia e possibilidade de automação (BOAS *et al.*, 2011), porém, apesar dessas vantagens, esse sistema é pouco utilizado na cultura do milho, isso acontece, principalmente, devido ao alto custo de implantação e manutenção.

Na Tabela 30 encontra-se a análise econômica contendo a receita bruta para a produção de milho verde e de silagem, o custo operacional, margem de contribuição, o índice de margem de contribuição e a relação custo/benefício dos sistemas de cultivo com base na receita bruta para o primeiro ciclo de produção do milho.

Tabela 30 – Análise econômica da produção de milho verde e silagem de milhono primeiro ciclo de produção do milho.

PREPARO	LAMINA	RB	CO	MARGEM	IMC	C/B
1	25	22.797,42	7.746,51	15.050,91	66,02	0,34
1	50	21.605,40	7.751,81	13.853,58	64,12	0,36
1	75	14.350,46	7.757,11	6.593,35	45,95	0,54
1	100	13.418,90	7.762,41	5.656,49	42,15	0,58
1	150	14.325,31	7.773,01	6.552,30	45,74	0,54
2	25	24.723,74	7.736,89	16.986,85	68,71	0,31
2	50	20.855,77	7.742,19	13.113,59	62,88	0,37
2	75	21.608,94	7.747,49	13.861,46	64,15	0,36
2	100	15.798,11	7.752,79	8.045,32	50,93	0,49
2	150	14.215,58	7.763,38	6.452,19	45,39	0,55
3	25	23.157,81	7.529,97	15.627,84	67,48	0,33
3	50	20.317,32	7.535,27	12.782,05	62,91	0,37
3	75	19.648,00	7.540,57	12.107,43	61,62	0,38
3	100	19.054,65	7.545,87	11.508,78	60,40	0,40
3	150	18.722,13	7.556,47	11.165,66	59,64	0,40

P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; RB – receita bruta; CO – custo operacional; IMC – índice de margem de contribuição; C/B – relação custo/benefício.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O custo operacional para a produção de milho verde juntamente com a de silagem aumentou conforme o aumento da lâmina de irrigação aplicada, devido ao aumento no volume

de água requerido nos tratamentos. O preparo convencional apresentou maiores custos de produção, devido à operação de preparo do solo que envolve o uso de dois equipamentos agrícolas. Segundo Pereira *et al.* (2004) os custos para produção de 45 toneladas de matéria verde de milho ensilada podem chegar a R\$ 4.200,00.

Pode-se observar na tabela que todos os sistemas analisados apresentaram margem de contribuição positiva e relação custo /benefício maior que zero, ou seja, os benefícios excedem os custos. O sistema de preparo do solo realizado com escarificador associado à menor lâmina de irrigação (25% da ETc – 48,45 mm) foi o que apresentou maior receita bruta e, conseqüentemente, maior margem de contribuição, de R\$ 16.986,85ha⁻¹, além de apresentar maior índice de margem de contribuição e a melhor relação custo/benefício, de 0,31.

Em trabalho realizado por Sanos Moraes e Nussio (2017) os autores ressaltam a importância de se obter elevadas produções/área a fim de diluir alguns dos custos de produção. Os valores de produção variaram entre R\$ 0,81 a R\$ 0,43 para cada kg de espigas empalhadas, tendo o maior custo ocorrido na semeadura direta com lâmina de 96,90 mm (50% da ETc) e o menor custo no preparo convencional com lâmina de 193,80 mm (100% da ETc). Já para cada kg de silagem produzida o valor de produção variou entre R\$ 1,52 a R\$ 0,40, sendo observado o maior custo no preparo do solo com escarificador associado à lâmina de 48,45 mm (25% da ETc) e o menor valor no preparo com escarificador associado à lâmina de 290,70 mm (150% da ETc). Costa *et al.* (2015) avaliando o custo de produção de silagem em sistema de plantio direto observaram valores de produção entre R\$ 0,06 a R\$0,09, valores inferiores ao obtido no presente trabalho, o autor atribui essa redução de custos à diluição desses custos pela alta produtividade obtida.

A análise econômica contendo a receita bruta para a produção de milho verde e de silagem, o custo operacional, margem de contribuição, o índice de margem de contribuição e a relação custo/benefício dos sistemas de cultivo com base na receita bruta para o segundo ciclo de produção do milho, encontra-se na Tabela 31.

Tabela 31 - Análise econômica da produção de milho verde e silagem de milho no segundo ciclo de produção do milho.

PREPARO	LAMINA	RB	CO	MARGEM	IMC	C/B
1	25	7.605,32	7.745,98	-140,66	-1,85	1,02
1	50	10.279,53	7.755,78	2.523,74	24,55	0,75
1	75	13.312,46	7.765,58	5.546,87	41,67	0,58
1	100	16.011,11	7.775,39	8.235,72	51,44	0,49
1	150	14.547,64	7.795,00	6.752,65	46,42	0,54

2	25	7.784,04	7.736,35	47,69	0,61	0,99
2	50	11.095,10	7.746,16	3.348,94	30,18	0,70
2	75	12.418,33	7.755,96	4.662,36	37,54	0,62
2	100	15.186,01	7.765,76	7.420,24	48,86	0,51
2	150	15.039,15	7.785,37	7.253,77	48,23	0,52
3	25	7.704,96	7584,61	120,34	1,56	0,98
3	50	8.571,18	7.594,42	976,76	11,40	0,89
3	75	9.699,41	7.604,22	2.095,19	21,60	0,78
3	100	10.495,30	7.614,03	2.881,27	27,45	0,73
3	150	16.352,52	7.633,63	8.718,88	53,32	0,47

P1 - preparo convencional; P2 - cultivo mínimo; P3 - semeadura direta; RB – receita bruta; CO – custo operacional; IMC – índice de margem de contribuição; C/B – relação custo/benefício.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O maior custo operacional no segundo ciclo foi de R\$ 7.795,00 ha⁻¹ observado no preparo convencional associado à lâmina de 150%. Diferentemente do observado, Pereira Filho (2002) obteve custo de produção de R\$1.198,10 ha⁻¹ para o plantio direto e R\$1.140,82 ha⁻¹ em plantio convencional, sendo os maiores custos atribuídos aos insumos de, respectivamente 50,71% e 47,58%, e em seguida aos gastos com irrigação representando 27,15% e 28,51%, respectivamente.

Observa-se na tabela que no preparo convencional associado à lâmina de 25% a margem de contribuição foi negativa, sendo possível verificar que os benefícios não pagaram os custos de produção.

A semeadura direta associada à maior lâmina de irrigação (150% da ETc – 537,81 mm) apresentou maior receita bruta, maior margem de contribuição, maior índice de margem de contribuição e menor relação custo benefício. A maior receita bruta observada nesse tratamento de R\$ 16.352,52 ha⁻¹, advém de maiores produtividades, fato esse que ocorre na maior lâmina de irrigação aplicada pois, nesse período de cultivo as temperaturas são maiores, portanto, maior evapotranspiração, associada a pouca chuva, havendo maior necessidade de água na cultura

Com relação à produção de espigas de milho verde empalhadas o valor da produção encontrado está na faixa de R\$0,49, ocorrido na semeadura direta associado à lâmina de 150%, a R\$0,15 observado no preparo do solo com escarificador juntamente com a lâmina de 25% da evapotranspiração. Para cada kg de silagem produzida o valor de produção variou entre R\$ 0,92 a R\$ 0,48, sendo observado o maior custo no preparo do solo convencional associado à lâmina de 358,54 mm (100% da ETc) e o menor valor na semeadura direta associado à lâmina de 89,63 mm (25% da ETc).

A receita bruta média obtida no primeiro ciclo de produção foi de R\$ 18.973,30 ha⁻¹ e no segundo ciclo de 11.740,14 ha⁻¹, havendo, portanto, redução de 38,12% na receita bruta. Essa queda pode ser justificada pela queda observada na produção de milho verde e silagem do primeiro ciclo para o segundo ciclo de produção, sendo no primeiro ciclo a produtividade média de espigas empalhada de 4.783,87 kg ha⁻¹ e a produtividade média de silagem de 6.630,10 kg ha⁻¹, já no segundo ciclo essas produtividades foram de 2.517,52kg ha⁻¹ e 5.042,56 kg ha⁻¹, respectivamente.

Furlaneto e Esperancini (2010) avaliando os índices de margem de lucro na produção de milho em dois anos agrícolas consecutivos, observaram no segundo ano decréscimo na rentabilidade do agricultor, com redução média de 30% na receita bruta. Já os valores do lucro operacional, margem bruta e índice de lucratividade reduziram aproximadamente 39%.

5 CONCLUSÃO

No primeiro ciclo de produção da cultura do milho o melhor desempenho operacional do conjunto trator-semeadora ocorreu no preparo convencional. Já no segundo ciclo de produção o melhor desempenho operacional ocorreu no preparo convencional e na semeadura direta.

O maior volume de matéria fresca e matéria seca de silagem no primeiro ciclo foi obtido na lâmina de 25% da evapotranspiração, diferentemente do segundo ciclo em que os maiores volumes para essas variáveis foram observados na lâmina de 150% da ETc. Portanto, em épocas onde o volume de chuva é maior torna-se possível a aplicação de irrigação deficitária no milho, já em períodos de seca observa-se que a produtividade da cultura depende do volume de água aplicado, respondendo de forma crescente à medida que esse volume aumenta.

No primeiro ciclo de produção não houve diferença de produtividade podendo a irrigação ser dispensável. No segundo ciclo a maior produtividade de espigas sem palha ocorreu nos preparos convencional e com escarificador.

Em épocas em que o volume de chuvas é baixo recomenda-se o uso da irrigação para se obter maior produtividade de espigas de milho verde.

A melhor viabilidade econômica no primeiro ciclo ocorreu no preparo do solo realizado com escarificador associado à lâmina de 25% da ETc e no segundo ciclo ocorreu na semeadura direta associada à lâmina de irrigação de 150% da ETc da cultura.

REFERÊNCIAS

- AGUILERA, L. A.; CARON, B. O.; CELLA, W. L.; JUNIOR, I. L. Qualidade fisiológica de sementes de milho em função da forma e do tratamento químico das sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 211-215. 2000.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Irrigação: Uso da água na agricultura irrigada. 1ed. Brasília: ANA, 2017. 86 p.
- AGOSTINHO, J. M. F. S. O aumento da rentabilidade do milho no Minho: eficiência do uso da água e redução dos custos associados à rega e à fertilização. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 24-41, 2011.
- ALBUQUERQUE, C.J.B. **Desempenho de híbridos de milho verde na região sul de Minas Gerais**. 2005. 56f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2005.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-76, 2008.
- ALBUQUERQUE, P. E. P.; RESENDE, M. Irrigação: manejo de irrigação. Embrapa Milho e Sorgo, 5ed., 2009. (Embrapa Milho e Sorgo: Cultivo do milho). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/busca-de-publicacoes/-/publicacao/487012/cultivo-do-milho-manejo-de-irrigacao>>. Acesso em: 11 jan. 2018.
- ALBUQUERQUE, A. W., SANTOS, J. R., MOURA FILHO, G. E REIS, L. S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 721-726, 2013.
- ALMEIDA, F.S. Efeitos alelopáticos de resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 221-236, 1991.
- ALMEIDA, D.; KLAUNERG FILHO, O.; FELIPE, A. F.; ALMEIDA, H. C. Carbono, nitrogênio e fósforo microbiano do solo sob diferentes coberturas em pomar de produção orgânica de maçã no sul do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1069-1077, 2012.
- ALVARENGA, R. C., LARA-CABEZAS, W. A., CRUZ, J. C. E SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, p. 25-36, 2001.
- ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; NOVOTNY, E. H. **Preparo do Solo Convencional**. Embrapa Milho e Sorgo, 2002. (Embrapa Milho e Sorgo: Cultivo do Milho). Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/487001/1/Com40.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2018.
- ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G. V.; BORGES, I. D. Avaliação de características agrônomicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de

semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 402-408, 2006.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). Terminology and definitions for soil tillage and soil tool relationships. In: ASAE standards: standards engineering practices data. St. Joseph: ASAE, 1982. p. 229-241.

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.

ANDREOLI, C.; ANDRADE, R. V.; ZAMORA, S. A.; GORSON, M. Influência da germinação da semente e da densidade de semeadura no estabelecimento do estande e na produtividade de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2, p. 1-5, 2002.

ANDREOTTI, M., RODRIGUES, J. D., CRUSCIOL, C. A. C., SOUZA, E. C. A. E BÜLL, L. T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 145-150, 2001.

ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um latossolo vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.3, p.677-687, 2009.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; INOUE, T. T.; COSTA, A. C. S. Efeitos da escarificação na qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico após treze anos de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.3, p. 459-504, 2004.

ARCHANGELO, E. R.; COIMBRA, R. R.; BARRETO, P. C. N.; CARDOSO, E. A.; NAOE, L. K. Avaliação de cultivares de milho para a produção de milho verde na região de Palmas-TO. **Revista Ciência Agroambiental**, Alta Floresta, v. 2, n. 1, p. 1-8, 2007.

ASABE. American Society Of Agricultural And Biological Engineers. ASAE D497.5: Agricultural machinery management data. In:____. ASAE **Standards 2006**. St. Joseph, 2006. p. 391-398.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 310 p.

BATEY, T. Soil compaction and soil management: a review. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 25, p. 335–345, 2009.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8ed. Viçosa, 2006, 625 p.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGOCI, J. I.; BIACHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HELCKLER, B. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

- BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetado pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agrícola**, v. 58, p. 555-560, 2001.
- BERTOLINI, E.V. Desempenho da cultura do milho em diferentes manejos do solo sobre cobertura vegetal de Nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.). **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n.1, p. 34-49. 2006.
- BERTOLINI, E. V.; GAMEROM, C. A.; SALATA, A. C.; PIFFER, C. R. Antecipação da adubação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2355-2366, 2008.
- BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FILHO, F. R. F; VELOSO, M. E. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. S. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.5, p.524-530, 2011.
- BLANCO-CANQUI, H.; CLAASSEN, M. M.; STONE, L. R. Controlled traffic impacts on physical and hydraulic properties in an intensively cropped no-till soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.74, p. 2142-2150, 2010.
- BOAS, R.C.V.; PEREIRA, G.M.; REIS, R.P.; JUNIOR, J.A. de L.; CONSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 781-788, 2011.
- BOWEN, H. D. ARKIN, G. F.; TAYLOR, H. M. Modifying the root environment to reduce crop stress. St. Joseph: **American Society of Agricultural Engineers**. p. 21-57, 1981.
- CALDWELL, D. S., SPURGEON, W. E., MANGES, H. L. Frequency of irrigation subsurface drip-irrigated corn. **Transactions of the ASAE**, Manhattan, v. 37, n. 4, p. 1099-1103, 1994.
- CALONEGO, J. C.; POLETO, L. C.; DOMINGUES, F. N.; TIRITAN, C. S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 12, p. 84-90, 2011.
- CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificador e rendimento da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 813-819, 2005.
- CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; CRUZ, O. S.; PELUZIO, J. M.; MELO, A. V. Desempenho de populações de milho para produção de grãos e consumo in natura no Estado de Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 542-553, 2011.
- CANOVA, R.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; CORTEZ, J. W. Distribuição de sementes por uma semeadoraadubadora em função de alterações mecanismo dosador e de diferentes velocidades de deslocamento. **Engenharia na Agricultura**, v.15, n.3, p.299-306, 2007.
- CARDOSO, F.P. **Plantio direto na palha**. São Paulo: Manah, 1998, 21p.

CARVALHO, I. Q. Ponto de corte do milho para silagem. Fundação abc: Setor de Forragicultura, 2013. Disponível em: <<http://fundacaoabc.org/wp-content/uploads/2016/07/Ponto-de-corte-de-milho-para-silagem.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2018.

CARVALHO FILHO, A.; SILVA, R. P.; CENTURION, J. F.; CARVALHO, L. C. C.; LOPES, A. Agregação de um latossolo vermelho submetido a cinco sistemas de preparo do solo em Uberaba – MG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 317-325, 2007.

CERATTI, R.; SILVEIRA, D. C.; BONETTI, L. P.; ZIMMERMANN JUNIOR, A. **Análise da qualidade fisiológica de semente de milho (*Zea mays*) e de teosinto (*Euchlaena mexicana*) em diferentes substratos**. XXIII Salão do conhecimento, Unijuí, 2015.

CHIEZA, E. D.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, E. S.; ESPÍNDOLA, J. A.; FERNANDES, R. C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v. 64, n. 1, p. 189-196, 2017.

CHIODEROLI, C. A.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; GITTI, D. C.; KANEKO, F. H.; ROMAN, R. A. A. Desempenho de semeadora-adubadora em função do preparo do solo e espaçamento da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 462-467, 2010.

CHIODEROLI, C. A. **Consortiação de Urochloas com milho em sistema de plantio direto como cultura antecessora da soja de verão**. 2013. 174 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciências do Solo) - Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n.54, p. 46-55, 2002.

COELHO, J.L.D. Ensaio e certificação das máquinas para semeadura. In : MAILHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaio e certificação. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. Cap. 11, p. 551-70.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v.7, n.1, 2005.

COELHO, H.; FERNANDES, H. C.; CAMPOS, D. S.; TEIXEIRA, M. M.; LEITE, D. M. Deslizamento de rodados de tratores de pneus em diferentes operações agrícolas. **Revista Ceres**, v.59, p.330-336, 2012.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) – **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, Safra 2016/17, Quarto levantamento, Janeiro 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2#this&Pagina_objcmsconteudos=1#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 05 jan. 2017.

COPETTI, E. Qualidade na semeadura das culturas de inverno. **Revista Plantio Direto**, n. 127, 2012.

CORRÊA JUNIOR, D.; GARCIA, R. F.; MANHÃES, C. M. C.; KLAVER, P. P. C.; VALE, W. G.; GRAVINA, G. A. Influência da adubação de plantio na produtividade do milho verde. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.06, n.03, p.12-18, 2014.

CORTEZ, J. W. Densidade de semeadura da soja e profundidade de deposição do adubo no sistema plantio direto. 2007. 87f. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV, Jaboticabal.

CORTEZ J. W.; ALVES A.D.S.; MOURA R.D.; OLSZEWSKI N.; NAGAHAMA H.J. Atributos físicos do Argissolo amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1207-1216, 2011.

COSTA, E. L.; SILVA, A. M.; COLOMBO, A.; ABREU, A. R. Infiltração de água em solo, determinada por simulador de chuvas e pelo método dos anéis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n. 2, p. 131-134, 1999.

COSTA, R. A. **Cultura do quiabo submetida a lâminas de irrigação por gotejamento em função da evaporação do tanque classe A**. 2014, 54 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e drenagem) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2014.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A. F.; LOPES, K. S. M.; LIMA, A. E. S. Custo da produção de silagens em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Ceres**, v. 62 n.1, 2015.

COURTER J.W.; RHODES A.M.; GARWOOD D.L.; MOSELY P.R. Classification of vegetables corns. **Horticultural Science**, v.23, p.449- 450, 1988.

CREPALDI S.A. **Contabilidade Rural: uma abordagem decisorial**. 2. ed. São Paulo, Atlas. 1998. 340p.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 544p.

CRUZ, J. C.; KONZEN, E.A.; FILHO, I. A. P.; MARRIEL, I.E.; CRUZ, E.; DUARTE, J.O.; OLIVEIRA, M.F.; ALVARENGA, R.C. **Produção de milho orgânico na agricultura Familiar**. Comunicado Técnico 81 – EMBRAPA, Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 17p. 2006.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.; GARCIA, C. J. B.; DUENHAS, L. H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2008.

DELAFOSSÉ, R.M. **Máquinas sembradoras de grano grueso: descripción y uso**. Santiago: Oficina Regional de La FAO para América Latina y el Caribe, 1986. 48 p.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.

DER BEDROSIAN, M.C.; NESTOR JUNIOR, K.E.; KUNG, L. The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 5115-5126, 2012.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista**. Eschborn: GTZ, 1991. 272 p.

D'OLIVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, J. S. **Produção de silagem de milho para suplementação do rebanho leiteiro**. Embrapa Gado de Leite, 2014. (Embrapa Gado de Leite: Comunicado Técnico 74). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/991566/1/COT74PersioProducaoSilagemdeMilhoParaSuplementacaoDoRebanhoLeiteiro.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

DOORENBOS, J.; KASSAM A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994. 306 p.

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. 5, p. 428-434. 1958.

EL-HENDAWY, S.E.; EL-LATTIEF, E.A.A.; AHMED, M.S.; SCHMIDHALTER, U. Irrigation rate and plant density effects on yield and water use efficiency of drip-irrigated corn. **Agricultural Water Management**, v. 95, p. 836-844, 2008.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Embrapa/CNPMS). **Recomendações técnicas para o cultivo de milho**. 2. ed.. Brasília: Serviço de Produção e Informação. 1996. 48 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília: Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária, 2013. 353 p.

ENGLISH, M. J.; NUSS, G. S. Designing for deficit irrigation. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v.108, p.91-106, 1982.

FAGERIA, M. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, p. 6-16, 1998.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, C. M.; GUARCONI, R. C.; BALBINO, J. M. S. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema de plantio direto orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p. 497-506, 2016.

FERREIRA, G.D.G.; BARRIÈRE, Y.; EMILE, J.C. E JOBIM, C.C. Caracterização morfo-anatômica do colmo de genótipos de milho. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, p. 237-246, 2011.

FERREIRA, V. F. **Qualidade de sementes de milho colhidas e despalhadas com altos teores de água**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) – Informativo de Agro, Safra Mundial de Milho 2017/18, **6º Levantamento do USDA**, Outubro 2017. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>>. Acesso em: 22 dez. 2017.

FIGUEIREDO, M.G.; FRIZZONE, J.A.; PITELLI, M.M.; REZENDE, R. Lâmina ótima de irrigação do feijoeiro, com restrição de água, em função do nível de aversão ao risco do produtor. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 81-87, 2008.

FLEXAS, J.; RIBAS-CARBÓ, M.; GALMÉS, B. J.; HENKLE, M.; MARTÍNEZ-CAÑELLAS, S.; MEDRANO, H. Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance and chloroplast CO₂ concentration. **New Phytologist**, n. 172, p. 73-82, 2006.

FONSECA, A. H.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, M. N.; BRUNO, R. G. S. CARVALHO, G. S. Características agrônômicas, químicas e nutricionais de híbridos de milho, visando à produção de silagem de alto valor nutritivo. **Revista Ceres**, v. 49, p. 41-54, 2002.

FORNASIERI FILHO, D.; CASTELLANE, P. D.; CIPOLLI, J. R. Efeito de cultivares e épocas de semeadura na produção de milho verde. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 1, p. 22-24, 1988.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 276 p.

FORSTHOFER, E.L.; SILVA, P.R.F.da; STRIEDER, M.L.; MINETTO, T.; RAMBO, L.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SUHRE, E.; SILVA, A.A. da. Desempenho agrônômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 399-407, 2006.

FRIZZONE, J. A. Planejamento da irrigação com uso de técnicas de otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Bahia, v. 1, n. 1, p. 24-49, 2007.

FREITAS, F. C. L.; SANTOS, M. V.; MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, M. G. O. Comportamento de cultivares de milho no consórcio com *Brachiaria brizantha* na presença e ausência de foramsulfuron + iodossulfuron-methyl para o manejo da forrageira. **Planta Daninha**, v. 26, p. 215-221, 2008.

FURLANETO, F. P. D.; ESPERANCINI, M. S. T. Custo de produção e indicadores de rentabilidade da cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 297-303, 2010.

FURLANI, C.E.A.; LOPES, A.; ABRAHÃO, F.Z.; LEITE, M.A.S. Características da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.2, p.177-86, 1999.

FURLANI, C. E. A. **Efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno na produtividade da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2000. 218 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; LOPES, A.; SILVA R. P. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.388-395, 2004.

FURLANI, C. E. A., LOPES, A.; SILVA, R. P. da. Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p.458-464, 2005.

FURLANI, C. E. A.; CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; REIS, G. N. Avaliação do desempenho de uma semeadora-adubadora em função da velocidade de deslocamento e carga no depósito de adubo. **Energia na Agricultura**, Viçosa, v. 14, p. 268-275, 2006.

FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; CORTEZ, J. W.; GROTTA, D.C.C. Semeadora-adubadora: exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.345-352, 2008.

GASSEN, J. R. F.; ALONÇO, A. dos S.; BAUMHARDT, U. B.; BELLÉ, M. P.; BONOTTO, G. J. Resistência específica à tração na operação de escarificação do solo em camadas de forma simultânea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.116-124, 2014.

GATTO, A.; BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de; COSTA, L. M.; NEVES, J. C. L. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p.635-646, 2003.

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 65-73, 2009.

GREITER, J. L. G.; ANGHINONI, M. **Plantio direto e sistema com escarificação nos atributos agronômicos da soja e milho**. 2016. 32 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016.

GROSS, M. R.; PINHO, R. G.V.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecologia**, v. 30, p. 387-393, 2006.

GUIDUCCI, R. C. N.; LIMA FILHO, J. R.; MOTA, M. M. **Viabilidade econômica de Sistema de produção agropecuários**. Brasília: Embrapa, 2012. 535 p.

HEINEMANN, A. B.; SOUSA, S. A. V.; FRIZZONE, J. A. Determinação da lâmina ótima de água para cultura do milho doce na região de Sete Lagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 147-151, 2001.

HENRIQUE, F. A. N.; DANTAS, R. T. Estimativa da evapotranspiração de referência em Campina Grande, Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 06, p. 594-599, 2007.

HERNANDEZ, F. F. F.; AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISOSTOMO, L. A.; COSTA, R. I.; UCHOA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1993. 247 p.

HERNANDEZ, F. B. T. Manejo da irrigação por pivô central na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., 1994, Viçosa. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1994. p. 1-13.

HILL, R. L.; CRUSE, R. M. Tillage effects on bulk density and soil strength of two Mollisols. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, n. 5, p. 1270-1273, 1985.

IMEA - Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária. **Entendendo o mercado do milho**. 2015. Disponível em: <http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Paper_jornalistas_Milho_AO.pdf>. Acesso em: 24 dez. 2017.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; DIAS JUNIOR, M. S.; TORMENA, C. A. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 11-18, 2001.

JADOSKI, S. O.; SAITO, L. R.; MAGGI, M.F.; WAGNER, M.V.; REFFATTI, T.N. Formas de mecanização e manejo do solo para a cultura da batata. I – características da produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 5, p. 889-899, 2012.

JASA, P. J.; SIEMENS, J.C.; PFOST, D.L. No-till drills, In: Conservation tillage systems and management: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till, Ames: Midwest Plant Service, 1992, p. 98-101.

JESUS, A. A. **Características agronômicas e viabilidade econômica do milho doce submetido a doses de biorregulador aplicado via semente**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2014.

JORGE, R. F.; ALMEIDA, C. X.; BORGES, E. N.; PASSOS, R. R. Distribuição de poros e densidade de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de uso e manejo. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 159-169, 2012.

KELLER, J. **Trickle irrigation**. Em soil conservation servisse national engineering handbook. Colorado, 1978. 129 p.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia: relações solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

KLUTE, A. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Part 1. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.210-221.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um latossolo roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja e feijão, após oito anos de plantio direto**. 1998. 179 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implementação e manejo do sistema plantio direto**. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 36p. 2000.

KÖPPEN, W. **Die klimate der Erde**. Berlin: Guyter, 1923, 369 p.

KURACHI, 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. 2, p. 249-262, 1989.

LANÇAS, K. P. Subsolagem ou escarificação. **Cultivar Maquinas**, p.34-37. 2002.

LEVIEN, R.; GAMERO, C. A.; FURLANI, C. E. A. Manejo mecânico de aveia preta com rolo faca e triturador de palhas tratorizado. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola**, 2001.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 329 p.

LIMA, S. C. R. V.; FRIZZONE, J. A.; MATEOS, L.; FERNANDEZ, M. S. Estimativa da produtividade de água em uma área irrigada no sul da Espanha. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, n. 1, p. 51-60, 2012.

LIU, W.; TOLLENAAR, M; STEWART, G.; DEEN, W. Impact of planter type, planting speed, and tillage on stand uniformity and yield of corn. **Agronomy Journal**, v.96, n. 6, p.1668-1672, 2004.

LLANILLO, R. F.; RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M. F.; FERREIRA, R. R. M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, p. 205-220, 2006.

LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; MELLO, J. G. S. Protótipo de sistema instrumental para medição de consumo de combustível em tratores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS SOCIEDADES BRASILEIRAS DE INFORMATICA APLICADA À AGROPECUÁRIA E A AGROINDUSTRIA, 4, 2003. Porto Seguro: Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e à Agroindústria, 2003.

MACHADO, A. L. T.; REIS A. V.; MORAES M. L. B.; ALONÇO A. S. **Máquinas de preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. 2 ed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, 2005. 253p.

MAHL, D. **Desempenho de semeadora em função de mecanismo de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho**. 2006, 143f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2006.

MANTOVANI, E. C. **Plantadoras de milho**: Embrapa Milho e Sorgo. 2003. Disponível em: <<http://www.portalagronegocio.com.br/conteudo.php?id=22998>>. Acesso em: 27 dez. 2015.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Tensões-limite de água no solo para o cultivo do tomateiro para processamento irrigado por gotejamento. Embrapa Hortaliças, 1ed., 2008. (Embrapa Hortaliças: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 37). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortaliças/busca-de-publicacoes/-/publicacao/781609/tensoes-limite-de-agua-no-solo-para-o-cultivo-do-tomateiro-para-processo-irrigado-por-gotejamento>>. Acesso em: 03 jan. 2018.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M., ÂNGELO J. A.; OKAWA, H. Sistema “CUSTAGRI”: Sistema integrado de custos agropecuários. **Informações Econômicas**, Piracicaba, v. 28, n. 1, p. 4-7, 1998

MARTINS, J. D.; PETRY, M. T.; RODRIGUES, G. C.; CARLESSO, R. Viabilidade econômica da irrigação deficitária por gotejamento. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 150-165, 2016.

MASSAD, M. D.; OLIVEIRA, F. L.; FÁVERO, C.; DUTRA, T. R.; QUARESMA, M. A. L. Desempenho de milho verde em sucessão a adubação verde com crotalária, submetido a doses crescentes de esterco bovino, na caatinga mineira. **Magistra**, v. 26, n. 3, p. 322-332, 2014.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MAZUCHOWSKI, J. Z.; DERPSCH, R. **Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas**. Curitiba: ACARPA, 1984. 68 p.

MELO FILHO, G. A.; RICHETTI, A. Aspectos socioeconômicos da cultura do milho. Embrapa, 1ed., 1997. (Embrapa: Circular Técnico). Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/39000/1/CT5-97-Milho.pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2018.

MELO FILHO, G. A. Custos: plantio direto x plantio convencional. Brasília, DF: APDC/Febrapdp, 2000.

MELO, R. P.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L. A. SOUSA, F. H.; SILVA, J. G. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Revista Ciência Agrônômica**, v.44, n.1, p.94-101, 2013.

MELLO, N. T. C.; ARRUDA, S. T.; CHABARIBERY, D.; CAMARGO, J. R. V.; RIBEIRO JÚNIOR, D. **Proposta de nova metodologia de custo de produção do Instituto de Economia Agrícola**. São Paulo: IEA, 1978. 13p. (Relatório de Pesquisa, 14/88).

MELLO FILHO, G. A.; RICHETTI, A. Aspectos socioeconomicos da cultura do milho. In: EMBRAPA. Milho: informações técnicas, Dourados, 1997. p. 13-38.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 37, n.1, p. 251-259, 2013.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and human well-being: general synthesis report. Washington: Island Press, 2005. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.aspx>>. Acesso em: 29 dez. 2017.

MOLIN, J. P.; MILAN, M.; NESRALLAH, M. G. T.; CASTRO, C. N.; GIMENEZ, L. M. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. **Revista Engenharia Agrícola**, v.26, p. 759-767, 2006.

MONTANHA, G. K.; GUERRA, S. P. S.; SANCHEZ, P. A.; CAMPOS, F. H.; LANÇAS, K. P. Consumo de combustível de um trator agrícola no preparo do solo para a cultura do algodão irrigado em função da pressão de inflação nos pneus. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.26, n.1, 2011.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MORAES, M. H.; BENEZ, S. H. Efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo em algumas propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada e na produção de milho para um ano de cultivo. **Engenharia Agrícola**, v.16, n.2, p.31-41, 1996.

MORAES, A. R. A. de. **A cultura do milho verde**. 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/MilhoVerde/index.htm>. Acesso em: 10 nov. 2017.

MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Eficiência de uso de água pela cultura do milho (*Zea mays*) em função da cobertura do solo pela palhada no sistema plantio direto. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7, 2011, Fortaleza, **Anais...**Fortaleza, 2011.

MUDRIK, A. S. **Manejo da irrigação por gotejamento em cafeeiros nas condições edafoclimáticas do cerrado do triângulo mineiro**. 2005, 86 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

MURGA-ORRILLO, H.; ARAÚJO, W. F.; ABANTO-RODRIGUEZ, C.; SAKAZAKI, R. T.; BARDALES-LOZANO, R. M.; POLO-VARGAS, A. R. Influência da cobertura morta na evapotranspiração, coeficiente de cultivo e eficiência de uso da água do milho cultivado em cerrado. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 352-364, 2016.

- MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FACELLI, A. L.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. (Ed.). Atualização em plantio direto. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 147-160.
- NAGAHAMA, H. J.; GRANJA, G. P.; CORTEZ, J. W.; RAMOS, R. L.; ARCOVERDE, S. N. S. Efeitos da escarificação mecânica nos atributos físicos do solo e agronômicos do capim elefante. **Revista Ceres**, v. 63, n. 5, p. 741-746, 2016.
- NAGAOKA, A. K.; NOMURA, R. H. C. Tratores: semeadura. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 18, n. 1, p. 24- 26, mar. 2003.
- NASCIMENTO, F. N.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RIBEIRO, V. Q. Parâmetros fisiológicos e produtividade de espigas verdes de milho sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 2, p. 167-181, 2015.
- NASCIMENTO, F. N.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RAMOS, H. M. Desempenho da produtividade de espigas de milho verde sob diferentes regimes hídricos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 1, p. 94-108, 2017.
- NEUMANN, M.; MUHLBACH, P.R.F.; NÖRNBERG, J.L.; RESTLE, J. E OST, P.R. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) para ensilagem na produção do novilho superprecoce, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p.1 614-1623, 2007.
- NEUMANN, M. Parâmetros para análise de qualidade da silagem. 2011. Disponível em: <http://www.iepec.com/curso/listarCapituloPopUp&idCurso=58&idCapitulo=407>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, Maringá. p.127-145, 2001.
- OKTEM, A. Effects of deficit irrigation on some yield characteristics of sweet corn. **Bangladesh Journal Botany**, v. 37, n. 2, p. 127-131, 2008.
- OLIVEIRA, U.F.; MACHADO, N.F. Controle de plantas daninhas com palha e herbicida em milho sob plantio direto. CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 18., 1991, Brasília, **Anais...** Brasília: Sched, 1991, p. 83.
- OLIVEIRA, M. D. M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: avaliação de uma frota**. 2000. 150 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ, Piracicaba, 2000.
- OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B. e BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 2, p.393-486, 2002.

OLIVEIRA, J. G. R.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F.; BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J. T. Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes. **Boletim Geografia**, v. 30, n. 3, p. 91-98, 2012.

OLIVEIRA, F. C. C.; PEDROTTI, A.; FELIX, A. G. S.; SOUZA, J. L. S.; HOLANDA, F. S. R.; JUNIOR, A. V. M. Características químicas de um argissolo e a produção de milho verde nos tabuleiros costeiros sergipanos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 3, p. 354-360, 2017.

OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G.; DELIZA, R.; PEREIRA, M. G.; CHIQUIERI, T. B.; BRESSAN-SMITH, R. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo in natura. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 159-166, 2006.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HERNANZ, J. L. **Técnica de la mecanización agrária**. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, 1989, 643p.

PAIVA, J. R. G. **Comportamento produtivo da cultura do milho em sistema orgânico de cultivo**. 2011. 40 f. Monografia (Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2011.

PAIVA, M. R. F. C.; SILVA, G. F.; OLIVEIRA, F. H. T.; PEREIRA, R. G.; QUEIROGA, F. M. Doses de nitrogênio e de fósforo recomendadas para produção econômica de milho-verde na Chapada do Apodi-RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 4, p. 1-10, 2012.

PAIVA JUNIOR, M. C. **Desempenho de cultivares para produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura**. 1999. 66 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 1999.

PAIVA JUNIOR, M. C. de; VON PINHO, R. G.; VON PINHO, E. V. R.; RESENDE, S. G. de. Desempenho de cultivares para a produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura em Lavras – MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1235 – 1247, 2001.

PARENTONI, S. N.; GAMA, E. E. G.; MAGNAVACA, R.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; BOAS, G. L. V. Milho doce. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 165, p. 17-22, 1990.

PARIZI, A.R.C. **Efeitos de diferentes estratégias da irrigação sob as culturas de feijão (phaseolus vulgaris) e milho (zea mays), na região de Santiago, RS**. 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado - Curso de Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

PAVAN JÚNIOR, A. **Sistema de plantio direto: avaliação de semeadora em função do manejo da palhada e velocidade de trabalho na cultura da soja**. 2006. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2006.

PAZIANI, S.F.; DUARTE, A.P.; NUSSIO, L.G.; GALLO, P.B.; BITTAR, C.M.M.; ZOPOLLATO, M. E RECO, P.C. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos

de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 411-417, 2009.

PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G. Transferência de tecnologia: produção de milho e sorgo para silagem na safra 2014/2015. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 1-6, 2016.

PELOIA, P. R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Revista Engenharia Agrícola**, v.30, p.681-69, 2010.

PEREIRA FILHO, I. A.; PACHECO, C. A. P.; CRUZ, J. C.; KARAM, D. & GUISTEM, J. Produtividade e algumas características do milho pipoca BRS Ângela, semeada em diferentes espaçamentos e densidades de semeaduras. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., Florianópolis, 2002. Resumos. Florianópolis, Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2002. CD-ROM.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Cultivares de milho para o consumo verde. Embrapa Milho e Sorgo, 2002. (Embrapa Milho e Sorgo: Circular Técnica 15). Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/milhoparaconsumoverde_000fgp4g99u02wyiv8020uvkp1bpy66y.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; GAMA, E. E. G. Cultivares para o consumo verde. O cultivo do milho verde. **Embrapa Informação tecnológica**, Brasília, p. 17-30, 2003.

PEREIRA, E.S.; MIZUBUTI, I.Y.; PINHEIRO, S.M.; VILLAROEL, A.B.S.; CLEMENTINO, R.H. Avaliação nutricional de silagens de milho. **Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 8-12, 2007.

PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C. Fatores que interferem no resultado do milho. **Campo e Negócio**, Uberlândia, v. 5, n. 68, p. 24-27, 2008.

PEREIRA, R. G.; ALBUQUERQUE, A. W.; MADALENA, J. A. S. Influência dos sistemas de manejo do solo sobre os componentes de produção do milho e *Brachiaria decumbens*. **Revista Caatinga**, v.22, p. 64-71, 2009.

PEREIRA FILHO, I. A. **O cultivo do milho verde**. Embrapa Milho e Sorgo, 1ed., 2002. 2010 p.

PHENE, C.J. Techniques for computerized irrigation management. **Computer and Electronics in Agriculture**, New York, v.3, n.3, p.189-208, 1989.

PIMENTEL, J.J.O.; SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C. Efeito da suplementação proteica no valor nutritivo de silagens de milho e sorgo. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.27, p. 1042-1049, 1998.

PINHO, R. G. V.; VASCONCELOS, R. C. de; BORGES, I. D.; RESENDE, A. V. de. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p.235-245, 2007.

PINHO, L.; PAES, M. C. D.; ALMEIDA, A. C.; COSTA, C. A. Qualidade de milho verde cultivado em sistemas de produção orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 07, n. 03, p. 279-290, 2008.

PIRES, D. A. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; SALES, E. C. J.; REIS, S. T.; JAYME, D. G.; CRUZ, S. S.; LIMA, L. O. B.; TOLENTINO, D. C.; ESTEVES, B. L. C. Características das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 1, p. 68-77, 2013.

POSSAMAI, J. M.; SOUZA, C. M.; GALVÃO, J. C. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, v. 60, n. 2, p. 79-82, 2001.

PÔSSAS, F. P.; GONÇALVES, L. C.; PEREIRA, L. G. R.; MACHADO, F. S.; JAYME, D. G.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, N. M.; TOMICH, T. R. Cinética de fermentação ruminal das silagens de três híbridos de milho comerciais em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 1, p. 159-165, 2015.

POZAR, G. Silagem de milho. **Jornal Agroceres**, São Paulo, v.18, n.188, p.45-46, 1989.

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

REZENDE, J. A. **Características agronômicas e químicas correlacionadas à degradabilidade in situ de cultivares de sorgo**. 2001. 53 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

RIBAS, M. R.; TAVARES, C. J.; REZENDE, B. P.; CUNHA, P. C. R.; JAKELAITIS, A. Competição de híbridos de milho com plantas daninhas em dois espaçamentos entrelinhas. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 06, n. 02, p.38 – 47, 2013.

RIBEIRO, P. L.; BAMBERG, A. L.; REIS, D. A.; OLIVEIRA, A. C. B. Condições físico hídricas de planossolo cultivado com soja em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1484-1491, 2016.

RICHETTI, A. Estimativa de custo de produção de milho safrinha para 2007, em Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. (Embrapa Agropecuária Oeste: Comunicado técnico, 128). Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/254491/estimativa-de-custo-de-producao-de-milho-safrinha-para-2007-em-mato-grosso-do-sul-e-mato-grosso> >. Acesso em: 18 jan. 2018.

RICHETTI, A.; FLUMIGNAN, D. L.; ALMEIDA, A. C. S. Viabilidade econômica do milho safrinha, sequeiro e irrigado, na região sul de Mato Grosso do Sul, para 2016. Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. (Embrapa Agropecuária Oeste: Comunicado Técnico 2017). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137275/1/COT2015207.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. **Arquivo do Agrônomo**, São Paulo, n. 15, p. 1-20, 2003.

RODRIGUES, F.; VON PINHO, R. G.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FARIA FILHO, E. M.; GOULART, J. C. Capacidade de combinação entre linhagens de milho visando à produção de milho verde. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 01, p. 75-84, 2009.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Embrapa Monitoramento por Satélite, 1 ed., 2010. (Embrapa Monitoramento por Satélite: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 8). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31004/1/BPD-8.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2018.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico vermelho-escuro de Eldorado de Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, n. 2, p. 313-319, 1995.

SALVADOR, N., MION, R. L., BENEZ, S.H. Requerimento energético e desagregação do solo em diferentes sistemas de preparo periódico num Latossolo Vermelho-Amarelo. Jaboticabal: SBEA. (95-4-378), 1995.

SALVADOR, N.; BENEZ, S.H.; MION, R.L. Consumo de combustível na operação de subsolagem realizada antes e depois de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.256-62, 2008.

SANGOI, L.; GRACIETTI, M.A.; RAMPAZZO, C.; BIANCHET, P. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 39-51, 2002

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; SILVA, P.R.F. da; HORN, D.; SCHMITT, A.; SCHWEITZER, C.; MOTTER, F. Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v. 36, p. 747-755, 2006.

SANTOS, P.G.; JULIATTI, F.C.; BUIATTI, A.L., HAMAWAKI, O.T. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 597-602, 2002.

SANTOS, I. C.; MIRANDA, G. V.; MELO, A. V.; MATTOS, R. N.; OLIVEIRA, L. R.; LIMA, J. S.; GALVÃO, J. C. Comportamento de cultivares de milho produzidos organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estágio verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 1, p. 45-53, 2005.

SANTOS, W. O.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F.; MOURA, M. S. B.; NUNES, R. L. C. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 4, p. 559-572, 2014.

SANTOS, G.; MORAES, J. M. M.; NUSSIO, L. G. Custo e análise de sensibilidade na produção de silagem. **Revista Ipecege**, v. n, n. 1, p. 39-49, 2017.

- SARTORI, G. M. S.; MARCHESAN, E.; DAVID, R.; DONATO, G.; COELHO, L. L.; AIRES, N. P.; ARAMBURU, B. B. Sistemas de preparo do solo e de semeadura no rendimento de grãos de soja em área de várzea. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 492-498, 2016.
- SERPA, M.S.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; MARCHESI, D. R. Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno 504 em ambientes irrigados e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 7, n. 4, p.541-549, 2012.
- SILVA, P.S.L.; BARRETO, H.E.P.; SANTOS, M.X. A. Avaliação de cultivares de milho quanto ao rendimento de grãos verdes e secos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 63-69, 1997.
- SILVA, A. R. B. **Comportamento de variedades/híbridos de milho (Zea mays L.) em diferentes tipos de preparo do solo**. 2000. 96 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2485-2492, 2000.
- SILVA, J.G.; SILVEIRA, P.M. Avaliação de uma semeadora-adubadora na cultura do milho. Embrapa Arroz e feijão, 1 ed., 2002. (Embrapa Arroz e Feijão: Boletim de pesquisa e desenvolvimento 2). Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/213714/avaliacao-de-uma-semeadora-adubadora-na-cultura-do-milho>>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- SILVA, P.R.A.; BENEZ, S.H.; MAHAL, D.; GERMINO, R. Avaliação da potência e área mobilizada de hastes sulcadoras em semeadoras-adubadoras diretas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. Anais...Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004.
- SILVA, L. C.; RAO, T. V. R. Avaliação de métodos para estimativa de coeficientes da cultura de amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 128-131, 2006.
- SILVA, P. S. L.; SILVA, P. I. B.; SOUSA, A. K. F.; GURGEL, K. M.; PEREIRA FILHO, I. A. Green ear yield and grain yield of maize after harvest of the first ear as baby corn. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 24, n. 2, p. 151-155, 2006.
- SILVA, P. S. L.; SILVA, K. M. B.; SILVA, P. I. B.; OLIVEIRA, V. R.; FERREIRA, J. L. B. Green ear yield and grain yield of maize cultivars in competition with weeds. **Planta daninha**, v. 28, n. 1, p. 77-85, 2010.
- 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, G. C.; SCHMITZ, R.; SILVA, L. C.; CARPANINI, G. G.; MAGALHÃES, R. C. Desempenho de cultivares para produção de milho verde na agricultura familiar do sul de Roraima. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 2, p. 273-282, 2015.

SILVA, V. P. R.; SILVA, B. B.; BEZERRA, J. R. C.; ALMEIDA, R. S. R. Consumo hídrico e viabilidade econômica da cultura do feijão caupi cultivado em clima semiárido. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 662-672, 2016.

SILVA JÚNIOR, H. M. **Avaliação de duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a diferentes lâminas de irrigação por gotejamento subsuperficial, no noroeste paulista**. 2015. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

SILVEIRA, J. C. M.; GABRIEL FILHO, A.; TIEPPO, R. C.; TORRES, D. G. B.; BALDESSIN JÚNIOR, A.; BOLIGON, F. Uniformidade de distribuição de plantas e estande de milho em função do mecanismo dosador. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 467-472, 2005.

SILVEIRA, J. C. M.; FERNANDES, H. C.; LEITE, D. M.; TEIXEIRA, M. M.; FURTADO JUNIOR, M. R. Avaliação da qualidade da semeadura direta do milho em função do aumento da velocidade de deslocamento e do escalonamento de marcha de um conjunto trator-semeadora-adubadora. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 20 n. 2, p. 95- 103, 2012.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JÚNIOR, R. Trabalhador no cultivo de grãos e oleaginosas: Máquinas para manejo de coberturas e semeadura no sistema de plantio direto. Curitiba. Coleção SENAR. 2004. 87 p.

SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. 662 p.

SOUSA, A. L. B.; YUYAMA, K. Desempenho agrônômico de cultivares de milho com adubação nitrogenada e cobertura no cerrado de Humaitá, AM. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFAM**, v. 9, n. 2, p. 1-12, 2015.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.6, p. 937-944, 2004.

SOUZA, E. J.; CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; SILVA, T. R.; SANTOS, O. F. Características da espiga do milho doce produzido sob diferentes lâminas de irrigação e doses nitrogenadas. **Energia na Agricultura**, v. 24, n. 1, p. 50-62, 2016.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro - Efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 207-212, 2002.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeito do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 83-91, 1999.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.4, p.835-41, 2000.

TAVELLA, L. B.; SILVA, P. S. L.; MONTEIRO, A. L.; OLIVEIRA, V. R.; FERNANDES, P. L. O. *Gliricidia sepium* intercropping for weed management in immature corn ear production. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 4, p. 650-656, 2017.

TOPAK, R.; SÜHERI, S.; ACAR, B. Effect of different drip irrigation regimes on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield, quality and water use efficiency in Middle Anatolian. **Irrigation Science**, Berlin Heidelberg, v. 29, p. 79-89, 2011.

TORRES, J. L. R.; NETTO, A. A.; SOUZA, Z. M.; ASSIS, R. L. Alterações causadas nos atributos físicos após preparo do solo com arado escarificador e enxada rotativa. **Magistra**, v. 27, n. 3/4, p. 316-325, 2015.

TOURINO, M. C. C.; KLINGENSTEINER, P. **Ensaio e avaliação de semeadoras Adubadoras**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Seropédica, SBEA, p. 103- 107, 1983.

TRINTIN, C. G.; PINHEIRO NETO, R.; BORTOLOTTI, V. C. Demanda energética solicitada por uma semeadora-adubadora para plantio direto, submetida a três velocidades de operação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 1, p. 127-131, 2005.

VASCONCELOS, R. C.; VON PINHO, R. G.; REIS, R. P.; LOGATO, E. S. Estimativa dos custos de produção de milho na safra agrícola 1998/1999 no município de Lavras - MG. **Ciências Agrotecnológicas**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 283-291, 2002.

VASCONCELOS, R. C.; VON PINHO, R. G.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, M. N.; BRITO, A. H. Efeito da altura de corte das plantas na produtividade de matéria seca e em características bromatológicas da forragem de milho. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1139-1145, 2005.

VENEGAS, F.; GASPARELLO, A. V.; ALMEIDA, M. P. de. Determinação de perdas na colheita mecanizada do milho (*Zea mays* L.) utilizando diferentes regulagens de rotação do cilindro trilhador da colhedeira. **Ensaio e ciência: Ciência biológicas, agrárias e da saúde**, v. 16, n. 5, p. 43-55, 2012.

VIEIRA, M. A. **Cultivares e população de plantas na produção de milho-verde**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

VIEIRA, M. A.; CAMARGO, M. K.; DAROS, E.; ZAGONEL, J.; KOEHLER, H. S. Cultivares de milho e população de plantas que afetam a produtividade de espigas verdes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 81-86, 2010.

WUTKE, E.B.; ARRUDA, F.B.; FANCELLI, A.L.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G.M.B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.621-33, 2000.

ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. C.; GRACIANO, J. D.; GIULIANI, A. R.; HELMICH, M.; GOMES, H. E. Produção e renda bruta de quatro clones de taro cultivados em Dourados, Estado do Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 2, p. 301-305.

ZANOLLA, C.; GALLANTE, V. **O cultivo de milho na região sudoeste do Paraná: Viabilidade e alternativas.** XLII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural. 2014.

ZUFFO, V. J.; PIRES, F. R.; BONOMO, R.; VITÓRIA, E. L. da; CELIN FILHO, A.; SANTOS, E. D. J. Effects of tillage systems on physical properties of a cohesive yellow argisol in the northern state of Espírito Santo, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.5, p.1372-1382, 2013.

APENDICE A – ASSIMETRIA E CURTOSE PARA TODOS OS PARÂMETROS AVALIADOS NO PRIMEIRO CICLO DE PRODUÇÃO DO MILHO VERDE

Figura 1 – Coeficientes de assimetria e curtose para os parâmetros: velocidade de deslocamento, patinamento do rodado dianteiro, patinamento do rodado traseiro, consumo horário de combustível, consumo operacional de combustível e capacidade de campo operacional.

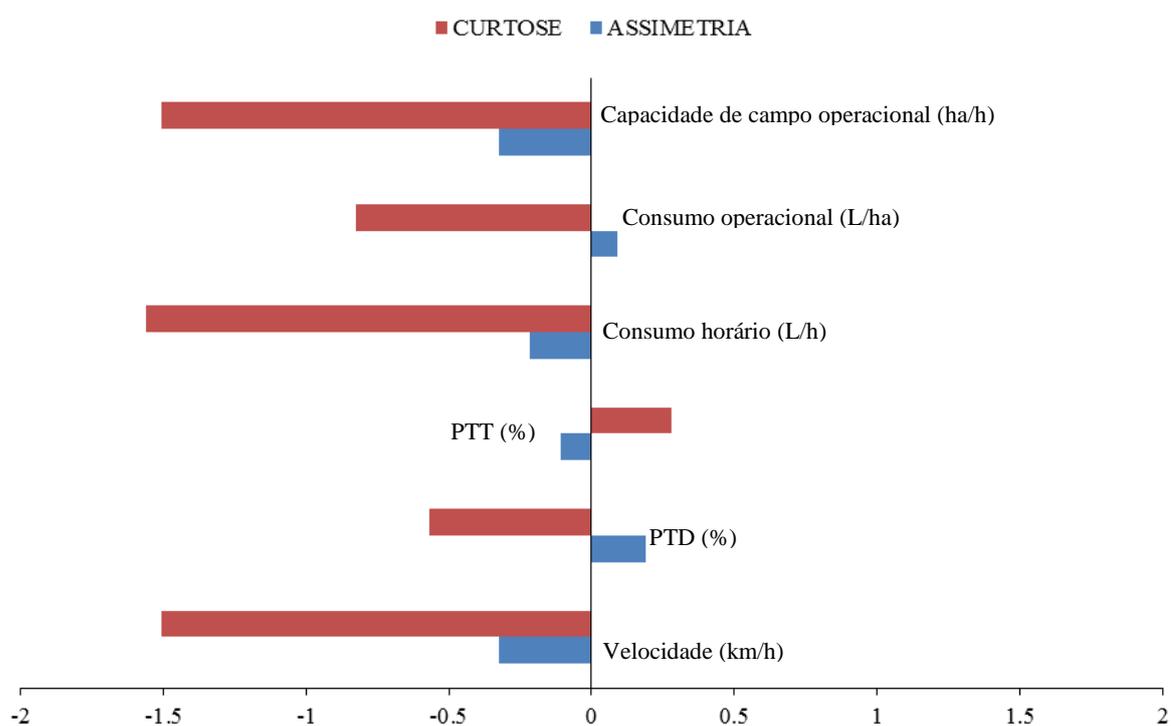
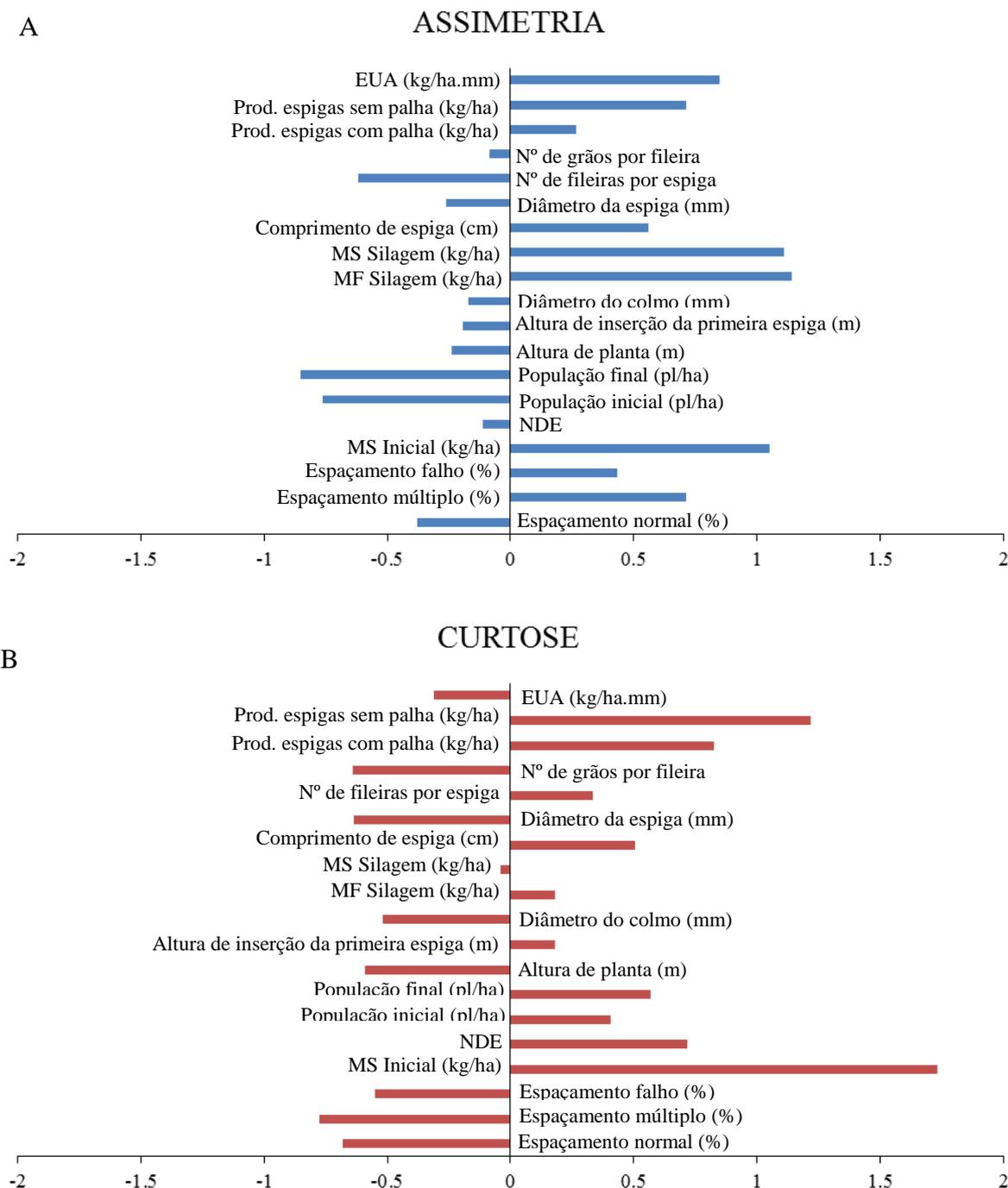


Figura 2 – Coeficientes de assimetria (A) e curtose (B) para os parâmetros: distribuição longitudinal de sementes (espaçamento normal, espaçamento múltiplo e espaçamento falho), matéria seca inicial, número de dias de emergência, população inicial, população final, altura de planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo, matéria fresca de silagem, matéria seca de silagem, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, produtividade de espigas com palha, produtividade de espigas sem palha e eficiência do uso da água.



APENDICE B – ASSIMETRIA E CURTOSE PARA TODOS OS PARÂMETROS AVALIADOS NO SEGUNDO CICLO DE PRODUÇÃO DO MILHO VERDE

Figura 1 – Coeficientes de assimetria e curtose para os parâmetros: velocidade de deslocamento, patinamento do rodado dianteiro, patinamento do rodado traseiro, consumo horário de combustível, consumo operacional de combustível e capacidade de campo operacional.

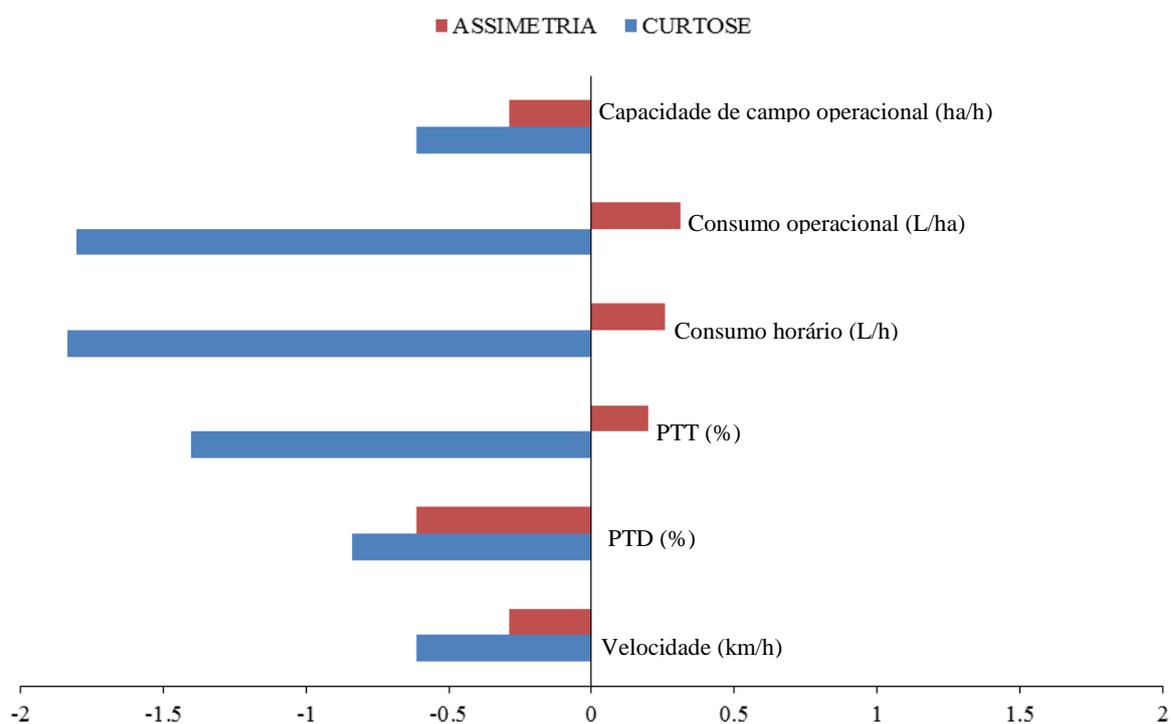
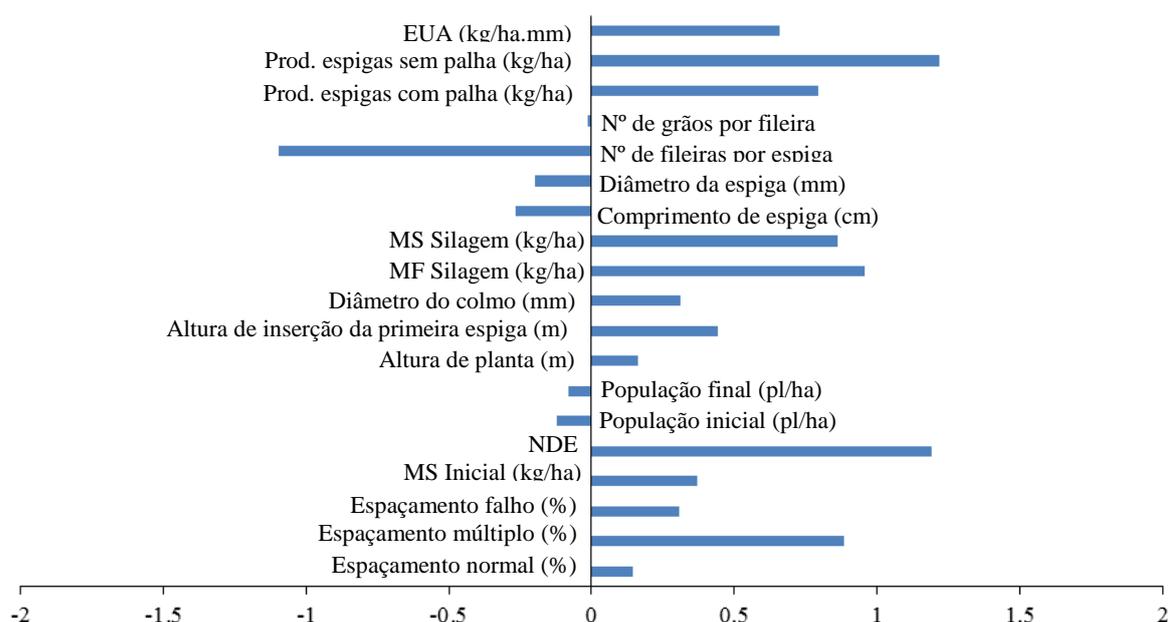


Figura 2 – Coeficientes de assimetria (A) e curtose (B) para os parâmetros: distribuição longitudinal de sementes (espaçamento normal, espaçamento múltiplo e espaçamento falho), matéria seca inicial, número de dias de emergência, população inicial, população final, altura de planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo, matéria fresca de silagem, matéria seca de silagem, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, produtividade de espigas com palha, produtividade de espigas sem palha e eficiência do uso da água.

A

ASSIMETRIA



B

CURTOSE

