

INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

**MILHO EM SEGUNDA SAFRA: ESPAÇAMENTO ENTRE
LINHAS, CONSÓRCIO COM *Urochloa brizantha* E
COINOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* E
*Pseudomonas fluorescens***

Autor: Lucio Rodrigues Nunes
Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Souchie
Coorientador: Dr. Moacir Ribeiro Neto

Rio Verde, GO
Agosto, 2021

INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

**MILHO EM SEGUNDA SAFRA: ESPAÇAMENTO
ENTRELINHAS, CONSÓRCIO COM *Urochloa brizantha* E
COINOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* E
*Pseudomonas fluorescens***

Autor: Lucio Rodrigues Nunes
Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Souchie
Coorientador: Dr. Moacir Ribeiro Neto

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, área de concentração em Produção Vegetal Sustentável do Cerrado.

Rio Verde, GO
Agosto, 2021

INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

**MILHO EM SEGUNDA SAFRA: ESPAÇAMENTO
ENTRELINHAS, CONSÓRCIO COM *Urochloa brizantha* E
COINOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* E
*Pseudomonas fluorescens***

Autor: Lucio Rodrigues Nunes
Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Souchie
Coorientador: Dr. Moacir Ribeiro Neto

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias – Agronomia, Área de concentração em
Produção Vegetal Sustentável do Cerrado.

APROVADO em 25 de agosto de 2021.

Prof. Dr. Gustavo Castoldi
Avaliador interno
IF Goiano – Polo de Inovação
Tecnológica

Prof. Dr. Renato Lara de Assis
Avaliador externo
IF Goiano – Campus Iporá

Prof. Dr. Edson Luiz Souchie
Presidente da banca
IF Goiano – Campus Rio Verde

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

RR696m Rodrigues Nunes, Lucio
MILHO EM SEGUNDA SAFRA: ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS,
CONSÓRCIO COM UROCHLOA BRIZANTHA E COINOCULAÇÃO DE
AZOSPIRILLUM BRASILENSE E PSEUDOMONAS FLUORESCENS /
Lucio Rodrigues Nunes; orientadora Edson Luiz
Souche; co-orientadora Moacir Ribeiro Neto. -- Rio
Verde, 2021.
51 p.

Dissertação (Mestrado em PPGCA-Programa de Pós
Graduação de Ciências Agrárias) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. linhas duplas . 2. milho. 3. biológico. 4.
integração. 5. pastagem. I. Luiz Souche, Edson,
orient. II. Ribeiro Neto, Moacir, co-orient. III.
Título.



INSTITUTO FEDERAL
Goiano

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☒ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☐ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Lucio Rodrigues Nunes

Matrícula: 2019202310140070

Título do Trabalho: MILHO EM SEGUNDA SAFRA: ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS, CONSÓRCIO COM Urochloa brizantha E COINOCULAÇÃO DE Azospirillum brasilense E Pseudomonas fluorescens.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

Nome Completo do Autor: Lucio Rodrigues Nunes

Matrícula: 2019202310140070

Título do Trabalho: MILHO EM SEGUNDA SAFRA: ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS, CONSÓRCIO COM Urochloa brizantha E COINOCULAÇÃO DE Azospirillum brasilense E Pseudomonas fluorescens.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 28/10/2021.
Local Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 75/2021 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA Nº/193 BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e cinco dias do mês de agosto do ano de dois mil e vinte e um, às 08:30h (oito horas e trinta minutos), reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. Edson Luiz Souchie (Orientador), Prof. Dr. Gustavo Castoldi (Avaliador interno) e Prof. Dr. Renato Lara de Assis (Avaliador externo) sob a presidência do(a) primeiro(a), em sessão pública, realizada por vídeo conferência do IF Goiano – Campus Rio Verde, para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, de autoria de **LUCIO RODRIGUES NUNES**, discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora Prof. Dr. Edson Luiz Souchie, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida a (o) autor (a) da Dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o (a) examinado (a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, e procedidas às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA**, na área de concentração Produção Vegetal Sustentável no Cerrado, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGCA-AGRO da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e, ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, eu, Vanilda Maria Campos, secretária do PPGCA-AGRO, lavrei a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em duas vias de igual teor.

Prof. Dr. Edson Luiz Souchie (Presidente)

Prof. Dr. Gustavo Castoldi (Avaliador interno)

Prof. Dr. Renato Lara de Assis (Avaliador externo)

Documento assinado eletronicamente por:

- Renato Lara de Assis, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 25/08/2021 18:47:39.
- Gustavo Castoldi, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 25/08/2021 13:28:48.
- Edson Luiz Souchie, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 25/08/2021 12:10:56.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 24/08/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 302646
Código de Autenticação: 45e7cda947



AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa Lorena Rocha Bernardes Nunes, pelo apoio e incentivo.

Ao meu Coorientador Dr. Moacir Ribeiro Neto, por me abrir as portas ao mestrado.

Ao meu Orientador Edson Luiz Souchie, pelo apoio necessário ao cumprimento das exigências desta pós-graduação.

A toda minha família, por sempre me apoiar.

Ao meu filho Mauricio Nunes da Rocha, a quem eu deixo como legado.

BIOGRAFIA DO ALUNO

Lucio Rodrigues Nunes, filho de Euclides Filho e Conceição Aparecida Rodrigues, nasceu no dia 22 de abril de 1980, na cidade de Rio Verde-GO.

No mês de agosto de 1998, iniciou no curso de Bacharelado em Zootecnia na Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde - GO, finalizando em agosto de 2003. Em agosto de 2005, ingressou no curso de Bacharelado em Agronomia, na mesma Universidade, graduando-se em agosto de 2007.

Em agosto de 2019, iniciou no curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, GO, sob a orientação do Prof. Dr. Edson Luiz Souchie, concluindo em agosto de 2021.

SÚMARIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABELAS	xi
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS	xiii
RESUMO	14
ABSTRACT	16
2. OBJETIVOS.....	25
2.1. Geral.....	25
2.2. Específicos	25
3.3. RESULTADOS.....	33
3.3.1 Experimento 1: Montividiu	33
3.3.2 Experimento 2: Caiapônia.....	37
3.4 DISCUSSÃO.....	40
3.5 CONCLUSÕES	42
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resumo gráfico dos tratamentos do experimento.	31
Figura 2. Dados climáticos mensais de temperatura, umidade e precipitação pluviométrica durante o período do experimento na Fazenda Paraíso, em Montividiu–GO (Fig. 1A) e da Fazenda Bela Vista do Caiapó, em Caiapônia–GO (Fig. 2B).	32

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Características físico-químicas do solo utilizado nos experimentos em Montividiu-GO e Caiapônia-GO (safra 2019/2020).....	30
Tabela 2. Parâmetros de crescimento vegetativo do milho, aos 40 dias após emergência (DAE), cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem consórcio com braquiária e coinoculado com <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> , em Montividiu, GO (safra 2019/2020).	34
Tabela 3. Avaliações do estágio reprodutivo do milho aos 60 DAE, cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem consórcio com braquiária e coinoculado com <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> , em Montividiu, GO (safra 2019/2020).	35
Tabela 4. Parâmetros fitotécnicos do milho avaliados na colheita, aos 150 DAE, cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem consórcio com braquiária e coinoculado com <i>Azospirillum</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> , em Montividiu, GO (safra 2019/2020).	36
Tabela 5. Massa seca de forragem de braquiária avaliada aos 30 dias, após a colheita do milho cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem a coinoculação de <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> , em Montividiu, GO (safra 2019/2020).	36
Tabela 6. Parâmetros fitotécnicos do milho avaliados aos 40 DAE, cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem consórcio com braquiária e coinoculado com <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> , em Caiapônia, GO (safra 2019/2020).	37
Tabela 7. Parâmetros fitotécnicos do milho avaliados aos 60 DAE, cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem consórcio com braquiária e coinoculado com <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> , em Caiapônia, GO (safra 2019/2020).	38
Tabela 8. Parâmetros fitotécnicos do milho avaliados na colheita aos 150 DAE, cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem consórcio com braquiária	

e coinoculado com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*, em Caiapônia, GO (safra 2019/2020). 39

Tabela 9. Massa seca de forragem de braquiária avaliada aos 30 dias, após a colheita de milho cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem a coinoculação de *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*, em Caiapônia, GO (safra 2019/2020). 39

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

P	Fósforo	
N	Nitrogênio	
RPCP	Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal	
LS	Espaçamento linha simples	
LSI	Espaçamento linha simples + Inoculante	
LSB	Espaçamento linha simples + Braquiária	
LSBI	Espaçamento linha simples + Braquiária + Inoculante	
LD	Espaçamento em linha dupla	
LDI	Espaçamento em linha dupla + Inoculante	-
LDB	Espaçamento em linha dupla + Braquiária	-
LDBI	Espaçamento em linha dupla + Braquiária + Inoculante	

RESUMO

NUNES, L. R. **MILHO EM SEGUNDA SAFRA: ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS, CONSÓRCIO COM *Urochloa brizantha* E COINOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* E *Pseudomonas fluorescens***. 2021. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, GO

Estabelecer um consórcio com espaçamento linha simples versus espaçamento linha dupla com ou sem a coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* pode aumentar o rendimento de grãos de milho, reduzir a competição de plantas daninhas e otimizar a interceptação da luz solar pelas folhas da cultura. Com este trabalho, objetivou-se compreender o espaçamento entrelinhas mais indicado e se a braquiária aumenta a produtividade do milho coinoculado com *Azospirillum* e *Pseudomonas fluorescens*. Os experimentos foram conduzidos, em condições de campo, em duas localidades, sob plantio mecanizado direto, sem preparo inicial do solo, em duas áreas com características físico-químicas e topográficas distintas, sendo uma localizada no município de Montividiu-GO e outra no município de Caiapônia-GO, no ano agrícola de 2020. O experimento foi instalado em blocos ao acaso, com 8 tratamentos: espaçamento em linha dupla (LD); espaçamento em linha dupla + inoculante (LDI); espaçamento em linha dupla + braquiária (LDB); espaçamento em linha dupla + braquiária + inoculante (LDBI); espaçamento em linha simples (LS); espaçamento em linha simples + inoculante (LSI); espaçamento em linha simples + braquiária (LSB) e espaçamento em linha simples + braquiária + inoculante (LSBI), com quatro repetições. Foram estabelecidas 32 parcelas de 25 m² (5 linhas contendo 10 m), com espaçamento entrelinhas de 0,5 m, para o tratamento de linha dupla o espaçamento da fileira era de 1m. O inoculante de *Azospirillum brasilense* (2x10⁸ UFC mL⁻¹) e o de *Pseudomonas fluorescens* (1x10⁸ UFC mL⁻¹) foram pulverizados no estágio fenológico denominado V₂. O híbrido de milho utilizado foi o ADV9345Pro3, numa população de 60.000 plantas ha⁻¹. A braquiária utilizada foi a *Urochloa brizantha*, semeada nos tratamentos de linha dupla na linha que falhou o plantio, enquanto nos tratamentos de linha simples foi a lanço, em área total. Aos 40 dias após a emergência (DAE), foram avaliados: teor de clorofila *a* teor de clorofila *b*, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, teor de N da parte aérea e teor de P da parte aérea. Aos 60 DAE, avaliou-se altura de planta, altura de inserção de espiga e espessura do colmo. Na colheita, aos 150 DAE, foram avaliados: produtividade de grãos 13%, teor de N dos grãos, teor de P dos grãos e peso de 1000 grãos. Aos 30 dias após a colheita foi avaliada a massa seca de forragem de braquiária. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott (5%). Nas duas áreas estudadas, não houve diferença na produtividade, teor de N e P dos grãos e teores de clorofila. Houve diferenças de altura de planta, altura de inserção

de espiga e espessura de colmo. Para o peso de 1000 grãos, os tratamentos de linha dupla e linha dupla + braquiária + inoculante possibilitaram maiores médias. A maior produtividade de massa seca de braquiária foi observada nos tratamentos de linha dupla + braquiária + inoculante e linha simples + braquiária + inoculante. Portanto, o manejo do milho através do espaçamento de linha simples + braquiária + inoculante e linha dupla + braquiária + inoculante geraria benefício para os agricultores que, ao adotarem os tratamentos supracitados, ganhariam uma safra de forragem sem perder produtividade do milho.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., Coinoculação, Consórcio.

ABSTRACT

NUNES, L. R. **CORN IN SECOND CROP: SPACING BETWEEN ROWS, CONSORTIUM WITH *Urochloa brizantha* AND COINOCULATION OF *Azospirillum brasilense* AND *Pseudomonas fluorescens***. 2021. Master's Thesis. Postgraduate Program in Agricultural Sciences - Agronomy. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, GO

Establishing a consortium with single-line spacing versus double-line spacing with or without co-inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* can increase corn grain yield, reduce weed competition, and optimize sunlight interception by leaves in crop. This work aimed to understand the most suitable spacing between rows and whether brachiaria increases the corn yield coinoculated with *Azospirillum* and *Pseudomonas fluorescens*. The experiments were carried out under field conditions, in two locations, under mechanized direct planting, without initial soil preparation, in two areas with distinct physicochemical and topographic characteristics, being one located in the municipality of Montividiu-GO and the other in the municipality of Caiapônia-GO, in the 2020 agricultural year. The experiment was installed in randomized blocks, with 8 treatments: double-row spacing (LD); double row spacing + inoculant (LDI); double row spacing + brachiaria (LDB); double row spacing + brachiaria + inoculant (LDBI); single row spacing (LS); single row spacing + inoculant (LSI); single row spacing + brachiaria (LSB) and single row spacing + brachiaria + inoculant (LSBI), with four replications. A total of 32 plots of 25 m² were established (5 rows containing 10 m), with row spacing of 0.5 m, while for the double row treatment the row spacing was 1 m. The inoculant *Azospirillum brasilense* with a concentration of 2×10^8 CFU mL⁻¹ and *Pseudomonas fluorescens* with a concentration of 1×10^8 CFU mL⁻¹ were applied as a spray in the phenological stage called V2. The corn hybrid used was ADV9345Pro3, in a population of 60,000 plants. ha⁻¹. The brachiaria used was *Brachiaria brizantha*, sown in the double row treatments in row that failed to plant, while in the single row treatments it was broadcast, in total area. At 40 days after emergence (DAE), the following were evaluated: chlorophyll a and chlorophyll b content, shoot dry mass, root dry mass, shoot N content and shoot P content. At 60 DAE, plant height, ear insertion height and stem thickness were evaluated. At harvest, at 150 DAE, the following were evaluated: 13% grain yield, grain N content, grain P content and 1000 grain weight. At 30 days after harvest, the dry mass of brachiaria forage was evaluated. The results were submitted to analysis of variance and treatment means were compared by the Scott-Knott test (5%). In the two studied areas, there was no difference in yield, N and P content of grains and chlorophyll content. There were differences in plant height, ear insertion height and stem thickness. For the 1000 grains weight, the treatments of double row and double row + brachiaria + inoculant

had higher average grains. The highest yield of brachiaria dry mass was observed in the double-row + brachiaria + inoculant and single-row + brachiaria + inoculant treatments. Therefore, the management of corn through the spacing of single row + brachiaria + inoculant and double row + brachiaria + inoculant would generate a benefit for farmers, who, by adopting the aforementioned treatments, would gain a forage crop without losing corn productivity.

KEYWORDS: *Zea mays* L., Coinoculation, Consortium.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Quando se trata do tamanho da área cultivada e da produção, os cereais compõem as culturas alimentares mais importantes do mundo. Dentre esses cereais, o milho tem alto valor comercial (Jacobsen et al., 2013). É uma das culturas alimentares básicas mais consumidas no mundo, desde seu uso como alimento até as indústrias de papel e energia, bem como seu uso na alimentação de gado (Arruda et al., 2013). Devido às suas diversas finalidades, sua demanda tem aumentado de forma crescente. Seu valor nutricional e alto teor de carboidratos o tornam uma das culturas alimentares de grande interesse (Tang et al., 2013). No entanto, sua produção é afetada pela disponibilidade de terras, tipo de solo e precipitação pluviométrica. Também é afetada pela lagarta do cartucho, broca do colmo do milho, mancha foliar e doenças da ferrugem das folhas (Steele et al., 2018).

As culturas de cereais, como o milho podem se associar a muitas espécies de bactérias benéficas, geralmente chamadas de rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCP) (Jha et al., 2018; Moridi et al., 2019; Santos et al., 2020; Almeida et al., 2021; Santoyo et al., 2021; Zainab et al., 2021). Algumas dessas rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCP) são *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*, que mostraram capacidades relacionadas à fixação biológica de N₂ (Prasad et al., 2017; Zhang et al., 2018; Di Salvo et al., 2018; Coniglio et al., 2019; Salim et al., 2021) e melhoria para absorção de nutrientes (Hayat et al., 2012; Hasanabadi et al., 2019; Zahir et al., 2019; Sahgal et al., 2020). Em associação com a rizosfera das plantas cultivadas, RPCP produz efeitos benéficos diretos e indiretos no crescimento das plantas (Cassán e Díaz-Zorita, 2016; Kashyap et al., 2017; Gusain et al., 2019; Siyar et al., 2019; Khatoon et al., 2020; Bukhat et al., 2020; Jan et al., 2021). Nesse sentido, algumas cepas de RPCP maximizam a produção de grãos e a biomassa aérea de milho, arroz e trigo (Rubin et al., 2017; Di Benedetto et al., 2017; Lin et al., 2018; Gusain et al., 2019; Zafar-Ul-Hye et al., 2019; Cavite et al., 2021).

O espaçamento entrelinhas é uma estratégia de manejo agrônômico utilizada pelos produtores para otimizar o manejo do solo e do ecossistema vegetal, desde a semeadura até a colheita, a fim de impulsionar a produção das safras (Silva et al., 2017; Schmitz et al., 2021). A densidade de plantas é um dos mais importantes parâmetros do rendimento do milho (Greveniotis et al., 2019). Vários pesquisadores relataram que o efeito do espaçamento entrelinhas no rendimento de massa seca do milho e nas características de qualidade é variável (Sun et al., 2017; Zhai et al., 2017; Batista et al., 2019; Raza et al., 2019).

Desta forma, estabelecer um consórcio com espaçamento estreito entrelinhas versus espaçamento entrelinhas amplo, com a mesma densidade geral de plantas, pode aumentar o

rendimento de grãos de milho, reduzir a competição de plantas daninhas e otimizar a interceptação da luz solar pelas folhas de milho (Ali et al., 2017; Poulsen et al., 2018; Wu et al., 2021). Consequentemente, o uso de espaçamentos estreitos em plantações de milho tem se tornando comum (Dias et al., 2019; Fornah et al., 2020; Haarhoff et al., 2020; Li et al., 2021).

Com este estudo, objetivou-se avaliar o efeito na produtividade de grãos de milho, peso de 1000 grãos, teor de N e P da parte aérea e dos grãos, massa seca da braquiária, com base no uso de diferentes espaçamentos, consórcio com braquiária e coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*.

1.1 REFERÊNCIAS

ALI, Amjed et al. Inter-and Intra-Row and plant spacing impact on maize (*Zea mays* L.) growth and productivity: A review. International Journal of Advanced Science and Research, v. 2, n. 1, p. 10-14, 2017.

ALMEIDA, Jaqueline Raquel et al. *Bacillus* sp. RZ2MS9, a tropical PGPR, colonizes maize endophytically and alters the plant's production of volatile organic compounds both independently and when co-inoculated with *Azospirillum brasilense* Ab-V5. bioRxiv, 2021.

ARRUDA, Letícia et al. Screening of rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in Rio Grande do Sul State (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. Applied soil ecology, v. 63, p. 15-22, 2013.

BATISTA, Vanderson Vieira et al. Row arrangements of maize and soybean intercrop on silage quality and grain yield. Journal of Agricultural Science, v. 11, n. 2, p. 286-300, 2019. BUKHAT, Sherien et al. Communication of plants with microbial world: Exploring the regulatory networks for PGPR mediated defense signaling. Microbiological Research, v. 238, p. 126486, 2020.

CASSÁN, Fabricio; DIAZ-ZORITA, Martín. *Azospirillum* sp. in current agriculture: from the laboratory to the field. Soil Biology and Biochemistry, v. 103, p. 117-130, 2016.

CAVITE, Harry Jay M. et al. Growth and yield response of upland rice to application of plant growth-promoting rhizobacteria. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 40, n. 2, p. 494-508, 2021.

CONIGLIO, Anahí et al. *Azospirillum* as biofertilizer for sustainable agriculture: *Azospirillum brasilense* AZ39 as a model of PGPR and Field traceability. In: *Microbial Probiotics for Agricultural Systems*. Springer, p. 45-70, 2019.

DIAS, Fagner Souto et al. Agronomic responses of maize hybrids to row spacing and plant population in the summer and winter seasons in Brazil. *Agronomy Journal*, v. 111, n. 6, p. 3119-3129, 2019.

DI BENEDETTO, Nilde Antonella et al. The role of plant growth promoting bacteria in improving nitrogen use efficiency for sustainable crop production: a focus on wheat. *AIMS microbiology*, v. 3, n. 3, p. 413, 2017.

DI SALVO, Luciana P. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria inoculation and nitrogen fertilization increase maize (*Zea mays* L.) grain yield and modified rhizosphere microbial communities. *Applied Soil Ecology*, v. 126, p. 113-120, 2018.

DOS SANTOS, Roberta Mendes et al. Use of plant growth-promoting rhizobacteria in maize and sugarcane: Characteristics and applications. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 4, p. 136, 2020.

FORNAH, Alimamy et al. Effect of spacing, planting methods and nitrogen on maize grain yield. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 51, n. 12, p. 1582-1589, 2020.

GREVENIOTIS, Vasileios et al. Field population density effects on field yield and morphological characteristics of maize. *Agriculture*, v. 9, n. 7, p. 160, 2019.

GUSAIN, Yogendra Singh; SHARMA, A. K. PGPRs inoculations enhances the grain yield and grain nutrient content in four cultivars of rice (*Oryza sativa* L.) under field condition. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, v. 8, n. 1, p. 1865-1870, 2019.

HAARHOFF, Stephanus Johannes; SWANEPOEL, Pieter A. Narrow rows and high maize plant population improve water use and grain yield under conservation agriculture. 2020.

HASANABADI, Tahereh et al. Assess Effect of Nitrogen Fertilizer and Phosphorous Biofertilizers (*Azospirillum* and *Pseudomonas*) on Barley Crop Production and Seed Protein Content. Journal of Crop Nutrition Science, v. 5, n. 4, p. 32-41, 2019.

HAYAT, Rifat; AHMED, Iftikhar; SHEIRDIL, Rizwan Ali. An overview of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable agriculture. Crop production for agricultural improvement, p. 557-579, 2012.

JACOBSEN, Sven-Erik et al. Feeding the world: genetically modified crops versus agricultural biodiversity. Agronomy for sustainable development, v. 33, n. 4, p. 651-662, 2013.

JAN, Bushra et al. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Eco-Friendly Approach for Sustainable Agriculture. In: Plant-Microbe Dynamics: Recent Advances for Sustainable Agriculture. CRC Press, 2021. p. 185-200.

JHA, Yachana. Induction of anatomical, enzymatic, and molecular events in maize by PGPR under biotic stress. In: Role of Rhizospheric Microbes in Soil. Springer, Singapore, 2018. p. 125-141.

KASHYAP, Abhijeet S. et al. Role of plant growth-promoting rhizobacteria for improving crop productivity in sustainable agriculture. In: Plant-microbe interactions in agro-ecological perspectives. Springer, Singapore, 2017. p. 673-693.

KHATOON, Zobia et al. Unlocking the potential of plant growth-promoting rhizobacteria on soil health and the sustainability of agricultural systems. Journal of Environmental Management, v. 273, p. 111118, 2020.

LI, Rongfa et al. A otimização do espaçamento entre linhas aumentou a eficiência do uso da radiação e o rendimento do milho. Agronomy Journal. 2021.

LIN, Yaru et al. Influence of plant growth-promoting rhizobacteria on corn growth under different fertility sources. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 49, n. 10, p. 1239-1255, 2018.

MORIDI, Ameneh et al. Influence of PGPR-enriched liquid organic fertilizers on the growth and nutrients uptake of maize under drought condition in calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, v. 42, n. 20, p. 2745-2756, 2019.

POULSEN, Tyson T. Evaluation of Row Patterns for Mid-South Corn Production Systems. Mississippi State University, 2018.

PRASAD, Andhare A.; BABU, Subramanian. Compatibility of *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* in growth promotion of groundnut (*Arachis hypogea* L.). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 89, p. 1027-1040, 2017.

RAZA, Muhammad Ali et al. Effect of planting patterns on yield, nutrient accumulation and distribution in maize and soybean under relay intercropping systems. *Scientific reports*, v. 9, n. 1, p. 1-14, 2019.

RUBIN, Rachel L.; VAN GROENIGEN, Kees Jan; HUNGATE, Bruce A. Plant growth promoting rhizobacteria are more effective under drought: a meta-analysis. *Plant and Soil*, v. 416, n. 1, p. 309-323, 2017.

SAHGAL, Shivangi; SRIVASTAVA, Deepa. Utilization of Microbial Diversity as Biofertilizers. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PLANT AND ENVIRONMENT*, v. 6, n. 03, p. 218-221, 2020.

SALIM, Hussein Ali et al. Response of cucumber plants to PGPR bacteria (*Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus megaterium*) and bread yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). *Systematic Reviews in Pharmacy*, v. 12, n. 1, p. 969-975, 2021.

SANTOYO, Gustavo et al. Rhizosphere colonization determinants by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *Biology*, v. 10, n. 6, p. 475, 2021.

SCHMITZ, Peder K.; KANDEL, Hans J. Individual and combined effects of planting date, seeding rate, relative maturity, and row spacing on soybean yield. *Agronomy*, v. 11, n. 3, p. 605, 2021.

SILVA, Josefa Maria Francieli da et al. Row spacing, plant density, sowing and harvest times for sweet sorghum1. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 47, n. 4, p. 408-415, 2017.

SIYAR, Saira; INAYAT, Naila; HUSSAIN, Fida. Plant growth promoting rhizobacteria and plants' improvement-a mini-review. *PSM Biological Research*, v. 4, n. 1, p. 1-5, 2019.

STEELE, Pablo; GIBBS, Marley. Crop Diseases and Their Control. *Scientific e-Resources*, 2018.

SUN, Xuefang et al. Subsoiling practices change root distribution and increase post-anthesis dry matter accumulation and yield in summer maize. *Plos One*, v. 12, n. 4, p. e0174952, 2017.

TANG, Maozhi et al. Nutritional assessment of transgenic lysine-rich maize compared with conventional quality protein maize. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 93, n. 5, p. 1049-1054, 2013.

WU, Yushan et al. Modelling soybean and maize growth and grain yield in strip intercropping systems with different row configurations. *Field Crops Research*, v. 265, p. 108122, 2021.

ZAFAR-UL-HYE, Muhammad et al. ACC deaminase producing PGPR *Bacillus amyloliquefaciens* and *Agrobacterium fabrum* along with biochar improve wheat productivity under drought stress. *Agronomy*, v. 9, n. 7, p. 343, 2019.

ZAHIR, Zahir Ahmad et al. Role of halotolerant microbes in plant growth promotion under salt stress conditions. In: *Saline soil-based agriculture by halotolerant microorganisms*. Springer, Singapore, 2019. p. 209-253.

ZAINAB, Rimsha et al. Efficiency of plant growth promoting bacteria for growth and yield enhancement of maize (*Zea mays*) isolated from rock phosphate reserve area Hazara Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. Saudi Journal of Biological Sciences, v. 28, n. 4, p. 2316-2322, 2021.

ZHAI, Lichao et al. Effects of deep vertical rotary tillage on dry matter accumulation and grain yield of summer maize in the Huang-Huai-Hai Plain of China. Soil and Tillage Research, v. 170, p. 167-174, 2017.

ZHANG, Junhua et al. Effects of *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* on nitrogen transformation and enzyme activity in the rice rhizosphere. Journal of Soils and Sediments, v. 18, n. 4, p. 1453-1465, 2018.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Compreender o desempenho da cultura do milho em diferentes disposições espaciais com e sem consórcio com braquiária e coinoculado com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*.

2.2. Específicos

- Identificar se a disposição espacial de milho em linha dupla é melhor que a disposição convencional;
- Verificar o benefício do uso da braquiária consorciada na cultura do milho;
- Analisar se a inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* incrementa a produtividade de milho;
- Avaliar o teor de clorofilas, teor de N e P na parte aérea do milho, acúmulo de massa seca do milho e das forrageiras *Urochloa brizantha* em consórcio, manejadas ou não com a inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*.

3. CAPÍTULO I

Milho em segunda safra: espaçamento entrelinhas, consórcio com *Urochloa brizantha* e coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*

RESUMO

O milho é uma planta com produtividade individual, portanto, as densidades das plantas determinam de forma expressiva o seu rendimento. O consórcio com braquiária e a coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* sem perdas de produtividade pode gerar lucros adicionais aos produtores, possibilitando uma safra extra de forragem. Com este trabalho, objetivou-se identificar o melhor espaçamento entrelinhas e se a braquiária aumenta a produtividade do milho coinoculado com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*. Nas duas áreas estudadas, não houve diferença na produtividade, teor de N dos grãos, teor de P dos grãos e teores de clorofila. Houve diferenças de altura de planta, altura de inserção de espiga e espessura de colmo. Para o peso de 1000 grãos, os tratamentos de linha dupla e linha dupla + braquiária + inoculante proporcionaram maior peso de 1000 grãos. A maior produtividade de massa seca de braquiária foi observada nos tratamentos de linha dupla + braquiária + inoculante e linha simples + braquiária + inoculante. Portanto, o manejo do milho através do espaçamento de linha simples + braquiária + inoculante e linha dupla + braquiária + inoculante gera benefício aos agricultores, leia-se, maior safra de forragem sem perder produtividade do milho.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., Coinoculação, Consórcio, *Urochloa brizantha*.

Corn in second crop: row spacing, intercropping with *Urochloa brizantha* and coinoculation of *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*

ABSTRACT

The corn is a plant with individual productivity; therefore, plant densities significantly determine its yield. The intercropping with brachiaria and the co-inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* without loss of productivity can generate additional profits for producers, allowing them an extra forage crop. This work aimed to identify the best spacing between rows and whether brachiaria increases the productivity of corn co-inoculated with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*. In the two studied areas, there was no difference in yield, grain N content, grain P content, and chlorophyll content. There were differences in plant height, ear insertion height and stem thickness. For the 1000 grains weight, the treatments of double row and double row + brachiaria + inoculant presented higher 1000 grains weight. The highest yield of brachiaria dry mass was observed in the double-row + brachiaria + inoculant and single-row + brachiaria + inoculant treatments. Therefore, the management of corn through the spacing of single-row + brachiaria + inoculant and double-row + brachiaria + inoculant generates a benefit to farmers, that is, a greater forage crop without losing corn productivity.

KEYWORDS: *Zea mays* L., Co-inoculation Consortium, *Urochloa brizantha*.

3.1 INTRODUÇÃO

Os aumentos na produção agrícola baseiam-se no melhoramento genético de plantas, que inclui a aplicação de altas doses de fertilizantes químicos que podem gerar impactos ambientais negativos para o ecossistema (Sharpley, 2016). Por isso, é importante encontrar e aprimorar práticas agrícolas, de forma a aumentar e manter altos níveis de produção de forma mais sustentável (Coelho et al., 2018). Em relação a isso, a inoculação com rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP) é uma alternativa econômica e ecológica para aumentar a produtividade das culturas (Verma et al., 2010; De Salamone, 2010) e melhorar a eficiência do uso de fertilizantes (Hayat et al., 2012).

Os gêneros *Azospirillum* e *Pseudomonas* pertencem à subclasse alfa-proteobactérias, gram-negativas (Fgaier et al., 2010; Patadia et al., 2020). Esses micro-

organismos do solo produzem efeitos importantes na planta, como maior crescimento radicular, maior tolerância a patógenos, fixação biológica não simbiótica de nitrogênio e solubilização de nutrientes como o fósforo (Chaparro et al., 2012; Souza et al., 2015; Janati et al., 2021). Um dos benefícios agronômicos mais consideráveis, atribuídos ao *Azospirillum*, é sua capacidade de promover o crescimento das plantas e a fixação de nitrogênio nos primeiros estágios do ciclo da cultura, especialmente sob estresse moderado (Santos et al., 2021). Há relatos que a inoculação do gênero *Azospirillum* maximizou a produtividade entre 12 a 30% (Kuss, 2007; Hungria et al., 2010; Marini et al., 2015; Schaefer et al., 2018). Já os efeitos atribuídos às *Pseudomonas* podem ser resumidos em uma ação de biocontrole, secreção de substâncias indutoras e solubilização de nutrientes como o fósforo (Beneduzi et al., 2012; Blanco-Vargas et al., 2020).

O espaçamento ou densidade das plantas desempenha um papel importante no equilíbrio competitivo entre plantas daninhas e milho (Rastegar et al., 2018). A produção de milho é afetada pelo arranjo espacial do espaçamento entre linhas e densidade de plantas, devido à sua organização floral monóica, baixa capacidade de perfilhamento e seu curto período de floração (Gobeze et al., 2012; Santos et al., 2017; Sher et al., 2017; Abichou et al., 2019). O milho é uma planta com produtividade individual, portanto, a densidade das plantas determina, de forma expressiva, o seu rendimento (Murányi et al., 2015; Rastegar et al., 2018; Carvalho et al., 2020; Rotili et al., 2021).

A monocultura diminui a fertilidade do solo e aumenta incidência de pragas e doenças (Crews et al., 2018). Além disso, a monocultura de culturas básicas em grandes áreas causa impactos negativos no meio ambiente e nos serviços ecossistêmicos (Aizen et al., 2019). Uma mudança da monocultura para a agricultura agroecológica diversa pode ser um caminho alternativo, já que esta promove a intensificação da agricultura sustentável e fornece vários benefícios e serviços ecossistêmicos, a partir do uso do mesmo terreno (Mockshell et al., 2018). Esses benefícios e os serviços envolvem o fornecimento de diversas fontes de alimentos para nutrição humana e alimentação animal, agrobiodiversidade conservação, maior resiliência climática, solo melhorado fertilidade e aumento da renda dos pequenos agricultores com diminuição concomitante nos riscos de quebra de safra (Sunderland et al., 2011; Johns et al., 2013). Diversificação de safras com leguminosas e forragens (por exemplo braquiária) fornecem os benefícios acima mencionados e serviços de forma sustentável. O capim braquiária é uma forragem tropical nativa da África Oriental, altamente palatável, nutritiva para o gado, bem adaptada à seca e solos de baixa fertilidade e que favorece a produtividade pecuária (Mutai et al., 2017).

A consorciação de milho e forragem é normalmente empregada semeando as duas espécies ao mesmo tempo, em que a semente da gramínea é misturada com o fertilizante e semeada na mesma profundidade do fertilizante (Pereira et al., 2016; Modesto et al., 2020). O capim braquiária apresenta crescimento inicial lento (Borges et al., 2016; Marchi et al., 2017; Galdos et al., 2020), o que favorece o desenvolvimento inicial do milho e, na maioria dos casos, não reduz o rendimento de grãos (Costa et al., 2012; Gazola et al., 2013). O milho apresenta maior taxa de acúmulo de massa seca nos estágios iniciais de desenvolvimento, devido à sua alta capacidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (Schneider et al., 2019; Liu et al., 2020). Portanto, o uso desse consórcio geralmente permite a produção de milho em grão sem perdas de rendimento e com grande quantidade de forragem posteriormente. No entanto, a capacidade competitiva do milho dependerá da combinação de vários fatores, como espaçamento entre linhas do milho, população de forragem, época de plantio consorciado, incidência de ervas daninhas, aplicação de herbicidas, fertilidade do solo, água disponível e duração da safra de milho (Ceccon et al., 2013; Martin et al., 2017).

Estabelecer um consórcio com espaçamento estreito entrelinhas versus espaçamento entre linhas amplo e com a mesma densidade geral de plantas poderia aumentar o rendimento de grãos de milho, reduzir a competição de plantas daninhas e otimizar a interceptação da luz solar pelas folhas de milho (Baijukya et al., 2016; Nedeljković et al., 2021). Consequentemente, o uso de espaçamentos estreitos em plantações de milho tem se tornando comum (Jiang et al., 2013; Maddonni et al., 2014; Temesgen et al., 2019).

Assim, este trabalho objetivou identificar o melhor espaçamento entrelinhas e se a braquiária aumenta a produtividade do milho coinoculado com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em condições de campo, em duas localidades, sob plantio direto mecanizado, sem preparo inicial do solo, em duas áreas com características físico-químicas e topográficas distintas, sendo uma localizada no município de Montividiu-GO (Fazenda Paraíso 17°25'51.96''S 51°22'51.96''W) e outra no município de Caiapônia-GO (Fazenda Bela Vista do Caiapó 16° 57' 24'' S 51° 48' 37''W). O ensaio em Montividiu, foi conduzido entre 02 de fevereiro de 2020 a 11 de julho 2020 e o ensaio em Caiapônia, entre 03 de fevereiro de 2020 a 12 de julho de 2020. Os solos de ambas as áreas são classificados como argilosos e a declividade é considerada plana.

Os solos de ambas as áreas foram coletados numa camada de 0-30 cm de profundidade, cujas características físico-químicas se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas dos solos (0-30 cm) utilizados nos experimentos em Montividiu-GO e Caiapônia-GO (safra 2019/2020).

Montividiu	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	K	S	P (Mehlich)	P (Reman.)	CaCl ₂
	-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----mg dm ⁻³ -----		pH	
	2.55	0.75	3.30	0.33	5.86	0.18	35.81	52.29	29.34	4.46
	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CTC ^a	SB ^b	V% ^c	m% ^d
	----- Micronutrientes (mg dm ⁻³) -----						cmol _c dm ⁻³		Sat. Bases	Sat. Al
	0.04	25.43	6.65	1.52	3.06	0.43	9.33	3.48	37.25	8.67
	Textura (%)			M.O. ^e	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC
	Argila	Silte	Areia	g dm ⁻³ ----- Relação entre bases -----						
	60	14	26	34.0	3.4	14.17	4.16	0.27	0.08	0.02
Caiapônia	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	K	S	P (Mehlich)	P (Reman.)	CaCl ₂
	-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----mg dm ⁻³ -----		pH	
	4.30	1.00	5.30	0.00	3.23	0.10	11.24	11.01	27.12	5.26
	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CTC ^a	SB ^b	V% ^c	m% ^d
	----- Micronutrientes (mg dm ⁻³) -----						cmol _c dm ⁻³		Sat. Bases	Sat. Al
	0.09	10.74	9.15	1.29	2.01	0.70	8.63	5.40	62.52	0.00
	Textura (%)			M.O. ^e	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC
	Argila	Silte	Areia	g dm ⁻³ ----- Relação entre bases -----						
	55	13	32	34.00	4.30	43.00	10.00	0.50	0.12	0.01

^aCapacidade de troca catiônica (pH 7,0); ^bsoma de bases; ^csaturação de bases; ^dsaturação de alumínio; ^eMatéria orgânica.

As áreas experimentais foram cultivadas anteriormente com soja. Procedeu-se a dessecação química da vegetação remanescente com glifosato (2.400 g e.a. ha⁻¹) e 15 dias após foi realizado o preparo do solo com aração, com arado de disco e duas gradagens com grade niveladora. A semeadura do milho e da forrageira na área experimental de Montividiu foi realizada no dia 02 de fevereiro de 2020, as sementes foram tratadas com Poncho 60 ml + Standak 200 ml / 60.000 sementes. No estágio V2 do milho, foi utilizado o herbicida Atrazina na dose de 3 L/ha e, na fase de pré-pendoamento, foi utilizado o fungicida Piori xtra 0,4 L/ha. Na área experimental de Caiapônia, a semeadura foi realizada no dia 03 de fevereiro de 2020, as sementes foram tratadas com Poncho 60 ml + Standak 200ml / 60.000 sementes. Foi utilizado herbicida Atrazina 3 L/ha, no estágio V2 do milho e nos estágios V8 e pré-pendoamento, foi utilizado o fungicida Piori xtra 0,4 L/ha. A forrageira *Urochloa*

brizantha foi semeada entre as fileiras do milho utilizando 5 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis, com 76% de valor cultural.

O híbrido de milho utilizado foi o ADV9345Pro3, numa população de 60.000 plantas ha⁻¹. A braquiária utilizada foi a *Urochloa brizantha*, semeada nos tratamentos de linha dupla na linha que falhou o plantio, enquanto nos tratamentos de linha simples foi a lanço em área total. Toda instalação inicial dos ensaios e manejo atendeu aos mesmos padrões utilizados, atualmente nas propriedades rurais da região de Rio Verde, GO. A adubação foi feita a lanço 2 dias antes do plantio com 300 kg/ha de NPK 2-30-10 e cobertura no estágio V4 com 200 kg/ha de ureia. O experimento foi instalado em blocos ao acaso, com 8 tratamentos: espaçamento em linha dupla (LD); espaçamento em linha dupla + inoculante (LDI); espaçamento em linha dupla + braquiária (LDB); espaçamento em linha dupla + braquiária + inoculante (LDBI); espaçamento em linha simples (LS); espaçamento em linha simples + inoculante (LSI); espaçamento em linha simples + braquiária (LSB) e espaçamento em linha simples + braquiária + inoculante (LSBI) e quatro repetições. Foram estabelecidas 32 parcelas de 25 m² (5 linhas contendo 10 m), com espaçamento entrelinhas de 0,5 m, para o tratamento de linha dupla o espaçamento entre as fileiras foi de 1m (Figura 1).

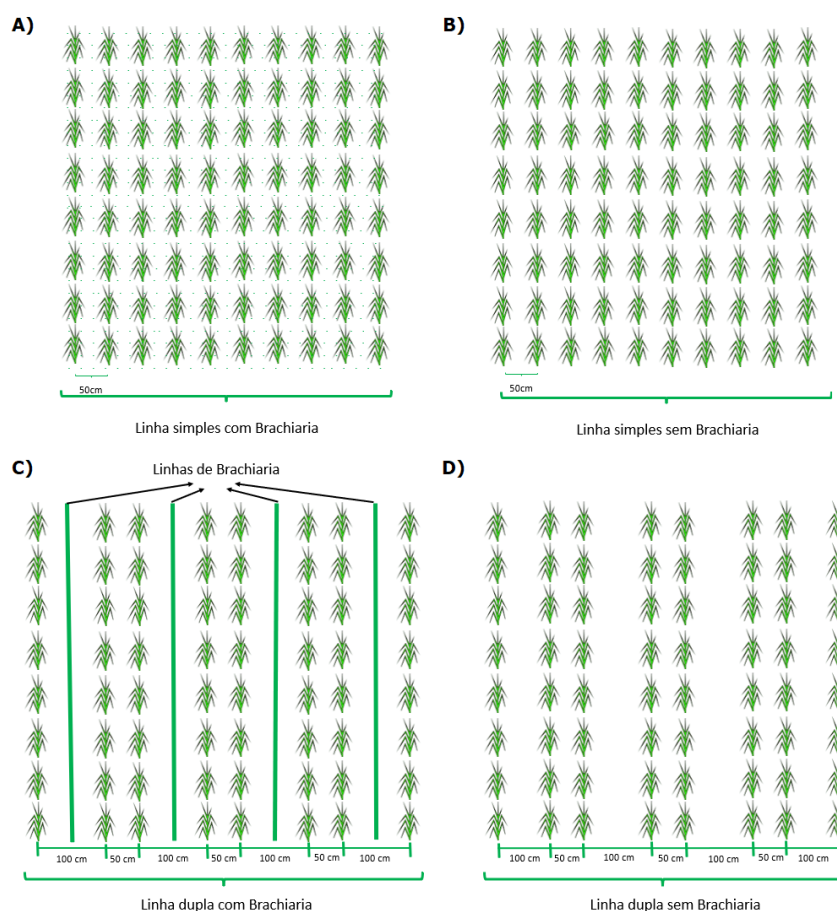


Figura 1. Representação esquemática dos tratamentos do experimento.

Os dados climatológicos referentes à precipitação pluviométrica, umidade e a temperatura registrados durante a condução dos experimentos na Fazenda Paraíso, em Montividiu–GO e da Fazenda Bela Vista do Caiapó, em Caiapônia–GO são apresentados na Figura 2.

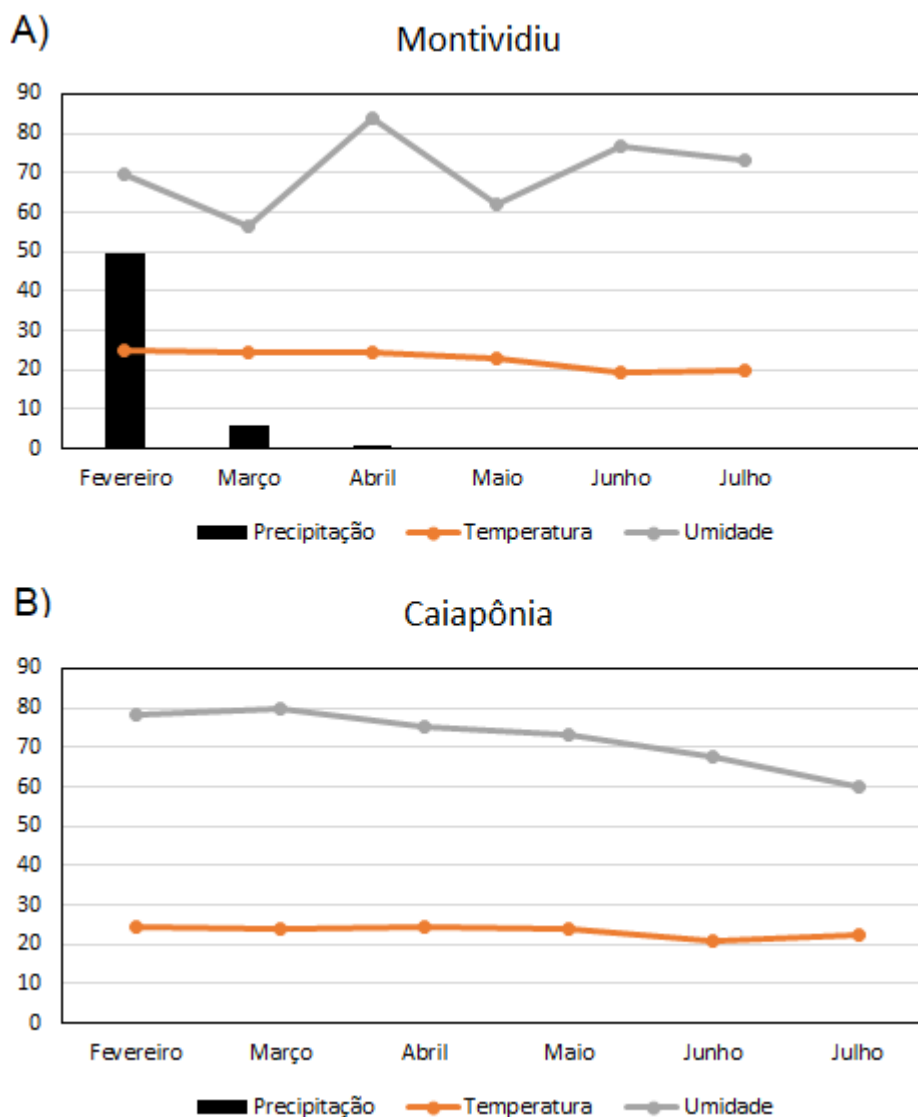


Figura 2. Dados climáticos mensais de temperatura, umidade e precipitação pluviométrica durante o período do experimento na Fazenda Paraíso, em Montividiu–GO (Fig. 1A) e da Fazenda Bela Vista do Caiapó, em Caiapônia–GO (Fig. 2B).

Os inoculantes utilizados são comerciais, com registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. O inoculante de *Azospirillum* (2×10^8 UFC mL⁻¹) e o inoculante de *Pseudomonas fluorescens* (1×10^8 UFC mL⁻¹). Os inoculantes foram aplicados em forma de pulverização no estágio fenológico V₂.

Aos 40 dias após o a emergência (DAE), foram determinados os teores de clorofila *a* e *b* utilizando um Clorofilog (Falker, modelo CFL 1030). A parte aérea e as raízes do milho foram secadas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até a massa seca constante e então pesadas para obter a massa seca e posteriormente moídas em moinho tipo willey e levadas para determinação do teor de N e P da parte aérea, seguindo a metodologia proposta por Malavolta (1997). Aos 60 DAE, avaliou-se altura de planta, altura de inserção de espiga e espessura do colmo. Na colheita, aos 150 DAE, foram avaliados a produtividade de grãos e peso de 1000 grãos. Amostras das sementes foram separadas e secadas em estufas e moídas em moinho tipo willey para determinação do teor de N dos grãos e teor de P dos grãos, através da metodologia proposta por Malavolta (1997). Com 30 dias após a colheita foi avaliada a massa seca de forragem de braquiária. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Scott-Knott (5%).

3.3. RESULTADOS

3.3.1 Experimento 1: Montividiu

Para os parâmetros de crescimento vegetativo, não houve diferença entre os tratamentos para os teores de clorofila *a* e *b*, massa seca da parte aérea, massa seca de raízes, teor de N e P da parte aérea (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros de crescimento vegetativo do milho, aos 40 dias após emergência (DAE), cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem consórcio com braquiária e coinoculado com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*, em Montividiu, GO (safra 2019/2020).

Tratamentos	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Massa seca da parte aérea	Massa seca das raízes	Teor de N da parte aérea	Teor de P da parte aérea
			-----g-----		-----g kg ⁻¹ -----	
Linha dupla	42,53a	20,08a	40,48a	97,15a	23,98a	3,91a
Linha dupla + braquiária	42,03a	19,93a	38,63a	99,12a	32,27a	3,95a
Linha dupla + braquiária + inoculante	42,08a	19,58a	40,64a	89,95a	26,11a	4,06a
Linha dupla + inoculante	41,43a	19,60a	48,82a	93,43a	29,05a	3,86a
Linha simples	42,28a	18,38a	55,18a	111,79a	30,38a	3,978a
Linha simples + braquiária	41,90a	17,20a	46,42a	91,32a	26,60a	3,89a
Linha simples + braquiária + inoculante	41,23a	18,63a	48,17a	97,80a	28,95a	4,06a
Linha simples + inoculante	42,38a	20,35a	37,95a	73,36a	30,63a	3,99a
CV (%)	3,24	12,10	34,37	20,95	23,05	2,68

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%).

Os resultados do experimento revelaram que os tratamentos de linha simples e linha simples + inoculante proporcionaram maior altura de planta. A altura da inserção de espiga foi menor para os tratamentos de linha dupla + braquiária, linha dupla + braquiária + inoculante e linha simples + braquiária. De acordo com os resultados obtidos, os tratamentos de linha simples, linha simples + braquiária + inoculante e linha simples + inoculante possibilitaram maior espessura do colmo (Tabela 3).

Tabela 3. Avaliações do estágio reprodutivo do milho, aos 60 DAE, cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem consórcio com braquiária e coinoculado com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*, em Montividiu, GO (safra 2019/2020).

Tratamentos	Altura de planta	Altura da inserção de espiga	Espessura do colmo
	-----m-----		-----mm-----
Linha dupla	2,57b	1,31a	21,50b
Linha dupla + braquiária	2,48c	1,26b	18,75c
Linha dupla + braquiária + inoculante	2,51c	1,28b	19,25c
Linha dupla + inoculante	2,58b	1,32a	20,25b
Linha simples	2,62a	1,33a	23,50a
Linha simples + braquiária	2,52c	1,28b	20,75b
Linha simples + braquiária + inoculante	2,56b	1,31a	22,25a
Linha simples + inoculante	2,62a	1,33a	24,50a
CV (%)	0,95	1,18	6,25

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%).

Não houve diferença de produtividade de grãos, teor de N e P dos grãos entre os tratamentos. Para o peso de 1000 grãos, foi observado que os tratamentos de linha dupla, linha dupla + braquiária, linha dupla + inoculante, linha simples + braquiária possibilitaram os maiores valores (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros fitotécnicos do milho avaliados na colheita, aos 150 DAE, cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem consórcio com braquiária e coinoculado com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*, em Montividiu, GO (safra 2019/2020).

Tratamentos	Produtividade de grãos --ton ha ⁻¹ ---	Teor N dos grãos -----g kg ⁻¹ -----	Teor de P dos grãos	Peso de 1000 grãos ----g----
Linha dupla	4,77a	15,09a	3,83a	346,23a
Linha dupla + braquiária	4,95a	12,39a	2,05a	345,69a
Linha dupla + braquiária + inoculante	5,30a	15,12a	1,18a	333,80b
Linha dupla + inoculante	5,78a	15,09a	1,94a	351,59a
Linha simples	5,19a	14,00a	2,068a	329,05b
Linha simples + braquiária	5,20a	12,29a	3,60a	339,89a
Linha simples + braquiária + inoculante	5,06a	13,58a	2,27a	330,32b
Linha simples + inoculante	5,48a	13,62a	2,78a	329,18b
CV (%)	7,01	11,91	62,53	2,90

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%).

A massa seca de forragem de braquiária teve incremento médio de 9,2 e 9% para os tratamentos de linha dupla + braquiária + inoculante e linha simples + braquiária + inoculante, respectivamente, em comparação com os tratamentos de linha dupla + braquiária e linha simples + braquiária (Tabela 5).

Tabela 5. Massa seca de forragem de braquiária avaliada aos 30 dias após a colheita do milho, cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem a coinoculação de *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*, em Montividiu, GO (safra 2019/2020).

Tratamentos	Massa seca de forragem de braquiária (kg/ha)
Linha dupla + Braquiária	2650 b
Linha dupla + braquiária + inoculante	2880 a
Linha simples + braquiária	2740 b
Linha simples + braquiária + inoculante	3040 a
CV (%)	4.23

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%).

3.3.2 Experimento 2: Caiapônia

Não houve diferença entre os tratamentos para os teores de clorofila *a* e *b* e teor de N da parte aérea. A massa seca foi maior para os tratamentos de linha simples + inoculante, seguido dos tratamentos de linha dupla, linha dupla + braquiária, linha dupla + braquiária + inoculante, linha dupla + inoculante e linha simples + braquiária + inoculante. Já a massa seca das raízes foi maior para os tratamentos de linha dupla + inoculante e linha simples + inoculante. O teor de P da parte aérea foi maior para os tratamentos de linha dupla + braquiária, linha dupla + braquiária + inoculante, linha simples e linha simples + inoculante (Tabela 6).

Tabela 6. Parâmetros fitotécnicos do milho, avaliados aos 40 DAE, cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem consórcio com braquiária e coinoculado com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*, em Caiapônia, GO (safra 2019/2020).

Tratamentos	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Massa seca da parte aérea	Massa seca das raízes	Teor N da parte aérea	Teor P da parte aérea
			-----g-----		-----mg kg ⁻¹ -----	
Linha dupla	43,1a	20,43a	29,06c	79,07b	23,38a	3,83a
Linha dupla + braquiária	41,5a	20,13a	39,11b	83,69b	37,13a	4,08a
Linha dupla + braquiária + inoculante	42,58a	19,93a	38,19b	85,37b	34,58a	4,04a
Linha dupla + inoculante	42,98a	20,98a	43,013b	111,49a	29,16a	3,92a
Linha simples	42,20a	19,10a	28,34c	55,11c	30,69a	4,05a
Linha simples + braquiária	42,68a	19,18a	31,17c	76,94b	29,29a	3,97a
Linha simples + braquiária + inoculante	42,33a	20,38a	37,72b	89,36b	26,43a	3,96a
Linha simples + inoculante	42,43a	19,23a	58,99a	118,03a	32,24a	4,063a
CV (%)	2,92	12,04	17,32	18,41	24,0	2,39

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%).

O tratamento de linha simples possibilitou os maiores valores de altura de plante e altura da inserção de espiga, seguido dos tratamentos de linha dupla + inoculante e linha simples + inoculante. A espessura do colmo foi maior para os tratamentos de linha simples,

linha simples + braquiária + inoculante e linha simples + inoculante, seguido dos tratamentos de linha dupla, linha dupla + inoculante e linha simples + braquiária (Tabela 7).

Tabela 7. Parâmetros fitotécnicos do milho avaliados aos 60 DAE, cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem consórcio com braquiária e coinoculado com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*, em Caiapônia, GO (safra 2019/2020).

Tratamentos	Altura de planta	Altura da inserção de espiga	Espessura do colmo
	-----m-----		---mm---
Linha dupla	2,59c	1,37c	25,25b
Linha dupla + braquiária	2,54c	1,35c	22,25c
Linha dupla + braquiária + inoculante	2,58c	1,36c	22,50c
Linha dupla + inoculante	2,65b	1,39b	24,50b
Linha simples	2,71a	1,44a	27,75a
Linha simples + braquiária	2,57c	1,37c	24,50b
Linha simples + braquiária + inoculante	2,59c	1,38c	26,50a
Linha simples + inoculante	2,68b	1,41b	29,00a
CV (%)	1,18	1,14	6,37

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%).

Avaliando a produtividade de grãos, teor de N dos grãos e teor de P dos grãos, não foram observadas diferenças entre os tratamentos. Já para o peso de 1000 grãos, foi observado que os maiores valores obtidos foram dos tratamentos de linha dupla, linha dupla + inoculante e linha simples, seguido dos tratamentos de linha dupla + braquiária, linha dupla + braquiária + inoculante, linha simples + braquiária, linha simples + braquiária + inoculante e linha simples + inoculante (Tabela 8).

Tabela 8. Parâmetros fitotécnicos do milho avaliados na colheita aos 150 DAE, cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem consórcio com braquiária e coinoculado com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*, em Caiapônia, GO (safra 2019/2020).

Tratamentos	Produtividade de grãos	Teor N dos grãos	Teor de P dos grãos	Peso de 1000 grãos
	--kg ton ⁻¹ --	-----g kg ⁻¹ -----		----g----
Linha dupla	6.46a	12.96a	7.76a	323.46a
Linha dupla + braquiária	5.70a	13.51a	7.84a	311.035b
Linha dupla + braquiária + inoculante	6.09a	10.99a	4.27a	306.69b
Linha dupla + inoculante	5.85a	12.20a	8.07a	325.515a
Linha simples	5.78a	15.61a	9.59a	322.62a
Linha simples + braquiária	5.28a	13.90a	7.78a	302.50b
Linha simples + braquiária + inoculante	5.38a	12.15a	6.09a	307.22b
Linha simples + inoculante	6.11a	11.62a	7.66 ^a	308.61b
CV (%)	6.52	19.16	27.05	2.97

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%).

A massa seca de forragem de braquiária teve incremento de 9,1 e 9,5% para os tratamentos de linha dupla + braquiária + inoculante e linha simples + braquiária + inoculante, respectivamente, em comparação com os tratamentos de linha dupla + braquiária e linha simples + braquiária (Tabela 9).

Tabela 9. Massa seca de forragem de braquiária, avaliada aos 30 dias após a colheita de milho, cultivado sob espaçamento convencional e em linhas duplas, com e sem a coinoculação de *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*, em Caiapônia, GO (safra 2019/2020).

Tratamentos	Massa seca de forragem de braquiária (kg/ha)
Linha dupla + braquiária	2660 b
Linha dupla + braquiária + inoculante	2920 a
Linha simples + braquiária	2690 b
Linha simples + braquiária + inoculante	2820 a
CV (%)	4,44

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%).

3.4 DISCUSSÃO

Os resultados do experimento mostraram respostas diferentes de crescimento entre espaçamento entrelinhas, consórcio e coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*. Os tratamentos de linha simples e linha simples + inoculante apresentaram a maior altura de planta e espessura de colmo. Esses resultados corroboram Modolo et al. (2010), que observaram maior da altura de plantas e inserção de espiga ao aumentar o espaçamento entrelinhas de 0,45m para 0,90m. Como a altura da planta é uma característica genética influenciada pelo ambiente em que a planta se desenvolve, a assimilação de nutrientes tem grande impacto (Khan et al., 2012). Consequentemente, o aumento do espaçamento entre as linhas favorece a competição por luz, causando modificações no desenvolvimento das plantas, como aumento do diâmetro do caule do milho que está diretamente relacionado aos incrementos da produção individual da planta, devido à sua função no armazenamento de sólidos solúveis que podem ser usados, posteriormente, na formação de grãos (Brum et al., 2016). Já no espaçamento em linha dupla, há maior competição entre as plantas por fatores como luz, água e nutrientes em função da melhor distribuição das plantas na área, causando redução na altura das plantas (Skonieski et al., 2014; Buso et al., 2016).

O peso de 1000 grãos foi maior para o tratamento de linha dupla e linha dupla + inoculante em ambas as áreas. A possível razão para o menor rendimento de grãos no maior espaçamento pode ser pela presença de menor número de plantas por unidade. A baixa densidade de plantas, que poderia obter melhores fatores de crescimento disponíveis, como umidade, nutrientes, luz e espaço, não poderia compensar o rendimento de grãos obtido com a alta densidade de plantas. Resultados também indicaram que as plantas cultivadas em espaçamentos mais amplos absorvem mais nutrientes e radiação solar para melhorar a fotossíntese e, portanto, atingem melhor rendimento de grãos em uma base individual, mas o rendimento por unidade de área é reduzido devido a um estande de planta delgado ou baixo (Bórras et al., 2003; Lashkari et al., 2011).

A coerência entre os resultados das duas áreas mostra que os tipos de espaçamento não têm diferença no teor de N e P nos grãos e na parte aérea do milho. Resultados semelhantes foram reportados por Almeida et al. (2017), comprovando que o consórcio não afeta a partição e o acúmulo de biomassa N e P no milho. Em alguns casos, o consórcio entre duas ou mais culturas resultou em efeitos positivos sobre o rendimento de biomassa e partição

de nutrientes (Hu et al., 2016; Lowry e Brainard, 2016). Mesmo os tratamentos de linha simples + inoculante e linha dupla + inoculante, que tiveram maior massa seca da parte aérea na área de Caiapônia, a inoculação de *Azospirillum* (fixador de N) e da *Pseudomonas* (solubilizador de P) não causou incremento desses nutrientes na parte aérea do milho e nos grãos. Isso, possivelmente ocorre porque o solo tem as quantidades necessárias de N e P para a planta se desenvolver, não sendo necessária a biodisponibilização desses nutrientes pelos micro-organismos (Bárbaro et al., 2008). Outra possibilidade seria o estresse hídrico, causado pelas condições climáticas desfavoráveis (Fig. 1).

Houve ausência de diferença nos teores de clorofila nas duas áreas de estudo e pequenas diferenças no teor de biomassa entre as duas áreas. Isso ocorre por causa do cultivo simultâneo de duas espécies promover competição interespecífica por recursos de crescimento como água, luz e nutrientes, o que pode reduzir a produtividade de ambas. Essa interferência mútua entre as plantas varia de acordo com as espécies presentes na área (Carvalho et al., 2011), o nível da população (Vidal et al., 2004), tempo de emergência (Jakelaitis et al., 2008) e as características competitivas dos cultivares. No caso do consórcio, a competitividade pode ser mitigada com a adoção de práticas de cultivo, como o arranjo espacial das plantas (Oliveira et al., 1996), para retardar o crescimento de uma espécie durante o período de competição interespecífica.

A inoculação de *A. brasilense* + *P. fluorescens* não aumentou a produtividade, porém teve efeito benéfico sobre as avaliações do estágio reprodutivo, com diferenças entre as duas áreas estudadas. Estudos demonstram que os padrões de resposta de plantas à inoculação de bactérias promotoras de crescimento não dependem apenas das condições ideais, como temperatura, UFC viáveis e afinidade dos PGPB, para estabelecer a inoculação, mas também nas inter-relações fisiológicas-moleculares, intrínsecas ao material genético da planta (Boleta et al., 2020). Assim, as cultivares são capazes de responder de maneira distinta a mesma cepa bacteriana no mesmo ambiente, sob as mesmas condições experimentais (Tabassum et al., 2017; Ferreira et al., 2019).

Neste trabalho, não foi observada diferença para a produtividade do milho nas duas áreas de estudo. Tais resultados indicam que o rendimento de grãos do milho não é influenciado pelos sistemas de cultivo de linha simples ou linha dupla. De acordo com Robles et al. (2012), não há diferença entre espaçamento simples e espaçamento em linhas duplas. Resultados semelhantes foram relatados por Novacek et al. (2011), em que o uso de fileiras duplas em plantas de milho proporcionou efeito pequeno e inconsistente no rendimento de grãos, componentes do rendimento, morfologia da planta e área foliar, interceptação da

radiação solar durante o crescimento vegetativo e alargamento da espiga. Resultados semelhantes foram encontrados por Nascimento et al. (2017), que linhas de espaçamento reduzidas da safra de milho não reduz a assimilação de CO₂ atmosférico, resultando em maior produtividade de grãos por área cultivada.

Outra forma de evitar a perda de produtividade é relatada por Jakelaitis et al. (2005) descobriram quando o milho é estabelecido antes da forragem, não há perdas na produção de grãos. O rápido estabelecimento do milho em relação ao capim-braquiária favorece seu domínio sobre a forragem pela competição, principalmente por luz. No entanto, segundo esses autores as maiores densidades de *Urochloa brizantha* podem reduzir a produtividade da cultura, e o manejo é recomendado para evitar perdas significativas da cultura.

A produtividade de massa seca da braquiária foi maior para os tratamentos de linha simples + braquiária + inoculante e linha dupla + braquiária + inoculante. Isso mostra que a inoculação de bactérias dos gêneros *Azospirillum* e *Pseudomonas*, aumenta a produtividade dessas forragens. Resultados positivos de inoculação estão associados a vários mecanismos de promoção de crescimento de plantas, incluindo fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fósforo e mudanças na morfologia e arquitetura radicular resultante da produção de fitormônios, que diretamente aumentam a ramificação lateral da raiz e a incidência e comprimento dos pelos radiculares (Kazi et al., 2016). Por causa das mudanças em traços morfológicos da raiz, a superfície de absorção aumenta e os nutrientes aplicados ao sistema são adquiridos de forma mais eficaz, e há captação de água mais eficaz do solo (Batista et al., 2016). Com geral melhoria do desempenho das plantas inoculadas com *Azospirillum* e *Pseudomonas*, esta pode ser uma estratégia eficaz para aumentar a sobrevivência de forragens como a braquiária, minimizando tensões impostas por restrições de água (Pedreira et al., 2017). Assim, o manejo do milho através do espaçamento de linha simples + braquiária + inoculante e linha dupla + braquiária + inoculante gera benefício para os produtores, que ao adotarem os tratamentos supracitados, ganham uma safra de forragem sem perder produtividade do milho.

3.5 CONCLUSÕES

Para a cultura do milho, a produtividade de grãos não é afetada pelo espaçamento entrelinhas, consórcio com braquiária e coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*. Porém, os diferentes espaçamentos em consórcio com braquiária e a coinoculação de *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens* aumentam a produtividade de massa seca da *Urochloa brizantha*, 30 dias após o final do cultivo do milho.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICHOU, Mariem; DE SOLAN, Benoit; ANDRIEU, Bruno. Architectural response of wheat cultivars to row spacing reveals altered perception of plant density. *Frontiers in Plant Science*, v. 10, p. 999, 2019.

AIZEN, Marcelo A. et al. Global agricultural productivity is threatened by increasing pollinator dependence without a parallel increase in crop diversification. *Global Change Biology*, v. 25, n. 10, p. 3516-3527, 2019.

ALMEIDA, Rodrigo EM DE et al. Palisadegrass effects on N fertilizer dynamic in intercropping systems with corn. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 89, n. 3, p. 1917-1923, 2017.

BAIJUKYA, Frederick P. et al. Maize-legume cropping guide. 2016.

BAPTISTELLA, João Leonardo Corte et al. Urochloa in tropical agroecosystems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 4, p. 119, 2020.

BATISTA, Raquel Oliveira et al. Root morphology and nutrient uptake kinetics by australian cedar clones. *Revista Caatinga*, v. 29, p. 153-162, 2016.

BENEDUZI, Anelise; AMBROSINI, Adriana; PASSAGLIA, Luciana MP. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genetics and Molecular Biology*, v. 35, n. 4, p. 1044-1051, 2012.

BETTENCOURT, Elisa Maria Varela et al. The livestock roles in the wellbeing of rural communities of Timor-Leste. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 53, p. 63-80, 2015.

BLANCO-VARGAS, Andrea et al. Phosphate-solubilizing *Pseudomonas* sp., and *Serratia* sp., co-culture for *Allium cepa* L. growth promotion. *Heliyon*, v. 6, n. 10, p. e05218, 2020.

BOLETA, Eduardo Henrique Marcandalli et al. Inoculation with growth-promoting bacteria *azospirillum brasilense* and its effects on productivity and nutritional accumulation of wheat cultivars. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 4, p. 265, 2020.

BORGES, Karine Sousa Carsten et al. Germination and initial development of *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria decumbens* on exposure to cadmium, lead and copper. *Journal of Seed Science*, v. 38, p. 335-343, 2016.

BORRÁS, L.; WESTGATE, M. E.; OTEGUI, M. E. Control of kernel weight and kernel water relations by post-flowering source–sink ratio in maize. *Annals of Botany*, v. 91, n. 7, p. 857-867, 2003.

BRUM, Marcos da Silva et al. Components of corn crop yield under inoculation with *Azospirillum brasilense* using integrated crop-livestock system. *Acta Scientiarum - Agronomy*, v. 38, p. 485-492, 2016.

BUSO, Wilian Henrique Diniz et al. Corn agronomic characteristics according to crop year, spacing and plant population densities. *Comunicata Scientiae*, v. 7, n. 2, p. 197-203, 2016.

CARVALHO, F. P. et al. Alocação de matéria seca e capacidade competitiva de cultivares de milho com plantas daninhas. *Planta Daninha*, v. 29, n. 2, p. 373-382, 2011

CARVALHO, Marcus Willame Lopes et al. Spatial arrangement of maize plants aiming to maximize grain yield in the hybrid BRS-3046. *Embrapa Meio-Norte-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2020.

CECCON, Gessí et al. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in midwestern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p. 204-212, 2013.

CHAPARRO, Jacqueline M. et al. Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility. *Biology and Fertility of Soils*, v. 48, n. 5, p. 489-499, 2012.

COELHO, Fábio Cunha; COELHO, Enilce Maria; EGERER, Monika. Local food: benefits and failings due to modern agriculture. *Scientia Agricola*, v. 75, p. 84-94, 2018.

COSTA, Patrícia Monteiro et al. Intercropping of corn, brachiaria grass and leguminous plants: productivity, quality and composition of silages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, n. 10, p. 2144-2149, 2012.

CREWS, Timothy E.; CARTON, Wim; OLSSON, Lennart. Is the future of agriculture perennial? Imperatives and opportunities to reinvent agriculture by shifting from annual monocultures to perennial polycultures. *Global Sustainability*, v. 1, 2018.

DA COSTA LEITE, Robson et al. Leguminous alley cropping improves the production, nutrition, and yield of forage sorghum. *Agronomy*, v. 9, n. 10, p. 636, 2019.

DE CASTRO SANTOS, Darliane et al. Implementation of silvopastoral systems in Brazil with *Eucalyptus urograndis* and *Brachiaria brizantha*: productivity of forage and an exploratory test of the animal response. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 266, p. 174-180, 2018.

DE SALAMONE, Inés E. García et al. Field response of rice paddy crop to *Azospirillum* inoculation: physiology of rhizosphere bacterial communities and the genetic diversity of endophytic bacteria in different parts of the plants. *Plant and Soil*, v. 336, n. 1, p. 351-362, 2010.

FERREIRA, Carlos MH; SOARES, Helena MVM; SOARES, Eduardo V. Promising bacterial genera for agricultural practices: An insight on plant growth-promoting properties and microbial safety aspects. *Science of the Total Environment*, v. 682, p. 779-799, 2019.

FGAIER, Hedia; EBERL, Hermann J. A competition model between *Pseudomonas fluorescens* and pathogens via iron chelation. *Journal of Theoretical Biology*, v. 263, n. 4, p. 566-578, 2010.

FORNI, Cinzia; DUCA, Daiana; GLICK, Bernard R. Mechanisms of plant response to salt and drought stress and their alteration by rhizobacteria. *Plant and Soil*, v. 410, n. 1-2, p. 335-356, 2017.

GALDOS, M. V. et al. *Brachiaria* species influence nitrate transport in soil by modifying soil structure with their root system. Scientific reports, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2020.

GALINDO, Fernando Shintate et al. Technical and economic viability and nutritional quality of mombasa guinea grass silage production. Acta Scientiarum - Agronomy, v. 40, p. e36395, 2018.

GARCIA, Edenise et al. Costs, benefits and challenges of sustainable livestock intensification in a major deforestation frontier in the Brazilian Amazon. Sustainability, v. 9, n. 1, p. 158, 2017.

GAZOLA, Rodolfo de N. et al. Sowing depths of brachiaria in intercropping with corn in no tillage planting. Engenharia Agrícola, v. 33, n. 1, p. 157-166, 2013.

GOBEZE, Yada Loha; CERONIO, Gert Michael; VAN RENSBURG, Leon Daniel. Effect of row spacing and plant density on yield and yield component of maize (*Zea mays* L.) under irrigation. Journal of Agricultural Science and Technology, v. 2, n. 2, p. 263, 2012.

HAYAT, Rifat; AHMED, Iftikhar; SHEIRDIL, Rizwan Ali. An overview of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable agriculture. Crop production for agricultural improvement, p. 557-579, 2012.

HU, Falong et al. Boosting system productivity through the improved coordination of interspecific competition in maize/pea strip intercropping. Field Crops Research, v. 198, p. 50-60, 2016.

HUNT, L. P. et al. Principles and guidelines for managing cattle grazing in the grazing lands of northern Australia: stocking rates, pasture resting, prescribed fire, paddock size and water points—a review. The Rangeland Journal, v. 36, n. 2, p. 105-119, 2014.

JAKELAITIS, A. et al. Influence of herbicides and sowing systems on maize-*Brachiaria brizantha* intercrop. Planta Daninha, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.

JAKELAITIS, A. et al. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 38, n. 1, p. 118-127, 2008.

JANATI, Walid et al. Will phosphate bio-solubilization stimulate biological nitrogen fixation in grain legumes? *Frontiers in Agronomy*, v. 3, p.1-12, 2021.

JIANG, Wenshun et al. Effects of narrow plant spacing on root distribution and physiological nitrogen use efficiency in summer maize. *The Crop Journal*, v. 1, n. 1, p. 77-83, 2013.

JOHNS, Timothy et al. Agricultural biodiversity as a link between traditional food systems and contemporary development, social integrity and ecological health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 93, n. 14, p. 3433-3442, 2013.

KAZI, N. et al. The response of wheat genotypes to inoculation with *Azospirillum brasilense* in the field. *Field Crops Research*, v. 196, p. 368-378, 2016.

KHAN, Muhammad B. et al. Influence of planting methods on root development, crop productivity and water use efficiency in maize hybrids. *Chilean Journal of Agricultural Research*, v. 72, n. 4, p. 556, 2012.

LASHKARI, Mojgan et al. Effect of plant density on yield and yield components of different corn (*Zea mays* L.) hybrids. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, v. 10, n. 3, p. 450-457, 2011.

LIU, Guangzhou et al. Leaf removal affects maize morphology and grain yield. *Agronomy*, v. 10, n. 2, p. 269, 2020.

LOBATO, J. F. P. et al. Brazilian beef produced on pastures: Sustainable and healthy. *Meat Science*, v. 98, n. 3, p. 336-345, 2014.

LOWRY, C. J.; BRAINARD, D. C. Strip-Intercropping of rye–vetch mixtures affects biomass, carbon/nitrogen ratio, and spatial distribution of cover crop residue. *Agronomy Journal*, v. 108, n. 6, p. 2433-2443, 2016.

MADDONNI, Gustavo Ángel; MARTÍNEZ-BERCOVICH, Joaquín. Row spacing, landscape position, and maize grain yield. *International Journal of Agronomy*, v. 2014, p.1-12, 2014.

MARCHI, SIDNEI R. et al. Weeds alter the establishment of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, v. 5, n. 2, p. 85-93, 2017.

MARTIN, N. P. et al. Invited review: Sustainable forage and grain crop production for the US dairy industry. *Journal of Dairy Science*, v. 100, n. 12, p. 9479-9494, 2017.

MOCKSHELL, Jonathan; KAMANDA, Josey. Beyond the agroecological and sustainable agricultural intensification debate: Is blended sustainability the way forward? *International Journal of Agricultural Sustainability*, v. 16, n. 2, p. 127-149, 2018.

MODESTO, Viviane Cristina et al. Yield and production components of corn under straw of Marandu palisade grass inoculated with *Azospirillum brasilense* in the low-land Cerrado. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 4, p. 296, 2020.

MODOLO, Alcir José et al. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, p. 435-441, 2010.

MÖLDER, Andreas; MEYER, Peter; NAGEL, Ralf-Volker. Integrative management to sustain biodiversity and ecological continuity in Central European temperate oak (*Quercus robur*, *Q. petraea*) forests: an overview. *Forest Ecology and Management*, v. 437, p. 324-339, 2019.

MURÁNYI, Eszter et al. Effect of plant density and row spacing on maize (*Zea mays* L.) grain yield in different crop year. *Columella-Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 2, n. 1, p. 57-63, 2015.

MUTAI, Collins; NJUGUNA, Joyce; GHIMIRE, Sita. *Brachiaria* Grasses (*Brachiaria* spp.) harbor a diverse bacterial community with multiple attributes beneficial to plant growth and development. *Microbiology Open*, v. 6, n. 5, p. e00497, 2017.

NEDELJKOVIĆ, Dejan et al. Critical time for weed removal in corn as influenced by planting pattern and pre herbicides. *Agriculture*, v. 11, n. 7, p. 587, 2021.

NOVACEK, M. J. Twin-row production and optimal plant population for modern maize hybrids. Major thesis. 2011. Tese de Doutorado. MS thesis. Univ. of Nebraska, Lincoln.

PATADIA, Ankita Kheradia. Bacterial Diversity of Selected Genuses: Class notes. BookRix, 2020.

PEREIRA, Francisco César Belchor Lages et al. Autumn maize intercropped with tropical forages: crop residues, nutrient cycling, subsequent soybean and soil quality. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 40, 2016.

RASTEGAR, Ali et al. The effect of planting density and weed interference on agricultural traits of different rapeseed genotypes in Darab Region using multivariate statistical methods. *Nativa*, v. 6, n. 3, p. 276-287, 2018.

ROBLES, Mariana; CIAMPITTI, Ignacio A.; VYN, Tony J. Responses of maize hybrids to twin-row spatial arrangement at multiple plant densities. *Agronomy Journal*, v. 104, n. 6, p. 1747-1756, 2012.

ROSSETTO, Rafaela et al. "FERTILITY MAINTENANCE AND SOIL RECOVERY IN SUGARCANE CROPS", p.381-404. In Luis Augusto Barbosa Cortez (Coord.). *Sugarcane bioethanol — R&D for Productivity and Sustainability*, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2014. http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-Sugarcane-SUGARCANE BIOETHANOL_38

ROTILI, Diego Hernán et al. Impacts of vegetative and reproductive plasticity associated with tillering in maize crops in low-yielding environments: a physiological framework. *Field Crops Research*, v. 265, p. 108107, 2021.

SANCHEZ, Pedro A. Properties and management of soils in the tropics. Cambridge University Press, 2019.

SANTOS, Márcia Vitória et al. Brachiaria physiological parameters in agroforestry systems. *Ciência Rural*, v. 47, p. ,2017.

SANTOS, Mariana Sanches; NOGUEIRA, Marco Antonio; HUNGRIA, Mariangela. Outstanding impact of *Azospirillum brasilense* strains Ab-V5 and Ab-V6 on the Brazilian agriculture: Lessons that farmers are receptive to adopt new microbial inoculants. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 45, p.1-6, 2021.

SCHLAUTMAN, Brandon et al. Perennial groundcovers: an emerging technology for soil conservation and the sustainable intensification of agriculture. *Emerging Topics in Life Sciences*, v. 5, n. 2, p. 337-347, 2021.

SCHNEIDER, Julia Renata et al. Solar radiation use efficiency and gross protein of sorghum forage are modified by the cutting management. *Ciência Animal Brasileira*, v. 20, p. 1-13, 2019.

SHAKIR, Masood Ahmad et al. Rhizosphere bacteria containing ACC-deaminase conferred drought tolerance in wheat grown under semi-arid climate. *Soil and Environment*, v. 31, n. 1, p. 108-112, 2012.

SHARPLEY, Andrew. Managing agricultural phosphorus to minimize water quality impacts. *Scientia Agricola*, v. 73, p. 1-8, 2016.

SHER, A. et al. Response of maize grown under high plant density; performance, issues and management-a critical review. *Advances in Crop Science and Technology*, v. 5, n. 3, p. 1-8, 2017.

SKONIESKI, Fernando Reimann et al. Corn plant arrangement and its effect on silage quality. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 43, p. 114-119, 2014.

SOUZA, Rocheli de; AMBROSINI, Adriana; PASSAGLIA, Luciane MP. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and Molecular Biology*, v. 38, p. 401-419, 2015.

SUNDERLAND, Terry CH. Food security: why is biodiversity important?. *International Forestry Review*, v. 13, n. 3, p. 265-274, 2011.

TABASSUM, Bushra et al. Bottlenecks in commercialization and future prospects of PGPR. *Applied Soil Ecology*, v. 121, p. 102-117, 2017.

TEMESGEN, Tasisa et al. Effects of Varieties and Intra Row Spacing on Yield of Maize (*Zea mays* L.) under Supplementary Irrigation at Guliso, Western Ethiopia. *International Journal of Environmental Sciences and Natural Resources*, v. 19, n. 5, p. 144-151, 2019.

VERMA, J. P. et al. Impact of plant growth promoting rhizobacteria on crop production. *International journal of agricultural research*, v. 5, n. 11, p. 954-983, 2010.

VIDAL, R. A. et al. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. *Planta Daninha*, v. 22, n. 1, p. 63-69, 2004.