



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

ERLLAN TAVARES COSTA LEITÃO

**PRODUTIVIDADE DE MILHO SOB PLANTIO DIRETO EM DOIS
ESPAÇAMENTOS NO SEMIÁRIDO POTIGUAR**

MOSSORÓ

2020

ERLLAN TAVARES COSTA LEITÃO

**PRODUTIVIDADE DE MILHO SOB PLANTIO DIRETO EM DOIS
ESPAÇAMENTOS NO SEMIÁRIDO POTIGUAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Sem-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

Área de concentração: Manejo de Solo e Água no Semiárido

Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água na Agricultura

Orientador: Prof. Dr. Suedêmio de Lima Silva

MOSSORÓ

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semiárido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L533p Leitão, Erllan Tavares Costa.
PRODUTIVIDADE DE MILHO SOB PLANTIO DIRETO EM
DOIS ESPAÇAMENTOS NO SEMIÁRIDO POTIGUAR / Erllan
Tavares Costa Leitão. - 2020.
37 f. : il.

Orientador: Suedêmio de Lima Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2020.

1. Biomassa. 2. Zea mays. 3. produtividade. I.
Silva, Suedêmio de Lima, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semiárido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ERLLAN TAVARES COSTA LEITÃO

**PRODUTIVIDADE DE MILHO SOB PLANTIO DIRETO EM DOIS
ESPAÇAMENTOS NO SEMIÁRIDO POTIGUAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água na

Defendida em: 19/07/2020

BANCA EXAMINADORA

Suedêmio de Lima Silva

Suedêmio de Lima Silva Prof. Dr. (UFERSA)

Presidente

Francisco Aécio de Lima Pereira

Francisco Aécio de Lima Pereira Prof. Dr. (UFERSA)

Membro externo ao PPGMSA

Jonatan Levi Ferreira de Medeiros

Jonatan Levi Ferreira de Medeiros Dr.

Membro externo

RESUMO

Em virtude da escassez de chuvas e altas temperaturas, a região Semiárida do Nordeste pode apresentar-se como limitante para a produção vegetal. É importante então, estudar as melhores metodologias para a obtenção de melhores produtividades das culturas para as condições dessa região. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de milho irrigado sob plantio direto em um Latossolo Vermelho Distrófico Argissólico, da região semiárida localizado no município de Mossoró/RN. O delineamento experimental utilizado foi 2 x 2; sendo uma cultivar BRS Gorutuba e um híbrido BRS 2022. A outra fonte de variação foi o espaçamento entre linhas sendo usado 0,45 e 0,90 m, totalizando quatro tratamentos em blocos ao acaso com sete repetições, compondo 28 unidades experimentais. As dimensões das parcelas foram de 30m x 6 m, totalizando 180 m². As camadas de solo analisadas foram: 0,00-0,15 e 0,15-0,30m. Os dados de produtividade obtidos foram submetidos à análise de variância, teste F e para o fator espaçamento e teste de comparação de médias; a partir dos dados de produtividade analisou-se os dados das análises químicas do solo usando-se do programa Sisvar 4.0. De acordo com os resultados da análise de variância, verificou-se efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para quando se analisou isoladamente as cultivares, para as variáveis número de plantas por hectare, número de espigas por hectare e produtividade. Com relação ao fator espaçamento, foi verificado efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis plantas por hectare e espigas por hectare. A produtividade não diferiu estatisticamente na comparação entre os dois espaçamentos ou a relação cultivar x híbrido, ambas produziram em média uma espiga por planta independente do tratamento. Com relação ao desempenho produtivo, conclui-se que o híbrido BRS2022 apresentou maior número de plantas e de espigas do que o BRS Gorutuba, verificou-se que esse desempenho está diretamente relacionado ao maior número de plantas no estande final da primeira cultivar do que da segunda.

Palavras-chave: Biomassa, *Zeamays*, irrigação; genótipos; arranjo.

ABSTRACT

Due to the scarcity of rain and high temperatures, the semi-arid region of the Northeast may present itself as a limitation for plant production. It is therefore important to study the best methodologies for using this technique for the conditions of the semiarid region. In view of the above, this study aimed to evaluate the productive performance of irrigated corn under no-tillage in an argisolic red dystrophic oxisol, from the semi-arid region located in the municipality of Mossoró / RN. The experimental design used was 2 x 2; being a BRS Gorutuba cultivar and a BRS 2022 hybrid. The other source of variation was the line spacing being used 0.45 and 0.90 m, totaling four treatments in random blocks with seven repetitions, composing 28 experimental units. The dimensions are 30 meters long and 6 meters wide, totaling 180 m². The soil layers analyzed were: 0.00-0.15 and 0.15-0.30m. The productivity data obtained were submitted to analysis of variance, F test and for the spacing factor and test of comparison of means; from the data of productivity the data of the chemical analyzes of the soil was analyzed using the program Sisvar 4.0. According to the results of the analysis of variance, there was a significant effect at the 1% probability level when the cultivars were analyzed separately, for the variables number of plants per hectare, number of ears per hectare and productivity. Regarding the spacing factor, there was a significant effect at the level of 5% probability for the variables plants per hectare and ears per hectare. Yield did not differ statistically in the comparison between the two spacing or the cultivar X hybrid relationship, both produced on average one ear per plant regardless of the treatment. Regarding the productive performance, it is concluded that the hybrid BRS2022 presented a higher number of plants and ears than the BRS Gorutuba, it was found that this performance is directly related to the greater number of plants in the final stand of the first cultivar than the second.

Keywords: Biomass, *Zea mays*, irrigation, genotypes, arrangement.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de variância e teste de média para o número de plantas e de espigas por hectare e produtividade (kg/ha)	27
Tabela 2. Valores médios para a variável número de espigas por hectare em função do desdobramento dos fatores espaçamento versus cultivares.....	29
Tabela 3. Valores médios para a variável produtividade (kg/ha) em função do desdobramento dos fatores espaçamento versus cultivares.....	30
Tabela 4. Análise de variância e teste de médias para produtividade por planta e espigas por plantas.....	31
Tabela 5. Valores médios para a variável produtividade por planta (kg) em função do desdobramento dos fatores espaçamento versus cultivares.....	33
Tabela 6. Valores médios para a variável espigas por planta em função do desdobramento dos fatores espaçamento versus cultivares.....	33
Tabela 7. Resumo do quadro de análise de variância das variáveis químicas de fertilidade do solo pós-colheita.....	35
Tabela 8. Valores médios da análise química do solo pós-colheita.....	37
Tabela 9. Resumo do quadro de análise de variância dos micronutrientes do solo.....	39
Tabela 10. Comparativo dos valores médios dos micronutrientes do solo pós-colheita.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Quantidades de macro e micronutrientes utilizada em função da análise de solo.....	21
Quadro 2. Croqui demonstrativo do sistema de irrigação da área do experimento.....	21
Quadro 3. Croqui da área experimental.....	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagens da coleta de dados para produtividade Fazenda Rafael Fernandes (Alagoinha) Mossoró-RN	23
Figura 2. Desdobramento do número de plantas por hectare em função do espaçamento entre linhas e cultivares.....	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Milho.....	13
2.2 Cultivares de Milho.....	14
2.2.1 Caracterização geral das cultivares utilizadas.....	15
2.3 Plantio direto.....	16
2.4 Densidade de Cultivo.....	17
2.5 Manejo do solo.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Características da Área Experimental.....	20
3.2 Manejo do solo e adubação.....	20
3.3 Sistema de irrigação.....	21
3.4 Delineamento Experimental.....	22
3.5 Características das cultivares utilizadas.....	23
3.6 Variáveis analisadas.....	23
3.6.1 Número de plantas e de espigas.....	23
3.6.2 Produtividade do milho.....	24
3.6.3 Análises químicas do solo inicial.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Macronutrientes.....	34
4.2 Micronutrientes.....	37
5 CONCLUSÕES.....	39
6 REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos a nível internacional. Isso está diretamente vinculado às diversas condições de clima, vegetação, variedades de solos, dimensão territorial, desenvolvimento científico e etc., o que permite o cultivo de diversas culturas ao longo do ano e mais ciclos/ano se comparadas a outros países produtores e exportadores de commodities. A produção agrícola vem atingindo maiores produtividades a cada ciclo por meio do uso de técnicas e formas de manejo mais adequadas aos cultivos, neste contexto o milho tem destaque como uma das culturas mais produzidas.

No Nordeste brasileiro, a principal limitação para essa cultura é a restrição hídrica, entretanto, quando se leva em consideração a disposição de terras para expansão, crédito, clima favorável e preços competitivos, ocasionados principalmente pela necessidade de transporte dos maiores centros produtores até o Rio Grande do Norte. O cultivo do milho proporciona uma boa rentabilidade, tornando-se então viável o emprego de tecnologias como a irrigação.

Estudar as características da cultura do milho é importante, primeiramente pelo fato deste ser considerada a segunda maior cultura agrícola em termos de importância econômica e produtiva no país, sendo superada apenas pela soja. Além disso, o milho ganhou importância e transformou-se no principal insumo para a produção de aves e suínos, além de possuir uma significativa relevância estratégica para a segurança alimentar do brasileiro ao longo das últimas décadas.

É frequente a demanda por novas tecnologias que possibilitem incrementos significativos em produtividade, dentre as tecnologias empregadas na cultura do milho, destaca-se o sistema plantio direto que quando aliado a rotação de culturas, proporciona a otimização no manejo do solo e assim uma produção agrícola sustentável (PEREIRA, L. et al., 2018).

Estudos que buscam analisar mudanças na disposição de plantas, alteração no espaçamento e densidade de semeadura seja por modificações no espaçamento entre linhas ou na distribuição de plantas na linha de cultivo, possibilitam diferentes arranjos, são importantes para trazer melhores informações sobre as condições ótimas de produtividade de uma determinada cultura (MENDES et al., 2013).

Solos manejados em semeadura direta adquirem condições físicas diferentes daqueles solos submetidos ao preparo convencional (REINERT et al., 2008). A manutenção da cobertura vegetal sobre o solo representa diferenças fundamentais entre plantio direto e preparo convencional (FURLANI et al., 2007).

Em condições brasileiras, estudos com distintos híbridos de milho demonstraram aumento na produtividade de grãos com mudança no arranjo das plantas, por meio da redução do espaçamento entre linhas e do adensamento de plantas (FUMAGALLI et al., 2017; MACHADO et al., 2018).

Portanto, baseado nessas considerações, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo do milho sob plantio direto em um Latossolo Vermelho Distrófico Argissólico, sob sistema irrigado da região semiárida localizado no município de Mossoró/RN.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Milho

O milho (*Zeamays L.*) é um dos cereais mais cultivados no planeta. No Brasil, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), a área plantada com essa cultura foi 17,5 milhões de hectares e produção de 100,2 milhões de toneladas atingindo uma produtividade média estimada de 5,725kg/h.

Sua importância se caracteriza por ser muito diversificada e abrangente quanto a sua utilização, que vai desde a alimentação humana, animais, indústria de alimentos e de alta tecnologia. No mais, essa cultura tem destaque na região Nordeste, mas a utilização na alimentação humana não atinge muita significância, pois esse cereal é destaque especialmente nas regiões menos favorecidas do país. Por este motivo, Duarte et al. (2010) afirmam que o milho é uma das principais fontes de energia para muitas pessoas que habitam o Semiárido (SANTOS, H. et al., 2018).

No nordeste brasileiro a cultura do milho está presente tanto no produto íntegro quanto nos seus subprodutos, sendo elemento chave para comemorações e festividades, como o São João. Um dos alimentos derivados do milho que mais faz parte da alimentação nordestina até mesmo por questões antropológicas, econômicas e estruturais, sendo o símbolo da culinária sertaneja é o cuscuz de milho, feito majoritariamente de flocos de milho pré-cozidos. Para Fancelli e Dourado Neto (2003), é uma cultura com bastante potencial produtivo, mas também econômico, sendo uma alternativa para pequenos produtores de todas as regiões do país.

Beck (2020) enfocou que esta cultura tem grande relevância econômica no agronegócio brasileiro, especialmente no fornecimento de alimento para os setores de avicultura e suinocultura, que estão entre os mais competitivos do mundo. Por volta de dois terços do milho brasileiro vão para a avicultura (43,7%) e a suinocultura (25%). Sendo o país o terceiro produtor mundial do grão, após abastecer o mercado interno e exporta uma pequena parcela da safra.

Seja na forma de óleo, farinha, amido, margarina, xarope de glicose e flocos para cereais matinais, ou outros, está muito presente na rotina alimentar do humano (PAULA, 2017). Em todas as regiões brasileiras as principais formas de consumo domiciliar do milho são: o milho em espiga, grão ou enlatado, creme de milho (fubá mimoso), flocos de milho, fubá (farinha de milho) e pão de milho.

Os principais setores exportadores do agronegócio brasileiro são os cereais, farinhas e preparações sendo o milho o principal produto. Dentre os meses de janeiro e julho de 2018, foram exportadas 15,4 milhões de toneladas de milho ao exterior (+142,3%). Uma quantidade

recorde de exportação para o período. Não só o montante exportado foi recorde, mas também a safra de milho 2018/2019, segundo levantamento da CONAB divulgado no mês de agosto, atingindo 99,3 milhões de toneladas (CONAB, 2018).

Mediante esse volume de milho exportado e a elevação de 8,4% no preço médio de exportação do cereal, o valor das exportações de atingiram a cifra recorde de US\$ 2,72 bilhões entre janeiro e julho de 2019. A quantidade de exportada representou 85,7% do total das exportações de cereais, farinhas e preparações, que registraram US\$ 3,17 bilhões em vendas externas (+115,7%) (MAPA, 2019).

2.2 Cultivares de Milho

Em meio a gama de cultivares que se tem hoje, rapidez de sua substituição no mercado e da variabilidade de suas características agronômicas, há uma necessidade crescente para a correta escolha de genótipos mais adequados as condições edafoclimáticas da região. A integração de tecnologias que possam incrementar em uma máxima produtividade da cultura torna-se fundamental, no qual a adoção de cultivares mais adaptadas é aconselhável (CAMPOS et. al., 2010).

Ao avaliar variedades de milho da região nordeste, de Carvalho et. al. (2010) obteve resultados que indicavam bom desempenho do BRS Gorutuba em relação as demais variedades avaliadas, principalmente quando as relações de cultivo não forem as favoráveis para as variedades de cultivo precoce e tardio. (CARVALHO et al. 2010).

O BRS GORUTUBA vem sendo estudado por diversos pesquisadores como uma cultivar alternativa para as regiões semiáridas a exemplo do trabalho feito por Afféri et. al. (2020) que ao estudar diferentes genótipos de milho obteve dados que indicavam produtividade superior à média geral quando comparado a outras cultivares disponíveis no mercado, os resultados indicam adaptação específica a ambientes favoráveis com alta produtividade e responsivos a melhoria das condições de cultivo.

Pelas características apresentadas por plantas de ciclo superprecoce de plantio a cultivar BRS Gorutuba acabou se tornando uma alternativa para o cultivo durante o curto período chuvoso no semiárido. De acordo com MELO et. al. (2018) esta cultivar é adequada para o cultivo em regiões semiáridas e para agricultura de subsistência ou com reduzido investimento. Podendo alcançar o estado de floração nos primeiros 7 dias de uma variedade precoce e a maturação em 20 dias. Dependendo do clima ecológico e das condições de manejo da cultura, sua produção pode variar de 3.300 a 6.500 kg.

A reduzida estatura das plantas é uma característica ideal das cultivares modernas de milho, pois permite maior número de indivíduos na população, melhora a eficiência da colheita mecanizada e reduz o número de plantas quebradas e acamamento. Entretanto, Feiden (2001) enfocou que do ponto de vista qualitativo, essa variedade tem menor tempo de germinação e floração e menor rendimento de grãos, o que indica que o uso de variedades superprecoces na entressafra é mais arriscado. É necessário estudar a época de semeadura desses genótipos e reduzir os espaçamentos.

Ainda de acordo com da Silva Neto et. al., (2010), quando se tem em vista menor espaçamento plantas com genótipo de baixa estatura tendem a ter maior resposta se comparados a plantas com ciclo normal e maior altura. Isso pode ser atrelado ao desenvolvimento mais rápido e uso do espaço disponível pelas plantas superprecoces ou pela considerável penetração de luz no dossel das plantas, assim como pela redução da competição intraespecífica por recursos como ocorre em grandes adensamentos.

Já com relação ao híbrido utilizado neste trabalho, o BRS 2022 é considerado um híbrido com melhores resultados quanto a produtividade quando comparado a outras variedades em condições de cultivo desfavoráveis em ciclos precoce ou tardio. Pacheco et. al. (2009) avaliando o híbrido BSR 2022 pela primeira vez em ensaio preliminar, observou 100 híbridos incluindo testemunhas comerciais, em oito ambientes diferentes, apresentou maior produtividade que a média geral, mesmo considerando a presença de diversos híbridos este obteve melhores resultados. Além de apresentar boas características agronômicas em ambientes diferentes, compararam resultados obtidos com os melhores híbridos comerciais.

Este híbrido possui uma produtividade superior ao de 11.810 kg/h, além de obter resultados satisfatórios também apresentou moderada resistência a algumas doenças, como a ferrugem branca, pinta branca, ferrugem polissora e resistência ao acamamento e quebra. Apresentou melhor potencial de produtividade quando acima de 700 metros, em locais abaixo dessa altitude, no qual este tendeu a reduzir sua produção em até 20% (PESSOA et. al., 2016).

Essas características foram também descritas em outros trabalhos nos quais em condições ambientais favoráveis ao cultivo do milho, variedades de ciclo mais longo tenderam a apresentar maior potencial de produção (CARVALHO et.al., 2010). Em condições normais de cultivo o Híbrido BRS 2022 foi capaz de apresentar bons níveis de produtividade sendo conhecido principalmente por sua fácil adaptação a diversas regiões mais indicado para plantios de curta duração (PACHECO et.al.,2009).

Almeida et al. (2018) ao analisar o híbrido submetido a diferentes teores de fosforo observou que mesmo nas diferentes dosagens, este apresentou maior número de espigas que todos os outros, sendo está uma característica desejável uma vez que os solos brasileiros em

geral são pores nesse nutriente. Mesmo tendo um comportamento desejável em quando submetido a safrinha, os resultados em média obtidos nessas condições sugeriram que a recomendação para seu cultivo na segunda safra deve estar correlacionada com os ambientes a ele mais favoráveis.

2.3 Plantio direto

O sistema de plantio direto é considerado uma forma de cultivo ou manejo conservacionista, abrangendo técnicas que promovem a conservação dos solos em sua ampla magnitude, tendo como base o não revolvimento e manutenção da cobertura do solo por meio da rotação de culturas e plantas de cobertura (FAGUNDES et. al. 2019).

Tiecher (2016) apontou que mesmo em tempos mais atuais, o plantio do milho é ainda realizado por meio do preparo do solo convencional na maioria das propriedades do Nordeste, e quando disponível utilizando por meio de gradagens sucessivas sem critério muitas vezes. Com isso, um reduzido número de agricultores tem utilizado práticas conservacionistas, agravando mais o processo com a falta de cobertura vegetal morta sobre o solo, em função de queima e pastejo animal nos restos culturais do milho no período da seca, o que, não só reduz a quantidade de material vegetal sobre a superfície do solo expondo-o a agentes erosivos, mas ocasiona em compactação superficial pelo pisoteio animal.

Como vantagens ao uso do plantio direto, Cruz et. al. (2011) apontam que esse sistema de plantio tem sido reconhecido como uma importante prática para a sustentabilidade de sistemas intensivos de produção agrícola, devido aos benefícios, tais como, aumento da infiltração e disponibilidade de água para as plantas; menor taxa perda de solo e nutrientes por erosão, menor tempo de trabalho de máquinas, reduzido consumo de combustível e redução da poluição recursos hídricos, em comparação com plantio convencional.

O sistema de plantio direto se equiparado ao sistema de plantio convencional, reduzindo a perda do perfil de solo em até cinco vezes mais, comprovando a eficácia do manejo do SPD. Faz-se necessário destacar que o SPD tem melhor produtividade de material vegetal em regiões de climas mais quentes, a exemplo das regiões sudeste, centro-oeste e nordeste do Brasil, se equiparado à da região sul do país (FERREIRA & JUNIOR, 2018).

Ainda na visão de Cruz et. al. (2011) é preciso destacar que pode haver a ocorrência de formação de camadas compactadas em torno de 0,07 e 0,20 m de profundidade nas áreas de solos manejados sob plantio direto, se caracterizando pela baixa permeabilidade do solo ao ar e a água, resistência mecânica à penetração das raízes, alta densidade. A compactação vem

sendo constantemente relacionada, assim como limitações ao crescimento radicular têm sido analisadas devido à menor captação de água e nutrientes pelas plantas comprometendo a eficiência das culturas (FAGUNDES al., 2019).

Esse problema vem sendo relatado de forma recorrente em propriedades submetidas a esse sistema de cultivo relatado Limites de compactação do solo comprometendo a expansão das raízes de plantas e como consequência atrapalhando a absorção de água e nutrientes, se refletindo em perda nos rendimentos da colheita da cultura (NUNES et al., 2015).

Segundo Amorim et. al. (2018), um dos pilares para a manutenção de uma área produtiva sob sistema de plantio direto, é a rotação de culturas comerciais com culturas de cobertura, tendo em vista a ciclagem de nutrientes de forma eficiente no solo.

Entretanto, no território semiárido do Nordeste, é impraticável o uso da sucessão cultural no mesmo ano, uma vez que o período chuvoso é reduzido e mal distribuído se comparado com outras regiões do país. Uma alternativa a esse contraposto é a utilização de irrigação que permite não só suplementação de água em eventuais estiagens, mas também o cultivo em períodos pouco favoráveis quanto ao regime pluviométrico (AMORIM et. al, 2018).

Trabalhando com sistema de plantio direto sobre a palha, Favarato et al. (2016) verificou que esse sistema proporcionou maior crescimento das plantas de milho nos estádios iniciais da cultura. Já Andrioli et. al (2008) demonstrou que no cultivo de milho em sistema de plantio direto a utilização de crotalaria proporcionou maior produtividade em relação milho produzido em sistema convencional.

2.4 Densidade de Cultivo

A densidade populacional de uma cultura pode ser definida pelo índice de área foliar (IAF) como um princípio fundamental para se avaliar a densidade. Em termos gerais o rendimento da cultura cresce até um valor ótimo de IAF, em média de 4 a 8, sendo que o valor adequado resulta da necessidade de fotoperíodo e temperatura, correlacionando-se com a cultura (ângulo de inserção da folha e tipo), definindo assim época de plantio e colheita (SAITO et. al, 2013).

Quando o IAF passa do padrão ideal da cultura, o auto sombreamento das folhas e do excesso de tecidos não fotossintetizantes (ou de limitado aporte), consumidores de carboidratos através da respiração e crescimento, acarretam queda de produtividade (CECÍLIO FILHO, 1996).

A população de plantas é um dos principais fatores que influenciam na capacidade produtiva da lavoura. A diminuição do espaçamento nas entrelinhas da cultura do milho possibilita a organização paralela das plantas na linha de semeadura, o adensamento quando corretamente empregado promove uma otimização na utilização de recursos naturais, como luz, solo, nutrientes, água etc. (SANDINI & FANCELLI, 2003).

Silva et. al. (2010) avaliaram a implicação da população de plantas sobre o crescimento e a produtividade de dois híbridos de milho, concluindo que densidades de 60.000 e 80.000 plantas/h proporcionam incrementos na produtividade de grãos de 12,5 e 13,6%, aproximadamente, quando comparadas à população de 40.000 plantas/ha. Já o espaçamento entre fileiras da cultura, por sua vez, guarda forte relação com o arranjo espacial entre plantas, sendo sujeito a ajuste com a intenção principal de restringir a competição entre intraespecífica (FOLONI et. al., 2014).

Particularmente a cultura do milho aqui no Brasil segue premissas amplamente difundidas a exemplo dos espaçamentos entre linhas de 0,80 e 0,90 m, em sistema convencional. Pereira, F. et. al. (2018) ao avaliar a produção de milho submetidos a espaçamentos distintos, obtiveram melhores resultados quando utilizando espaçamento de 0,90 m, por oferece menor competição entre as plantas. Entretanto, o uso de espaçamentos menores facilita as operações mecanizadas, reduzindo os ajustes na semeadora em áreas com rotação com soja e feijão, limita o desenvolvimento das plantas daninhas por cobrir o solo de forma eficiente principalmente quando aliado ao sistema de plantio direto que fornece uma cobertura eficiente do solo.

Alguns estudos avaliando diferentes espaçamentos em sistema de plantio direto vêm defendendo que a redução do espaçamento entre linhas que é um dos fatores decisivos na produtividade. Tanto Demétrio et. al. (2008) quanto Guareschi et. al. (2008) observaram que a produção milho foi influenciada positivamente assim como sua distribuição espacial, apenas com a redução do espaçamento de 0,90 para 0,45 m entre linhas, plantas de milho, melhorando a captação de energia solar, e assim proporcionando aumento na produtividade (LIMA et. al., 2016). Já Argenta et. al. (2001) relataram que menores espaçamentos restringem a competição elevada entre as plantas de milho dentro de uma mesma linha de plantio.

2.5 Manejo do solo

As áreas cultivadas quando mal manejadas são susceptíveis a degradação como desertificação, salinização, processos erosivos e etc.; promovidos por práticas culturais equivocadas ou com manejo o incorreto, estima-se que entre 30% e 50% das terras aráveis no

mundo sejam afetadas de forma significativa pela erosão, atingindo diretamente a capacidade do solo do meio rural, assim como os biosistemas aquáticos e sua dinâmica de sedimentos em rios e lagos, ciclagem do carbono, biodiversidade e os serviços ambientais (EGGERMONT; VERSCHUREN, 2003).

No Brasil, a principal forma de perdas de solo ocorrente é a hídrica, tendo como principal fator determinante a água da chuva, (VIANA et al., 2010). A erosão hídrica é tida como o tipo de degradação com maior consequência sobre a capacidade funcional dos solos brasileiros sendo responsável pelo esgotamento acelerado das terras agrícolas, promovendo a erosão de áreas agricultáveis e desertificação, assim como prejuízos ambientais e sociais. Estes danos facilitados por práticas de manejo desapropriado (CARVALHO et al., 2004).

Mesmo o semiárido nordestino sendo caracterizado por períodos de seca, apresentam características que os torna vulneráveis a essa forma de erosão como chuvas concentradas, solos rasos em sua predominância e pouca cobertura vegetal, tornando-os muito sensíveis a perdas mesmo que mínimas da camada superficial do solo, que é considerada a mais fértil. Deve-se também considerar a redução da produtividade que passa a retratar o custo econômico de oportunidade para um melhor uso do meio ambiente, dessa forma como o custo de reparação das externalidades ocasionadas por processos erosivos (RODRIGUES et al., 2005).

Diversas regiões agricultáveis do Brasil encontram-se diante de problemas na produção por conta de erosões hídricas advindas pelo carreamento e lixiviação de sedimentos promovidos do manejo inadequado do solo. O Sistema de Plantio Direto promove a estabilização de agregados no perfil do solo devido à ação da matéria orgânica produzida pelo mático vegetal proveniente da cultura anterior, reduzindo processos erosivos causados pelo excessivo revolvimento do solo pelo uso da enxada rotativa. Além disso melhora a fertilidade do solo, aumento da diversidade de inimigos naturais na área de cultivo, amenização dos picos de temperatura proporcionados pela cobertura do solo pela palhada, entre outros (CASTRO, 2018; SALOMÃO et. al.,2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Características da Área Experimental

O experimento foi conduzido no ano de 2019, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Com localização geográfica em 5°03'37" de Latitude Sul e 37°23'50" de Longitude Oeste, altitude média de 72 metros e declividade entre 0 e 2%. O clima é classificado segundo Köppen, como BSw^h - clima seco, muito quente e com estação chuvosa no verão retardando-se para o outono, temperatura média anual de 27,4°C, precipitação pluvial média anual: de 673,9 mm, umidade relativa do ar de 68,9% no outono (PEREIRA, V. et. al., 2018; MEDEIROS, 2018).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Argissólico de textura franco-arenosa. Na área, a vegetação predominante era a caatinga hiperxerófila em processo de regeneração até o ano de 2010. Em 2011 houve a remoção dessa vegetação e o solo foi manejado com escarificador e grade de discos para a implantação do feijão-caupi em sistema de cultivo convencional, sob irrigação.

Em 2012 o local ficou em pousio e no período de 2013 a 2014 a área foi preparada com grade de discos para o plantio do milho irrigado. Finalizado o cultivo, a área ficou em descanso até setembro de 2016. A partir de 2016 a área foi manejada em sistema de plantio direto, sendo inicialmente utilizadas diferentes plantas de cobertura para posteriormente cultivar o milho como cultura principal até 2018. A seguir, deixou-se a área em repouso até abril de 2019, período que foi sucedido pelo controle da vegetação espontânea, e em sequência realizado o plantio do milho.

3.2 Manejo do solo e adubação

No manejo da vegetação espontânea utilizou-se um triturador de palha horizontal (triton) da marca Jan, modelo 3600, equipado com 84 facas, regulado para trabalhar a uma altura de 5 cm do solo. Nos momentos após a germinação, o controle da vegetação espontânea nas entrelinhas foi praticado sempre que necessário. Para o plantio do milho utilizou-se uma semeadora-adubadora de precisão de arrasto, marca Tatu Marchesan, modelo PST4 flex, pneumática e pantográfica, regulada para distribuir sementes de modo a obter-se um estande final de 50.000 plantas/ha. No momento da semeadura foi realizada a adubação de fundação e 40 dias após o plantio a cobertura, feita a lanço (quadro 2).

Quadro 1. Quantidades de macro e micronutrientes utilizada em função da análise de solo.

Adubação de Fundação			
N 23,75 kg/ha	K 62,5 kg/ha	P 25 kg/ha	Micronutrientes (FTE-12) 30 kg/ha
Adubação de Cobertura			
N 45 kg/ha		k 12,5 kg/ha	

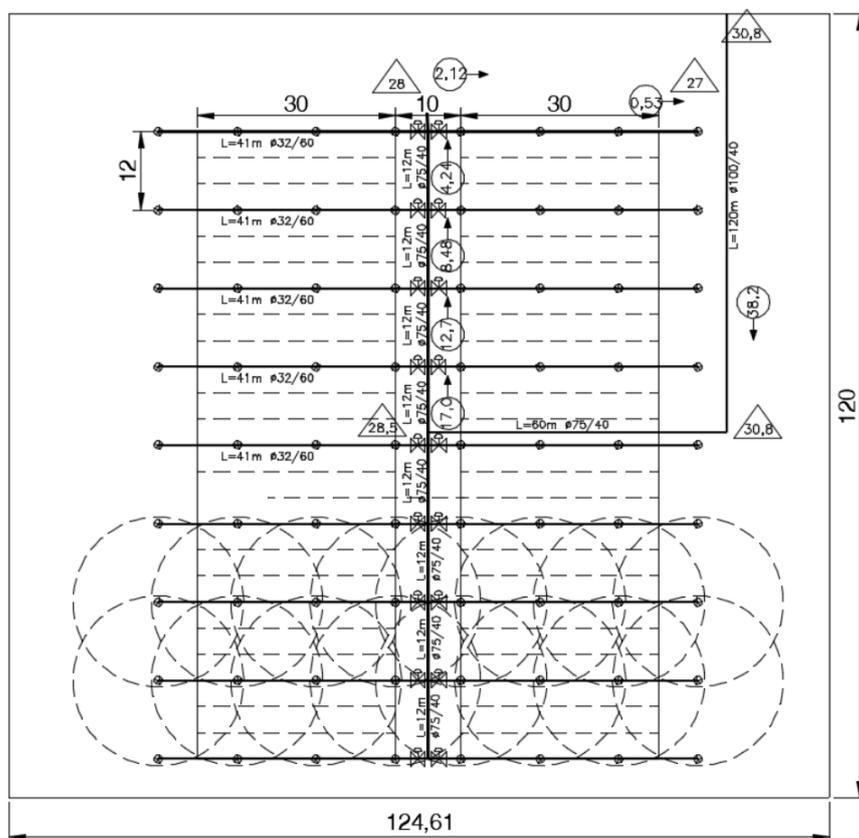
Fonte: Própria.

Nota: N – Nitrogênio; K – potássio; P – fósforo;

3.3 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo aspersão convencional fixa que apresenta pressão de trabalho de 25 metros coluna de água, esse sistema possui um raio com 12 metros de alcance, vazão aproximada de 530 L.h⁻¹ e altura do jato de 2,5 metros (Quadro 2).

Quadro 2. Croqui demonstrativo do sistema de irrigação da área do experimento.



Fonte: Própria.

3.4 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 2, composto por duas variedades de milho (BRS Gorutuba e BRS 2022) e dois espaçamentos entre linhas (0,45m e 0,90m), com sete repetições. Os tratamentos ficaram assim distribuídos: T1 = Gorutuba_45, T2 = Gorutuba_90, T3 = BRS2022_45 e T4 = BRS2022_90. A unidade experimental apresenta 6 metros de largura por 30 metros de comprimento, totalizando uma área útil de 180 m²(quadro1). O tamanho da parcela foi escolhido como uma forma de favorecer a utilização das operações mecanizadas.

Para comparar e interpretar os resultados, os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quadro 3. Croqui da área experimental

LAYOUT DA ÁREA				
PARC.	TRATAMENTO		PARC.	TRATAMENTO
Borda	BRS Gorutuba_45		Borda	BRS 2022_90
14	BRS 2022_45		28	BRS Gorutuba_45
13	BRS 2022_90		27	BRS Gorutuba_90
12	BRS 2022_45		26	BRS 2022_45
11	BRS 2022_90		25	BRS 2022_90
10	BRS Gorutuba_90		24	BRS 2022_90
9	BRS Gorutuba_45		23	BRS 2022_45
8	BRS Gorutuba_90		22	BRS Gorutuba_90
7	BRS Gorutuba_45		21	BRS Gorutuba_45
6	BRS 2022_45		20	BRS Gorutuba_90
5	BRS 2022_90		19	BRS Gorutuba_45
4	BRS Gorutuba_45		18	BRS 2022_90
3	BRS Gorutuba_90		17	BRS 2022_45
2	BRS 2022_90		16	BRS Gorutuba_45
1	BRS 2022_45		15	BRS Gorutuba_90
Borda	BRS Gorutuba_90		Borda	BRS 2022_45
CARREADOR				

Fonte: Própria.

3.5 Características das cultivares utilizadas

Para este experimento, utilizou-se sementes do híbrido BRS 2022 desenvolvido pela EMBRAPA. As sementes pertenciam ao lote 22168 da safra de 2018, com pureza de 96% e porcentagem de germinação mínima de 95%.

Já a cultivar BRS Gorutuba também da EMBRAPA. A safra era de 2018, tendo como características, porcentagem de germinação mínima de 82,5% e pureza de 98%.

A escolha das cultivares utilizadas se basearam em alguns aspectos comuns tanto na variedade quanto ao híbrido, como boa adaptabilidade a condições de clima e temperatura diversificadas e ciclo precoce. A variedade de milho BRS Gorutuba é conhecida por ser superprecoce adequado para regiões onde as chuvas são relativamente bem distribuídas, mas tem período chuvoso curto apresentando bons resultados em cultivos irrigados.

3.6 Variáveis analisadas

3.6.1 Número de plantas e de espigas

Na parcela, a coleta de dados foi realizada nas linhas centrais desprezando uma linha como bordadura de cada lado. Ou seja, desconsideraram-se duas linhas da bordadura, também foi eliminado cinco metros no início e fim de cada unidade experimental. Nesta configuração a área útil para avaliação foi de 20 metros nas linhas centrais, nas quais contou-se o número de plantas e o número de espigas no momento da colheita.

Figura 1. Imagens da coleta de dados para produtividade Fazenda Rafael Fernandes, Mossoró-RN.



Fonte: Própria.

3.6.2 Produtividade do milho

Na determinação da produtividade, o milho foi colhido manualmente na área útil de cada parcela, debulhado em uma trilhadora estacionária acoplada a tomada de potência do trator e os grãos acondicionados em sacos. Posteriormente o material foi pesado e retirou-se uma amostra para a determinação do teor de água dos grãos. A amostra foi seca em estufa até permanecer com peso constante, conforme metodologia proposta por Rodrigues (2010). Para cada amostra, o teor de água obtido da massa de grãos foi corrigido para 13%, o cálculo do teor de água dos grãos foi feito conforme descrito na equação 1:

$$Umidade\ do\ Gr\tilde{a}o = 100 * \frac{Massa\ \acute{U}mida - Massa\ Seca}{Massa\ Seca - Massa\ da\ Lata} \dots\dots\dots eq. 1$$

3.6.3 Análises químicas do solo antes e depois da implantação da cultura

Em um primeiro momento realizou-se análise de solo para a recomendação da adubação necessária para o cultivo da cultura mediante disponibilidade de nutrientes por parte do solo. Após a colheita e já com os dados da produtividade do milho foi feito o agrupamento das parcelas mediante seus índices produtivos que foram divididas em quatro classes partindo das de menor produtividade para as de maior (G1, G2, G3, G4). Estabelecida as classes de produtividade, sendo o G1 a classe de menor produtividade em ordem crescente até a G4 com o maior valor, coletou-se amostras de solo para realizar análise química do solo, permitindo o estabelecimento de correlação com a produtividade obtida e uma explicação do ponto de vista nutricional.

As coletadas de amostras de solos utilizadas para a adubação foram retiradas das respectivas camadas: 0,00-0,10;0,10-0,20;0,20-0,30 e 0,30-0,40 metros. Foram coletadas 20 amostras simples distribuídas aleatoriamente na área. A mistura dessas 20 amostras que formou uma única amostra composta que foi a base para a caracterização das variáveis químicas, utilizadas para o cálculo do adubo necessário na área. Já as amostras com as quais se fez a correlação com a produtividade obtida foram retiradas de duas camadas: 0,00-0,15 e 0,15-0,30 metros, sendo coletadas três amostras por parcela uma em cada camada totalizando seis amostras simples e para formar duas amostras compostas por bloco estudado.

Posteriormente secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Foram retiradas amostras menores para realização das

análises no laboratório em triplicata segundo metodologia disponibilizada pela EMBRAPA (2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da análise de variância (tabela 1) verificou-se efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade quando se analisou isoladamente as cultivares, para as variáveis número de plantas por hectare, número de espigas por hectare e produtividade. Com relação ao fator espaçamento, foi verificado efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis plantas por hectare e espigas por hectare. Já a produtividade não diferiu estatisticamente entre si na comparação entre os dois espaçamentos, apresentando diferenças significativas para o fator cultivar.

Quando se realizou a análise da interação dos fatores cultivar x espaçamento, não foi verificado efeito significativo para nenhuma das variáveis analisadas.

Ao analisar os resultados oriundos do teste de médias, verificou-se que a cultivar BRS 2022 apresentou valores superiores a cultivar Gorutuba para todas as variáveis analisadas.

Com relação aos testes realizados comparando os dois espaçamentos, verificou-se que o espaçamento de 45cm apresentou maior quantidade de plantas por hectare quando comparado ao espaçamento de 90cm. Esta foi a única variável que apresentou diferença estatística, já que para a quantidade de espigas por hectare e produtividade, o espaçamento de 45cm, apesar de apresentar valores superiores, estes não foram suficientes para que fossem considerados estatisticamente significantes.

O fato de os espaçamentos testados neste estudo não influenciarem significativamente a produtividade das cultivares analisadas não corrobora com os resultados obtidos por Merotto et al. (1997) que verificaram incremento na produtividade de grãos, e número de espigas em função da manipulação dos espaçamentos e ainda enfocaram que o uso de altas populações de plantas demonstrou-se viável para aumentar a produtividade de grãos de milho. Já Pereira Filho, et al.(2013) fizeram uma análise das variações de espaçamento em milho e suas influências na produtividade e encontraram evolução do arranjo de plantas, por meio da redução do espaçamento. Ou seja, normalmente, a manipulação deste fator costuma trazer efeitos significativos nos índices de produtividade de milho, o que não ocorreu neste trabalho.

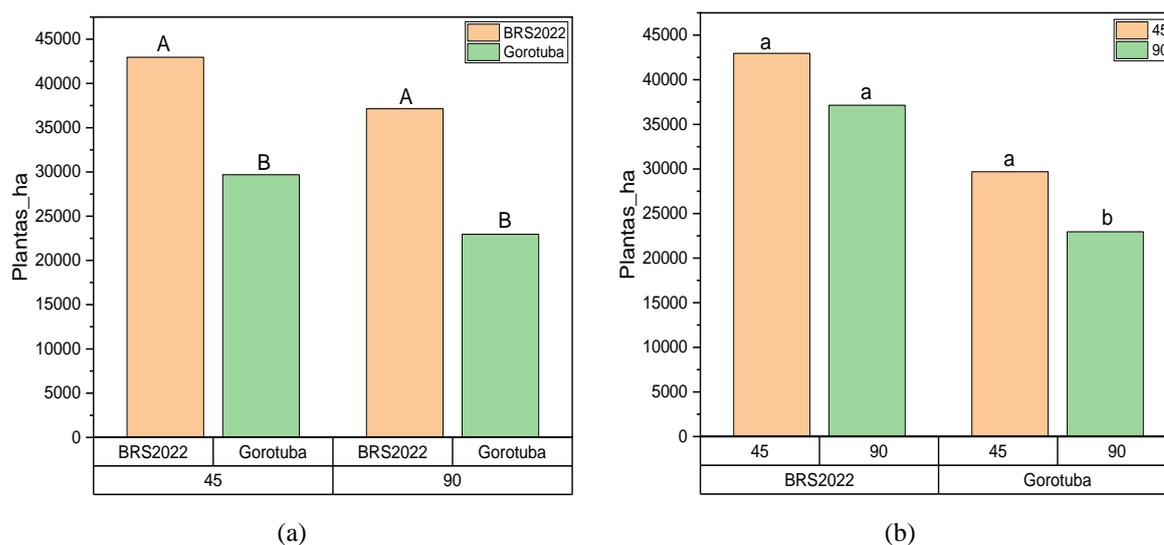
Tabela 1. Análise de variância e teste de médias para o número de plantas e de espigas por hectare e produtividade (kg/ha)

	Plantas/ha	Espigas/ha	Produtividade (Kg/ha)
Cultivar (C)			
BRS 2022	40,053 a	41,085 a	2.992,3 a
BRS Gorutuba	26,323 b	27,474 b	1.979,4 b
Espaçamento (E)			
45cm	36,323 a	37,672 a	2.562,4 a
90 cm	30,053 b	30,886 a	2.409,3 a
Teste F			
C	38,33**	29,97**	16,25**
E	7,99*	7,45*	0,37 ^{ns}
C x E	0,04 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,27 ^{ns}
DMS (5%)	4,65	5,22	527,8
Média Geral	33,18	34,27	2.485,8
CV (%)	17,68	19,19	26,74

^{ns}não significativo; *significativo a 0,05; **significativo a 0,01; DMS – diferença mínima significativa; CV – coeficiente de variação

A figura 2 mostra o desdobramento do variável número de plantas por hectare em função do espaçamento entre linhas Figura 2a e da cultivar 2. Para os dois espaçamentos avaliados o número de plantas por hectare para a cultivar BRS2022 apresenta população final significativamente maior que o BRS Gorutuba. Quando se avaliou o desdobramento do número de plantas por hectare em função do fator cultivar observa-se que apenas para a cultivar BRS Gorutuba o espaçamento entre linhas de 45 cm obteve uma população significativamente maior quando comparado com o espaçamento entre linhas de 90 cm para a referida cultivar.

Figura 2. Desdobramento do número de plantas por hectare em função do espaçamento entre linhas e da cultivar.



Fonte: Autoria própria

Verificou-se que a cultivar BRS 2022 apresentou-se superior ao Gorotuba para ambos os espaçamentos avaliados, salienta-se que além do melhor desempenho dessa cultivar, o melhor resultado foi obtido com a utilização do espaçamento de 45cm.

A cultivar BRS Gorotuba teve melhor desempenho também no espaçamento de 45 cm. Nesse caso, para este estudo, valeu a máxima de que, com menor espaçamento, conseguiu-se mais plantas por hectare, sem considerar os demais fatores que podem ter influenciado neste resultado.

É interessante salientar que, a literatura aponta alguns enfoques a respeito da questão do número de plantas de milho impactando sua produtividade, Balbinot Júnior e Fleck (2005) por exemplo, trataram sobre essa questão do ponto de vista estrutural, no que enfocaram que a maior aproximação entre plantas de milho, resultantes de um maior incremento no número de plantas propicia sombreamento mais rápido do solo, diminuindo a radiação incidente neste, o que pode vir a suprimir as plantas daninhas, reduzindo a competição destas com a cultura, propiciando melhor exploração do solo pelo sistema radicular e, conseqüentemente, a maior absorção de água e nutrientes pelo milho. Já o contrário, segundo Silva (2010), Sangoi (2004), ou seja, a redução do número de plantas no stand, além de diminuir numericamente a produção de espigas, simplesmente pelo fator matemático, também pode sofrer influência do ponto de vista fisiológico pelos mesmos motivos já citados anteriormente.

Na tabela 2 estão os dados referentes ao desdobramento dos espaçamentos entre linhas e das variedades para a variável número de espigas por hectare. Verificou-se que para o

espaçamento de 45 e 90 cm, a variedade BRS 2022 apresentou maior número de espigas quando comparada com a Gorutuba.

Neste estudo, verificou-se que um maior número de plantas permitiu a obtenção de um maior número de espigas, levando a entender que ambos os espaçamentos utilizados permitiram uma boa interceptação luminosa e satisfatória eficiência da transformação da radiação fotossinteticamente ativa.

A realidade encontrada neste estudo, concorda com o apontado por Vieira e Artunes (2018) e Ferreira, Junior (2018), que encontraram maior produtividade de grãos para 45cm, defendendo que neste espaçamento, se tem uma menor competição da cultura principal com plantas daninhas, o que pode ser explicado pela menor penetração de luz no dossel e diminuição de competição intraespecífica por recursos naturais sob altas populações de plantas resultando em melhor índice de produção.

Esse resultado difere do encontrado por Sangoi (2001) e Ferreira, Junior (2018). Ambos os trabalhos mostraram que houve influência negativa do adensamento de plantas nos fatores de produtividade, tendo esse resultado sido mais significativo no milho quando comparado a outras gramíneas. Segundo os autores esses resultados podem ter sido devido a características fisiológicas, morfológicas, anatômicas da planta.

Essa divergência de resultados, pode se justificar em função da maior incidência de radiação luminosa sobre as plantas na localidade de realização do experimento, ou seja, em Mossoró-RN, que ao se comparar a outras regiões onde se realizaram os estudos semelhantes a este, possuem menor incidência de radiação, como é o caso do estado de Minas Gerais, que é em média 5,5 Kwh/m² (Kilowatts/hora por metro quadrado) onde Ferreira, Junior (2018) conduziram seus experimentos, enquanto que aqui na região esses valores estão entre 5,9 a 6,5Kwh/m² (MARINHO, 2008).

Tabela 2. Valores médios para a variável número de espigas por hectare em função do desdobramento dos fatores espaçamento versus cultivares

Espaçamento (cm)	Espigas/há		
	BRS2022	BRS Gorutuba	Média
45	44656,1 Aa	30687,7 Ba	37671,9 a
90	37513,1 Aa	24259,3 Ba	30886,2 b
Médias	41084,5 A	27473,5B	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Com relação a produtividade das variedades, verificou-se, de acordo com os dados da tabela 3 do teste de médias representativo do desdobramento dos fatores que para o

espaçamento de 45 e 90 cm, a variedade BRS 2022 apresentou melhor produtividade quando comparada a Gorutuba.

Como já demonstrado anteriormente, na figura 2, esse resultado superior em produtividade, obtido pela cultivar BRS2022, se deveu ao fato de esta ter apresentado um maior número de plantas do que a Gorutuba, ou seja, o desempenho da variável produtividade se deveu ao aumento no número de plantas.

O BRS 2022 produziu mais espigas do que o Gorutuba, no qual viu-se que um aumento de 52,2% do estande de plantas na BRS2022 resultou em praticamente o mesmo valor de incremento no número de espigas obtidas nesta cultivar.

Já quando a análise foi feita da mesma variedade em espaçamentos diferentes, não se verificou diferença significativa nem para a BRS 2022 nem para a Gorutuba para a produtividade (tabela 3).

Tabela 3. Valores médios para a variável produtividade (kg/ha) em função do desdobramento dos fatores espaçamento *versus* cultivares

Espaçamento (cm)	Produtividade (kg/ha)		
	BRS2022	BRS Gorutuba	Média
45	3003,1 Aa	2121,6 Ba	2562,4 a
90	2981,3 Aa	1837,1 Ba	2409,2 a
Médias	2992,2 A	1979,3 B	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na tabela 4 são apresentados os dados referentes à análise de variância das variáveis produtividade por planta e espigas por planta. Neste caso, verificou-se que não houve efeito significativo para os fatores testados isoladamente, bem como para a interação entre estes.

Por conseguinte, isso refletiu no teste de médias obtido, no qual é possível ver que os valores obtidos tanto em função das cultivares como dos espaçamentos foram muito semelhantes, com quase nenhum incremento no valor obtido para ambas as variáveis.

Essas variáveis são importantes pois, enquanto a análise por hectare considera o conjunto de plantas, aqui, a análise se propõe a ver como cada planta se comporta unitariamente com relação à manipulação do espaçamento ou de que forma cada cultivar se comporta no ambiente de maneira individual.

Na literatura, encontram-se dados referentes aos mesmos espaçamentos adotados nesta pesquisa, porém com resultados destoantes do encontrado aqui, os autores Borghi e Crusciol (2007) verificaram que o espaçamento de 0,90m reduziu significativamente a produtividade de

grãos de milho, enquanto no espaçamento de 0,45m houve diferença significativa positiva para esta variável. Já de acordo com Pereira Filho (2013), Cruz (2011), a densidade de plantio em milho se comporta da seguinte maneira: tem-se a densidade ótima, na qual a produtividade da cultura é máxima, e a partir daí, aumentando-se esse valor, haverá um decréscimo progressivo na produtividade. Entretanto, não apenas a densidade e o arranjo do espaçamento estão envolvidos nesse resultado. Aspectos relacionados à disponibilidade hídrica, nível de fertilidade do solo e cultivar, também afetam as características de produtividade para o milho.

Tabela 4. Análise de variância e teste de médias para produtividade por planta e espigas por plantas.

	Produtividade/planta(g/planta)	Espigas/planta
Cultivar (C)		
BRS 2022	73,52 a	1,03 a
BRS Gorutuba	75,44 a	1,04 a
Espaçamento (E)		
45 cm	70,29 a	1,03 a
90 cm	78,67 a	1,04 a
Teste F		
C	0,14 ^{ns}	0,69 ^{ns}
E	2,67 ^{ns}	0,14 ^{ns}
C x E	0,004 ^{ns}	1,05 ^{ns}
DMS (5%)	10,78	0,03
Média Geral	74,48	1,03
CV (%)	18,23	3,92

^{ns}não significativo; *significativo a 0,05; **significativo a 0,01; DMS – diferença mínima significativa; CV – coeficiente de variação

Ao se analisar os dados do desdobramento dos fatores espaçamento versus cultivar para a variável produtividade por planta (tabela 5), verificou-se que dentro do espaçamento de 45 cm não houve diferença significativa para a BRS 2022 e para a BRS Gorutuba, o mesmo aconteceu para o comportamento das variáveis dentro do espaçamento de 90 cm.

Quando se avalia as cultivares dentro de cada espaçamento entre linhas observa-se que não houve diferenças significativas para a variável produtividade por planta. As duas cultivares apresentaram maiores produtividades por planta para o espaçamento entre linhas de 90 cm.

Já ao se analisar o comportamento da variedade dentro dos dois espaçamentos, verificou-se que a BRS 2022 apresentou maior produtividade por planta quando submetida ao

espaçamento de 90 cm. Com a BRS Gorutuba, aconteceu o mesmo, ou seja, plantas mais produtivas unitariamente no espaçamento de 90 cm.

Essa maior produtividade do BRS 2022 está diretamente relacionada ao fato de que esta teve maior número final de plantas, isso fica mais evidente, ao se analisar os dados no espaçamento de 45 cm, o qual apresentou 42% a mais do que o Gorutuba para número de plantas como reflexo teve um aumento de 41,6 % em sua produtividade quando comparado ao concorrente. Da mesma forma ocorreu no espaçamento de 90cm no qual o BRS 2022 teve 60,8% a mais no estande de plantas se comparado ao Gorutuba resultando numa superioridade de 62,3% na produtividade. A maior produtividade do BRS 2022 logo, pode ser justificada pelo maior número de plantas produtivas.

Desta forma, verifica-se que um menor número de plantas aliado a um maior espaçamento entre elas proporcionou um maior desenvolvimento da planta, característica do milho. Com relação a essa possibilidade, autores como Demétrio et. al. (2008) sugerem que o incremento na densidade populacional em milho, aumenta a altura de plantas e da inserção da primeira espiga, mas reduzem o número de grãos obtidos, já, maiores espaçamentos, promovem espigas maiores, com maior número de grãos.

Este resultado difere do encontrado na produtividade global por hectare, no qual, neste mesmo estudo, verificou-se que o espaçamento menor gerou maior produtividade por hectare, enquanto ao analisar o balanço desta variável planta a planta, nota-se que plantas cultivadas sob condições de espaçamento maior, apresentou melhor desempenho individual.

Esse resultado corrobora com o apontamento feito por Mattoso et al. (2006), no qual estes autores afirmam que a cultura do milho é tradicionalmente implantada no Brasil com espaçamentos entre linhas de 80 e 90 cm, o que possibilita adequado funcionamento dos equipamentos tradicionais à semeadura, tratos culturais e colheita.

Para Dourado Neto et. al. (2003) a discussão dos fatores como espaçamento e número de plantas por metro em milho, refere-se especialmente à fatores ligados a adaptação da cultura ao ambiente. Para estes autores, a manipulação desses fatores é uma forma de maximizar a produção de grãos pela otimização do uso de fatores de produção, como: água, luz e nutrientes disponíveis num agro ecossistema.

Tabela 5. Valores médios para a variável produtividade por planta (kg) em função do desdobramento dos fatores espaçamento versus cultivares

Espaçamento (cm)	Produtividade (g/planta)		
	BRS2022	BRS Gorutuba	Média
45	69,17 Ab	71,41 Ab	70,29 b
90	77,87 Aa	79,48 Aa	78,67 a
Médias	73,52 A	75,44 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na tabela 6 observamos o resultado da produção de espigas por planta demonstrada pelo desdobramento dos fatores cultivar x espaçamento. Basicamente, pode-se afirmar, que independente da direção em que se analisa a tabela abaixo, as plantas de milho cultivadas neste experimento produziram em média uma espiga por planta, não havendo diferença significativa entre si para nenhuma das variáveis analisadas.

De acordo com a EMBRAPA (2019) uma planta de milho teria potencial para produzir várias espigas, porém apenas uma ou duas espigas conseguem completar o crescimento (as que têm caráter prolífico ou condições de fecundar), as demais são abortadas.

Na cultura do milho, a produtividade é o resultado da combinação de três componentes do rendimento: número de espigas por unidade de área, número de grãos por espiga e peso do grão. O número de espigas por área é determinado pela população final de plantas, enquanto o número de grãos é o resultado do número e do comprimento das fileiras e o peso é diretamente relacionado com a produção de fotoassimilados e a eficiência do enchimento dos grãos.

Tabela 6. Valores médios para a variável espigas por planta em função do desdobramento dos fatores espaçamento versus cultivares

Espaçamento (cm)	Espigas por planta		
	BRS2022	BRS Gorutuba	Média
45	1,03 Aa	1,03 Aa	1,03 a
90	1,02 Aa	1,05 Aa	1,03 a
Médias	1,03 A	1,04 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

4.1 Macronutrientes

Neste estudo, realizou-se uma amostragem do solo no qual o experimento foi implantado, para correlacionar os resultados destas análises com os grupos de produtividade aqui obtidos.

Esta análise foi feita para se ter uma melhor compreensão dos resultados demonstrados até aqui, bem como também para possibilitar a visualização do que poderia estar ocasionando diferenças de produtividade dentro de uma mesma cultivar e se isso teria relação com alguma mancha de solo, ou deficiências, ou ainda a interferências externas ao experimento.

Inicialmente, serão discutidos os resultados obtidos para os macronutrientes. Os dados da análise de variância desses elementos encontram-se descritos na tabela 7. De acordo com esta tabela, verifica-se que não houve diferença significativa para a interação entre os fatores tratamentos x camadas de solo para nenhum dos macronutrientes analisados, bem como para a condutividade elétrica e para o pH. Da mesma forma, não foi possível detectar diferenças significativas quando se analisou o fator camada de solo isoladamente.

Analisando os tratamentos isoladamente, verificou-se efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para os itens pH e condutividade elétrica. Os demais elementos analisados não apresentaram significância.

Tabela 7. Resumo do quadro de análise de variância das variáveis químicas de fertilidade do solo pós-colheita.

		Variáveis								
FV	pH	CE	N	MO	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	(H+Al)
		dS/m	mg/kg ¹	g/kg ¹	mg/dm ³	cmol _c /kg ¹	cmol _c /k ¹	cmol _c /kg ¹	cmol _c /kg ¹	cmol _c /kg ¹
TRAT.	19,593 ^{**}	3,131 ^{**}	0,186 ^{ns}	2,466 ^{ns}	5,255 ^{ns}	1,892 ^{ns}	2,625 ^{ns}	1,126 ^{ns}	3,036 ^{ns}	4,033 ^{ns}
CAMADA	1,906 ^{ns}	0,724 ^{ns}	0,945 ^{ns}	2,537 ^{ns}	5,078 ^{ns}	1,142 ^{ns}	0,220 ^{ns}	3,273 ^{ns}	0,877 ^{ns}	0,598 ^{ns}
TRAT. * CAM	2,746 ^{ns}	2,695 ^{ns}	1,750 ^{ns}	2,636 ^{ns}	2,054 ^{ns}	2,375 ^{ns}	3,178 ^{ns}	1,966 ^{ns}	0,752 ^{ns}	1,534 ^{ns}
REPETIÇÃO	2,956 ^{ns}	0,389 ^{ns}	0,920 ^{ns}	0,975 ^{ns}	2,388 ^{ns}	2,126 ^{ns}	5,113 ^{ns}	0,167 ^{ns}	0,341 ^{ns}	0,131 ^{ns}
CV (%) =	1,92	43,31	31,61	6,57	37,26	11,09	13,07	43,74	17,68	9,78

Nota: ^{**} e ^{*} Significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F; FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; pH – potencial hidrogeniônico; CE – Condutividade elétrica; MO – matéria orgânica; P – fósforo; K⁺ – potássio; Na⁺ – sódio; Ca²⁺ – cálcio; Mg²⁺ – magnésio; H+Al – acidez potencial e CV – coeficiente de variação.

Observando os valores médios para as variáveis químicas analisadas (Tabela 8), pode-se verificar que os valores de pH variaram próximos a neutralidade (7,0 a 7,6), não oferecendo riscos de acidez do solo, constatando na acidez potencial (H+Al) que variou de 1,64 a 2,04 cmolc/dm³, valor considerado baixo conforme Ribeiro et al. (1999). A região semiárida apresenta particularidades quanto à origem dos seus solos, sendo influenciada principalmente pelo padrão climático que se caracteriza por poucas chuvas e altas temperaturas, o que reduz o intemperismo químico, formando solos jovens (LOPES et. al., 2019). Fatores como pH e água de irrigação também podem ser responsáveis por estes resultados.

Mesmo em solos mais intemperizados, como os Latossolos, onde se é esperada maior acidez, as quantidades de chuvas são insuficientes para que ocorra a lixiviação das bases, mantendo solos férteis, além de serem influenciados também pelo material de origem com rochas básicas ou calcárias (SANTOS, J. et.al., 2018).

No presente estudo, nas condições edafoclimáticas do semiárido potiguar, os valores dos nutrientes encontrados nas camadas de 0,0-0,15 e 0,15-0,30m diferiram, basicamente, para os teores de matéria orgânica (MO) nas camadas de 0,0-0,15 m, no qual, para o grupo G1, pode ter ocorrido a translocação para camadas inferiores, fator que pode ser atribuído ao material de composição mais arenosa ou mancha de solo.

Desta forma, pode-se inferir que provavelmente ocorreu uma maior degradação da MO nas camadas superficiais deste grupo onde se concentrou os tratamentos da variedade Gorutuba (0,90 m) que além de menor porte, se comparado ao BRS2022, apresentava menor sombreamento, fato que pode ter aumentado a sua exposição ao sol, e conseqüentemente a sua degradação.

Os teores de P apresentaram-se maiores nas camadas de 0,0-0,15m para o grupo G3 que, por ter um desenvolvimento vegetativo maior e menor espaçamento, pode ter suprimido as ervas daninhas e assim disponibilizado maior quantidade de nutrientes no solo. Segundo Santos et al. (2008), a realocação de fósforo em diversas formas, quando da adubação, também ocorre em solos cultivados sob sistema plantio direto.

A formação de uma camada na superfície do solo com alta disponibilidade de nutrientes, principalmente de fósforo, é resultado do aumento da fertilidade na camada superficial do solo em decorrência do aumento progressivo da disponibilidade nutricional proporcionado pela da degradação da matéria orgânica presente nessa camada, aliada a ausência de revolvimento e proporcionando melhora na agregação e diminuição na taxa de erosão do solo.

A condutividade elétrica (CE) e de sódio (Na²⁺) no solo foram baixos, demonstrando que este não apresenta nenhuma restrição quanto à salinidade e sodificação. Brito et. al., (2017)

encontrou relação direta entre teores de sódio (Na^{2+}) e o material de origem dos solos da região semiárida com base calcária, que explica os teores encontrados.

Tabela 8. Valores médios da análise química do solo pós-colheita.

Cam (cm)	GRUP.	Variáveis									
		$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	CE	N	MO	P	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	(H+Al)
			dS/m	mg/kg^{-1}	g/kg^{-1}	mg/dm^{-3}	cmolc/kg^{-1}	cmolc/kg^{-1}	cmolc/kg^{-1}	cmolc/kg^{-1}	cmolc/kg^{-1}
0,0- 0,15	G1	7,63c	0,16a	0,32a	33,25a	0,05a	2,88a	2,78ab	2,41a	5,18a	1,99b
	G2	7,41b	0,16a	0,35a	37,15ab	0,09ab	4,08b	2,80ab	2,64a	4,84a	1,96b
	G3	7,23ab	0,09a	0,34a	38,40b	0,12b	4,05b	2,53a	2,50a	4,68a	1,86ab
	G4	7,13a	0,12ab	0,40a	35,80ab	0,06a	4,08b	3,30b	2,20a	4,55a	1,69a
0,15- 0,30	G1	7,55c	0,17a	0,36a	37,90a	0,05a	3,15a	3,28a	2,49a	5,50b	1,94ab
	G2	7,48bc	0,1a	0,31a	35,20a	0,04a	3,7ab	3,08a	2,27a	4,50ab	2,04b
	G3	7,23ab	0,1a	0,36a	38,95a	0,07a	4,08b	2,60a	3,55a	4,51ab	1,96ab
	G4	7,00a	0,23b	0,23a	38,00a	0,07a	4,30b	2,70a	4,60a	3,65a	1,65a

Nota: ** e * Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; MO; – matéria orgânica; P – fósforo; K^+ – potássio; Na^+ – sódio; Ca^{2+} – cálcio; Mg^{2+} – magnésio; H+Al – acidez potencial e CV – coeficiente de variação.

4.2 Micronutrientes

Os teores de micronutrientes do solo correspondentes ao cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn) não apresentam diferença estatisticamente significativa, fator que pode ser atribuído a maior disponibilidade de resíduos vegetais, decorrente da adoção de sistemas de plantio direto, responsáveis pela manutenção da matéria orgânica do solo (Tabela 9).

A concentração de matéria orgânica foi fundamental para a expressão da tendência de menor valor de pH. Sabe-se que em condição de pH mais alcalino, a concentração de micronutrientes catiônicos na solução do solo é reduzida devido a formação de compostos de baixa solubilidade. Esses dados foram compatíveis com os encontrados por Pegoraro et. al., (2006), que aponta que essa redução de micronutrientes influenciam diretamente no decréscimo do seu fluxo difusivo e na incidência de resíduos vegetais do solo, o que acaba resultado na diminuição da biodisponibilidade desses nutrientes para a cultura do milho.

Ao se avaliar as características químicas quanto ao pH e a acidez potencial (H + Al) do solo deste experimento através de sua análise realizada após a colheita, verificou-se que, mesmo havendo variação de solos, com maior ênfase de regiões com características de latossolo enquanto outras áreas haviam maiores teores de areia, não houve diferença significativa entre

os solos/parcela, para nenhuma das profundidades analisadas, mostrando que para as condições na qual o experimento foi conduzido, as variações tanto do pH quanto da acidez não foram responsáveis pelos resultados encontrados neste estudo.

Isso denota uma particularidade dos solos do semiárido brasileiro que, em sua maioria, se caracterizam por serem jovens, pouco desenvolvidos e com baixos níveis de acidez, refletindo em pH mais alcalino. Aliado a ideia defendida por Mota et. al. (2007) que ao estudar a chapada do Apodi caracterizou solos da região como jovens apesar de apresentarem uma mineralogia de solo já bem evoluídos.

Assim como Melo et al. (2003), que ao estudar a mineralogia de solos correlacionou minerais encontrados na região da chapada do Apodi, aos comumente encontrado em solos mais jovens, apontou que as características destes são influenciadas pelo clima da região, predomínio de altas temperaturas, umidade elevada e boa drenagem do solo promovendo o intemperismo do material de origem.

A condutividade elétrica (CE) apresentou significância de forma isolada para a variável tratamento podendo estar relacionado a um ambiente com elevada taxa de evapotranspiração e pouca pluviosidade e/ou relação com o fornecimento de água por meio da irrigação (tabela 9).

A matéria orgânica (MO), cálcio (Ca^{2+}), potássio (K^+) e magnésio (Mg^{2+}) também não apresentaram significância. Resultados semelhantes aos deste estudo, foram encontrados por Pedrotti et al. (2015), que em seu trabalho com variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos observaram que o sistema de plantio direto favoreceu maiores teores de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo, enquanto que em áreas de cultivo convencional e cultivo mínimo foram observadas redução nos teores dos nutrientes em questão.

Os valores de nitrogênio (N) e fósforo (P) não apresentaram diferenças significativas, estes nutrientes foram consumidos de forma similar entre as cultivares mesmo com espaçamentos entre linhas distintos, bem como população final de plantas também distintas. Sugere-se que a matéria orgânica no solo possa ter contribuído com a disponibilidade destes elementos para uma eventual demanda de nitrogênio/fosforo que possa ter surgido. É importante destacar que as áreas, em estudo, foram analisadas antes do cultivo, a fim da obtenção dos parâmetros químicos para o cálculo de adubação requerida pela cultura, nas proporções adequadas para uma produtividade otimizada.

Tabela 9. Resumo do quadro de análise de variância dos micronutrientes do solo.

FV	Variáveis			
	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/dm ⁻³	mg/dm ⁻³	mg/dm ⁻³	mg/dm ⁻³
TRAT.	0,574 ^{ns}	2,219 ^{ns}	2,925 ^{ns}	0,743 ^{ns}
CAMADA	2,303 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,052 ^{ns}	0,002 ^{ns}
TRAT.*CAMADA	1,183 ^{ns}	0,788 ^{ns}	5,193 ^{**}	0,577 ^{ns}
REPETIÇÃO	0,962 ^{ns}	0,256 ^{ns}	10,592 ^{**}	8,695 ^{**}
CV (%) =	135,280	25,730	29,50	49,53

Nota: ** e * Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; Cu – Cobre; Mn – Manganês; Fe – Ferro; Zn – Zinco e CV – coeficiente de variação.

Com relação aos micronutrientes do solo distintos a cada grupo, não foi constatada diferença significativa para as duas camadas avaliadas (Tabela 10).

A disponibilidade dos micronutrientes é influenciada pelo pH do solo, sendo favorecida com sua acidificação. Em solos com valores de pH elevados, como encontrados nesse estudo, ocorre diminuição da solubilização e da absorção de Cobre (Cu), Zinco (Zn), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) segundo Galindo et. al., (2017). Brito et. al., (2017), em estudos na região semiárida do nordeste brasileiro, observou resultados semelhante em solos com reação alcalina, o que limita a disponibilidade dos micronutrientes catiônicos.

Tabela 10. Comparativo dos valores médios dos micronutrientes do solo pós-colheita.

Camada (cm)	TRAT.	Variáveis			
		Cu	Fe	Mn	Zn
		mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³
0,0-0,15	G1	0,051a	1,300a	0,885a	0,337a
	G2	0,025a	1,551a	0,806a	0,233a
	G3	0,037a	1,791a	0,622a	0,192a
	G4	0,037a	1,745a	0,662a	0,197a
0,15-0,30	G1	0,022a	1,315a	0,710a	0,243a
	G2	0,138a	1,789a	0,516a	0,260a
	G3	0,054a	1,843a	0,638a	0,231a
	G4	0,099a	1,372a	1,182b	0,233a

Nota: prof. – camada; Cu – Cobre; Mn – Manganês; Fe – Ferro; Zn – Zinco e CV – coeficiente de variação.

5 CONCLUSÕES

O híbrido BRS 2022 apresentou melhores resultados para número de plantas e espigas, no entanto a redução do número de plantas no estande final do BRS Gorutuba foi decisiva para sua menor produtividade. Ambos mostraram melhores resultados no espaçamento de 45 cm.

Com relação a análise dos macronutrientes ou micronutrientes do solo onde o experimento foi conduzido não foi possível detectar relação destas com as produtividades encontradas, demonstrando que estes não foram responsáveis pelas diferenças de produtividade encontradas entre as cultivares.

6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. F. de. Desempenho agrônomo e eficiência de utilização de fósforo por cultivares de milho, Mossoró: UFERSA, 2018. 96 p. Tese (Doutorado)
- AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A.; DE CARVALHO, E. V.; PELUZIO, J. M.; FARIA, L. A. Avaliação de genótipos de milho: adaptabilidade, estabilidade e estratificação ambiental. *Revista Sítio Novo*, v.4, n.2, p.81-92, 2020.
- AMORIM, A. D.; ALVES, A. J. D. A., ARCANJO A. J. M., RIBEIRO R. P. R., DANTAS DE MEDEIROS, R., FINOTO, E. L., SANTOS DE MENEZES, P. H. Caracterização de plantas daninhas em área rotacionada de milho e feijão-caupi em plantio direto. *Scientia Agropecuária*, v.9, n.1, p.7-15, 2018.
- ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F., ANDRIOLI, F. F.; COUTINHO, E. L. M. Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1691-1698, 2008.
- ARGENTA, G.; FERREIRA, P. R. S.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da arte. *Ciência Rural*, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.
- BECK, P. Expectativas para Avicultura e Suinocultura são de acomodação de custos, crescimento de produção e de exportações. 2019. Disponível em: <https://avicultura.info/pt-br/expectativas-avicultura-2020-carlos-cogo/>. Acesso em: 07 dez. 2020.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.42, n.2, p.163-171, fev. 2007.
- BRITO, R. F. D.; NETO, M. F.; DIAS, N. D. S.; HOLANDA, J. S. D.; LIRA, R. B. D.; GOMES, J. W. D. S. Morfologia e fertilidade do solo em áreas de produção do semiárido. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 40, p. 525-532, 2017.
- CAMPOS, M. C. C.; SILVA, V. A. da; CAVALCANTE, Í. H. L.; BECKMANN, M. Z. Produtividade e características agrônômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no Estado de Goiás. *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient*, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 77-84, mar. 2010.
- CARVALHO, H. W. L.; GAMA, E. E. G.; PACHECO, C. A. P. BRS Gorutuba: variedade de milho superprecoce. 1º ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. 4 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 104).
- CARVALHO, H. W. L.; SANTOS, M. X.; SILVA, A. A. G.; CARDOSO, M. J.; TABOSA, J. N. Caatingueiro: uma variedade de milho para o semiárido nordestino. Aracaju, SE: EMBRAPA- Tabuleiro Costeiro, 2004. 5p. (Comunicado Técnica, 29).
- CASTRO, C. M., DEVIDE, A. C. P. Plantas de cobertura e manejo de aléias no plantio direto de brócolis. *Revista Cultura Agrônômica*, v.27, n.4, p. 471,2018.
- CECÍLIO FILHO, A. B. Época e densidade de plantio sobre a fenologia e o rendimento da cúrcuma (*Curcuma longa* L.), Lavras, UFL 1996. 100 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia).

- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília, p. 140. 2018. (ISSN 2318-6852).
- CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; FILHO, M. R. de A. Árvore do conhecimento: milho. Milho. 2011. Ageitec. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_49_168200511159.html. Acesso em: 06 out. 2020.
- DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.1691-1697, 2008.
- BALBINOT, J. R. A. A.; FLECK, N.G. Competitividade de dois genótipos de milho (*Zea mays*) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. Planta daninha, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 415-421, Set. 2005 .
- DOURADO NETO, D. D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.2, p.63-77, 2003.
- DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J. Economia da produção. In: CRUZ, J. C. (Ed.). Cultivo do milho. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 1). Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22DUARTE,%20J.%20de%20O.%22> Acesso em: 12 ago. 2020.
- EGGERMONT, H.; VERSCHUREN, D. Impact of soil erosion in disturbed tributary drainages on the benthic invertebrate fauna of *Laka Tanganyika*, East Africa. Biological Conservation, v. 113, p. 99-109, 2003.
- EMBRAPA SOLOS. Manual de métodos de análise de solo. - Documentos (INFOTECA-, 2011.
- EMBRAPA. Pé de milho: número de espigas, número de grãos e peso do grão; conhecimento atrelado à produtividade da lavoura, número de espigas, número de grãos e peso do grão; conhecimento atrelado à produtividade da lavoura. 2019. Disponível em: <https://www.afnews.com.br/noticia.php?id=1074&t=Pe-de-milho-numero-de-espigas-numero-de-graos-e-peso-do-grao-conhecimento-atrelado-a-produtividade-da-lavoura-> Acesso em: 10 out. 2020.
- FAGUNDES, M. O.; REIS, D. A.; PORTELLA, R. B.; PERINA, F. J.; BOGIANI, J. C. Qualidade de um latossolo sob plantio convencional e sistema plantio direto no cerrado baiano, Brasil. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 10, n. 3, p. 281-297, 2019.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: estratégias de manejo para alta produtividade. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2003
- 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 plantio direto orgânico. *Bragantia*, Campinas, v. 75, n. 4, p. 497-506, Fev. 2016
- FEIDEN, A. Conceitos e princípios para o manejo ecológico do solo. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2001. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 140).
- FERREIRA, E. C.; JUNIOR, C. L. S. Avaliação de componentes de milho em diferentes espaçamentos. Fundação Carmelitana Mário Palmério: FUCAMP, p.7, 2018.
- FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; CATUCHI, T. A.; BELLEGGIA, N. A.; TIRITAN, C. S.; BARBOSA, A. M. Cultivares de milho em diferentes populações de plantas com espaçamento reduzido na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.13, n.3, p.312-325, 2014.
- FUMAGALLI, M.; MACHADO, R. A. F.; FIORINI, I. V. A.; PEREIRA, C. S.; PIRES, L. P. M.; PEREIRA, H. D. Desempenho produtivo do milho híbrido simples em função de espaçamentos entre fileiras e populações de plantas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.16, n.3, p.426-439, 2017.
- FURLANI, C. E. A.; JÚNIOR, A. P.; LOPES, A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; CORTEZ, J. W. Desempenho operacional de semeadora-adubadora em diferentes manejos da cobertura e da velocidade. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.2, p.456-462, 2007.
- GALINDO, F. S.; DA SILVA, J. C.; GERLACH, G. A. X.; FERREIRA, M. M. R., DE SOUZA COLOMBO, A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Comparação do calcário líquido com o calcário em pó na fertilidade do solo e nutrição do feijoeiro. *Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agrônômicas*, v. 26, n. 3, p. 265-284, 2017.
- GUARESCHI, R.F.; GAZOLLA, P. R.; SOUCHIE, E. L.; ROCHA. P. R. Adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lanço antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.29, n.4, p.93-98, 2008.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). Sistema de Recuperação Automática – SIDRA, Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>. Acesso em: 25 nov. 2019.
- LIMA, S. F.; ALVAREZ, R. D. C. F.; CONTARDI, L. M. Influência do espaçamento entre linhas em características fitotécnicas e acúmulo de massa seca de híbridos de milho. *Ambiência*, v.12, n.1, p. 1027-1039. 2016.
- LOPES, T. C. S.; PORTELA, J. C.; MELO, S. B.; OLIVEIRA, V. N. S.; GONDIM, J. E. F.; BATISTA, R. O.; CUNHA, M. E. Characterization of physical – chemical and structural soil attributes in these miarid region of the Rio Grande do Norte State, Brazil. *Journal of Agricultural Science*, v. 11, p. 22-33, 2019.
- MACHADO, D. S.; PEREIRA, L. B.; NÖRNBERG, J. L.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; FRASSON, J. J. N. Composição estrutural da planta e bromatológica da silagem de milho semeado com diferentes arranjos populacionais. *Revista Científica de Produção Animal*, v. 20, n. 1, 2018.
- MAPA. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Registro Nacional de cultivares. Brasília, DF, 2019.

- MARINHO, M. L. Influência do fosforo e sesquioxidos livre na absorcao de ⁶⁵Zn por milho em solos tropicais. 2008. 114 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- MATTOSO, M. J.; GARCIA, L. C.; DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C. Aspectos de produção e mercado do milho. Informe Agropecuário, v.27, p.95-104, 2006.
- MEDEIROS, L. J. F. de. Manejo da vegetação de cobertura, quantificação da fitomassa e variabilidade da resistência do solo em plantio direto irrigado no semiárido potiguar. Mossoró: UFERSA, 2018. 26. Tese Doutorado.
- MELO, V. F.; CORRÊA, G. F.; MASCHIO, P. A.; RIBEIRO, A. N.; LIMA, V. C. Importância das espécies minerais no potássio total da fração argila de solos do Triângulo Mineiro. R. Bras. Ci. Solo, n. 27, p. 807-819, 2003.
- MELO, R. F.; de OLIVEIRA, A. R.; SIMOES, W.; SANTOS, M. D. S. Desenvolvimento e produtividade do milho BRS Gorutuba sob diferentes lâminas de irrigação e adubação orgânica. Revista Científica Intelletto, v.3, n.1, p. 1-14, 2018
- MENDES, M. C.; MATCHULA, P. H.; ROSSI, E. S.; OLIVEIRA, B. R.; SILVA, C. A.; SÉKULA, C. R. Adubação nitrogenada em cobertura associada com densidades populacionais de híbridos de milho em espaçamento reduzido. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 12, n. 2, p. 92-101, 2013.
- MEROTTO JUNIOR, A.; ALRNEIDA, M. L. de; FUCHS, O. Aumento do rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. Cienc. Rural, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 549-554, dez. 1997.
- MOTA, J. C. A.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; AMARO FILHO, J.; ROMERO, R. E.; MOTA, F. O. B.; LIBARDI, P. L. Atributos mineralógicos de três solos explorados com a cultura do melão na chapada do Apodi: RN. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, n.3, p. 445-454, Jun. 2007.
- NUNES, M. R.; DENARDIN, J. E.; PAULETTO, E. A.; FAGANELLO, A.; PINTO, L. F. S..Mitigation of clayey soil compaction managed under no-tillage. Soil and Tillage Research, v.148, p.119-126, 2015.
- PACHECO, C. A. P.; PARENTONI, S. N.; GUIMARAES, P. D. O.; GAMA, E.; MEIRELLES, W.; FERREIRA, A. D. S.; GARCIA, J. BRS 2022: híbrido duplo de milho. Embrapa Milho e Sorgo-Comunicado Técnico, p.7,2009.
- PAULA, C. V. A Competitividade do Brasil, dos Estados Unidos da América e da Argentina nas exportações de milho no período 2000-2015, 2017.
- PEDROTTI, A.; DA SILVA, T. O.; ARAÚJO, E. M.; DE ARAÚJO FILHO, R. N.; HOLANDA, F. S. R. Atributos químicos do solo modificados por diferentes sistemas de cultivo associados a culturas antecessoras ao cultivo do milho, nos Tabuleiros Costeiros. Magistra, v. 27, n. 3/4, p. 292-305, 2015.
- PEGORARO, R. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; MENDONÇA, E. S., GEBRIM, F. O. Fluxo difusivo e biodisponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês no solo: influência da

- calagem, textura do solo e resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.30, n.5, p.859-868, 2006.
- PEREIRA FILHO, I.; CRUZ, J.; KARAM, D. Milho: Redução do Espaçamento Entre Linhas, uma Adoção Tecnológica. 1º ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 183p.
- PEREIRA, F. R. V.; CHIODEROLI, C. A.; ALBIERO, D.; DA SILVA, A. O.; NASCIMENTO, S.; RICARDO, P. Desempenho agrônômico da cultura do milho sob diferentes arranjos espaciais no nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI*, v.12, n.5, 2018.
- PEREIRA, L. B.; MACHADO, D. S.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; DA SILVA, V. S.; ARGENTA, F. M.; BORCHATE, D. Características agrônômicas da planta e produtividade da silagem de milho submetido a diferentes arranjos populacionais. *Magistra*, v.29, n.1, p.18-27, 2018.
- PEREIRA, V. R. F.; CHIODEROLI, C. A.; ALBIERO, D.; DA SILVA, A. O.; NASCIMENTO, E. M. S.; SANTOS, P. R. A. Desempenho agrônômico da cultura do milho sob diferentes arranjos espaciais no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 12.5: 2976-2983, 2018.
- PESSOA, S. T. DE C.; H. W. L.; CARDOSO, M. J.; DE OLIVEIRA, I. R.; TABOSA, J. N.; ROCHA, L. M. P. Desempenho de cultivares de milho na região produtora de Frei Paulo, Sergipe. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016.
- REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa-MG, v.32, n.5, p.1.805-1.816, 2008.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.; VENEGAZ, V. 5ª Aproximação-Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Editora UFV, Viçosa, Minas Gerais. 1999.
- RODRIGUES, V. N.; PINHO, R. G. V.; PAGLIS, C. M.; FILHO, J. S. D. S. B.; DE BRITO, A. H. Comparação entre métodos para estimar a produtividade de grãos de milho. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 29, n. 1, p. 34-42, 2005.
- RODRIGUES, R. C. Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos. Embrapa Clima Temperado-Documents, 2010.
- SAITO, L. R.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; SALES, L. L. S. R.; SUCHORONCZECK, A. Formas de mecanização e manejo do solo para a cultura da batata – desenvolvimento vegetativo. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v.34, n.5, p.993-1002, set./out. 2013.
- SALOMÃO, P. E. A.; KRIEBEL, W.; DOS SANTOS, A. A.; MARTINS, A. C. E. A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. *Research, Society and Development*, v.9, n2, p.75-82, 2020.

- SANDINI, I.E.; FANCELLI, A. L. Milho: estratégias de manejo para a região sul. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária. 2000. 209 p.
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: An important issue to maximize grain yield. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159 - 168, jan./fev. 2001.
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Arranjo espacial e plantas e milho: Como otimiza-lo para maximizar o rendimento. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 25, 2004. Anais... Cuiabá: ASBMS, 2004, p.150-159.
- SANTOS, D. R. D.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a Disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.
- SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. Sistema de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018, 590 p.
- SANTOS, J. R.; FREITAS MAIA, A. G.; COSTA, A. F.; GODOY, M. S.; SILVA, R. I. Eficiência de métodos de controles na supressão da *Spodoptera frugiperda* (Smith) na cultura do milho. *Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal*, v. 4, n. 1, p. 7-13, 2018.
- SILVA NETO, A. A.; MELO, T. S.; MAKINO, P. A.; DA LUZ, R. A.; GUIMARÃES, L. J. M.; CECCON, G. Produtividade de variedades de milho safrinha na região de Dourados-MS. In Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso In: SEMINÁRIO NACIONAL [DE] MILHO SAFRINHA, 14., 2010, Cuiabá. Construindo sistemas de produção sustentáveis e rentáveis: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 375-379. 2010.
- SILVA, E. T. DA; ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; SANTOS, E. A.; PEREIRA, F. R. S.; CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, R. G.; FEITOSA, E. M. F.; LIMA M. F. P. Produção da cultura do milho influenciada por diferentes sistemas de manejo do solo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30, 2010 Anais... Recife: SBCS, 2010.
- TIECHER, T. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades do Sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. 1º ed. Porto Alegre: Ufrgs, 2016. 186 p.
- VIANA, M. C. M.; MASCARENHAS, M. H. T.; QUEIROZ, D. S.; MAGALHAES, L. L.; MELIDO, R. C. N., OFUGI, C.; GOMES, R. J. Experiências com o Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, v.31, n.257, p.98-111, 2010.
- VIEIRA, L. H. A.; ARTUNES, R.O. Produção de milho silagem submetido a diferentes espaçamentos entre plantas. 7p. 2018.